

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université El-Hadj Lakhdar – BATNA –

Faculté des Sciences

Département d'Agronomie



MÉMOIRE

Pour l'Obtention du Diplôme de Magister en Sciences Agronomiques

Option : Protection des végétaux

Spécialité : Entomologie Agricole et Forestière

Présenté par : BEGHAMI Riadh

SUJET :

**Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement
du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région des
Aurès : cas de la cédraie de Chelia.**

Commission d'examen :

Mr. BENTOUATI A.	M.C.	Université de Batna	Président
Mr. BOUHRAOUA R. T.	Prof.	Université de Tlemcen	Rapporteur
Mr. CHAKALI G.	M.C.	(I.N.A., El Harrach)	Examineur
Mr. LAAMARI M.	Prof.	Université de Batna	Examineur

Soutenue le : 25 / 04 /2010.

DEDICACE

A la mémoire de mon grand père,

A mes parents et à mes frères,

A mes grands parents ainsi qu'à toute ma famille,

A mes amis et à tous ceux qui me sont chers,

A toute ma promotion,

Je dédie ce modeste travail.

REMERCIEMENTS

Merci, Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la volonté, le courage, la force et la patience pour terminer ce travail.

Mes sincères remerciements à mon directeur de thèse, Mr. **BOUHRAOUA Rachid Tarik** professeur à l'Université Aboubakr Belkaïd (Tlemcen) pour ses conseils, son aide sa patience, ses encouragements, pour la liberté et la confiance qu'il m'a accordés pour entreprendre et réaliser ce modeste travail.

Mes sincères remerciements sont exprimés à Mr. **BENTOUATI Abdallah** Maître de conférences à l'Université El-Hadj Lakhdar Batna qui a accepté avec bon cœur de présider mon jury et pour ses précieux conseils, ainsi qu'à, Mr. **CHAKALI Gahdab** Maître de conférences à l'ENSA d'Alger et Mr. **LAAMARI Malik** professeur à l'université de Batna pour avoir accepté de m'accorder un peu de leur précieux temps pour lire et évaluer mon travail.

Je remercie Mr. **COCQUEMPOT J** et son équipe SupAgro de Montpellier, Mr. **BRUSTEL Hervé** du laboratoire d'Entomologie et de Biologie de Conservation de l'Ecole d'Ingénieurs de Purpan de l'université de Toulouse (France), Mr. **NOBLECOURT T.**, responsable du Laboratoire National d'Entomologie Forestière et Animateur du réseau Entomologie de l'Office National des Forêts à Quillan (France), Mr. **DOUMANDJI Salaheddine** pour les efforts qu'ils ont fournis afin d'identifier les spécimens récoltés.

Ma grande gratitude est destinée à Mr. **LAAMARI Malik** qui m'a orienté, conseillé et soutenu depuis ma graduation.

Je tiens à remercier Mr. **BEGHAMI Yacine** maître assistant à l'université de Batna, pour ses conseils, ses encouragements ainsi que son soutien moral et technique.

Un grand merci à Mes amis **BENSSACI Oussama Ali**, **LEKBIR Adel**, **NOUI Yassine**, maîtres assistants à l'université de Batna qui m'ont beaucoup aidé, conseillé et qu'ils m'ont appris la volonté et le sérieux.

Au personnel de la conservation de Batna surtout **BRIKI Athmane**, à toute la famille de la circonscription des forêts d'Arris sans exception je leur dis « merci du fond du cœur de m'avoir accueilli parmi vous ».

Je remercie tout le staff de la conservation de Khenchela ainsi que les gradients des différentes stations qui ont veillé à ce que je bénéficie des meilleures conditions de travail.

INDEX DES TABLEAUX

<u>Tableau 01:</u> Caractères botaniques et biologiques des 4 espèces du cèdre.....	11
<u>Tableau 02:</u> Estimation de la superficie des cédraies Aurassiennes.....	19
<u>Tableau 03:</u> Classement de l'importance des principales menaces pour les forêts européennes.....	28
<u>Tableau 04 :</u> Principales essences forestières et leurs superficies en (ha).....	30
<u>Tableau 05:</u> Principaux xylophages du cèdre au Maghreb.....	35
<u>Tableau 06 :</u> Occupation des sols au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub (BNEF, 1984).....	42
<u>Tableau 07 :</u> Pluviométrie moyenne annuelle dans les quatre stations d'observation (KHLIFI, 2002. ANRH.2005).....	45
<u>Tableau 08 :</u> Régime pluviométrique saisonnier (KHLIFI, 2002. ANRH.2005).....	45
<u>Tableau 09 :</u> Températures moyenne enregistrées pour les stations de Bouhmama (1992-2000), Foug El Gueis et Khenchela (1993-2004).....	46
<u>Tableau 10:</u> Indices de continentalité de la zones d'étude.....	48
<u>Tableau 11 :</u> Etages de végétation du cèdre de l'Atlas dans les deux séries.....	49
<u>Tableau 12:</u> Indices de sécheresse estivale des quatre forêts étudiées.....	50
<u>Tableau 13 :</u> Valeurs du « Q ₂ » et étages bioclimatiques des 4 stations de référence..	50
<u>Tableau 14:</u> Caractères principales des 3 stations d'étude	58
<u>Tableau 15:</u> Calendrier d'abattage des arbres de différentes classes pour les 3 stations	60
<u>Tableau 16:</u> Dates de coupes et de ramassage des arbres et des rondins pour les trois stations.....	61
<u>Tableau 17 :</u> Nombre de rondins prélevés par station, par classe et par niveau.....	62
<u>Tableau 18 :</u> Inventaire et effectif des spécimens obtenus par les trois méthodes de piégeages à partir des trois stations 'étude.....	66
<u>Tableau 19:</u> classes trophiques des spécimens capturés.....	72
<u>Tableau 20 :</u> Principaux prédateurs et parasites des xylophages capturés au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub.....	82
<u>Tableau 21:</u> Répartition biogéographique des espèces de xylophages inventoriées au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub	86

<u>Tableau 22:</u> Mensuration (moyenne $\pm$ écart-type) en (mm) des galeries des 4 principales espèces de scolytes.....	88
<u>Tableau 23 :</u> Mensuration (moyenne $\pm$ écart-type) en (mm) des galeries larvaires et logettes nymphales des deux espèces de buprestes récoltés des éclosiers.....	94
<u>Tableau 24 :</u> Abondances relatives globales des principales familles de xylophages dans les trois stations d'observation.....	100
<u>Tableau 25 :</u> Effectif et abondance relative des différentes espèces de xylophages dans les trois stations d'observation.	100
<u>Tableau 26 :</u> Distribution verticale des espèces de xylophages sur pied de 10m.....	102
<u>Tableau 27 :</u> Variation de la richesse spécifique en fonction des stations d'observation.....	102
<u>Tableau 28 :</u> Distribution des espèces xylophages sur les rondins de cèdre en fonction de leur classe de dépérissement et leur niveau de hauteur	105
<u>Tableau 29 :</u> Etats des rondins par station et par classe sanitaires.....	109
<u>Tableau 30 :</u> Surface moyenne (en cm ²) $\pm$ erreur type des rondins des trois stations selon leur classe de dépérissement.....	109
<u>Tableau 31 :</u> Nombre de billons attaqués, fréquence globale d'attaque et densité globale (D) pour les principales espèces xylophages.....	110
<u>Tableau 32:</u> Durées minimales, maximales et moyennes de développement estimées en jours pour des six espèces xylophages majeures.....	116
<u>Tableau 33 :</u> Chronologie des attaques des 4 principales espèces de xylophages.....	127

INDEX DES FIGURES

Figure 01: Cycle de développement simplifier des scolytes	06
Figure 02: Schéma type d'un système de galeries sous-corticales des scolytes des conifères.....	06
Figure 03: Exemples de galeries de scolytes	07
Figure 04 : Vu ventral du thorax d'un cérambycidé montrant les mycangia.....	12
Figure 04 : Principaux monoterpènes des conifères.....	12
Figure 06 : Réaction secondaire des résineux aux attaques des scolytes.	12
Figure 07: Caractéristiques botaniques du cèdre de l'Atlas.....	17
Figure 08 : Répartition géographique mondiale du genre <i>Cedrus</i>	20
Figure 09: Répartition géographique du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord.....	20
Figure 10 : Cercle vicieux du dépérissement forestier	27
Figure 11: Dépérissement de la cédraie de Chelia.....	27
Figure 12 : Relation entre sécheresse, stress hydrique et dépérissement forestier.....	31
Figure 13 : l'indice de sécheresse Mai-août (PSDI) pour la période allant de 1456 à 2002 pour la cédraie de Chelia.....	32
Figure 14: Importants Ravageurs de la cédraie Algérienne	36
Figure 15 : Synthèse des principaux agents induisant le dépérissement du cèdre de l'Atlas <i>Cedrus atlantica</i>	38
Figure 16: Situation géographique de la zone d'étude.....	40
Figure 17: Groupement <i>Cedro atlanticae</i> - <i>Ranunculetum spicatii</i>	44
Figure 18 : Groupement <i>Cedro atlanticae</i> - <i>Ranunculetum spicatii</i>	44
Figure 19: Enneigement Seltzer, (1946) ANRH (2002-2008).....	47
Figure 20: Fréquence des Gelées blanches, Station de Bouhmama.....	47
Figure 21 : Climatogramme du Quotient pluviométrique Q2 d'Emberger	51
Figure 22 : Diagramme Obrothermique - Station Bouchemaa -.....	53
Figure 23 : Diagramme ombrothermique - Station Kantina -.....	53
Figure 24: Diagramme Ombrothermique - Station Foug El Guies -.....	53
Figure 25: Schéma d'un piège vitre.....	55
Figure 26: Schéma d'un éclosier.....	56
Figure 27: Différent procédé de piégeage.....	57

Figure 28 : Piège jaune et différentes classes de dépérissement prises en considération lors de l'échantillonnage.....	59
Figure 29 : Schéma d'un pied de cèdre abattu laissant apparaître les différents niveaux à partir desquels les rondins ont été prélevés.....	61
Figure 30 : Principaux espèces xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas	69
Figure 31 : Espèces xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas.....	71
Figure 32 : Principaux ordres d'insectes capturés par les trois procédés de piégeage dans les cédraies de Chelia et Ouled Yagoub entre 05/05/2008 au 26/11/2008.....	73
Figure 33 : Nombre de captures au niveau des pièges installés sur terrain.....	73
Figure 34 : Espèces xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas	74
Figure 35 : Principaux ordres capturés par les pièges vitres.	75
Figure 36 : Appartenance trophique des principales espèces émergeant des éclosoirs..	76
Figure 37 : Principaux prédateur et parasites attachés aux xylophages du cèdre.....	84
Figure 38: Spectre biogéographique des xylophages récoltés dans les massifs de Chelia et Ouled Yagoub.	86
Figure 39 : Système de galeries des principales espèces de xylophages du cèdre de l'Atlas.....	90
Figure 40 : Architecture de galeries des principales espèces de xylophages du cèdre de l'Atlas	95
Figure 41 : Importance relative des familles de xylophages du cèdre de l'Atlas au Chelia et à Ouled Yagoub.....	99
Figure 42 : variation de la richesse spécifique des espèces xylophages en fonction de la classe de hauteur et la station d'étude	104
Figure 43 : variation de la richesse spécifique des espèces xylophages en fonction de la Classe de hauteur et de dépérissement.....	106
Figure 44: Fréquence d'attaque des principales espèces xylophages sur les arbres pièges pour les stations de Bouhmama et Oued Tider.....	112
Figure 45 : Fréquence des attaques des principales espèces xylophages sur les arbres de classe « D et M » au niveau des stations d'observation.....	112
Figure 46 : Densité moyenne des attaques des principaux xylophages en fonction du degré de dépérissement pour les rondins issus des trois stations d'observation.....	113

<u>Figure 47:</u> Effectif mensuel des émergences des trois espèces de scolytes au laboratoire à partir des rondins ramenés des trois stations d'étude.....	117
<u>Figure 48:</u> Effectif des émergences des trois espèces de scolytes à partir des rondins au laboratoire en fonction de la période d'exposition	117
<u>Figure 49 :</u> Distribution temporelle des effectifs des principales espèces piégés par les pièges sur terrain.....	119
<u>Figure 50:</u> Effectif mensuel des émergences de trois espèces de xylophages à partir des rondins ramenés des trois stations d'étude et déposés au laboratoire	119
<u>Figure 51 :</u> Effectif des émergences de trois espèces de xylophages à partir des rondins au laboratoire en fonction de la période.....	124

SOMMAIRE

Dédicas	i
Remerciements.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures.....	v
Introduction.....	01

Chapitre I : BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES XYLOPHAGES DES CONIFERES.

1. Scolytes	04
1.1.Cycle biologique.....	04
1.1.1. Phase de développement.....	05
1.1.2. Maturation et dispersion.....	05
1.1.3. Phase de reproduction	08
1.1.4. Hivernation et succession des générations	08
1.2.Pathogènes attachés aux scolytes	08
2. Buprestes	09
2.1.Ecologie des buprestes	09
3. Autres xylophages	09
3.1.Curculionidés.....	09
3.2.Cerambycidés.....	10
4. Relation conifères-xylophages.....	10
4.1.Attraction des conifères sur les xylophages.....	10
4.2.Réaction de défense des conifères.....	11

Chapitre II : MONOGRAPHIE DU CEDRE DE L'ATLAS.

1. Généralités	14
2. Systématique.....	14
3. Caractéristiques Botaniques	15

3.1. Inflorescence.....	15
3.2. Graine.....	15
3.3. Port.....	16
3.4. Ecorce.....	16
3.5. Feuilles & Rameaux.....	16
3.6. Racines.....	16
4. longévité	16
5. Aire de Répartition	
5.1. Historique.....	18
5.2. Aire naturelle.....	18
5.2.1. Au Maroc	18
5.2.2. En Algérie.....	18
5.2.3. Cèdre de l'atlas hors de son aire naturel	19
6. Phénologie & Croissance	
6.1. Phénologie.....	21
6.2. Croissance	21
7. Ecologie Du Cèdre De l'Atlas	
7.1. Altitude.....	22
7.2. Climat.....	23
7.3. Substratum.....	23
7.4. Exposition	24
8. Usage du cèdre.....	24

Chapitre III : LE DEPERISSEMENT FORESTIER ET ENNEMIES

DU CEDRE.

1. Définition du dépérissement.....	25
2. Hypothèses relatives au dépérissement des forêts.....	26
2.1. Hypothèse de l'acidification des écosystèmes forestiers.....	26
2.2. Hypothèse du rôle de l'ozone.....	26
2.3. Hypothèse d'une Alimentation Azotée déséquilibrée.....	26
2.4. Hypothèse de l'interaction « Climat-parasites-pollution atmosphérique ».....	28
3. Etat phytosanitaire des forêts DU Maghreb.....	28
3.1. Au Maroc.....	28

3.2. En Algérie :.....	29
4. Les facteurs de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans son aire naturelle.....	30
4.1. Facteurs prédisposant.....	30
4.1.1. La sécheresse et changement climatique.....	30
4.1.2. Faiblesse du potentiel génétique	32
4.1.3. Substratum	33
4.2. Facteurs aggravants	
4.2.1. Les incendies	33
4.2.2. Attaques d'Insectes.....	33
4.2.2.1. Défoliateurs.	33
4.2.2.2. Opophages.....	34
4.2.2.3. Xylophages	34
4.2.3. Agents cryptogamiques.....	35
4.3. Facteurs d'achèvements.....	37

Chapitre IV : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

I. Cadre Physique et Biologique

1. Situation Administrative.	
1.1. Mont Chelia.....	39
1.2. Ouled Yagoub.....	41
2. Géologie et Pédologie	41
3. Hydrologie.....	42
4. Végétation	
4.1. Association <i>Cedro atlanticae</i> - <i>Ranunculetum spicatii</i>	42
4.2. Association <i>violo munbyanae</i> – <i>Junipretum comunis</i>	43
4.3. Association <i>Acer monspessulanum</i> et <i>Smyrnum olusatrum</i>	43
4.4. Groupement <i>Fraxinus xanthoxyloides</i> et <i>Quercus rotundifolia</i>	43
4.5. Groupement à <i>Quercus faginea</i> Sub-espèce <i>microphylla</i>	43
5. Etude Climatique	43
5.1. Pluviométrie.....	45
5.1.1. Pluviométrie moyenne annuelle.....	45
5.1.2. Le régime pluviométrique saisonnier.....	45
5.2. Températures.....	46

5.3. Autres paramètres	
5.3.1. Neige.	47
5.3.2. Gelées blanches.....	47
5.3.3. Vents.....	48
5.3.4. Grêle.....	48
5.4. Synthèse climatique	
5.4.1. Amplitude thermique moyenne.....	48
5.4.2. Etage altitudinal de végétation.....	49
5.4.3. Indice de Xéricité	49
5.4.4. Quotient pluviométrique d'Emberger	50
5.4.5. Diagramme Ombrothermique de Gaussen	52
6. Conclusion.....	52
II. Matériel et méthode d'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas	
1. Matériel.....	54
1.1. Pièges Interceptions.....	54
1.2. Eclosoirs.....	55
1.3. Bacs Jaunes.....	56
1.4. Matériel végétale	
1.4.1. Arbres pièges « V »	56
1.4.2. Arbres dépérissants « D, M »	56
2. Méthodologie	
2.1. Choix des stations.....	58
2.2. Méthodologie d'échantillonnage.....	58
2.2.1. Installation des pièges sur terrain.....	58
2.2.2. Coupe des arbres de différentes classes de dépérissement	60
2.2.3. Coupes des rondins de différentes classes de hauteur	60
2.2.4. Périodes de coupes et d'exposition.....	61
2.2.5. Prélèvement des rondins	
2.2.5.1. Rondins provenant d'arbres des classes « D et M ».....	61
2.2.5.2. Rondins d'arbres pièges « V ».....	62
2.2.6. Paramètres étudiés sur les rondins	
2.2.6.1. Taux d'attaque.....	63

2.2.6.1.1. Densité globale d'attaque (GA)	63
2.2.6.1.2. Durée de développement minimum	63
2.2.6.1.3. Fréquence d'attaque	63
2.2.6.2. Chronologie d'attaque et étude bioécologique des espèces	63
2.2.6.2.1. Durée de développement	63
2.2.6.2.2. Durée de développement maximum.....	63
2.2.6.2.3. Densité d'attaque d'une espèce (EA)	63
2.2.6.2.4. Durée d'envol	64
2.2.7. Détermination de la distribution verticale des espèces xylophages.....	64
2.2.8. Description des systèmes de galeries.....	64
2.2.9. Identification des spécimens	64
2.2.10. Tests statistiques.....	65

Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Composition du peuplement entomologique	
1.1. Liste globale	66
1.2. Répartition des spécimens par ordre systématique.....	70
1.3. Distribution des spécimens par type de piégeage	
1.3.1. Bacs jaunes et pièges à interception.....	72
1.3.2. Eclosoirs.....	75
1.4. Discussion.....	77
1.5. Conclusion	81
2. Entomofaune attachée aux insectes associés au dépérissement du cèdre.....	81
2.1. Discussion.....	82
2.2. Conclusion.....	85
3. Chorologie et présentation des principaux xylophages de la cédraie.....	85
3.1. Origine des xylophages	85
3.2. Discussion.....	86
3.3. Conclusion.....	87
4. Présentation des caractéristiques des systèmes de galeries des principales espèces xylophages.....	88
4.1. Les Scolytes.....	88

4.1.1. <i>Cryphalus numidicus</i> (Eichhoff, 1878)	
4.1.1.1. Description de l'espèce	89
4.1.1.2. Description du système de galeries.....	89
4.1.2. <i>Scolytus amygdali</i> (Guerin, 1847)	
4.1.2.1. Description du système de galeries.....	91
4.1.2.2. Description de l'espèce	91
4.1.3. <i>Hylastes ater</i> (Paykull, 1800)	
4.1.3.1. Description de l'espèce	92
4.1.3.2. Description du système de galeries.....	92
4.1.4. <i>Crypturgus cedri</i> (Eichhoff, 1867)	
4.1.4.1. Description de l'espèce.....	92
4.1.4.2. Description du système de galeries.....	93
4.1.5. <i>Xyleborus dryographus</i> (Ratzeburg, 1837)	
4.1.5.1. Description de l'espèce	93
4.1.5.2. Description du système de galeries	93
4.1.6. <i>Ciidae</i> (<i>Cisdygma corioli</i> P.)	
4.1.6.1. Description de l'espèce	94
4.1.6.2. Description du système de galeries.....	94
4.2. Autres xylophages	94
4.2.1. <i>Melanophila marmottani</i> (Fairmaire, 1868)	
4.2.1.1. Description de l'espèce.....	96
4.2.1.2. Description du système de galerie.....	96
4.2.2. <i>Anthaxia</i> sp (<i>Anthaxia marmottani</i> , Brisout 1883)	
4.2.2.1. Description de l'espèce	96
4.2.2.2. Description du système de galeries.....	97
4.3. Discussion.....	97
4.4. Conclusion.....	98
5. Structure et distribution des principales espèces.	
5.1. Abondance globale	99
5.2. Variation de l'abondance relative en fonction des stations.....	99
5.3. Discussion.....	101
5.4. Distribution Verticale des espèces de xylophages sur les pieds du cèdre...	83
5.5. Richesse spécifique	

5.5.1. Selon les stations d'observation.....	102
5.5.1.1. Discussion.....	102
5.5.1.2. Conclusion.....	103
5.5.2. Selon les classes de dépérissement et les hauteurs de l'arbre.....	102
5.5.2.1. Discussion.....	105
5.5.2.2. Conclusion	108
6. Importance des attaques des xylophages.....	109
6.1.Fréquence globale d'attaque.....	110
6.2.Fréquence d'attaque par classe de dépérissement.....	111
6.2.1. Cas des arbres pièges.....	111
6.2.2. Cas des arbres dépéris	111
6.3.Densité d'attaque des principaux xylophages	113
6.4.Discussion.....	114
6.5.Conclusion	115
7. Cycle de développement des principales espèces de xylophages.....	116
7.1.Scolytes	
7.1.1. <i>Cryphalus numidicus</i>	116
7.1.1.1. Discussion	118
7.1.1.2. Conclusion	120
7.1.2. <i>Scolytus amygdali</i>	120
7.1.2.1. Discussion	120
7.1.2.2. Conclusion	121
7.1.3. <i>Hylastes ater</i>	121
7.1.3.1. Discussion	122
7.1.3.2. Conclusion	122
7.1.4. <i>Crypturgus cedri</i>	123
7.1.4.1. Discussion	123
7.1.4.2. conclusion	123
7.2.Autres xylophages	
7.2.1. <i>Cisdygma corioli</i>	125
7.2.1.1. Discussion.....	125
7.2.1.2. Conclusion.....	125
7.2.2. <i>Melanophila marmottani</i>	125

7.2.2.1. Discussion.....	126
7.2.2.2. Conclusion	126
8. Chronologie des attaques des principales espèces de xylophages.....	127
8.1.Discussion	127
8.2.Conclusion	128
Conclusion générale.....	129
Bibliographie	

INTRODUCTION



« Le génie, comme le cèdre du Liban, pousse sur les cimes, il grandit et se renforce dans la tempête et non dans les bas-fonds ».

[Mariano José de Larra]

INTRODUCTION

L'écosystème forestier des pays de pourtour méditerranéen est en danger notamment depuis la dernière décade, des massifs entiers laissent apparaître des faciès de dépérissement. Ce « fléau » touche la majorité des essences forestières, que ça soit des résineux ou des feuillus la mortalité avoisine 100% dans certaines régions méridionale des pays du Maghreb.

Le cèdre de l'Atlas essence noble, majestueuse, véritable richesse économique et culturelle, patrimoine dont l'impotence s'impose, essence qui fût jadis le symbole de l'immortalité est plus que jamais menacée de disparaître de son aire naturelle.

Si les cédraies du littoral algérien bénéficient d'un climat clément « Températures douces avec minima variant de -2°C à 0°C au mois janvier, pluviométrie dépassant 1 000mm/an » (QUEZEL, 1957 ; PARADAL, 1979), la cédraie aurassienne cantonnée en petits îlots est naturellement affaiblie, d'une part à cause de sa position qui est la plus méridionale de toutes les cédraies du monde (exemple de la cédraie de Taghda située à moins de 40Km de l'oasis de Mchounech), d'autre part la pauvreté du substratum sur lequel elle évolue (BENTOUATI et BARITEAU, 2006 ; EZZAHRI et BELGHAZI, 2000).

Le dépérissement du cèdre de l'Atlas se manifeste d'abord par un affaiblissement des fonctions physiologiques des pieds souffrants, ce phénomène touche des jeunes comme les vieux sujets, en peuplement séré ou en bordure des clairières. Enfin survient la mortalité, stade ultime de ce processus.

Depuis le début des années 1980, de nombreuses prospections, missions, visites et études (FRITAH, 1984 ; KHEMICI et *al.*, 1987 ; TOUCHEN, 2008 en Algérie, BENHALIMA, 1999, 2004 ; M'HIRIT, 1982, 1984 ; MOUNA et FABRE, 2005 au Maroc) ont été réalisées afin d'élucider les causes du dépérissement de cette essence ; les résultats obtenus démontrent que ce phénomène est le résultat de la combinaison de facteurs biotiques et abiotiques (détaillés lors du troisième chapitre).

M'HIRIT, (2008) précise que pour élucider le mystère du dépérissement forestier, une approche multi disciplinaire est préconisée, donc l'étude à des caractéristiques physiques du sol, aux conditions trophiques et hydriques, dendrométriques, écophysiologiques, des caractéristiques sylvicoles, s'ajoute l'approche phytosanitaire ou l'entomologie qui est sa pièce maîtresse.

En effet, si L'anthropisation et la sécheresse concourent souvent à modifier profondément l'écosystème de la cédraie aurassienne en la rendant plus sensible aux attaques parasites ; de nombreux insectes déprédateurs de régimes alimentaires variés comme les défoliateurs (chenilles de lépidoptères), les opophages (pucerons et cochenilles), des séminiphages (charançons, hyménoptères et certains lépidoptère) et enfin les xylophages (scolytes, buprestes, curculionidés...) peuvent jouer un rôle primordial dans le dépérissement du cèdre de l'Atlas, l'exemple des dégâts infligés à la cédraie de Belezma par la processionnaire du cèdre lors des gradations de 1982, 1989 et 2006 en sont témoins.

La connaissance approfondie des insectes associés au dépérissement du cèdre (inventaire, mécanismes de pullulation, dynamique des populations, etc) ne pouvant être entreprise dans une seule étude. Nous avons ciblé notre travail sur l'étudier des insectes xylophages du cèdre.

Les xylophages en particulier interviennent le plus souvent dans les processus de dépérissement des arbres forestiers. Ils sont considérés comme les principaux facteurs aggravant du phénomène en cas de fortes pullulations cas d'*Ips typographus* sur épicéa en Europe et *Cryphalus numidicus* et *Phaenops marmottani* (au Maroc) sur cèdre de l'Atlas (CHARARAS, 1974 ; M'HIRIT et al., 2008).

En dépit de quelques notes et observations signalées par nombreux auteurs tels DE PEYERIMHOFF (1911, 1915, 1919, 1933, 1945 et 1948), BALACHOWSKY (1969), GUEZLANE, (1982), FRITAH (1984) et KHEMICI et al., (1987) au nord de l'Afrique, aucune étude approfondie n'a été entreprise dans ce secteur, sauf celle de (BENHALIMA, 2004) au Maroc. Cette dernière portait sur un inventaire exhaustif des xylophages associés au dépérissement du cèdre, la bioécologie des principaux insectes et la stratégie de lutte visant à protéger les peuplements contre leurs agressions.

En Algérie, ce type de recherche est quasiment absent malgré l'apparition du phénomène de dépérissement et avec une grande envergure depuis assez longtemps.

Notre présent travail, original dans sa nature, tente donc à combler ces lacunes tant sur plan entomologique que sur le plan écophysiologique de l'arbre. Il vise à :

- Présenter une première liste assez complète que possible des principales espèces de xylophages qui s'attaquent aux cédraies de l'Aures.
- Etudier leur cycle biologique tout en essayant de donner les dates plus ou moins exactes de leurs vols pour des fins de lutte,

- Réaliser une description précise des galeries propres aux principaux xylophages afin de les utiliser comme un guide dans les identifications sur terrain,
- Estimer les dégâts occasionnés par ces sous-corticaux afin de déceler leur nocivité.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons retenu le massif de Chelia et Ouled Yagoub comme zone d'étude de référence où le dépérissement est plus prononcé. Pour cela, nombreuses méthodes sont employées pour mener à bien cette étude,

Le présent manuscrit est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre est réservé à la présentation générale des xylophages des conifères où nous avons présenté l'écologie et la biologie des principales familles de ce groupe d'insecte.

Le second chapitre porte sur la monographie de la plante-hôte à savoir le cèdre de l'Atlas. Dans ce chapitre, nous avons présenté l'essentiel de ces caractéristiques botaniques et écologiques, son origine et sa position systématique, son aire naturelle et artificielle, etc.

Le troisième chapitre expose le problème de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans son aire tout en essayant de faire une synthèse des études ultérieures ayant traité ce sujet et les hypothèses qui ont été émises pour expliquer les causes de ce problème.

Dans le quatrième chapitre, nous avons présenté la zone d'étude à savoir les massifs de Chelia et Ouled Yagoub où nous avons exposé leurs caractéristiques géographiques, géologiques, forestières, floristiques, climatiques et économiques. Par la suite nous avons détaillé les techniques utilisées pour capturer le maximum d'espèces pour les identifier et dresser par conséquent une première liste d'insectes associés au cèdre, et enfin on a pris le soin d'expliquer la méthodologie adoptée au cours de notre étude.

Enfin dans le dernier chapitre, nous avons étalé les résultats obtenus en les comparant avec d'autres menés soit au Maroc soit en France où se trouve le cèdre à l'état artificiel. Ces résultats sont discutés par mise en évidence des facteurs intervenant pour expliquer toute variation dans les données.

CHAPITRE : I

BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES XYLOPHAGES DES CONIFERES



Mise en défend du cèdre de l'Atlas (Tizi Ala –Khenchela)

Chapitre I : BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES XYLOPHAGES DES CONIFERES

Il est bien connu que les insectes colonisent différentes parties d'un végétal, et par conséquent se spécialisant dans l'attaque d'un tissu, d'un organe et/ou d'une strate bien déterminée d'un arbre.

Comme nous l'avons déjà signalé lors de l'introduction, au cours de ce présent travail nous nous intéresserons principalement aux xylophages, pour cela nous présentons dans ce chapitre quelques aspects fondamentaux des principaux insectes sous corticaux et leurs relations avec la plante hôte.

La plupart des xylophages stricts sont des coléoptères, ils sont sous corticaux et peuvent s'attaquer aux essences en pleine végétation ou complètement dépéris.

Le terme « insectes sous corticaux » désigne l'ensemble des insectes s'alimentant et développant la majeure partie de leur cycle dans le xylème (insectes xylophages) ou dans le phloème (insectes Phloeophages). D'autres creusent par contre le bois pour cultiver les champignons symbiotiques pour en nourrir la descendance (insectes xylomycetophages à *Ambrosia*) et enfin ceux qui vivent dans la moelle centrale des brindilles et des rameaux (espèces myelophages) (LIEUTIER et *al.*, 2007).

Les insectes sous corticaux sont cependant les plus importants groupes ravageant les essences forestières en particulier les résineux. La connaissance de leur biologie est primordiale pour toute stratégie de lutte (GULLAN et CRANSTON, 2005).

1. Scolytes :

Ce sont des petits insectes (2 à 5mm) cylindriques, souvent pubescents, endophytes vivant dans les tissus conducteurs des plantes où ils passent la majeure partie de leur cycle dans les parties ligneuses (CAPINERA, 2008). Ils appartiennent à la Super-famille des Curculionoidea et à la famille des Scolytidae et la sous famille des Scolytinae.

Cette sous famille compte plus de 72 genres dont les plus connues sont : *Cryphalus* **Erichson**, 1836 ; *Dendroctonus* **Erichson**, 1836 ; *Ips* **De Geer**, 1775 ; *Orthotomicus* **Ferrari**, 1867 ; *Phloeosinus* **Chapuis**, 1869, *Scolytus* **Geoffroy**, 1762 et *Tomicus* **Latreille**, 1803 (HUBER et BORDEN, 2001 ; RESH et CARDÉ, 2003).

1.1.Cycle biologique :

Chaque génération de scolyte a un cycle biologique passant par trois principales phases à savoir la reproduction-développement, la maturation et la dispersion. Chaque phase peut

présenter plusieurs variantes en fonction de l'espèce. Le cycle peut se répéter une ou plusieurs fois par an et être interrompu par l'hivernation (figure : 01) (CHARARAS, 1982).

1.1.1. Phase de reproduction-développement :

Le développement des scolytes est totalement endophytique. La larve et la chrysalide ne peuvent pas survivre en dehors de l'arbre hôte. Le développement post-embryonnaire et similaire pour toutes les espèces, avec 3 à 5 stades larvaires suivis par une nymphose. Le régime alimentaire des larves varie entre la phloeophagie et la xylomycetophagie (figure :02).

Les larves phloeophages consomment les tissus du phloème ; elles creusent généralement des galeries individuelles plus ou moins perpendiculaires à la galerie maternelle en constituant un système de galeries spécifiques à l'espèce (LIEUTIER et *al.*, 2007).

En outre, les larves des espèces xylomycetophages restent en général près de la galerie maternelle et s'alimentent des mycéliums des champignons cultivés sur les parois des galeries de leurs hôtes (LIEUTIER et *al.*, 2007).

La nymphose se fait dans une chambre spéciale aménagée par la larve âgée profondément dans le xylème ou rarement dans les anfractuosités de l'écorce.

Les femelles et les larves creusent un système de galeries propre à l'espèce permettant l'identification sans ambiguïté du genre et parfois même de l'espèce en connaissant le schéma type de leur système (LIEUTIER et *al.*, 2007).

Mais pour ce mode, il existe de nombreuses variantes fondées en particulier sur le nombre de galeries maternelles et leur disposition par rapport au fil de bois. Nous distinguons ainsi des systèmes monogames ou polygames pouvant être longitudinaux, transversaux, en étoile, etc. (Figure : 03).

1.1.2. Maturation et dispersion :

Après la mue, les scolytes ont besoin d'une période de maturation avant qu'ils soient capables de se reproduire. Cette période permet à l'imago l'achèvement de la sclérotisation, la constitution des muscles des ailes et la formation des génitalia, ainsi que l'emmagasinement des réserves d'énergies. Pour cela, les jeunes imagos ont besoin d'entreprendre une alimentation de maturation.

Pour la plus part des espèces de scolytes tel *Ips typographus*, la maturation se manifeste juste après la phase de développement. Les jeunes imagos selon l'espèce s'alimentent de phloème ou de mycéliums autour de leurs galeries (LIEUTIER et *al.*, 2007).

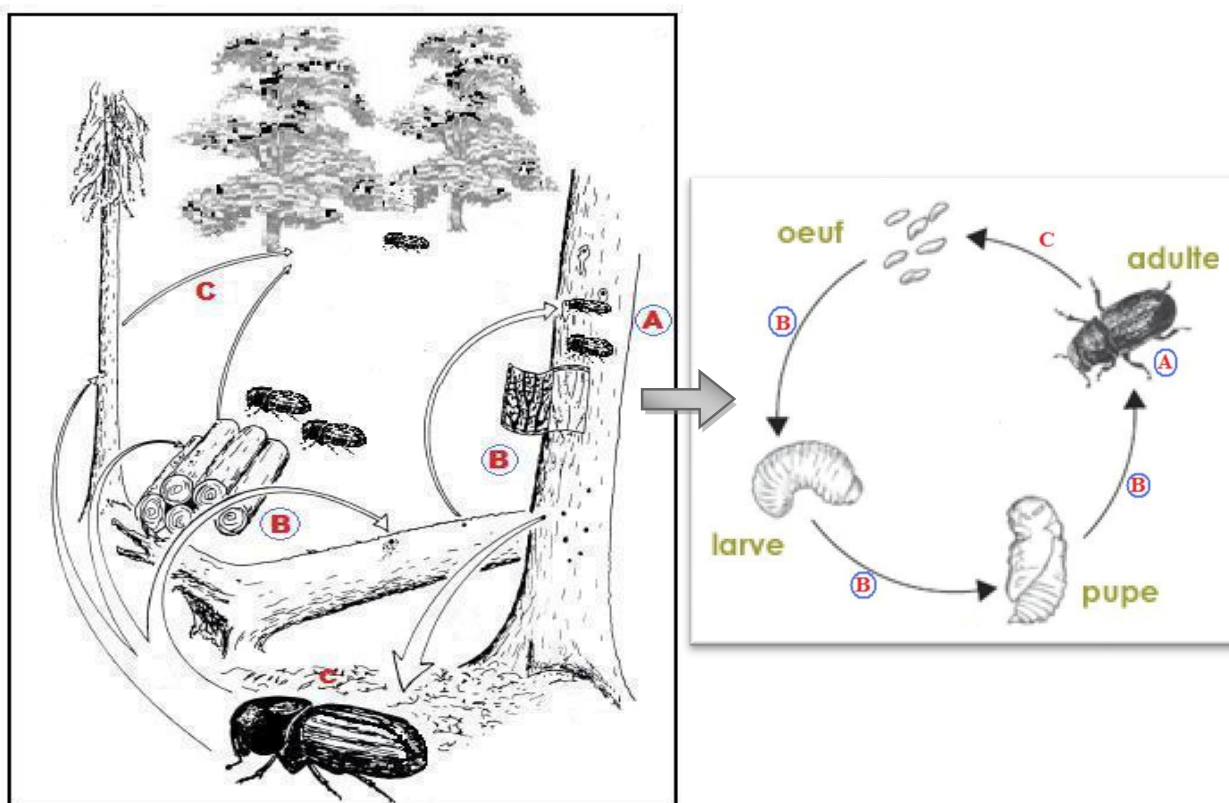


Figure 01: Cycle de développement simplifié des scolytes ; A : reproduction, B : développement, C : maturation et dispersion ; Le cercle bleu indique un développement endophyte (CHRISTIANSEN et BAKKE, 1988).

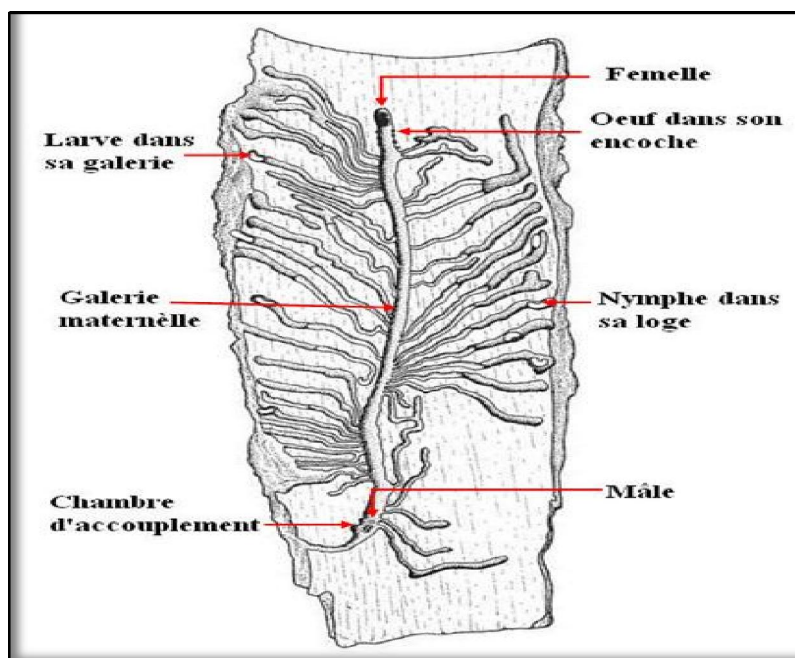


Figure 02: Schéma type d'un système de galeries sous-corticales des scolytes des conifères (GILLOTT, 2005) modifié.

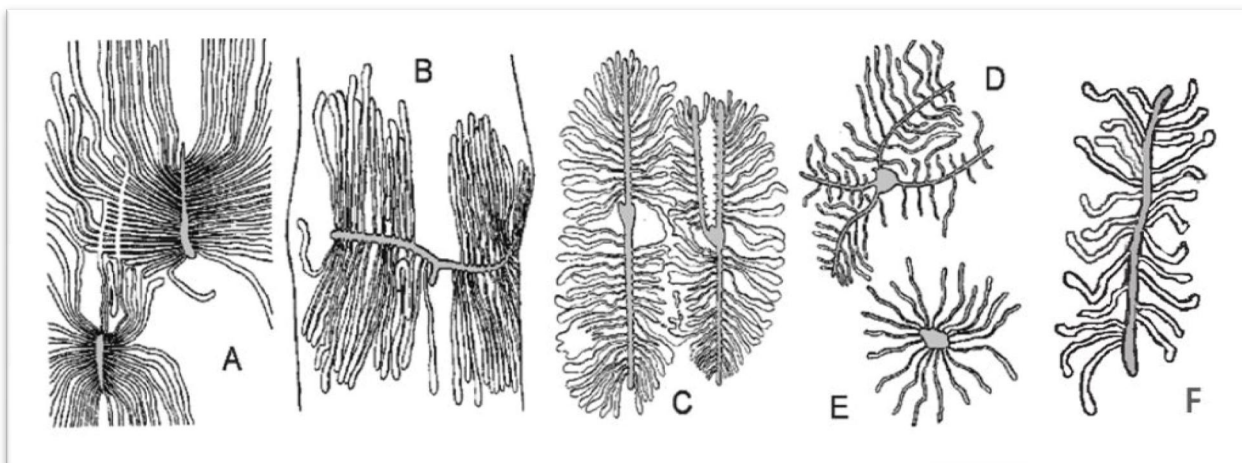


Figure 03 : Exemples de galeries de scolytes ; « Galeries maternelle en gris. **A :** *Scolytus scolytus* (longitudinale simple) ; **B :** *Leperesinus variens* (transversale à plusieurs branches) ; **C :** *Ips typographus* (longitudinale à plusieurs branches) ; **D :** *Pityophthorus pityographus* (étoilé) ; **E :** *Cryphalus piceae* (circulaire) ; **F :** *Tomecus peniperda* (longitudinale simple)

(BALACHOWSKY in LIEUTIER et al., 2007)

L'émergence des imagos se fait par l'entrée de la galerie maternelle ou par n'importe quel autre trou dans l'écorce .Si c'est nécessaire, ils creusent des trous de sorties. Après l'émergence, les adultes cherchent des hôtes convenables pour se reproduire. Pour ces insectes, les phases de maturation et de dispersion sont clairement séparées. Nous observons un seul vol nommé vol d'essaimage.

Chez quelques espèces comme le genre *Tomicus*, la maturation se termine toujours dans un autre endroit que les galeries larvaires. Par exemple, *T. peniperda* creuse une galerie axiale dans les pousses des pins, en changeant les branches ou carrément les pieds pendant la maturation surtout si les pousses attaquées se dessèchent.

Pour ces espèces la maturation et la dispersion sont mixées et le cycle de leur développement présentent alors deux vols principaux ; le premier est dit d'émergence et le second est de reproduction ou d'essaimage (LIEUTIER et al., 2007).

En ce qui concerne la période de nutrition de maturation, elle varie selon la qualité de l'alimentation (glucides et terpènes). A titre d'exemple, le scolyte *Phloeosinus cedri*, vivant dans un biotope en pleine sève (18 à 19% de matière sèche) et sous une température de 26°C achève sa période de maturation entre 36 et 42 jours ; alors que dans un biotope en voie de dégradation avancée (7% de matière sèche), la maturation exige plus de temps entre 62 et 64 jours avec un taux de mortalité très élevé (de 27 à 38%) (CHARARAS, 1967).

La dispersion se fait aléatoirement et les adultes suivent la direction des vents jusqu'à ce qu'ils deviennent plus réceptifs aux stimuli des arbres hôtes. Ceci s'explique par une faculté

impressionnante de voler plus d'une heure (pouvant atteindre 4 à 6 heures) et une vitesse comprise entre 1 et 2ms⁻¹. Les scolytes peuvent coloniser de vastes étendus pouvant atteindre une dizaine de kilomètres (CHARARAS, 1967).

1.1.3. Phase de reproduction :

La plus part des scolytes ont une reproduction sexuée. Cette phase commence quand l'insecte mature arrive sur un hôte adéquat, attiré par l'émanation volatil des sujets propices ainsi que par les phéromones sexuelles (LIEUTIER et *al.* 2007).

Dans le cas des espèces polygames, les mâles arrivent en premiers et creusent un trou de pénétration puis une chambre nuptiale dans le phloème en attendant l'arrivée des femelles. Les sex-ratios varient de 1 à 7 femelles par 1 mâle selon les espèces et les conditions qu'offre le biotope (SCHROEDER et EIDMANN, 1987).

Pour les espèces monogames, les femelles arrivent par contre en premier et creusent un trou d'entrée puis elles sont jointes par les mâles. Après la fécondation, les femelles creusent une galerie maternelle parsemée d'encoches contenant des œufs qui après éclosion donneront de larves néonates qui creusent une galerie larvaire perpendiculaire à la galerie maternelle (Fig. 20) (SCHROEDER et EIDMANN, 1987).

1.1.4. Hivernation et succession des générations :

L'hivernation est une phase critique dans le cycle de développement des scolytes. Les basses températures de l'hiver diminuent ou arrêtent la dispersion et les attaques de ces insectes. Néanmoins, les imagos immatures peuvent supporter des températures de -15°C jusqu'à -30°C dans leur loge ou dans la litière sous la neige (LIEUTIER et *al.*, 2007).

La plupart des espèces de scolytes sont monovoltines, mais en conditions optimales 2 à 3 générations peuvent se succéder dans l'année (LIEUTIER, 1991). Le simple cycle de développement peut être compliqué par l'existence de générations sœurs qui peuvent se confondre en induisant des erreurs dans le comptage de générations par année (LIEUTIER et *al.*, 2007).

1.2. Pathogènes attachés aux scolytes :

Du point de vue économique, les scolytes sont les plus importants ravageurs de la forêt mondiale et plus précisément des conifères des régions boréale et tempérée à cause des innombrables pathogènes qu'ils inoculent aux sujets infestés (GEBHARDTET *al.*, 2004).

Les pathogènes sont transmissibles soit par voie horizontale (contact dans les galeries, ingestion..) soit par voie verticale (des parents à leurs descendances).

Les espèces xylomycetophages « ambrosia beetles » vivent dans leur majorité dans le duramen où le bois offre une alimentation médiocre aux jeunes larves car elles ne sont pas capables de dégrader les constituants biochimiques du xylème (lignine, cellulose et hémicellulose). Ce problème est résolu grâce aux champignons symbiotiques véhiculés par les adultes dans des structures spéciales appelées mycangia (Figure : 04) et inoculés dans leurs arbres hôtes (LIEUTIER et *al.*, 2007 ; GEBHARDT et *al.*, 2004).

Pour les scolytes phloeophages « true bark beetles », le phloème fournit une nutrition riche, donc ils ne dépendent pas des champignons symbiotiques pour leur alimentation. Néanmoins, ils sont associés à divers champignons appartenant à divers taxons comme le syndrome du bleutisme causés par les *Basidiomycota* et les *Ascomycota* (GIBBS et INMAN, 1991; PAINE et STEPHEN, 1987).

2. Buprestes :

La plus part des buprestes sont des xylophages, s'attaquant aux pieds présentant un grave déficit physiologique ou totalement morts. Ils ont un rôle physiologique important en contribuant à la dégradation du bois mort. Mais ils peuvent présenter un grand danger pour les peuplements forestiers méditerranéens connus pour leur faiblesse physiologique. Ils colonisent toutes les niches qu'offre le biotope forestier (LIEUTIER et *al.*, 2007 ; CAPINERA, 2008).

2.1. Ecologie des buprestes :

Les adultes sont diurnes, thermophiles, de grande taille comprise entre 7mm à 5cm et à tégument très dure. Le cycle typique se boucle généralement en un an, exceptionnellement 2 ans. L'émergence des adultes a lieu au printemps par des trous de sortie ovales et de grand diamètre (CHARARAS, 1982 ; LIEUTIER, 1991).

Les adultes s'alimentent en général de feuillage, de pollens ou de nectar. La femelle pond ses œufs sur la surface de l'écorce ou dans les fissures et les crevasses des arbres en privilégiant les arbres présentant une moindre teneur en eau. Après l'éclosion, les larves néonates pénètrent à l'intérieur de l'écorce et s'alimentent de phloème (LIEUTIER et *al.*, 2007).

3. Autres xylophages

3.1. Curculionidés :

Appeler couramment les charançons, les curculionidés représentent l'une des familles des coléoptères les plus importantes avec plus de 50 000 espèces (CAPINERA, 2008). Les larves s'alimentent sous l'écorce de différentes parties (tiges, troncs, branches, racines etc..) d'arbres mourants ou totalement morts. Elles creusent en effet de longues galeries sinueuses dont le

diamètre augmente au fur et à mesure du développement des larves. La nymphose se fait dans l'écorce quand celle-ci est épaisse (LIEUTIER et *al.*, 2007).

3.2.Cérambycides:

Nommés les « longicornes » à cause de leurs longues antennes dépassant largement le corps surtout chez les mâles (VILLIERS, 1946) ; les femelles déposent leurs œufs sous ou dans les crevasses de l'écorce à l'aide de l'ovipositeur (RESH et CARDÉ, 2003).

LIEUTIER et *al.*, (2007) indiquent que le développement larvaire passe par plusieurs stades au laboratoire pouvant atteindre 14 stades pour l'espèce *Anoplophora glabripennis*. La nymphose se fait dans une chambre au bout de la galerie nymphale. Quelques espèces appartenant surtout aux genres *Saperda*, *Monochamus*, *Tetropium*, et *Phoracantha* ont un grand intérêt forestier vu les dégâts qu'elles causent car elles s'attaquent même aux essences saines (JEREMY et *al.*, 2004).

4. Relation conifères-xylophages :

La plupart des insectes xylophages des arbres forestiers attaquent des sujets présentant une déficience physiologiques (une pression osmotique plus élevée) due à plusieurs facteurs entraînant une diminution de l'activité photosynthétique. Parmi ces facteurs, nous citons les facteurs abiotiques comme le stress hydrique et biotiques telle que les attaques d'insectes défoliateurs (CHARARAS, 1967 ; LIEUTIER, 1992).

Il reste à savoir comment les xylophages découvrent leurs hôtes privilégiés au sein d'un peuplement forestier. En effet, aucun insecte xylophage n'est doté d'organes spécifiques qui lui permettraient d'apprécier les fluctuations de la pression osmotique ou du taux des substances organiques qui caractérisent un arbre affaibli (BERRYMAN et *al.*, 1989).

Pour contrecarrer les agressions des insectes, les arbres attaqués sont comme tous les êtres vivants capables de se défendre en se manifestant par un certain nombre de mécanismes.

4.1.Attraction des conifères sur les xylophages :

Chez un arbre vigoureux, les cellules sont normalement turgescentes et les oléorésines riches en composés volatils (composés terpéniques) ne laissent pas exhaler leurs constituants terpéniques qui se trouvent retenus dans les tissus végétaux (CHARARAS, 1967 ; LIEUTIER, 1988 et BYERS, 1995 et SEYBOLD et *al.*, 2006).

Au contraire, en cas de perturbations physiologiques, les cellules sont lésées et les oléorésines sont excrétées hors de l'écorce, sous l'action combinée de l'air, de l'humidité atmosphérique et des microorganismes. Ces modifications (oxydation et une polymérisation)

donnent naissance à des composés attractifs pour les xylophages qui les guident vers l'hôte de prédilection (BYERS, 1995 ; HUBER et BORDEN, 2001).

Cette attraction exercée par ces substances est appelée attraction primaire. Elle constitue un principe du mécanisme de piégeage appelé « arbre piège ». En effet, il suffit de couper un arbre vigoureux en pleine forêt simulant ainsi une carence physiologique et d'attendre quelques jours pour que les xylophages soient attirés alors que les pieds voisins vigoureux restent toujours sains (BYERS, 1992 ; SEYBOLD et *al.*, 2006 ; CHAKALI, 2007 ; FACCOLI et SCHLYTER, 2007 ;).

La plupart des conifères libèrent plus au moins les mêmes substances attractives dont les plus connues sont α -pinène, β -pinène ou Δ_3 -carène (figure :05) (CANARD et *al.*, 1997). De nombreux xylophages possèdent donc la particularité de tolérer diverses substances terpéniques et c'est souvent l'action synergique de plusieurs composés terpéniques qui détermine le choix de la plante-hôte par les insectes (CHARARAS, 1967 ; SEYBOLD et *al.*, 2006).

A l'opposé, les espèces capables de vivre sur différents conifères montrent une nette spécificité liée à l'existence de constituants terpéniques tout à fait particuliers. Nous citons à titre d'exemple les deux scolytes *Scolytus numidicus* et *Phloeosinus cedri* qui sont des parasites exclusifs du cèdre de l'atlas car ils sont attirés par une substance caractéristique de cette essence à savoir l'atlantone (BERTON et CHARARAS, 1967 ; CHARARAS et *al.*, 1968).

En général, l'installation des xylophages sur l'arbre-hôte passe par trois phases :

- o **Première phase** : de stimulus olfactif à distance où l'insecte choisit son biotope pendant l'envol. Le stimulus gustatif ne joue aucun rôle.
- o **Deuxième phase** : de stimulus olfactif de proximité qui conduit l'insecte à déterminer dans son biotope déjà choisi l'endroit le plus propice.
- o **Troisième phase** : de stimulus gustatif qui prédomine (CHARARAS, 1967)

4.2. Réaction de défense des conifères :

Il existe deux types de réaction des conifères aux attaques d'insectes xylophages :

- ❖ **Réaction primaire** : c'est une réaction mécanique et passive qui correspond à un écoulement de résine préexistante avant l'attaque. Elle est causée par la section des canaux résinifères par suite de l'activité de forage de l'insecte (fig.06-A) (BERTON et CHARARAS, 1967 ; LIEUTIER, 1988 ; FACCOLI ; SCHLYTER, 2007.).
- ❖ **Réaction secondaire** : elle correspond à une néo-synthèse de résine. C'est un phénomène dynamique localisé aux alentours du site d'agression et dû à une activation de cellules ne sécrétant pas de résines habituellement. Cette réaction serait induite par une présence de

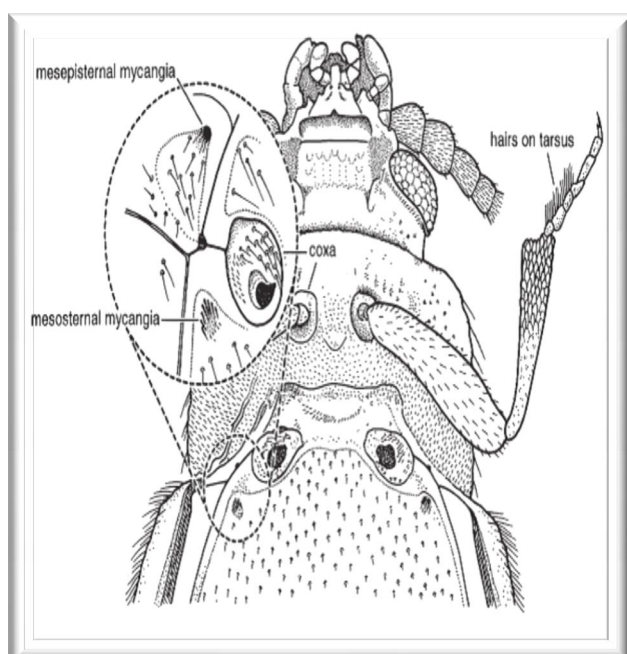


Figure 04 : Vue ventrale du thorax d'un cérambycidé montrant les mycangia (LIEUTIER et *al.*, 2007) .

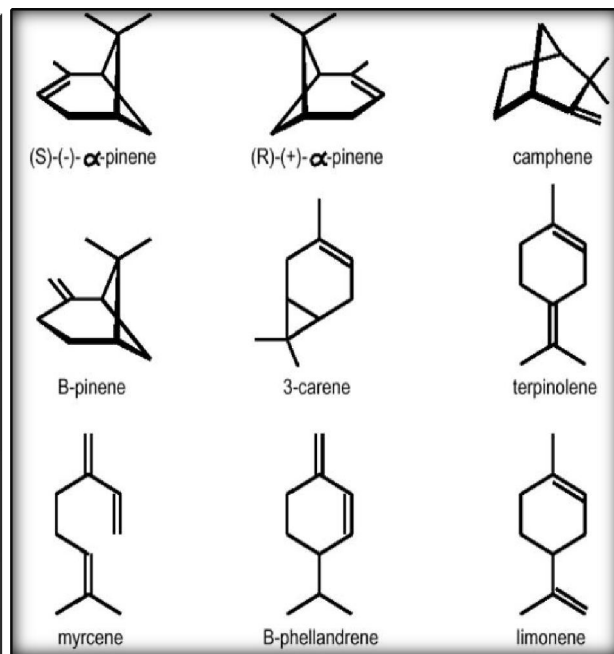


Figure 05 : Principaux monoterpènes des conifères. (LIEUTIER et *al.*, 2007).

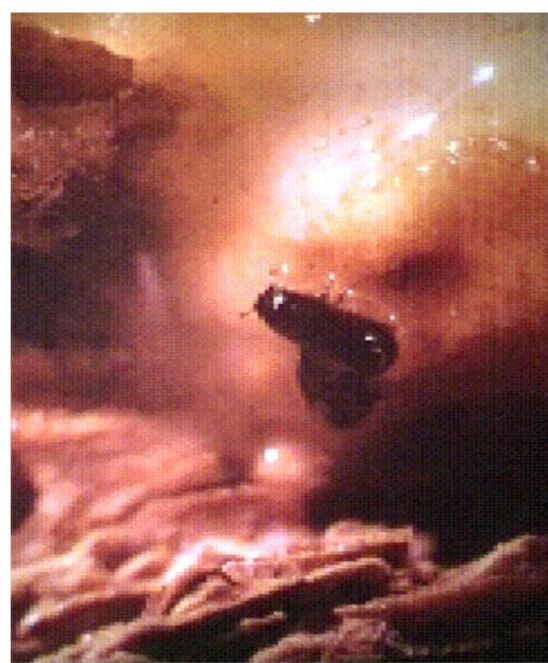


Figure 06 : Réaction secondaire des résineux aux attaques des scolytes
 A ; Réponse de *Cedrus atlantica* à une attaque de *Cryphalus pini* (Original)
 B : Réaction secondaire du pin à une attaque de *Tomicus peniperda* (LIEUTIER et *al.*, 2007)

champignons associés à certains xylophages. Elle se manifeste par une imprégnation résinique plus au moins importante des tissus végétaux (phloème et aubier) au voisinage de l'attaque (Fig.06-B) (LIEUTIER, 1992).

CHAPITRE : II

MONOGRAPHIE DU CEDRE DE L'ATLAS



Architecture d'un jeune pied de cèdre de l'Atla

Chapitre II: MONOGRAPHIE DU CEDRE DE L'ATLAS

1. Généralités :

Le Cèdre de l'Atlas : *Cedrus atlantica* (Man.) est l'une des essences forestières endémiques, nobles, précieuses et majestueuses du paysage du nord-ouest du continent africain. En plus, il est l'une des espèces économiquement et écologiquement les plus importantes des forêts du Maroc et de l'Algérie (TOTH, 1990).

Le genre *Cedrus* est caractérisé par un nombre très limité d'espèces étroitement liées aux régions circumméditerranéenne et de l'Himalaya. Elles sont en nombre de quatre selon (FARJON 1990 in SABATIER *et al.*, 2003) :

- *Cedrus atlantica* (Endl.) **Manetti** : Cèdre de L'Atlas. (Maroc, Algérie).
- *Cedrus libani* A. **Rich** : Cèdre de Liban. (Liban, Syrie, Turquie).
- *Cedrus brevifolia* (**Hooke F.**) : Cèdre de Chypre. (Chypre).
- *Cedrus Deodara* (**Don G.**) : Cèdre de L'Himalaya. (zone orientale de l'Afghanistan jusqu'au Nord-ouest du Pakistan et de l'Inde).

Cependant, les dernières études taxonomiques et phylogénétiques menées par (WANG *et al.*, 2000 ; GUERLI *et al.*, 2001), impliquant des marqueurs génétiques, démontrant que le genre *Cedrus* comprend seulement trois espèces : *Cedrus atlantica*, *C. deodara* et *C. libani* qui, lui-même, englobe trois sous espèces : *stenocoma* (Turquie) ; *libani* (de Liban) et *brevifolia* (Chypre) (FADY *et al.*, 2000; SCALTSOYIANNES, 1999 in SABATIER *et al.*, 2003).

2. Systématique :

Le cèdre de l'Atlas est classé comme suite :

- ✓ **Règne** : Végétale.
- ✓ **Embranchement** : Spermaphytes.
- ✓ **Sous Embranchement** : Gymnospermes.
- ✓ **Classe** : Vectrices.
- ✓ **Ordre** : Coniferales.
- ✓ **Sous Ordre** : Abietales.
- ✓ **Famille** : Pinacées.
- ✓ **Sous Famille** : Stritées.
- ✓ **Genre et Espèce** : *Cedrus Atlantica* Manetti.
- ✓ **Nom Arabe** : Arz « الأرز », Meddad.
- ✓ **Nom Berbère** : Idhiel ou Idhguel et Bignoun (Figure 04-A).

3. Caractères botaniques :

Les 4 espèces de cèdre se distinguent par différents critères regroupés dans le tableau 01 (FARJON, 1990 ; TOTH, 2005).

Tableau 01: Caractères botaniques et biologiques des 4 espèces du cèdre (FARJON, 1990 et TOTH, 2005).

Espèces	<i>C. atlantica</i>	<i>C. libani</i>	<i>C. brevifolia</i>	<i>C. deodara</i>
Taille des aiguilles (cm)	1 à 2.5	1 à 3.5	0.5 à 1.0	3 à 5
Cônes				
* Longueur (cm)	5 à 8	8 à 12	5 à 10	7 à 13
* Diamètre (cm)	3 à 5	3 à 6	3 à 6	5 à 9
Facteurs de désarticulation des cônes	Alternance : humidité – chaleur – gel – dégel.			Chaleur seule
Graine				
* Longueur (cm)	0.8 à 1.3	1.0 à 1.4	0.8 à 1.4	1.0 à 1.5
* Envergure (cm)	2.5 à 3.5	3.5 à 4.0	3.0 à 4.0	3.5 à 4.5
*Poids de 100 graines (g)	5 à 8	9 à 11	5 à 6	10 à 12
Epoque de pollinisation	mi - septembre	mi - septembre	début septembre	début novembre
Durée de maturité	2 ans	2 ans	2 ans	1 an
Ramification 1^{er} ordre	Redressées	Horizontales	Non pendantes	Pendantes
Croissance juvénile	Monocyclique			Polycyclique
Taille maximale de l'arbre	45 m	40 m	15	70

3.1. Inflorescence :

Le cèdre de l'Atlas est une essence monoïque (pieds portent à la fois des fleurs mâles et femelles) et ses fleurs sont groupées en inflorescences de type chaton :

- o Le chaton mâle (fleur mâle): de forme ovoïde qui apparaît généralement à mi- Juin et achève sa maturité vers la mi - Septembre.
- o Le chaton femelle (inflorescence femelle ou cône): de forme ovoïde également ; il apparaît trois mois après le chaton mâle; de couleur verte - bleuâtre, il est plus petit que le chaton mâle (Figure 07-B) (TOTH, 1982 ; NEDJAH, 1988).

Après pollinisation (Septembre - Octobre), les fleurs fécondées se développent rapidement et se transforment en petits cônes, vert pâle, virant au rose puis au vert marron qui se désarticulent sous l'action des conditions de gel-dégel-humidité libérant ainsi leurs graines.

La fructification commence à partir de 35 à 40 ans et elle est abondante à 60 ans (TOTH, 1984).

3.2. Graine :

Les graines produites par cône sont fertiles et stériles. Elles se divisent en graines attaquées, aplaties et en forme de becs (Figure 07-C :).

3.3. Port :

Droit, 20 à 30 m de hauteur, le cèdre de l'Atlas possède un tronc monopodial orthotrope, à croissance et ramification rythmiques (SABATIER *et al.*, 2003).

Le fût est rectiligne et les cimes sont réduites et coniques. À l'état isolé, ces cimes sont trapues et les branches sont très grosses, horizontales et légèrement dressées. Le tronc se termine par une flèche très souple qui se brise ou se courbe prématurément notamment, sur les terrains pauvres, pour former une table (PARDE et BOUCHON, 1976 ; SABATIER et BARTHELEMY, 1993).

3.4. Ecorce :

Premier bouclier contre les agresseurs extérieurs, l'écorce est de couleur grise, formée de petites écailles lisses qui deviennent crevassées avec l'âge (TOTH, 1981).

3.5. Feuilles & Rameaux :

Les feuilles en forme d'aiguilles sont isolées sur les rameaux longs et sur les pousses de l'année et les mésoblastes. Elles sont regroupées en rosettes sur les rameaux courts et les auxiblastes. Elles sont fines, aiguës, vertes ou glauques et d'une longueur variant de 1 à 3 cm. Elles ont une longévité variant entre 3 et 6 années (BOUDY, 1952 ; SABATIER et BARTHELEMY, 1993, 1999).

Les rameaux sont de deux types : les premiers sont gris jaunâtres et pubescents et les seconds sont courts, trapus s'insérant sur les précédents (Fig. 07-D) (BOUDY, 1950) et (SABATIER *et al.*, 2003)..

3.6. Racines :

Selon TOTH (1970 et 1981), les racines sont étendues, ramifiées avec un pivot si la roche est fissurée ou le sol est profond et humide. Le bon comportement des cèdres sur les sols calcaires est dû essentiellement à un enracinement vigoureux et profond (DUCREY, 1994).

4. Longévité :

Selon BOUDY (1950), le cèdre peut atteindre 1000 ans alors que (TOTH, 1980) a noté qu'il n'est pas rare de rencontrer au Maroc des cèdres âgés dépassant 300 ans avec une hauteur de 50 m et une circonférence de 5 à 6m.

En Algérie SARI (1977 *in* KHANFOUCI, 2006) rapporte qu'un spécimen de 1,60 m de diamètre était âgé de 310 ans à Théniet El-Had.

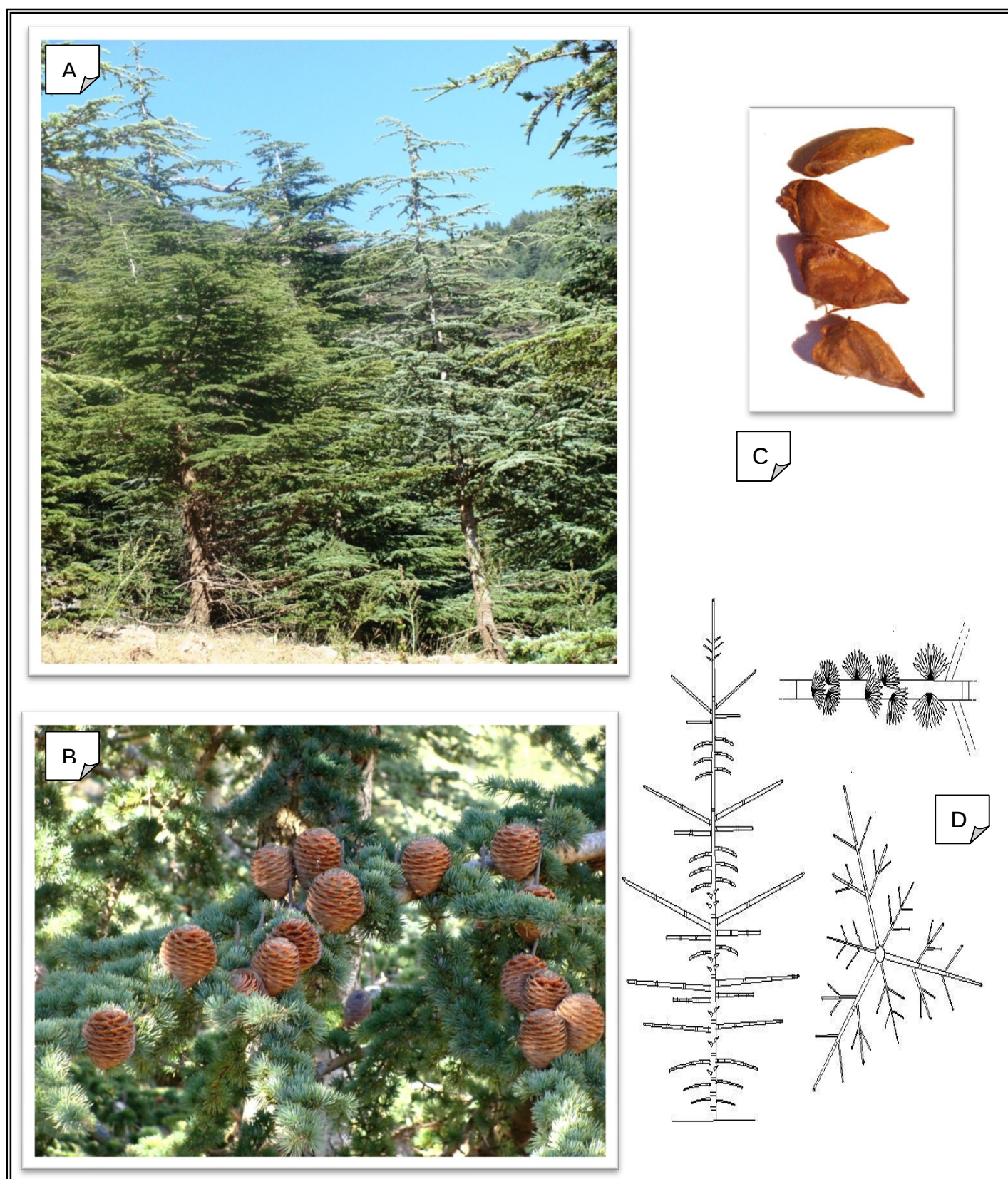


Figure 07: Caractéristiques botaniques du cèdre de l'Atlas.

A : deux variétés de cèdre à droite *C. atlantica atlantica*, à gauche *C. atlantica glauca* ; **B :** Cônes du cèdre ; **C :** graines du cèdre de l'Atlas ; **D :** Unité structurale des rameaux du cèdre de l'atlas (SABATIER et BARTHELEMY, 1999).

5. Aire de Répartition naturelle :**5.1. Historique :**

Les analyses polliniques de séquences fossiles réalisées dans la montagne du Hoggar (Algérie), au Sud et au Nord Ouest de Tunisie, dans le Rif, le moyen Atlas et du Haut Atlas oriental (Maroc), montrent la vaste distribution des lointains ancêtres dans la région (NADJAH, 1988).

Ces études ont montré que le cèdre de l'Atlas a atteint son aire optimale 24 000 A.J puis il a régressé à la fin du Pléniglaciaire supérieur (d'environ 20.000 à 15.000 A.J.), alors qu'à partir de l'aire Holocène et plus précisément l'Atlantique (8.000 à 4.700 A.J.) le cèdre de l'Atlas a cédé la place au chêne vert en basse altitude, et complètement disparu en Tunisie où la majorité des sommets culminent à moins de 1500 m avant d'occuper l'aire qu'on lui connaît aujourd'hui (DEMARTEAU, 2006).

5.2. Répartition actuelle :

Le cèdre de l'Atlas s'organise en cinq principaux blocs, dont deux au niveau des montagnes marocaines et trois en Algérie (Figure : 08).

Nous distinguons deux groupements de cédraies ayant un caractère écologique différent

- Les cédraies septentrionales adaptées à l'humidité.
- Les cédraies méridionales adaptées à une forte sécheresse.

5.2.1. Au Maroc :

Le cèdre de l'Atlas occupe au Maroc une superficie de l'ordre de 120 à 130.000 ha répartis en deux grands blocs d'importance inégale (Figure : 09).

- o Le premier au Moyen Atlas et le grand Atlas oriental d'une superficie de 116 000 ha.
- o Le second dans le Rif occidental et central avec une superficie d'environ 16 000 ha (ABOUREH, 1983 ; BENABID, 1994).

5.2.2. En Algérie :

Les massifs de cédraies sont très dispersés en cantons isolés et couvrent une superficie plus réduite qu'au Maroc. Nous pouvons les classer en deux grands blocs :

- 1- Le premier bloc, l'Atlas Tellien Sublittoral des Babors (800ha), Tababors (1 300 ha) et le Djurdjura (2 000 ha).
- 2- Le second constitué de l'Ouarsenis (un peu plus de 100 ha), Chréa (1 000ha) et Theniet-El-Had (1 500ha) (Figure : 09).

Notons que ces deux blocs représentent la cédraie septentrionale Algérienne.

- 3- Le troisième bloc est plus important de point de vue superficie est représenté par la cédraie méridionale de l'Atlas Saharien qui est formée par la cédraie de la Hodhna (8 000 ha) et celle des Aurès (17 000 ha) (Tab.09) (BOUDY, 1952 ; NEDJAH, 1988 ; BENABID, 1994 ; BENTOUATI et OUDJH, 1999).

Le tableau 02 étale les superficies des cédraies algériennes selon plusieurs références bibliographiques

Tableau 02: Estimation de la superficie des cédraies Aurassiennes (KHANFOUCI, 2005, BENTOUATI, 2008)

	LEVEL & LEFEBRE cité par FAUREL & LAFITTE (1949)	BOUDY (1952)	Projet Algérie 15 (1970) in KHANFOUCI, (2005)	BENTOUATI (2008)
Chelia	7 000 ha	3 000 ha	2 475 ha	8 000
Ouled Yagoub	4 000 ha	3 000 ha	3 300 ha	3 227
Ichmoul	-----	150 ha	-----	150
S'gag	500 ha	600 ha	2 093 ha	500
Belezma	8 000 ha	8 100 ha	4 252 ha	5 000
TOTAL	20 050 ha	17 450 ha	12 022 ha	17 477

Il est à noter que ces chiffres ne reflètent pas la réalité, car plusieurs cédraies telles que celles d'Ichmoul sont pratiquement disparues ou se trouvent dans un état avancé de dégradation comme le cas de la cédraie de la Hodhna (ABDESSEMED, 1981), alors que la cédraie de Djebel Lazreg est totalement inaccessible.

5.2.3. Cèdre de l'atlas hors de son aire naturel :

D'abord, il a été introduit comme arbre d'ornement surtout dans les pays du circumméditerranéen tel est le cas pour la France. Son introduction dans ce pays remonte à l'année 1862 selon TOTH (1980) et plus exactement dans les Monts Ventoux (sud de la France) et en Italie à Badra - Brataglia (Arizo) deux années plus tard (soit en 1864).

Le cèdre de l'Atlas a eu par la suite un plus d'intérêt sylvicole grâce à son grand pouvoir d'adaptation hors de son aire naturelle ainsi qu'à ces caractéristiques écologiques. Pour cela, il a été introduit par la suite en reboisement.

Actuellement en France il est présent dans 25 départements de la partie méridionale du pays occupant environ 20.000 ha de belles futaies avec un taux de boisement de plus ou moins 1.000 ha/an. (TOTH, 2005).

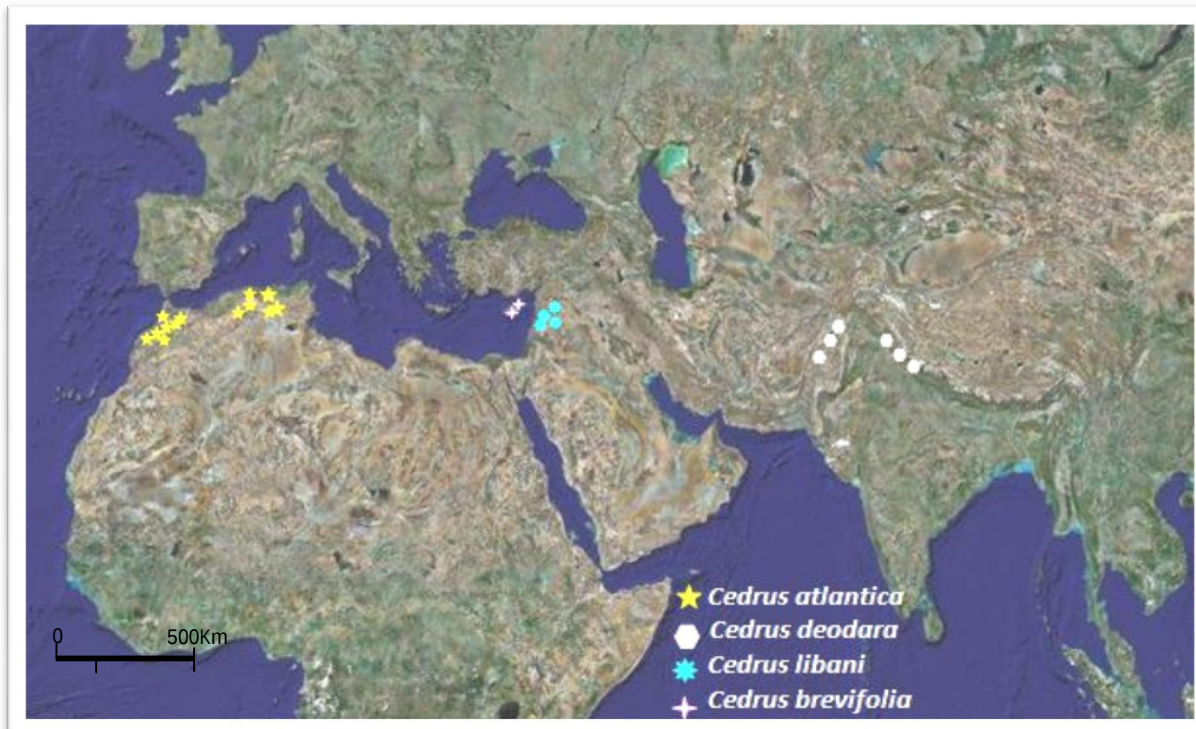


Figure 08 : Répartition géographique mondiale du genre *Cedrus*



Figure 09 : Répartition du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord (M'HIRIT, 1994) :
 1-Le Rif : 15 000 ha à partir de 1.500 m d'altitude, 2-Le Moyen Atlas oriental : 20.000-23.000ha, 3- Le Moyen Atlas central : 80 000-120.000ha, 4- Le haut Atlas oriental : 25 000-26.000ha, 5- l'Ouarsenis (11.000 ha), 6- le Djurjura et les Babors 1.500 ha), 7- L'Aurès et le Hodna (25 000 ha).

Ces résultats ont encouragé d'autres pays à l'introduire. Nous citons l'exemple de l'Italie où les 1.000 ha ont été reboisés dans plusieurs régions du sud et du centre telles : la Calabre, les Abruzzes, la Sicile et la Molise» (MICHELE et *al.*, 2001). En Bulgarie, il est planté dans les Monts Rhodopes et Ayazmo Park (DELKOV et GROZEV, 1994) ; En Hongrie dans le nord-est du Danube (CSABA, 1994). On le trouve également en Russie, Portugal, Ukraine et même au Etats-Unis à Pennsylvanie, New York et Côte pacifique (M'HIRIT, 1982 ; LASRAM, 1994 ; M'HIRIT, 1994 ; TOTH, 2005).

6. Phénologie & Croissance :

6.1. Phénologie :

Le débourrement des cèdres présente une grande variabilité interspécifique. Il démarre dès le mois de mars pour le cèdre du Liban, voir le mois d'avril pour le cèdre de l'Atlas (PRADAL, 1979).

Les arbres ne subissent pas de très gros dommages par les gelées tardives car d'une part l'allongement des pousses ne suit pas immédiatement le débourrement et d'autre part le genre *Cedrus* y semble peu sensible.

Le cèdre de l'Atlas est marqué cependant par des variations intra-spécifiques et interspécifiques du polycyclisme chez les jeunes arbres. Ce polycyclisme est fortement lié aux conditions climatiques de l'année de croissance (BENTOUATI, 1993 ; SABATIER et *al.*, 2003, BENSSACI, 2006).

6.2. Croissance :

Les travaux d'AUSSENAC et *al.*, (1981); FINKELSTEIN (1981); AUSSENAC et FINKELSTEIN (1983) ; M'HIRIT (1994) ; DUCREY (1994) et M'HIRIT (2006) ont mis en évidence les mécanismes de la croissance en hauteur du cèdre de l'Atlas et leur contrôle par les facteurs du climat.

La croissance apparente, qui a lieu essentiellement pendant la nuit, est la combinaison d'un phénomène de multiplication et d'élongation cellulaires. L'intensité de ce phénomène est liée à la température et au processus de rétraction résultant d'une perte de turgescence de la pousse pendant le jour sous l'action du rayonnement solaire et du déficit hydrique atmosphérique (AUSSENAC et *al.*, 1981).

Ainsi la croissance en hauteur est freinée lorsque le potentiel hydrique de fin de nuit est inférieur à -1.3 mPa et elle devient nulle au-delà de -2.1 mPa, tandis que la croissance radiale

est favorisée par les pluies hivernales et les basses températures hivernales « Janvier – Février ». (GUIBAL, 1984).

En ce qui concerne les vagues de croissance racinaire, elles s'alternent avec les vagues de croissance aérienne successive. Donc, c'est en décembre et janvier que la croissance et la régénération racinaire sont rapides et abondantes. Mais au moment du débourrement et de la première vague de croissance aérienne, la régénération et l'allongement racinaires se réduisent fortement. (RIEDACKER, 1978).

7. Ecologie Du Cèdre De l'Atlas :

7.1. Altitude :

Situé essentiellement à l'étage montagnard-méditerranéen, le cèdre de l'Atlas occupe les niveaux altitudinaux compris entre 1.800 m et 2.300 m dans le Rif (Maroc). En Algérie, il occupe les massifs telliens compris entre 2.000 et 2.500 m dans le Moyen Atlas et les Aurès. (QUEZEL, 1980 ; ACHHAL *et al.*, 1980 ; M'HIRIT, 1982 ; BENABID, 1994).

Du point de vue altitude, les limites inférieures diffèrent d'une cédraie à une autre et en relation directe avec l'humidité. Pour cela PUJOS (1964) distingue trois types de cédraies selon l'altitude :

- o Les cédraies basses : inférieures à 1 900 m.
- o Les cédraies moyennes : comprises entre 1 900 et 2 100 m.
- o Les cédraies hautes : supérieures à 2 100 m.

Dans l'Atlas tellien, les cédraies se rencontrent à partir de 1.300 à 1.400 m sur les expositions Nord. Quelques pieds peuvent descendre jusqu'à 800 m dans les ravins frais et protégés. Sur les expositions Sud, le cèdre apparaît à 1 100 m et peut atteindre 2 000 m (NEDJAH, 1988).

Alors que dans les Aurès, Il se trouve sur les altitudes plus importantes : les limites inférieures sont situées entre 1 400 et 1 500 m sur les expositions Nord et 1 600 m sur les expositions Sud (ABDESSEMED, 1981). Les limites supérieures peuvent atteindre 2 200 m au niveau du mont Chelia.

Au Maroc la cédraie apparaît entre 1 300 et 1 800 m avec un optimum situé entre 1.800 et 2.000 m. Nous pouvons le trouver sous forme d'individus à partir de 2 600 m. (BOUDY, 1952)

Quand aux cédraies artificielles en dehors de son aire naturelle (France « Mont Ventoux, Saumon et Ménerbe », Hongrie, Bulgarie ...etc.) elles sont localisées principalement entre 300 et 800 m (TOTH, 1988, BARITEAU et FERRANDES, 1992 ; SABATIER et *al.*, 2003).

7.2. Climat :

Son optimum est situé en climat méditerranéen humide à variante froide, à continentalité peu accentuée. Il supporte des températures très basses en hiver (-7°C à -20°C) et des températures hautes allant de 20 à 39°C . Cependant, il est moins résistant en période juvénile (BOUDY, 1950 M'HIRIT, 1982 ; M'HIRIT et BLEROT. 1999).

Les étages bioclimatiques conformes pour cette essence sont : l'étage semi-aride à hiver froid subhumide à hiver froid ; humide à hiver froid et humide à hiver frais.

Toute fois les conditions qui limitent l'extension du cèdre de l'Atlas sont d'après le système d'EMBERGER sont : « $Q_2 < 45$; moyenne des minimas « $m < -10^{\circ}\text{C}$ » ; moyenne des précipitations annuelles « $P < 300-400 \text{ mm / an}$ ». (KHENFOUCI, 2005).

En Algérie, les cédraies sèches des Aurès et du Hodna ne reçoivent qu'une pluviométrie comprise entre 500 et 700 mm/an. Celles du l'Ouarsenis, Djurdjura, Chréa et des Babors plus humides, recevant selon DERRIDJ (1990) in KHENFOUCI, (2005) 1 100 et 2 100mm/an.

7.3. Substratum

L'étude sur la croissance radiale du cèdre réalisée par (NEDJAH, 1993) en milieu humide a montré que le sol agit par son degré d'humidité, ses propriétés physiques et chimiques (texture, structure, son pouvoir de rétention d'eau), sa richesse en éléments minéraux. Cette influence diminue au fur et à mesure que le climat tend vers un régime xérophile (BOUDY, 1952).

ABDESSEMED (1981) souligne que les 9/10 des cédraies algériennes se trouvent sur des formations siliceuses et en bien moindre proportion sur des calcaires du Crétacé. Cela n'exclut pas son développement sur des basaltes, marnes, dolomies, calcaires, schistes ou encore des grès (BOUDY, 1950).

Dans les Aurès, le cèdre de l'Atlas évolue sur des sols bruns ou des rendzines. Les roches qui forment ces sols sont des grès blancs, dolomies et marnes (SCHOENBERGER, 1970; ABDESSEMED, 1981).

TOTH (1981) et BOUDY (1950) notent que sur le plan physique, le cèdre se développe mieux sur des sols profonds, meubles, caillouteux et roches fissurées où la jeune plantule peut

se développer rapidement. Il redoute les sols mal drainés, asphyxiants et hydromorphes. La structure argileuse est lui défavorable également.

7.4. Exposition :

L'exposition joue un rôle très important dans la répartition des précipitations et la variation des températures et par conséquent sur la répartition du cèdre de l'Atlas.

En effet, les plus belles cédraies en Algérie et au Maroc se rencontrent sur les expositions Nord, Nord-Ouest. Celles-ci bénéficient des vents chargés de pluies et sont épargnées des vents secs (sirocco) (ABDESSAMED, 1981).

Ceci expliquerait la localisation des cédraies naturelles de l'Afrique du Nord sur les expositions septentrionales et leur variabilité altitudinale entre les différents versants.

8. Usage du cèdre :

Le cèdre a une grande importance socio-économique surtout dans le Maghreb. Selon TOTH (1990) ces principaux usages sont :

- 1- Le Maintien d'un équilibre biologique, en protégeant et améliorant les qualités du sol
- 2- Offre une esthétique appréciable pour l'environnement.
- 3- Elimine la végétation herbacée très inflammable en région méditerranéenne surtout en été.
- 4- Produit du bois de qualité et en quantité importante, utilisé depuis des siècles pour la charpente et la menuiserie, aussi qu'en ébénisterie, en plus de son huile à vertu thérapeutiques.
- 5- Produit une huile utilisée pour des fins thérapeutiques et esthétiques.

CHAPITRE : III

DEPERISSEMENT FORESTIER & ENNEMIES DU CEDRE



Dépérissement du cèdre de l'Atlas dans la cédraie des Aurès

Chapitre III : Dépérissement forestier & ennemies du cèdre.

La littérature a décrit de nombreux cas de dépérissement qu'on peut qualifier de maladies épidémiques et dont les ravages s'étendent parfois sur des milliers d'hectares, citons le cas de dépérissement des sapins « Tennensterben » en Allemagne qui constitue un phénomène épisodique depuis le 20^{ème} siècle et dont le mécanisme présente des lacunes.

Depuis les quatre dernières décennies, de graves troubles physiologiques, de perte de vigueur et des phénomènes de dépérissement sont constatés surtout dans l'hémisphère nord touchant une zone s'étendant des Appalaches en Amérique du nord aux monts Bohème en ancienne Tchécoslovaquie, touchant aussi les forêts de la rive sud de la méditerranée

(SEMAL, 1989 ; QUEZEL, 1999).

Par son extension, son évolution et le nombre d'espèces qu'il touche plusieurs hypothèses ont vu le jour pointèrent du doigt une multitude de facteurs biotiques et abiotiques (Figure : 10) mais aucune théorie ne semble rendre compte de l'ensemble de ce phénomène.

1. Définition du dépérissement :

Les spécialistes ont trouvé de grandes difficultés pour donner une définition exacte et universelle du terme, de « dépérissement forestier ou Forest decline ». Pour les anglo-saxons et « waldsterben » en Allemand, le dépérissement est défini comme étant un phénomène complexe évolutif induit par une multitude de facteurs biotiques et abiotiques (Figure : 11), le dépérissement, se traduit par un affaiblissement général de la vigueur des arbres et des peuplements forestiers (SEMAL, 1989).

Une définition restrictive du terme "dépérissement" serait : " phénomène qui ne relève pas d'une évolution naturelle des forêts (lié au vieillissement notamment) ou du résultat (même inhabituel) d'un seul facteur naturel". L'usage veut que l'on qualifie de "dépérissement" tout phénomène inhabituel diminuant la vitalité des arbres, quelle que soit la cause. La détection univoque et la quantification du "dépérissement" se sont révélées particulièrement difficiles. (BAKRI, 1994 *in* ABDENDI, 2003)

En outre il est admis que le dépérissement des essences forestières affecte le dynamisme de la forêt en, changeant sa structure et ses ressources physiques à une quelconque échelle spatiale et temporaire (DE DIOS et *al.*, 2007).

2. Hypothèses des causes de dépérissement des forêts :**2.1.Hypothèse de l'acidification des écosystèmes forestiers :**

Emise en 1979 en Allemagne, cette hypothèse atteste que les écosystèmes forestiers subissent l'agression des retombées de sulfate, ce qui provoque une acidification du sol entraînant la libération de l'aluminium phytotoxique à l'état libre. Le pH des pluies (4,2 en moyenne) n'a pas changé depuis les 5 dernières décennies en plus les dépérissements sont observés sur sols calcaires qu'acides.

En plus la concentration des dépôts enregistrés varie entre 1000 et 8000 mol. ha⁻¹.a⁻¹, ce qui représente un excès non significatif (12%) du seuil normal, sont d'autant d'arguments qui vont à l'encontre de cette théorie (SEMAL, 1989)..

2.2.Hypothèse du rôle de l'ozone :

Proposé en 1982, l'auteur de cette hypothèse mentionne que des composés photochimiques à effet phytotoxique dont l'ozone associé à la pauvreté relative des sols pourraient expliquer les symptômes observés (SEMAL, 1989).

En effet, l'excès d'ozone provoque un stress oxydatif par l'accumulation d'une protéine clé du photosystème 2 dans les chloroplastes induisant ainsi le premier signal moléculaire du dépérissement par destruction du mécanisme de photosynthèse. Ainsi, il perturbe la régulation de la fermeture des stomates, en provoquant une évapotranspiration excessive et un déficit en eau (SEMAL, 1989 ; HARZ et TOPP, 1999).

Les résultats obtenus grâce au programme EDEOS (*European Deposition and Exposure of Ozone on Small scale*) démontrèrent que le seuil de l'Azote, dit AOT40 (fixé à moins de 10 ppm/h) sur les six mois de pleine végétation (à partir du mois d'Avril en zone méditerranéenne) est largement dépassé dans les forêts européennes (HARZ et TOPP, 1999 ; VANLEEUEWEN et *al.*, 2000 ; GULLUI et *al.*, 2003)..

2.3.Hypothèse d'une Alimentation azotée déséquilibrée :

En forêt, le cycle nutritif normal des arbres est perturbé par l'apport de l'azote sous forme de dépôts assimilables provenant des oxydes d'azote émis dans l'atmosphère. Ce stress combiné à d'autres facteurs induisent un déséquilibre entre les racines des arbres et les champignons mycorhiziens ce qui explique les déséquilibres ioniques observés au niveau foliaire, étant donné que la microflore est considérablement appauvrie dans les forêts atteintes (SEMAL, 1989 ; DE BEAULIEU, 2007)..

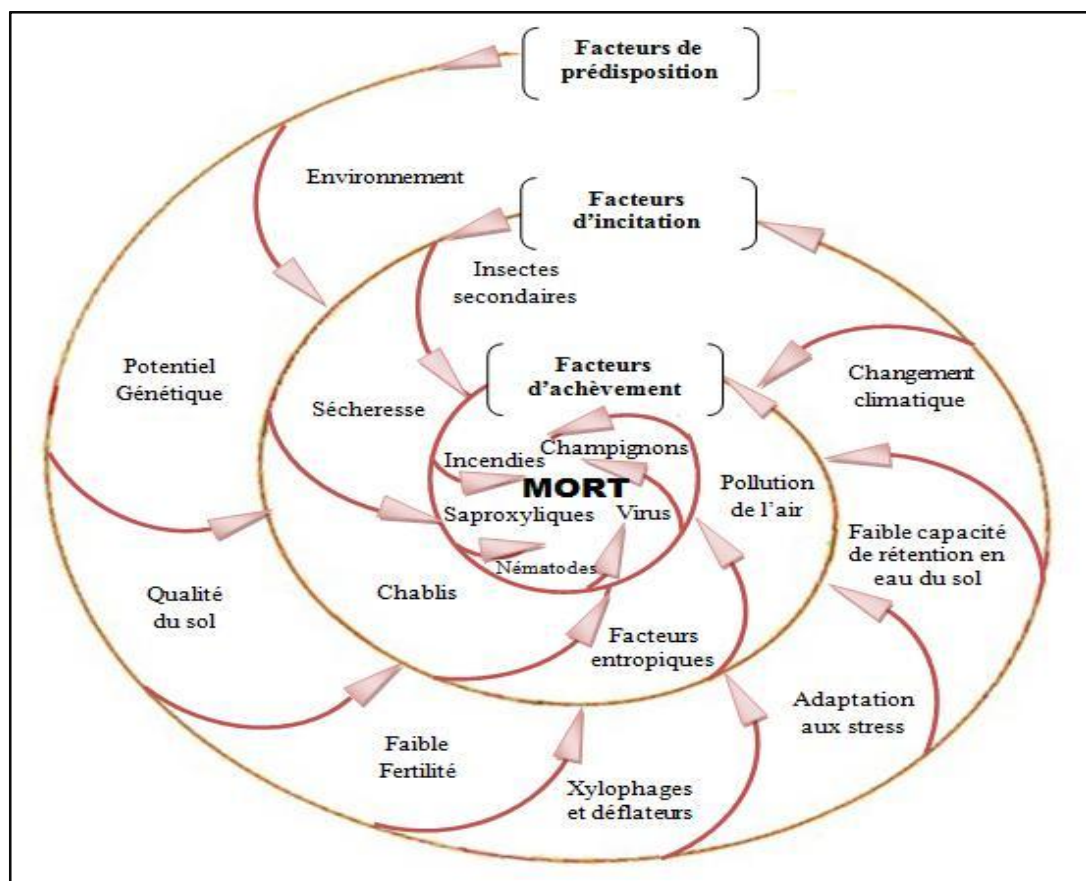


Figure 10: Cercle vicieux du dépérissement forestier d'après MANION 1981 in M'HIRIT 2006.



Figure 11: Dépérissement de la cédraie de Chelia

De plus l'apport excessif d'azote prolonge la durée de la végétation et retarde la lignification et accroît les dégâts de gel à l'automne. L'analyse des dépôts d'azote sous forme de NH_3 ou NO_4 de 1986 à 1996, révèle des taux moyens supérieurs à $1\,000\text{ mol.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ dans la majeure partie des pays européens (VANLEEUEWEN et *al.*, 2000).

2.4.Hypothèse de l'interaction « climat-parasites-pollution atmosphérique »

Emise en 1983 dans laquelle il est expliqué que la perte de vigueur des essences forestières est la résultante d'action de nombreux facteurs écologiques (sécheresse en particulier) qui fragilisent la forêt en la rendant sensible aux attaques des agents biotiques secondaires ou de faiblesse en l'occurrence les insectes xylophages et les maladies cryptogamiques (BFH et EFI, 2007).

Le tableau n° 03 démontre les principaux agents de dépérissement des peuplements forestiers observés en Europe en impliquant plus particulièrement les insectes, les tempêtes, la sécheresse, les coupes élicites ainsi que les agents pathogènes.

Tableau 03: Classement de l'importance des principales menaces pour les forêts européennes (AUMONIER et MAUGRARD, 2005)

<i>Agents destructeurs</i>	<i>Nord</i>	<i>Centre</i>	<i>Ouest</i>	<i>Est</i>	<i>Sud</i>	Total
<i>Tempête / Vent</i>	2,8	3	3,6	2,7	1,6	2,8
<i>Neige /avalanches</i>	1,6	1,8	1,4	1,4	1,6	1,6
<i>Sécheresse</i>	1,4	2,5	2,9	3,3	3,0	2,6
<i>Insectes</i>	3,4	3,8	3,1	3,0	3,0	3,3
<i>Maladie</i>	3,2	2,5	2,4	2,7	2,2	2,6
<i>Broutages</i>	3,4	2,5	3,0	2,7	1,8	2,7
<i>Mauvaise gestion</i>	1,2	2,0	2,0	1,3	3,0	1,7
<i>Coupes illégales</i>	1,4	1,8	1,1	2,7	1,2	1,5
<i>Pollution</i>	1,2	2,0	2,4	2,3	1,8	2,0
<i>Incendie</i>	1,8	3,0	2,0	2,3	3,4	2,5

1= négligeable ; 2= occasionnellement un problème à l'échelle locale; 3= régulièrement un problème à l'échelle locale; 4= régulièrement un problème à l'échelle locale, mais avec tendance de distribution à grande échelle; 5 = sérieux problème à grande échelle.

3. Etat sanitaire des forêts du Maghreb :

3.1. Au Maroc :

La forêt méditerranéenne en générale et Maghrébine en particulier a été modélisée par l'aménagement historique de ces ressources et par la pression de la distribution humaine (AJBILOU et *al.*, 2006).

Au Maroc, les peuplements forestiers et pré-forestiers présentent, partout, des aspects et des signes de dépérissement alarmants. L'état phytosanitaire de cédraie marocaine par

exemple se résume à 35% d'arbres infestés de champignons de carie du tronc, 65% d'arbres souffrent d'altération de l'écorce, 24% d'arbres envahis d'insectes xylophages.

En effet depuis les années 1940 les peuplements forestiers marocains exhibèrent des fasciées inquiétants de dépérissement, résultant d'une détérioration générale et graduelle des essences forestières qui présentèrent de graves troubles physiologiques, l'étendue du dépérissement des principales cédraies du Maroc atteint 37% pour la forêt de Senoual, 22% de celle de Bekrit, 40% dans la forêt d'Azrou, 37% pour la cédraie d'Aghbalou Laarbi et 18% du massif de Djebel Aoua Sud. (ET-TOBI et BENZIANE, 2007)

AJBILOU et *al.*, (2006) dans leur étude écologique de la région Nordique du Maroc et méridionale de l'Espagne affirment que la diversité écologique est moindre sur la rive sud de Gibraltar, des essences réputées endémiques « exemple du chêne kermès » ont complètement disparus.

La distribution verticale des essences forestières est aussi affectée car plusieurs groupements réputés pour être de basse altitude sont devenus de moyenne ou de haute altitude. De plus certaines essences réputées pour être d'excellentes qualités en ébénisterie « tel le cèdre de l'Atlas » présentent un grave manque de vigueur (AJBILOU et *al.*, 2006).

Le premier facteur pointé du doigt est le changement climatique, plus exactement l'augmentation de la fréquence et la durée des années sèches (ALLEN, 2009).

ZINE EL ABIDINE, (2003) atteste que par sa position géographique dans la région méditerranéenne occidentale : la forêt marocaine est soumise à des périodes de sécheresse depuis les années 1980, ces périodes sont considérées actuellement comme un élément structurel et non comme un événement épisodique exceptionnel.

3.2.En Algérie :

A l'instar des pays du pourtour méditerranéen, le patrimoine forestier algérien se trouve aussi en piètre état et la surface boisée considérée comme minuscule de 1,32 millions d'hectares ce qui représente un taux de boisement de 5% contre 27% en 1898 ce qui indique une régression alarmante d'environ 80%. Il convient de signaler que la superficie originelle était de l'ordre de 7.2 millions d'hectares (MARC, 1916).

La majorité des essences forestières ont connu cette régression mais avec des degrés variables. Le tableau N° 04 suivant l'évolution dans le temps des principales essences forestières en Algérie.

Tableau 04 : Principales essences forestières et leurs superficies en (ha)
(FERKA ZAZOU, 2006).

Essences forestières	- Boudy - 1955	- Seigue - 1985	- RNE - 2000	- DGF - 2005
Pin d'Alep	852 000	855 000	881 000	881 000
Chêne liège	426 000	440 000	229 000	230 000
Chêne vert	679 000	680 000	219 000	108 000
Chêne Zen et Afarès	-	67 000	48 000	48 000
Pin maritime	-	12 000	32 000	31 000
Cèdre de l'Atlas	45 000	30 000	16 000	23 000

C'est depuis le début des années 1980, que la cédraie Algérienne et plus particulièrement la cédraie aurassienne la plus méridionale du pays réputée par sa résistance à la sécheresse, connait un grave dépérissement qui atteint dans certains endroits des taux très importants. Il est évalué à plus de 80% à Dj Tougourt voire 90% à Boumerzoug.

(BENTOUTI et BARITEAU, 2006).

A Ouled Yagoub le dépérissement est par contre moins spectaculaire mais commence à le devenir. Au Chelia, le phénomène est plus accentué au niveau des lignes de crêtes et en exposition sud Dans cette zone, le dépérissement apparaît : tantôt en lambeaux discontinus le long du versant, tantôt par bouquets de vieux arbres. (BENTOUTI et BARITEAU, 2006).

Plusieurs facteurs interviennent dans le cycle de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans son aire naturelle. On trouve une multitude d'agents biotiques et abiotiques classés en trois principales catégories.

4. Les facteurs de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans son aire naturelle :

4.1.Facteurs prédisposant :

4.1.1. La sécheresse et les changements climatiques :

Les effets du stress hydrique sur les plantes sont nombreux, ils varient selon la sévérité et la durée du stress, le stade de développement de la plante et selon le génotype.

La sécheresse (traduite par une diminution de l'humidité de l'air et/ou du sol) a pour effet direct sur la déshydratation des cellules, qui reste réversible jusqu'à une teneur limite en eau. Au-delà de ce seuil, la cellule ne pourra plus se ré-imbiber et le dégât sera irréversible

(ALLEN, 2009)

La figure 12 démontre la relation entre la sécheresse, le stress hydrique et le dépérissement des essences forestières (SEMAL, 1989 ; ABDENDI, 2003; AJBILOU et al., 2006).

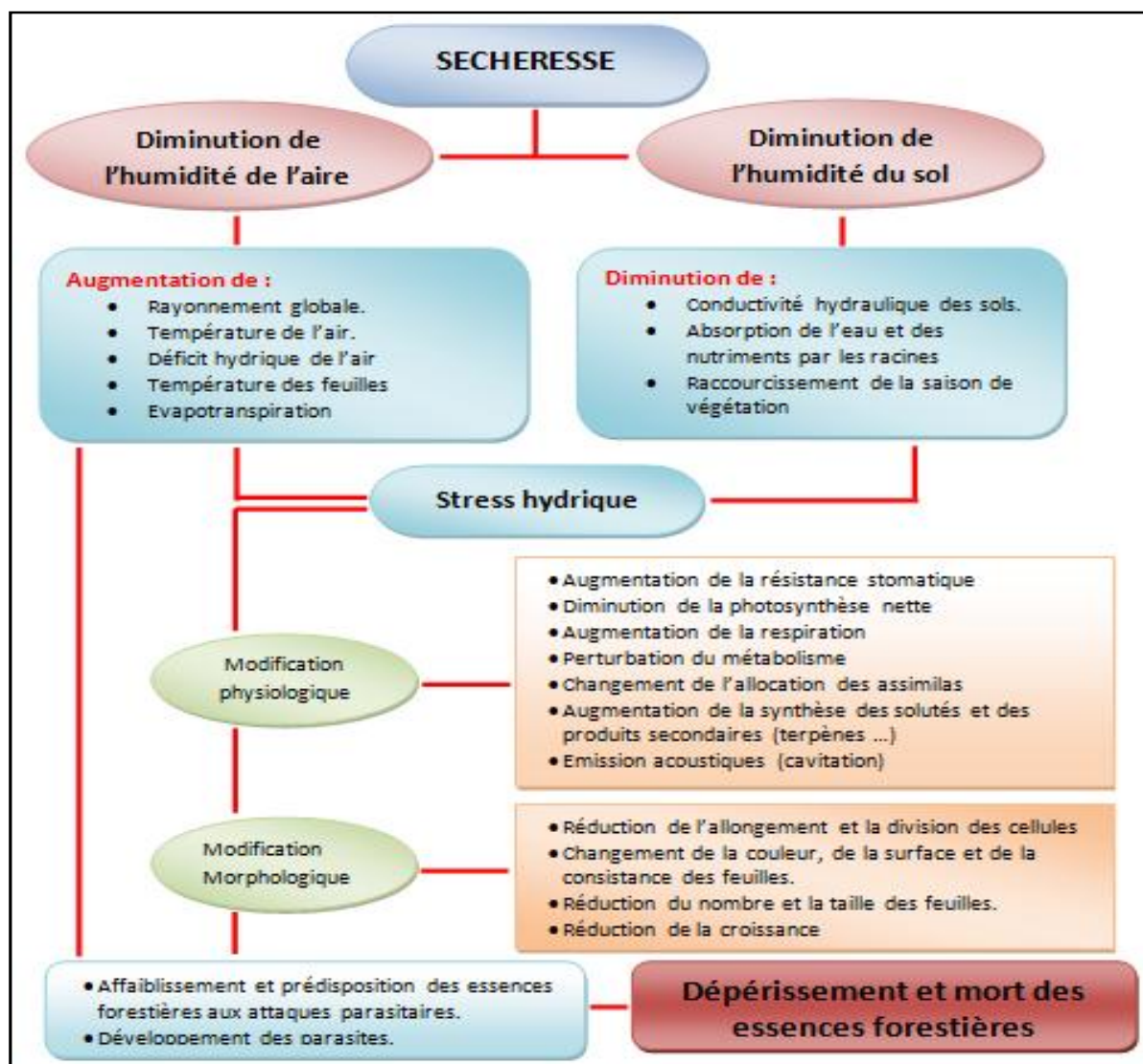


Figure 12: Relation entre sécheresse, stress hydrique et dépérissement forestier (ZINE El ABIDINE, 2003)

La déficience hydrique est le facteur critique qui limite la croissance et la productivité des forêts, et cela à différents niveaux. Au niveau cellulaire, le stress hydrique affecte la formation des membranes et les processus de division cellulaire, inhibe l'activité enzymatique, modifie les métabolismes biochimiques, ralentie et/ou inhibe la régénération naturelle (DERIK, 2000 ; DE DIOS *et al.*, 2007).

Au niveau de l'arbre, le stress hydrique réduit la croissance en diamètre et en hauteur, affaiblit la capacité des arbres à résister aux autres stress, affecte l'allocation des assimilés et influence les autres processus de développement, à savoir la floraison, la fructification et la reproduction. Au niveau du peuplement forestier, le stress hydrique réduit la surface foliaire, augmente la mortalité ou le remplacement des espèces par d'autres plus résistantes

(CRUIZIAT, 1990 *in* ZINE El ABIDINE, 2003)

Le stress hydrique peut causer le dépérissement des essences forestières à travers les phénomènes et mécanismes suivants :

- Dessèchement des tissus par une perte excessive de l'eau, au delà du point de flétrissement,
- Perte de conductivité hydrique à cause de la perturbation du mouvement de l'eau dans les vaisseaux par cavitation et embolisme,
- Défoliation totale ou partielle mais répétée,
- Arrêt prolongé de la croissance,
- Compétition très forte entre les plantes pour l'eau,
- Prédisposition des tissus aux attaques parasitaires (pathogènes et insectes).

De par sa situation méridionale la cédraie de l'Aurès a sévi plusieurs périodes de sécheresse. En effet, ABDESSMED (1981) indique que la sécheresse aigue de 1977 et 1978 a occasionné de graves dégâts sur les peuplements forestiers.

En plus l'analyse de l'indice de sécheresse mai-août (PSDI) pour la période allant de 1456 à 2002 obtenue grâce à l'analyse dendrométrique des carottes de cèdre de l'Atlas et de pin d'Alep originaires de divers cédraies d'Algérie surtout de Chelia et du Bélezma, réalisée par (TOUCHEN, 2008) (Figure : 13); indique deux périodes de 5 ans les plus sèches enregistrées entre 1557 - 1561 et 1998-2002. Ceci réconforte l'hypothèse d'une déficience hydrique.

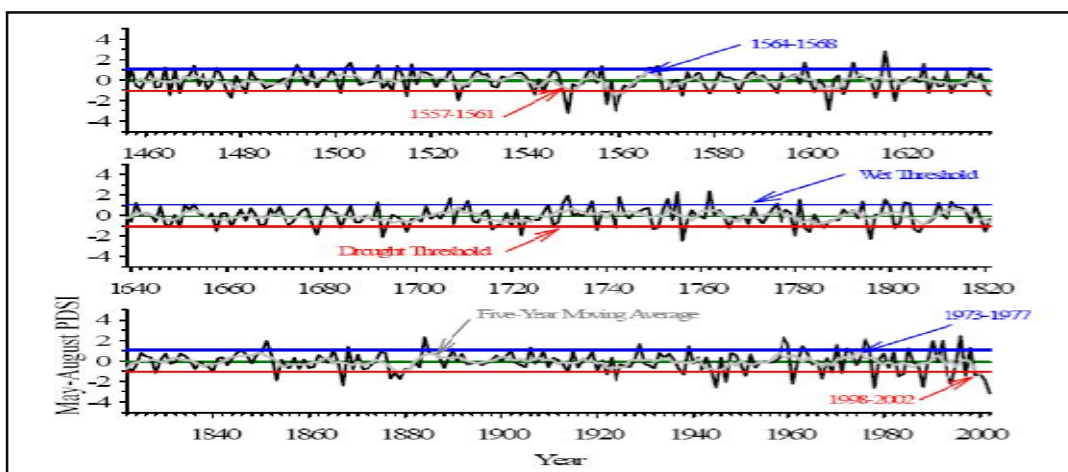


Figure 13: l'indice de sécheresse Mai-août (PSDI) pour la période allant de 1456 à 2002 pour la cédraie des Aurès (TOUCHEN, 2008).

4.1.2. Faiblesse du potentiel génétique :

Les travaux de COINTAT (1996), SCALTSOYANNES (1999), FADY (2000), LEFEVRE, (2004 in BOU DAGHER-KHARRAT et al., 2007), affirment que les cédraies de *C. atlantica* et *C. deodara* hébergent les populations ayant la plus faible variabilité génétique. En effet, les examens génétiques affirment que la cédraie artificielle du Mon Ventoux en France présente

les mêmes caractéristiques génétiques que les cédraies Algériennes (Djurjura et Aurès) dont elles sont originaires.

Cela induit une lenteur de d'adaptation vis-à-vis des changements brutaux du climat et de recrudescence des attaques des agresseurs biotiques.

4.1.3. Substratum :

Les cédraies algériennes évoluent sur des sols peu profonds, squelettiques et sur des terrains accidentés facilitant le ruissellement des eaux des pluies surtout en été. Ceux-ci entravent le bon développement des arbres et la réussite de la régénération naturelle.

(ABDESSMED 1981 ; LADJAL et *al.*, 2007)

4.2.Facteurs aggravants

4.2.1. Les incendies

L'incendie représente sans aucun doute le facteur de dégradation le plus endommageant de la forêt en Algérie.

En effet, une surface cumulée de 3 506 942 ha a été parcourue par le feu, sur une période de 87 ans (1876-1962), soit une moyenne de 41.258 ha/an. Durant les «années de braises» enregistrées pendant la période 1956-1958, une superficie de 435 646 ha a été ravagée par le feu. Au total, 220 000 ha de forêts ont été calcinés au napalm rien qu'aux Aurès où nous trouvons le cèdre (MEDDOUR-SAHAR et *al.*, 2008).

La superficie forestière totale incendiée durant la période 1963-2007 (45 ans) est évaluée à 1 556 807 ha. Le feu a donc détruit en moyenne 34 596 ha/an avec des records de 221 367 ha et 271 598 ha entre les années 1983 et 1994. Pour la période allant de 1980 à 2007, un cumul de 38 864 feux, soit une moyenne de 1 388 feux/an. Ceci représente, par rapport à la période coloniale (1876-1915), un nombre annuel de feux 3,6 fois plus élevé.

(MEDDOUR-SAHAR et *al.*, 2008)

4.2.2. Attaques d'insectes :

4.2.2.1. Défoliateurs :

❖ *Thaumoetopoea pityocampa* Denis et Schiff : défoliateur redoutable des résineux (Fig. 14-A et C), en s'attaquant aux pins et aux cèdres occasionnant de dégâts graves dans tous les pays circumméditerranéens excepté l'Égypte et la Lybie (ZAMOUM, 1998).

Cette processionnaire dite d'hiver (développement larvaire hivernale) ravage de grandes étendues de forêts en Algérie dont les cédraies induisant une grande perte de croissance aux

sujets attaqués. Elle peut défolier totalement les arbres conduisant leur affaiblissement et les rendre exposés aux agents aggravants comme les xylophages. En France, GRAF et M'ZIBRI (1994) ont enregistré des pertes d'accroissement radial de 43% sur cèdre.

❖ ***Thaumetopoea bonjeani*** Powel : Contrairement au *T. pityocampa*, cette processionnaire du cèdre dite aussi d'été (développement larvaire estivale), a connu deux grandes gradations en 1992 et en 2003 occasionnant de graves défoliations (Fig. 14-G), aux cédraies de Belezma, Chelia et Ouled Yagoub déjà soumises à une grande sécheresse (surtout celle de 2002). En effet, GACHI (2003) a estimé que la perte de la croissance radiale des arbres attaqués est de 34% à 50% durant les cinq années qui ont suivis la première gradation. (1983-1987), et le retour à une croissance normale des sujets n'est constatée que la 6^{ème} année.

❖ ***Epinotia cedricida*** Diak. : elle colonise toute les cédraies du bassin méditerranéen pouvant provoquer des défoliations partielles ou totales surtout dans les cédraies du sud de la France. Néanmoins, aucune gradation inquiétante n'a été signalée en Afrique du nord (MOUNA et FABRE, 2005).

❖ ***Epinotia algeriensis*** Chambon et ***Dioryctria peyrimhoffi*** De Joanni : ces tordeuses sont présentes dans toutes les cédraies Algériennes, partageant leur niche avec l'autre tordeuse *E. cedricida* (MOUNA et FABRE, 2005).

4.2.2.2. Opophages :

❖ ***Cinara cedri*** Mimeur : ce puceron vit dans tous les pays méditerranéens. Il produit une grande quantité de miellat attirant d'autres insectes comme les fourmis mais aussi formant un feutrage noir dû à la fumagine qui entrave la photosynthèse. (M'HIRIT, 2006).

❖ ***Cedrobium laportei*** Remaudière : cet aphide se reproduit par parthénogenèse et les colonies se forment sur la face inférieure des rameaux pendant le printemps (M'HIRIT, 2006)..

4.2.2.3. Xylophages :

Les cédraies du Maghreb sont soumises aux attaques d'un grand nombre de coléoptères qui pour la plus part sont des xylophages et des sous-corticaux appartenant aux différentes familles (MOUNA et FABRE, 2005).

La majorité s'installe sur des sujets déjà affaiblis, mais certaines espèces peuvent être primaires en colonisant les sujets sains, les principaux xylophages sont présentés dans le tableau 05.

Tableau 05: Principaux xylophages du cèdre au Maghreb (MOUNA et FABRE, 2005)

<i>Famille</i>	<i>Espèce</i>
Scolytidae	<i>Scolytus numidicus</i>
	<i>Scolytus carpini</i>
	<i>Cryphalus picae</i>
	<i>Crypturgus cedri numidicus</i>
	<i>Hylurgops bonvouloiri</i>
	<i>Kissophagus novaki</i>
	<i>Phloeosinus cedri</i>
Cerambycidae	<i>Callidiini cedri</i>
	<i>Semanotus russica</i>
Buprestidae	<i>Anthaxia nignitula</i>
	<i>Anthaxia marmottani</i>
	<i>Anthaxia salicis</i>
	<i>Melanophilla marmottani</i>
	<i>Buprestis flavangulata</i>
Curculionidae	<i>Magdalis leucopleura</i>
	<i>Larinus sp</i>
Bostrichidae	<i>Slephanopachys quadraticollis</i>
	<i>Hostrichs fucus bicolor</i>

4.2.3. Les Agents cryptogamiques :

Le cèdre de l'Atlas est attaqué par divers champignons lignivores décomposant le bois en causant la pourriture plus au moins active. Selon la nature des enzymes secrétés (s'attaquant à la cellulose ou à la lignine) l'altération des essences attaquées prend différents aspects. Parmi ces champignons, on cite :

L'armillaire *Armillaria mellea* (Fig. 14-B), est un basidiomycète qui peut passer du saprophytisme au parasitisme lorsque les conditions lui sont favorables ; c'est un lignivore qui s'attaque aux racines du cèdre provoquant une pourriture poudreuse ou fibreuse blanchâtre.

(M'HIRIT, 2006)

Phellinus chrysoloma (*Phellinus pini*, *Polyporus pini*, etc) : est un champignon lignivore redoutable des basidiomycètes il est appelé au Maroc « Mjej » car il produit une pourriture annulaire blanche active. Cette pourriture commence par une décoloration irrégulière brunâtre à rougeâtre ou pourpre suivie de décomposition le long des cernes annuels de croissance et le bois de printemps moins riche en résine semble le plus attaqué que le bois d'Automne (REAY *et al.*, 2003, M'HIRIT, 2006) .

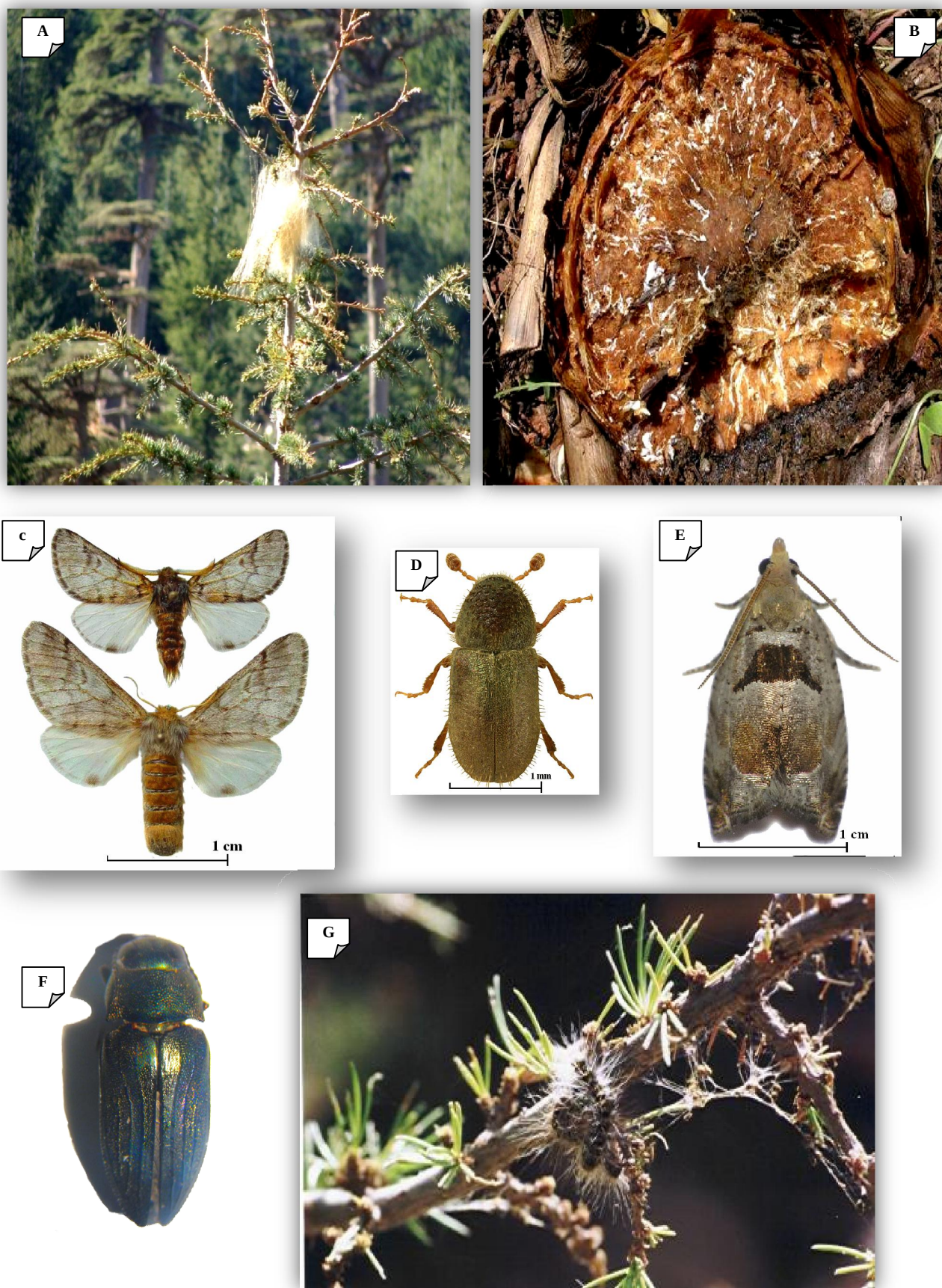


Figure 14 : Importants Ravageurs de la cédraie Algérienne ; A : Nid d'hiver de *T. pityocampa* sur Cèdre B : *A. mellea* , C : mâle et femelle de *T. pityocampa* (Original), D : *C. piceae numidicus*, E: *A. undinula* (M'HIRT, 2006), F: *M. marmottani* G: L₅ de *T. bonjeani* défoliant un rameaux de cèdre (Original)..

P. chrysoloma infecte directement le bois par des spores et différents procédés facilitent l'inoculation (blessures d'incendie, actions de débardage, trous de sortie de xylophages ...etc.). (M'HIRIT, 2006)

Fomitopsis pinicola et *Lariciformis officinalis* provoquent la maladie cubique du cèdre. Ils s'attaquent aux sujets affaiblis montrant de graves carences physiologiques. La pourriture qui commence à la base du troc, s'étend généralement du centre vers l'extérieur et vers le haut. Le bois se transforme en un ensemble de prismes friables et impropre à tout usage

(M'HIRIT, 2006)

4.3.Facteurs d'achèvements :

En plus d'une sécheresse accentuée et/ou longue et d'une pollution qui se fait de plus en plus ressentir la cédraie est harcelée sans cesse par l'homme.

Le pâturage est une activité normale en forêt, parfois souhaitée, car le bétail participe au contrôle de la prolifération des strates arbustives et herbacées, hautement inflammables.

Cependant, le surpâturage, causant un broutage excessif de la végétation et des jeunes plants du cèdre empêchant toute régénération et épuise les ressources disponibles.

(ANDRIEU-PONEL et PONEL, 1999)

❖ Xylophages secondaires et Agents saproxyliques :

Les scolytes comme *Xyleborus saxeseni*, *Kissophagus novaki*, les buprestes *Anthaxia chobauti*, *A. marmotani* et les bostryches *Bostrychus ficus bicolor*, sont des xylophages secondaires qui s'attaquent aux pieds affaiblis détruisant la totalité des faisceaux conducteurs, entraînant leur dépérissement.

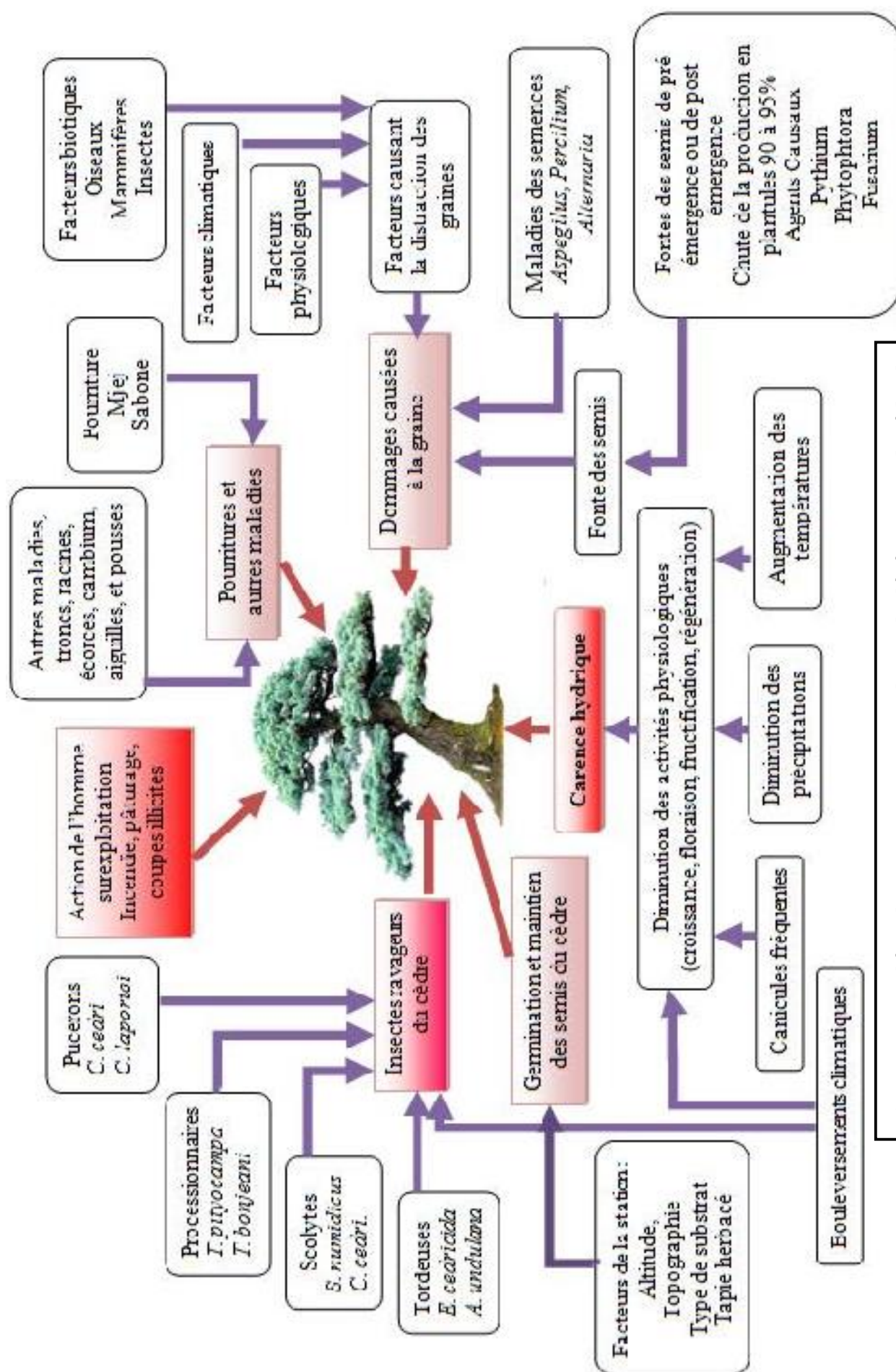


Figure 15 : Synthèse des principaux agents induisant le dépérissement du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* (M'hiti 2006 ; Mouna, Fabre, 2005 ; Semal, 1989)

CHAPITRE : IV

MATERIEL ET METHODES D'ETUDE



Le Cèdre de l'Atlas, Mémoire du temps

I. Cadre physique et biologique

1. Situation Administrative :

Le mot Aurès du latin « *Mons Aurasius* », est un ensemble montagneux de l'Est Algérien appartenant à la chaîne de l'Atlas saharien séparant ainsi les hautes plaines constantinoises du Sahara. Il se soulève au dessus de la plaine de Biskra dont il est séparé par un rideau de collines pliocènes « chaîne de Guergitt » (ABDESSEMED, 1981) .

Il est délimité :

- au Nord par la plaine néogène de Timgad qui s'étend jusqu'à Khenchela,
- à l'Est par la vallée de l'Oued-El-Arabe et la plaine des Amamra,
- au Sud par la plaine de Biskra et de Djemoura,
- à l'Ouest, par le couloir synclinal de Batna qui le sépare du massif du Belezma.

Le massif est constitué par une série de plis parallèles, orientés sud-est - nord-est qui s'étendent sur une soixantaine de kilomètres et dont les principaux sont :

- ✚ Djebel Azreg qui constitue l'axe de massif,
- ✚ Djebel Mahmel dont on trouve le second sommet de l'Algérie du nord (2 321m),
- ✚ La série du mont Chelia qui culmine à 2328m à ras Kelthoum qui est le point le plus haut du Nord Algérien,
- ✚ Djebel Feraoun au Nord-est

La grande majorité de la cédraie se situe en effet, sur les deux derniers plis et notre zone étude se localise donc au niveau des cédraies de Chelia et d'Ouled Yagoub (ABDESSEMED, 1981).

1.1.Mont Chelia :

La série Chelia est subdivisée en 38 parcelles s'étend sur une superficie de 8 831 ha. Le couvert forestier occupe la majeure partie du mont avec une superficie de l'ordre de 5 372 ha.

La Cédraie compte environ 2 632 ha contre 983 ha en chênaie et 757 ha en Pinède. Le reste de la superficie est représentée par des terrains de parcours et des enclaves (GTZ, 1982) .

Le massif s'étend entre les latitudes : 35°23 '15 " Nord et 35° 17' 24 " Sud et les longitudes : 6° 33' 53" Ouest et 6° 45' 49" Est (Figure : 16).

Il est délimité au nord-ouest par *Djebel Tkhizrante* et au nord par *Djebel Foughal*, à l'ouest par la plaine de *Médina*, au sud-est par la plaine de *Melagou* et *Djebel Aourès*, à l'Est par *Djebel Aidel* et la forêt de *Beni Oudjana*, et enfin au Sud par la pinède de *Beni Imloul* (GTZ, 1982).

Contrairement aux plis du reste des Aurès orientés au Sud Ouest et au Nord Est, le massif de Chelia présente un léger infléchissement vers l'Est.

(GUIRAUD, 1973 ; BELLION, 1976).

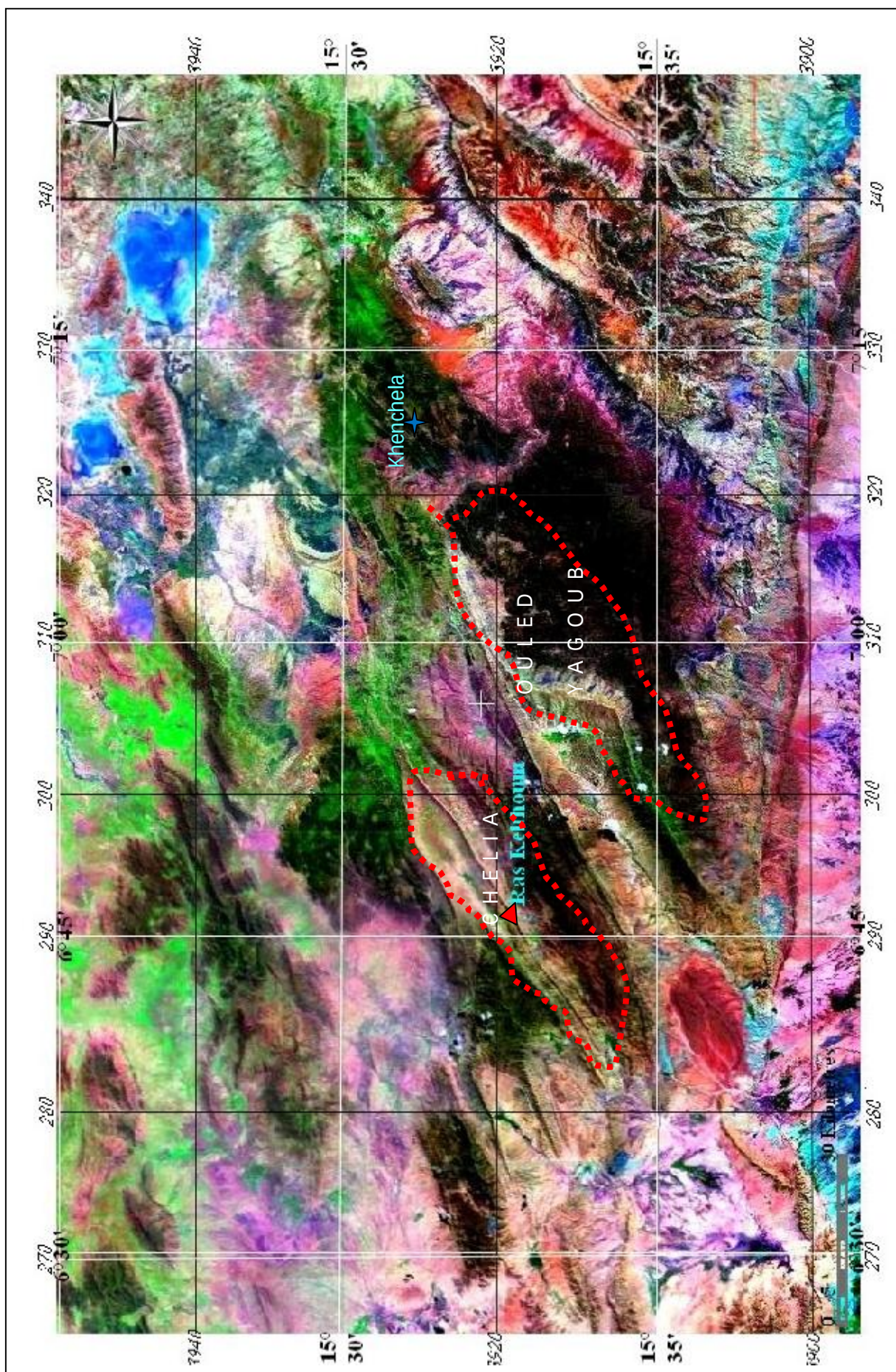


Figure 16 : Situation géographique de la zone d'étude ; à droite la série Ouled Yagoub, à gauche le mont Chelia (NASA World Wind, 2010).

Le versant sud est géré par le district d'Ichemoul, circonscription forestière d'Arris, conservation des forêts de la wilaya de Batna par contre, le versant nord est géré par le district de Bouhmama, circonscription de Bouhmama et conservation de Khenchela.

1.2.Série Ouled Yagoub :

Cette série est formée par une chaîne montagneuse orientée sud-est, nord-ouest. Elle est constituée par une série de plis parallèles à la fois entre eux et par rapport à la série Chelia. D'une superficie d'environ 3 000ha, la cédraie des Ouled Yagoub est située à l'extrémité nord-est du massif des Aurès (Figure : 16) (GTZ, 1982).

Elle s'étend entre 35   18' et 35  22' de latitude Nord et 06   37' et 7   05' de longitude Est et limitée au nord par la plaine de Ka  s et Remila ; à l'est et le sud par la forêt des Beni Imloul et la vallée de Oued Melagou ; au Sud-Ouest par la vallée d'Oued Mellagou et au nord est par le massif passant par Khenchela, Chentgouma Ain guiguel et Ain mimoun et à l'est par la plaine de Timgad (BNEF, 1983).

La Cédraie de Ouled Yagoub est gérée administrativement par la circonscription forestière d'El Hamma et la Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela.

Les principaux sommets des Ouled Yagoub sont le Djebel Chentgouma (2 112 m) et Djebel Feraoun (2 093 m).

2. Géologie et Pédologie :

Selon SCHONENBERGER, (1970) et LAFFITE, (1939), le mont de Chelia est formé géologiquement par des grès et dolomies entremêlés de calcaire dans des proportions différentes qui datent du Crétacé inférieur (Barrémien 300 à 400 m d'épaisseur), L'aptien (400 à 450 m d'épaisseur) et l'Albien.

Au versant sud, c'est le schiste qui domine surtout au dessous de 1500m d'altitude. Ailleurs, on le rencontre seulement sur les pentes peu inclinées et boisées par le pin d'Alep et de chêne vert (GTZ, 1982).

En ce qui concerne la série d'Ouled Yagoub, les substrats géologiques sont variés mais principalement constitués de grès calcaires, de grès siliceux, de la dolomie et quelques poches de marne et de schiste (FAURE et LAFFITE, 1949)

Sur le plan pédologique, le sol de la série Chelia et Ouled Yagoub sont caractérisés par de l'humus type mull calcique avec un horizon A₀ très mince dépassant rarement 04 cm. Ce sont des dols à faible profondeur, à faible degré d'évolution et non lessivés. L'absence d'un

véritable horizon B peut s'expliquer par la localisation des sols sur les fortes pentes sur une forte activité érosive s'exerçant surtout après la dégradation du tapis végétale. La charge caillouteuse est élevée dans l'horizon C et la texture est limono-argilo- sableuse à pH acido-neutre variant entre 6 et 7,8 (GTZ, 1982).

Globalement 4 types de sols peuvent être distingués :

- Sols bruns calcaires sur marnes ou des calcaires.
- Sols bruns peu calcaires sur des grès.
- Les rendzines sur calcaire plus au moins fissurés.
- Les rendzines sur dolomie (plus fréquents) (ABDESSEMED, 1981).

3. Hydrologie :

Les massifs d'Ouled Yagoub et Chelia sont entrecoupés d'Oueds de ruisseaux qui coulent de façon non permanente. Il existe aussi des sources qui coulent parfois jusqu'à la fin de l'été. Les quantités d'eau dépendent des précipitations pendant l'hiver et surtout de la neige qui fond lentement. Nous citons les principaux points d'eaux, Ain Taga, et Ain Guiguel pour la série Ouled Yagoub ; Oued Tidar Ain Asli pour le mont Chelia (GTZ, 1982).

4. Végétation :

Au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub, les forêts occupent les superficies suivantes :

Tableau 06 : Occupation des sols au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub (BNEF, 1984).

	Chelia	Ouled Yagoub
Cédraie	2 632 ha	3 240,12 ha
Pinède	757 ha	1 009,4 ha
Chênaie	983 ha	2 968,34 ha

Au niveau des séries de Chelia et de Ouled Yagoub, ABDESSEMED, (1981) ; QUEZEL, 1957 et BEGHAMI, (2002), décrivent les associations végétales suivantes :

4.1. Association *Cedro atlanticae* - *Ranunculetum spicatii* :

Principalement sur substrat gréseux, présentant les plus belles futaies équiennes de cèdre (figure : 17), avec des pieds bien élancés et élagués dépassant 25m (35m au Dj. Feraoun). Avec une sous association *typicum* se localise essentiellement sur le versant Sud au mont Chelia et à Dj. Feraoun à Ain Guigen entre 1 950m et 2 220m. (ABDESSEMED, 1981).

4.2.Association *Viola munbyanae* – *Junipretum communis* :

Le plus sylvatique et le plus riche parmi toutes les cédraies se développe sur substrat gréseux. La sous-association *typicum* se développe sur les faces nord de Dj. Feraoun et mont Chelia entre 1 900m et 2 150m ; La sous-association *taxo-aceretosum monspeli* au versant Nord entre 1 700m et 2. 100m d'altitude quand au faciès à *Acer opalus* et *Sorbus aria* elle ne se rencontre qu'au Chélia entre 2 000m et 2 100m (ABDESSEMED, 1981).

4.3.Groupement à *Quercus faginea* Sub-espèce *microphylla* :

Il se rencontre sur le versant nord de Chelia entre 1 200m et 1 500m d'altitude et évolue sur substrat marneux et sur calcaire du turonien (Figure : 18) (ABDESSEMED, 1981).

4.4.Association *Acer monspessulanum* et *Smyrniun olusatrum* :

Le faciès typique se localise au niveau du versant Nord de Dj. Feraoun essentiellement à l'Ouest de la maison forestière de Tizi Ala dans les ravins frais, quelques vestiges se rencontrent sur le flanc Nord de Chelia dans la vallée de Ghabat-El-Akhra entre 1. 400m et 1. 800m sur des grès et des dolomies et accessoirement sur des calcaires ou des grès calcaires.

4.5.Groupement *Fraxinus xanthoxyloides* et *Quercus rotundifolia* :

Ce groupement se développe sur des grès du crétacé inférieur, il est localisé sur les bas versants de Dj. Feraoun de Ain Mimoun jusqu'au-delà de Tizi Ala jusqu'à Ain Guigen entre 1 200m et 1 500m d'altitude ; Ce groupement est caractérisé par l'absence du thurifère et la présence d'espèces des *Pistacio-Rhamnetalia* (ABDESSEMED, 1981).

5. Etude climatique :

Le climat avec ses différents paramètres joue un rôle prépondérant dans le développement, la production, la répartition et l'individualisation et l'état physiologique des espèces forestières. Donc il est nécessaire d'en connaître ses principales variantes.

A défaut de stations météorologiques sur les lieux d'étude nous avons opté pour les résultats fournis par des postes météorologiques avoisinants.

Ces résultats seront extrapolés et adaptés aux zones d'étude, la correction du gradient pluviométrique et thermique est pour 100 m de dénivelée (HOUEROU, 1975 in ABDESSEMED, 1981).

- o Températures : Maxima (- 0,70°C) ; Minima (- 0,4°C).
- o Pluviométrie : Versant Nord : 40 mm ; Versant Sud : 20 mm.



Figure 17 : cédraie pure au versant nord de Chelia.



Figure 18 : Groupement à *Quercus faginea* Sub-espèce *microphylla*

5.1. Pluviométrie :

L'origine des pluies, en Algérie, est plutôt orographique. En effet, les paramètres varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition ; de ce fait, les versants Nord et Nord-Ouest reçoivent plus de précipitations que les autres expositions (SELTZER, 1946 ; HALIMI, 1980).

5.1.1. Pluviométrie moyenne annuelle :

Deux stations pour chaque série ont été choisies à fin d'étudier ce paramètre

Tableau N° 07 : Pluviométrie moyenne annuelle dans les quatre stations d'observation (KHLIFI, 2002. ANRH.2005).

Série	Versant	Station météorologique	Altitude	Pluviométrie moyenne (mm)	Années d'observation
Chelia	Nord	Kantina	1. 240m	533,48	1969-2001
	Sud	Bouhmama	1. 150m	388,13	
Ouled	Nord	Foum El Guies	928m	451,30	1993-2004
Yagoub	Sud	Kefta Essouda	845m	374,50	1983-2001

Ces données doivent être prises avec prudence car elles ne reflètent pas la réalité sur les hautes altitudes. HALIMI, (1980) indique que l'accroissement des précipitations n'est pas due seulement à l'altitude, d'autres facteurs comme la topographie et l'exposition agissent sur la variation des précipitations.

5.1.2. Le régime pluviométrique saisonnier :

TOTH, (1987) a mis en évidence l'importance de la pluviométrie durant la phase de croissance (Mai - Juin), sur l'installation de la régénération naturelle et le développement des semis du cèdre de l'Atlas.

Le tableau N°08 étale les résultats de la pluviométrie pour les quatre postes météo.

Tableau 08 : Régime pluviométrique saisonnier de 4 stations d'observation de la période comprise entre 1991 et 2004. (KHLIFI, 2002 ; ANRH, 2005).

	Automne			Hiver		Printemps			Eté			TOTAL	
	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.		Août
Bouhmama	36,74	32,28	42,28	34,45	36,31	35,81	42,39	30,88	34,28	24,00	17,69	20,92	388,13
	111,4			106,57		107,55			62,61				
Kantina	48,78	50,77	42,06	47,78	44,90	41,05	57,69	52,46	38,58	32,51	33,00	43,90	533,48
	141,61			133,73		148,73			109,41				
Foum El Gueis	29,7	32,9	45,9	34,2	50,3	45,3	62,6	39,4	41,3	41,1	11,4	17,2	451,3
	108,5			129,8		143,3			69,7				
Kefta Essouda	26	35	42	36	45	43	48	34,5	20	19	12	14	373,5
	103			123		102,5			45				

Il ressort que la station de Bouhmama est soumise à un régime saisonnier type **APHE** (Automne, Printemps, Hiver, Été), tandis que la station de Kantina est caractérisée par un

régime pluviométrique saisonnier type **PAHE** (Printemps, Automne, Hiver, Eté) ; la station de Foug el Gueis est soumise à un régime type **PHAE** (Printemps, Hiver, Automne, Eté), enfin la station de Kefta Essouda est sous un régime pluviométrique type **HAPE** (Hiver, Automne, Printemps, Eté).

Les stations qui se trouvent sur les versants Nord (Kantina pour Chelia et Foug el Gueis pour Ouled Yagoub) sont plus arrosées surtout en Automne et au printemps que celles des versants Sud.

5.2. Températures :

La température joue un rôle primordial dans la régénération, le développement, la croissance et la répartition des espèces végétales en contrôlant l'ensemble des activités métaboliques.

En effet le développement des végétaux est ralenti lorsque la température est très élevée (échaudage) ou trop basse (gel).

L'étude des températures (minima et maxima) a un rôle très important sur la germination et l'installation des plantules de cèdre ainsi que l'étude des premiers vols et nombre de générations des différents ravageurs des cédraies.

Par défaut de données fiables sur une longue période nous nous appuyons avec réserve sur les résultats fournis par la station de Bouhmama, Foug El Gueis et le poste de Khenchela.

Tableau N° 09 : Températures moyenne enregistrées par les stations de Bouhmama (1992-2000), Foug El Gueis et Khenchela (1993-2004)

		J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D
Bouhmama	m	-0,99	-0,39	1,42	5,02	9,53	12,88	15,28	17,17	13,00	8,35	3,7	1,16
	M	9,14	8,48	13,74	17,49	24,11	28,56	32,13	32,86	28,24	20,24	14,02	10,20
Foug El Gueis	m	1,1	2,3	3,2	5,6	10,9	15,1	18,5	18,5	14,9	9,2	6,6	5,4
	M	9,7	9,4	14,9	17,1	24,3	29,6	32,7	31,1	27	20,9	16,1	14,4
Khenchela	m	1,1	2,3	3,2	5,6	10,8	15,1	18,4	18,6	16	14,2	6,5	5,3
	M	9,4	9,7	14,8	17,1	24,3	34	37	39	29	19	16	14

L'examen des valeurs du Tableau N° 09 révèle que le mois le plus froid est Janvier tandis que le mois le plus chaud est Août pour Bouhmama et Khenchela et Juillet pour le poste de Foug el Guies.

5.3. Autres paramètres :

5.3.1. Neige :

La neige joue un rôle écologique important, elle joue un rôle positif sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas, d'une part la neige joue un rôle important dans la désarticulation des cônes, la levée de dormance des graines, la protection des semis contre les basses températures ainsi que l'alimentation en eau des nappes phréatiques, d'autre part l'accumulation de la neige entrave la régénération des cédraies surtout en haute altitude et dans les bas fond (LEPOUTRE et PUJOS, 1963)..

La durée d'enneigement (Figure : 19), varie selon les stations, les expositions et les versants ; Les seules données fournies pour ce paramètre sont celles de SELTZER, (1946) et celles de l'ANRH pour les années 2001 à 2004.

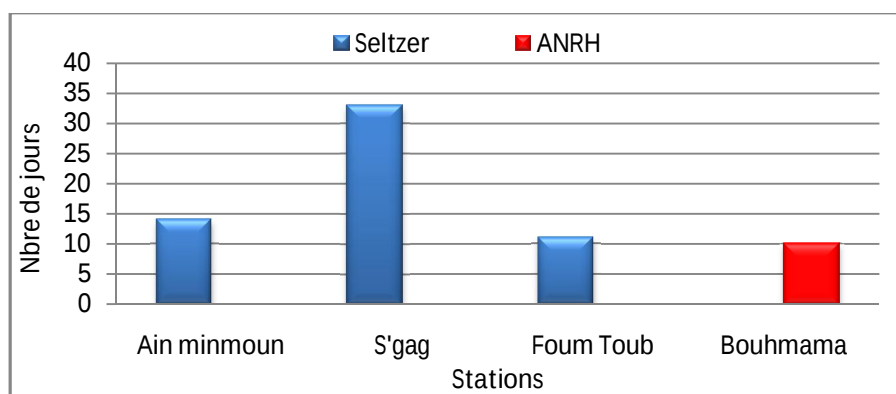


Figure 19: Enneigement Seltzer, (1946), ANRH (2005).

5.3.2. Gelées blanches :

KHLIFI, (2002).indique que les gelées blanches sont assez fréquentes dans la régions des Aurès, une moyenne de 72,4 jours (Figure :20) est enregistrée durant la période comprise entre 1991 et 2000 (est enregistrée selon les données recueillies de la station de Bouhmama

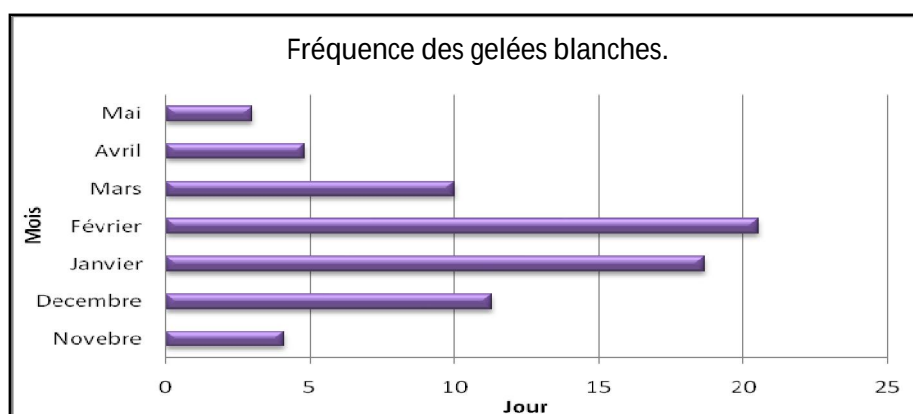


Figure 20: Fréquence des gelées blanches pour la station de Bouhmama durant la période comprise entre 1991 et 2000. (KHLIFI, 2002).

5.3.3. Vents :

En générale les vents chargés de pluies viennent du Nord et du Nord-Ouest bénéficiant ainsi les versants nords ; tandis que les vents chauds notamment le sirocco induit une augmentation de la température et une chute notable de l'humidité atmosphérique sur les versants Sud, sa fréquence est estimée à 12 jours par an (KHLIFI, 2002)..

5.3.4. Grêle :

Elle occasionne des dégâts importants dans la région surtout sur le pommier, abricotier, et poirier, mais elle participe à la distribution mécanique des jeunes cônes du cèdre de l'Atlas de part sa coïncidence avec la reprise végétative au printemps (KHLIFI, 2002).

5.4. Synthèse climatique :

De nombreux auteurs ont utilisé des indices climatiques, combinant divers paramètres comme les précipitations mensuelles et annuelles, les minima et maxima thermiques et les températures annuelles, afin de définir le climat d'une région donnée et préciser ainsi son caractère dominant et son originalité.

Afin d'estimer l'influence des principaux éléments climatiques, nous avons pris en considération nombreux indices et formules proposés pour le climat méditerranéen et en relation (pour notre cas) avec les exigences du cèdre.

Parmi ces indices, nous citons *l'amplitude* thermique moyenne et l'indice de continentalité, l'étage altitudinal de végétation, l'indice de sécheresse estivale, le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et l'indice xérothermique, le quotient pluviothermique et le climatogramme d'EMBERGER

5.4.1. Amplitude thermique moyenne :

L'amplitude thermique moyenne est un facteur permettant de définir l'indice de continentalité expliquant si la région est sous l'influence maritime ou continentale.

Les données recueillies de différentes stations nous renseignent sur le type de cette influence (Tableau N°10).

Tableau 10: Indices de continentalité de la zones d'étude.

<i>Stations</i>	<i>Périodes</i>	<i>m (°C)</i>	<i>M (°C)</i>	<i>(M – m) (°C)</i>	<i>Type de climat</i>
Bouhmama	1992 - 00	-0.99	32.86	33,86	Semi-continental
Forum El Guies	1993-04	1,1	32,7	31,60	
Khanchela	1993-04	1,1	39,0	37,90	Continental

Selon la classification thermique d'EMBERGER (*in* DERRIDJ, 1990) basée sur la valeur de l'écart thermique, nous constatons que la cédraie de la zone d'étude se rattache à un climat méditerranéen semi-continental d'altitude à continental.

5.4.2. Etage altitudinal de végétation :

La végétation s'individualise souvent entre différents étages altitudinaux en fonction des exigences écologiques des plantes. Plusieurs critères climatiques sont cependant utilisés pour définir ces étages tels que la moyenne des minima du mois le plus froid « m°C », la moyenne annuelle « T°C » et bien sûr l'altitude (ALCARAZ, 1982 ; BENABID, 1985 ; QUEZEL, 2000). Selon cette notion nous avons essayé de localiser le cèdre de notre zone d'étude dans son étage de végétation. Le tableau N°11 regroupe les valeurs de ces critères et les étages correspondants

Tableau 11 : Etages de végétation du cèdre de l'Atlas dans les deux séries.

Série du cèdre	Station	m (°C)	T (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
Chelia	Bouhmama	-0.99	12.55	1150	Supra-méditerranéen
Ouled Yagoub	Foum El Guies	1.1	14.91	928	Méso-méditerranéen

Il ressort de ce tableau que les stations de Bouhmama appartient au supra-méditerranéen (froid) ($-3 > m > 0^{\circ}\text{C}$, $8 < T < 12^{\circ}\text{C}$ et $1000 < \text{Alt} < 1700\text{m}$). Mais, dans et la station de Foum el Guies, nous le retrouvons par défaut l'étage méso-méditerranéen car l'altitude de la station de référence est beaucoup plus basse ($> 2000\text{m}$). Cet étage est caractérisé essentiellement par les conifères montagnards comme le cèdre de l'Atlas, le Sapin de Numidie et le Pin noir (QUEZEL, 2000).

5.4.3. Indice de Xéricité (Indice de sécheresse d'EMBERGER) :

Cet indice permet de caractériser le climat sous l'expression de la « sécheresse estivale ». Il est défini par le rapport entre la pluviométrie estivale (**PE**) et la température moyenne des maxima de l'été (**M**). (EMBERGER, 1942). La formule est la suivante :

$$\text{I. S. E.} = \frac{\text{PE}}{\text{M}}$$

Il convient de signaler que la saison estivale est déterminée par les 3 mois consécutifs déficitaires en pluies. Il s'agit des mois de juin, juillet et août. Si S est inférieur à 7 la région est caractérisée par un climat méditerranéen sec (DAGET, 1977). Les valeurs de cet indice calculé pour les stations de Bouhmama et Foum el Guies sont consignées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Indices de sécheresse estivale pour les stations de Bouhmama et Foug el Guies et Kefta Essouda.

Série	Station	M (°C)	Pluviométrie estivale « PE »	Indice de Sècheresse « S »	Type de climat
Chelia	Bouhmama	31.18	62.61	2,00	Méditerranéen Sec
Ouled Yagoub	Foug El Guies	31.13	69.79	2,24	
Ouled Yagoub	Kefta Essouda	36,66	45	1,22	

Pour la région d'étude les résultats montrent que les indices calculés varient entre 1,51 et 1,91 respectivement à Foug El Guies et Bouhmama caractérisant un climat méditerranéen à sécheresse estivale.

5.4.4. Quotient pluviométrique d'Emberger :

Cet indice climatique (figure : 06) est le plus fréquemment utilisé pour caractériser le bioclimat d'une région méditerranéenne, et notamment en Afrique du nord. C'est un paramètre combinant trois facteurs caractérise le bioclimat d'une région donnée par la l'équation suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

P : Précipitations annuelles en mm.

M : Maxima des températures du mois le plus chaud.

m : minima des températures du mois le plus froid.

STEWART (1969) a reformulé l'équation pour le climat méditerranéen comme suit :

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{M - m}$$

Par extrapolation des résultats des stations météorologiques pour différents gradients altitudinaux ; Il en ressort du tableau 13, les quotients Q_2 pour les 3 stations d'étude et les étages bioclimatiques correspondants.

Tableau 13 : Valeurs du « Q_2 » et étages bioclimatiques des 3 stations de référence (Bouhmama, Foug el Guies, Kefta Essouda)

Série Station	Altitude	« m » (°C)	« M » (°C)	Pluies (mm)	Q_2	Etage bioclimatique	Sous- étage	Variante thermique
CHELIA Bouhmama	1150*	-0,99	32,86	388,13	39,33	SUB HUMIDE	Inférieur	Froid
	1700	-3,46	29,01	608,13	64,24	HUMIDE	Inférieur	Froid
	1900	-4,36	27,61	688,13	73,83	HUMIDE	Moyen	Froid
Ouled. Yagoub	928*	1,1	32,7	451,31	48,99	SUB HUMIDE	Inférieur	Frais
Versant Nord	1300	-0,12	30,8	561,31	62,27	HUMIDE	Inférieur	Froid
Foug el Guies	1700	-1,92	28	721,31	82,69	HUMIDE	Supérieur	Froid
Ouled. Yagoub	845*	1,1	39	373,5	33,80	SUB HUMIDE	Inférieur	Frais
"Versant Sud"	1300	-0,47	36,55	513,5	47,58	SUB HUMIDE	Supérieur	Froid
Kefta Essouda	1700	-2,27	33,75	673,5	64,13	HUMIDE	Moyen	Froid

(* : Station météorologique).

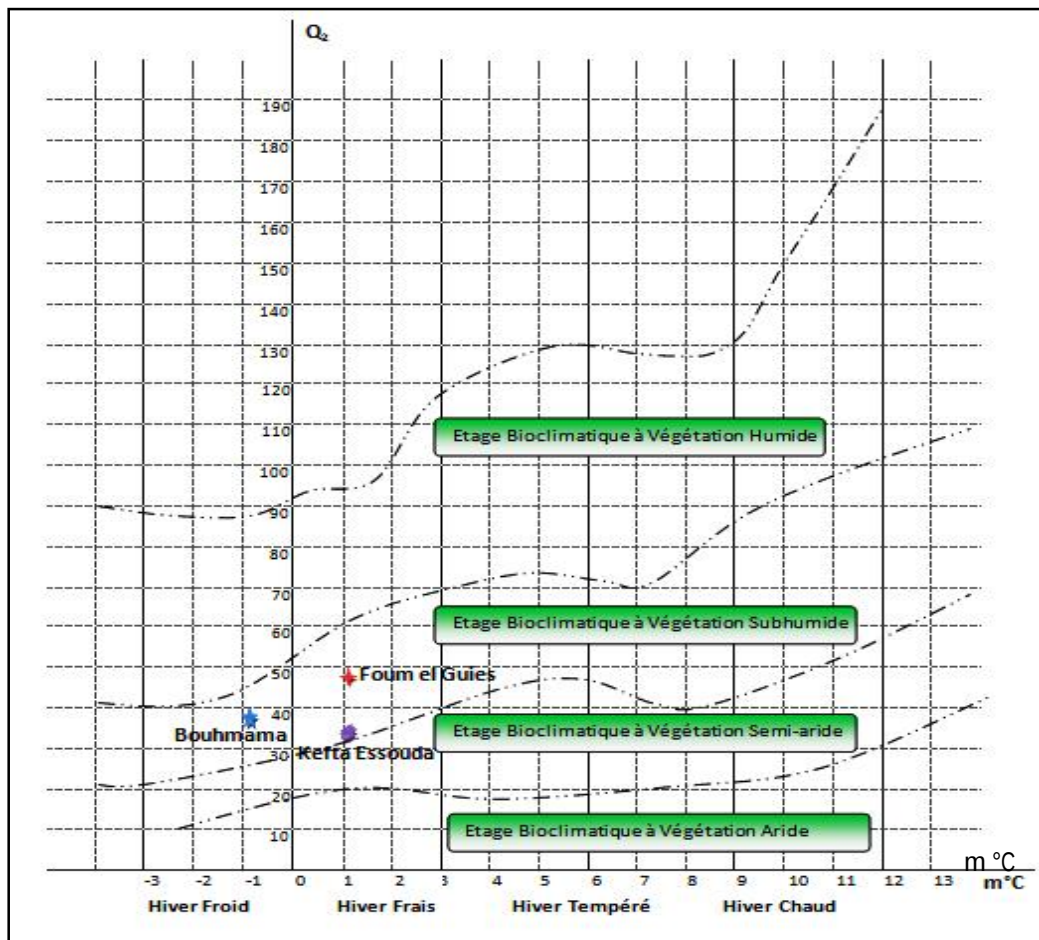


Figure 21 : Climatogramme du Quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger.

La lecture des résultats du quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger portés sur le tableau 13 ainsi que sur le climatogramme (Figure : 21), montre que la cédraie de Chelia évolue dans l'étage bioclimatique subhumide inférieur à humide moyen sur le versant nord et pourrait se projeter à l'étage bioclimatique semi aride moyen à supérieur sur le versant sud.

Pour la cédraie de Ouled Yagoub les résultats démontrent qu'elle évolue dans l'étage bioclimatique subhumide inférieure, avec une variante fraîche à basse altitude et humide supérieur à variante froide sur les hauts sommets sur versant nord, alors que sur versant sud la cédraie évolue dans l'étage bioclimatique subhumide inférieure avec une variante fraîche jusqu'à 1 700m d'altitude, pour atteindre l'étage bioclimatique humide moyen à variante froide en hauteur.

5.4.5. Diagramme Ombrothermique de Gaussen :

Ce diagramme nous permet d'évaluer l'intensité et la durée de la saison sèche. Nous définissons un mois sec quand la courbe de la pluviothermique passe au dessous de la courbe représentatif du double de la température ($P \leq 2T$).

La durée de la période sèche varie d'une station à une autre en fonction de l'exposition et de l'altitude.

La période sèche se prolonge sur quatre mois et demi pour le post de Bouhmama, elle dure de la mi-mai jusqu'à la fin septembre (Figure :22) et ne dure que trois mois, de la mi-mai jusqu'à la fin Août à la station de Kantina pour le mont Chelia (Figure : 23).

Pour la série Ouled Yagoub la période sèche s'étale sur presque cinq mois (figure : 24), la période sèche s'étale de la fin Mai jusqu'au la fin du mois d'octobre.

6. Conclusion :

A partir des données météorologiques exposées précédemment, il en sorte que la cédraie de Chelia reçoit une pluviométrie estimée à 388,13mm à 1 150m d'altitude, ce chiffre atteint 900 mm en hautes montagnes au versant sud et pourrai dépasser 1 000mm à 2000m d'altitude au versant nord.

Le régime pluviométrique saisonnier varie en fonction de l'exposition et de l'altitude, pour le mont Chelia, à Bouchemaa, le régime pluviométrique saisonnier est du type APHE (Automne-Printemps-Hiver-Eté), tandis qu'à Kantina on remarque qu'il est plutôt du type PAHE.

En ce qui concerne la série Ouled Yagoub, les résultats fournis par la station de Foul el Guies laissent croire à un régime du type PHAE (Printemps-Hiver-Automne-Eté), alors qu'à Kefta Essouda le régime pluviométrique est du type HAPE (Hiver-Automne-Printemps-Eté).

L'observation du quotient pluviométrique Q2 d'Emberger laisse apparaître au mont Chelia un étage bioclimatique de végétation variant du subhumide froid en basse altitude au humide inférieur froid en hauteur pour le versant nord et du subhumide moyen froid en bas au humide moyen froid en haute montagne sur le versant sud.

Pour la série des Ouled Yagoub, Le versant nord étale un étage bioclimatique allant du subhumide inférieur à variante fraîche en bas au humide supérieur froid en haut sur le versant nord, tandis qu'au versant sud l'étage bioclimatique subhumide inférieur frais en basse altitude et l'humide moyen froid en haute altitude.

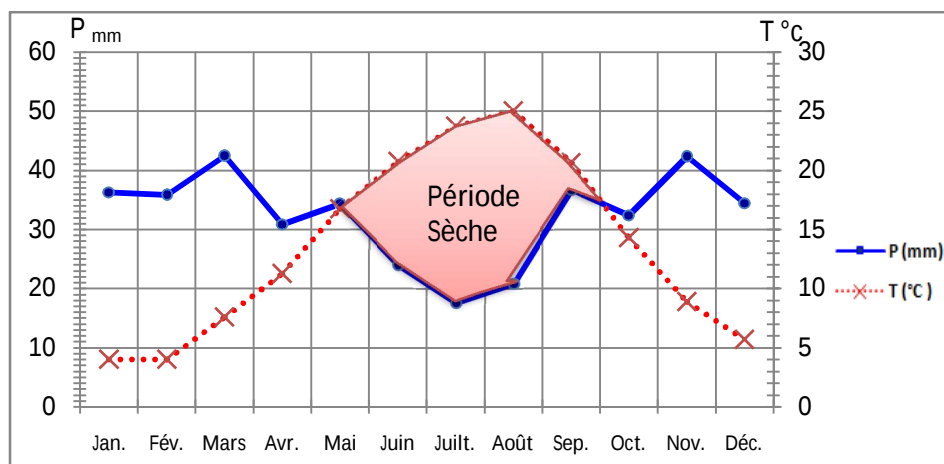


Figure 22: Diagramme Ombrothermique (Station Bouhmama : 1991-2004)

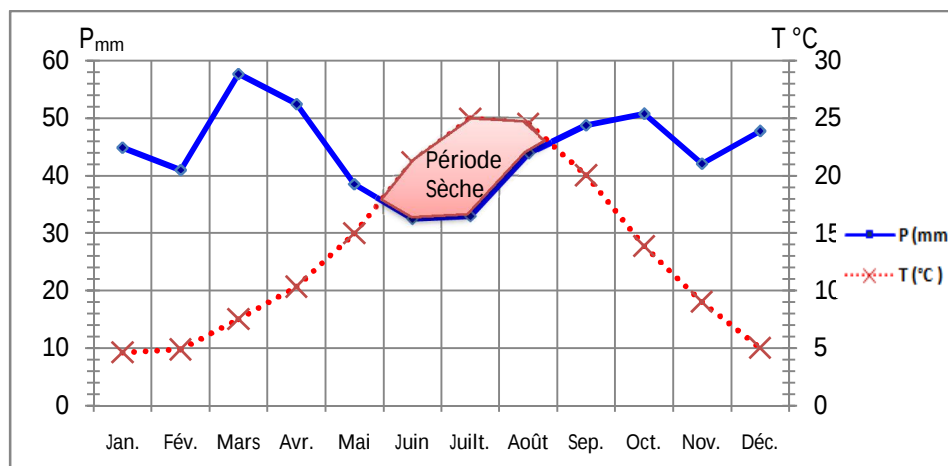


Figure 23 : Diagramme Ombrothermique (Station Kantina : 1991-2004)

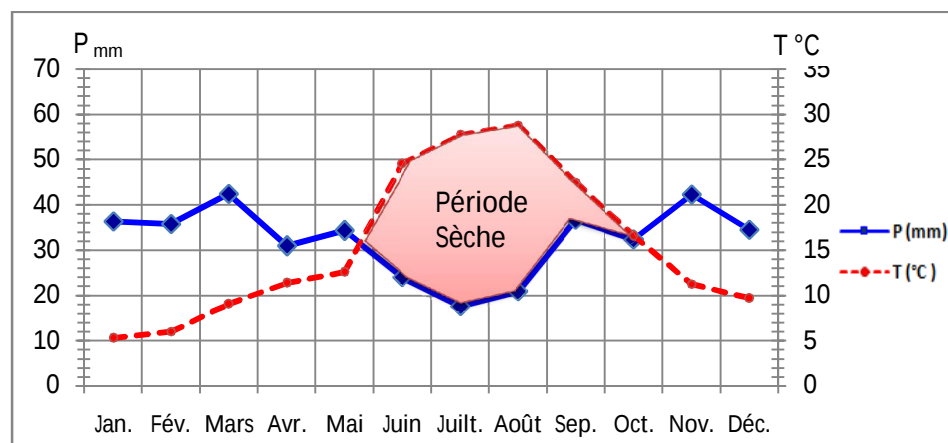


Figure 24: Diagramme Ombrothermique (Station Foug El Guies : 1991-2004)

II. Matériel et méthodes d'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas :

Pour dresser une première liste d'insectes xylophages inféodés au cèdre de l'Atlas en voie de dépérissement dans la région de Chelia et Ouled Yagoub, et étudier le cycle biologique des principales espèces, nous avons recouru à plusieurs méthodes de piégeage et de suivi biologique

1. Matériel :

La littérature abondante concernant les différents types de pièges et leur efficacité envers la capture d'une catégorie d'insectes rend compte que chaque insecte ou groupe d'insectes est un cas particulier.

Pour les xylophages, la principale difficulté est d'atteindre leur niche écologique. Un dispositif de piégeage propre s'impose donc afin de réaliser le maximum de captures et inventorier par conséquent le plus fidèlement possible les espèces xylophages vivant dans les cédraies algériennes dont celles des massifs de Chelia et de Ouled Yagoub. Parmi les techniques de piégeage employées, nous retenons :

1.1. Pièges Interception :

Afin de capturer les xylophages émergents, plusieurs techniques sont utilisées à savoir les pièges à phéromones, les pièges malaises et les pièges Kaila. Mais les pièges à vitres s'avèrent plus sélectifs envers les coléoptères et plus spécialement les Scolytidae et les curculionidés (LHOIR *et al.*, 2003 ; DODELIN, 2006 ; SIMILĂ *et al.*, 2002).

Ces pièges (Figure : 25) ont pour principe la réaction des coléoptères qui ferment leurs élytres simulant la mort après avoir heurté le mûr en vitre et se laissent tomber dans les réceptions qui font office de collecteurs. Mais ces pièges présentent quelques inconvénients résident dans leur coût et la difficulté de leur installation en pleine forêt ; en plus quelques espèces réussissent à redécoller après quelques tentatives (LEATHER *et al.*, 2007).

Pour remédier à ces contraintes nous avons opté pour les pièges-vitre à interception multidirectionnelle, qui ne favorisent aucune direction de vol et assurent aussi la captures des insectes en plein vol.

Ces pièges sont conçus par deux plaques en verre ou en plexiglas faisant 40cm de large ,80cm de long et 3mm d'épaisseur. Chacune des croisées perpendiculairement en croix au dessus d'un entonnoir de 40cm de diamètre débouchent vers un récipient en plastique contenant de l'eau plus un détergeant. Le tout est collé à une plaque faisant office de toiture

du piège colée au dessus des panneaux entrecroisés. Le piège est suspendu à un pied de préférence dans l'ombre au moins à 1,5 m au dessus du sol (SIMILÄ et *al.*, 2002, SAFRANYIK et *al.*, 2004 ; WAINHOUSE, 2005) (fig.27).

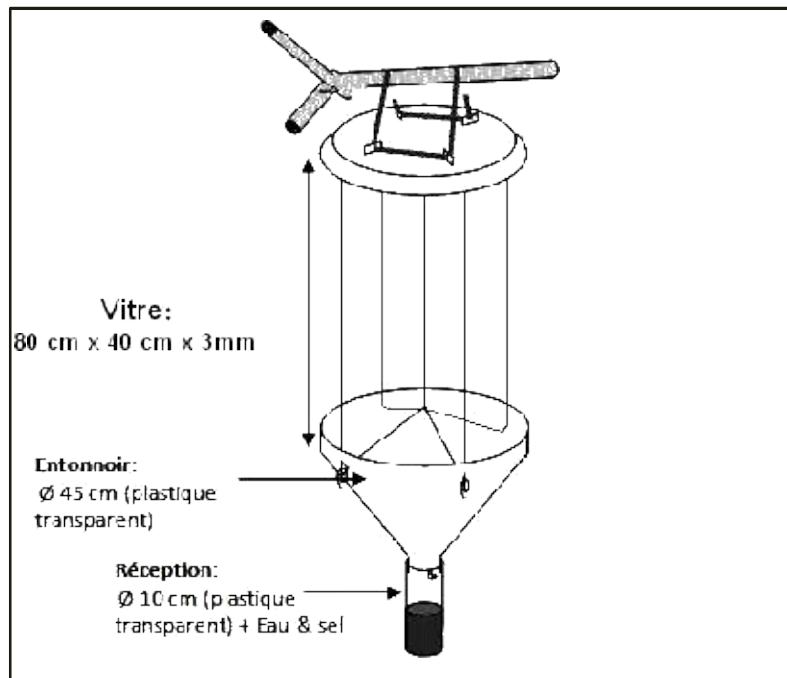


Figure 25 : Schéma d'un piège vitre.

Pour améliorer l'efficacité de ce piège neutre et en se référant aux travaux d'ELLIOTT et *al.*, (1983) ; CANARD et *al.*, (1997) ; KELSEYA et GLADWIN, (2001) ; JEREMY et *al.*, (2004) ; DODELIN, (2006) et ELLIOTT et *al.*, (2007), nous avons ajouté une petite fiole contenant de la térébenthine mélangée à l'éthanol, connectée à la base de l'entonnoir par un simple diffuseur. Le collecteur est relié à deux tubes de 0,3mm de diamètre ayant pour rôle de trop-plein afin d'évacuer l'eau en cas de pluies torrentielles.

Ces pièges sont plus efficaces que les pièges fenêtres traditionnelles offrant une surface d'interception de 1,3m² et les entonnoirs empêchent le redécollage des spécimens tombés dans les collecteurs.

Afin d'optimiser les résultats, les pièges sont placés en milieu des stations d'étude à raison de 3 pièges par station espacés de 50 m au minimum. Ces 3 pièges assurent l'échantillonnage pour une superficie de 300ha que font chaque station (SIMILÄ et *al.*, 2002).

1.2. Éclosoirs :

Un éclosoir est une boîte habituellement en plastique ou en carton sur laquelle nous avons pratiqué un orifice circulaire où est placé un carton en forme conique afin de faciliter

les prélèvements des spécimens émergeant du bois en concentrant la lumière dans un seul point tout en empêchant le reflux des insectes. Après l'avoir franchi, les adultes sont collectés dans un tube en plastique transparent collé à la surface externe de la boîte.

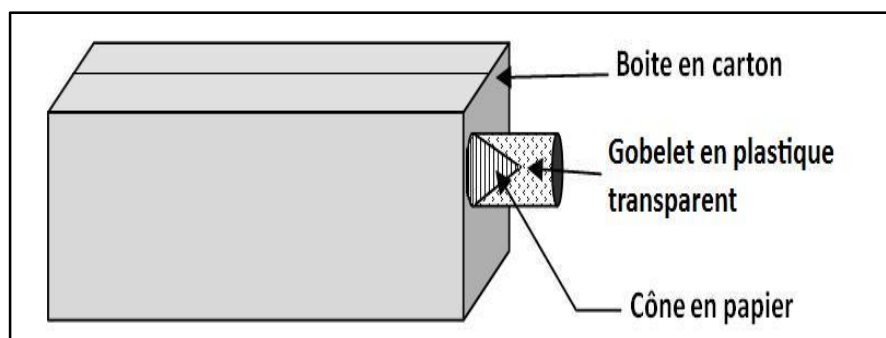


Figure 26: Schéma d'un éclosoir

En raison du manque de moyens et du nombre important de rondins, nous avons confectionné des boîtes en cartons à la place des boîtes en plastiques introuvables sur le marché et des gobelets en plastiques transparent à la place des tubes (fig. 28).

Un récipient contenant de l'eau est placé à l'intérieur de l'éclosoir afin de garder une humidité supérieure à 35%. Ces gobelets sont contrôlés chaque mois et rechargés en eau si nécessaire.

1.3. Bacs Jaunes

Habituellement ce type de piège est utilisé pour les insectes de basse végétation ou pour les insectes indifférents qui sont attirés par la couleur jaune. Ce sont de simples récipients (fig.28-A).de 0,4 de circonférence et 0,3m de profondeur, de couleur jaune, placés aux alentours des pièges vitres à une distance de 5m (SIMILĂ et *al.*, 2002)

1.4. Matériel végétale :

1.4.1. Arbres pièges « V » :

Les arbres de cette catégorie sont des pieds parfaitement sains ne présentent aucune trace d'attaque parasitaire ni de signes de dépérissement ou d'affaiblissement physiologique (figure : 28-B).

1.4.2. Arbres dépérissants « D, M » :

Pour les arbres dépérissant nous avons opté pour deux catégories

- **Les arbres en dépérissement « D » :** les pieds de cette classe présentent une cime sèche en partie avec début de perte du feuillage, le taux de dépérissement est de 50% (Fig. : 29-D).

**A****B**

Figure 27: Différent procédé de piégeage.
A : Pièges Vitrre sur terrain. **B :** Eclosoirs au laboratoire.

- **Les arbres complètement dépériés « M »** : les sujets appartenant à cette classe sont morts sur pied ne portent aucun feuillage (Fig.: 29-C).

2. Méthodologie :

2.1. Choix des stations :

Les stations retenues pour notre étude sont en nombre de trois. Elles sont choisies pour représenter les deux massifs « Chelia et Ouled Yagoub ». Ces stations présentent une variabilité altitudinale, climatique et floristique.

Deux stations sont installées au niveau du massif de Chelia et une station à Ouled Yagoub. Ces stations ont fait l'objet de travaux d'aménagement et sont accessibles pour installer les pièges d'une part et pour dégager le bois pour son transport au laboratoire d'autre part. Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des 3 stations

Tableau 14: Caractéristiques principales des trois stations d'étude.

Station	Altitude	Longitude	Latitude	Exposition	Pente	superficie
Oued Tider	1942	35°18'54''	6°37'24''	Sud	27%	372 ha
Bouhmama	1813	35°25'35''	6°44'35''	Est	42%	315 ha
Tizi Ala	1303	35°22'40''	6°56'46''	Nord	23%	297 ha

Les deux premières stations font partie du massif de Chelia. Le peuplement du cèdre de la station Oued Tider est pur et issu d'une régénération naturelle. Les sujets ont différentes classes d'âges évoluant sur substrat limoneux argileux. Il présente un taux de dépérissement de moins de 30%. En revanche, le peuplement de la station de Bouhmama est situé au nord-est de la série du couvert végétal. C'est un mélange de cèdre et de chêne vert plus ou moins âgés évoluant sur substrat marneux. Dans ce versant, les arbres présentent un degré de dépérissement compris entre 40 et 55% et ont fait l'objet d'un assainissement en aval.

Le peuplement de la dernière station est situé sur le versant nord d'Ouled Yagoub sur substrat marneux. Le couvert végétal est constitué d'un mélange de cèdre, de chêne vert et quelques pieds d'If et de frêne dimorphe. La station connaît un grave dépérissement avoisinant 70% en plus elle a subi une importante pression anthropique ce qui explique l'accentuation du phénomène.

2.2. Méthodologie d'échantillonnage :

2.2.1. Installation des pièges sur terrain :

Les 6 piège-vitres sont installés le 05 mai de l'année 2008 pour les stations de Oued Tider, de Bouhmama et le lendemain pour la station de Tizi Ala, à raison de 2 pièges par station. Chaque 15 jours, une visite est effectuée pour récolter les espèces piégées.



Figure 28 : Piège jaune et différentes classes de dépérissement prises en considération lors de l'échantillonnage.

A :Bac jaune sur un pied de cèdre ; B : arbre classe « V » ; C : a gauche arbre classe « D », a droite pied de classe « M » ; D : pied de classe «D » coupé.

Les insectes de petites tailles et surtout ceux appartenant aux hyménoptères sont mis dans des tubes à essais contenant de l'alcool 70° pour les conserver tandis que les coléoptères sont conservés à sec et placés dans des tubes contenant une petite boule de naphthaline afin de les préserver pour les identifications.

Les bacs jaunes, sont placés à un rayon de 5m de chaque piège vitre à raison de 6 bacs par station.

Les pièges vitres sont récupérés le 26/11/2008 et réinstallés du 15/07/2009 au 18/12/2009 afin de compléter les résultats de l'émergence des principaux xylophages de cèdre obtenus grâce aux rondins des 3 stations d'observation .

2.2.2. Coupe des arbres de différentes classes de dépérissement :

Pour étudier les insectes associés au dépérissement du cèdre et spécialement les xylophages nous avons procédé à des coupes.

Au total 20 pieds d'une hauteur moyenne de 15m et 35cm de diamètre ont été abattus à la tronçonneuse entre novembre 2007 et juin 2008. A 1m du sol, ils sont ébranchés, datés et les souches sont laissés sur place, afin que nous puissions prélever des rondins au moment voulu (Cf. 2.3)

Tableau 15: Calendrier d'abattage des arbres de différentes classes pour les 3 stations

		1 ^{ère} période 24/11/07	2 ^{ème} période 18/03/08	3 ^{ème} période 09/05/08	Total
Classe d'arbre	V	0	2	0	2
	D	3	3	3	9
	M	3	3	3	9
Total		6	8	6	20

Les rondins tronçonnés mesurent en moyenne 40 à 45 cm de longueur et ont presque la même superficie ($S = \pi \times D(\text{diamètre du rondin}) \times H(\text{hauteur du rondin})$).

2.2.3. Coupes des rondins de différentes classes de hauteur :

De chaque pied, des rondins de 40cm de long ont été tronçonnés et prélevés au hasard de chacun des 4 niveaux de l'arbre (base, partie médiane, cime et branches) (Fig. 29).

- o **Niveau B** : les rondins sont prélevés dans l'intervalle de 1 à 2m de la base du tronc
- o **Niveau I** : les rondins de la partie intermédiaire sont échantillonnés de la partie comprise entre 2 et 2,5m de la base jusqu'à 1m avant la cime de l'arbre.
- o **Niveau C** : ce niveau correspond au dernier mètre de l'extrémité du tronc.
- o **Niveau R** : correspond aux différents rameaux prélevé le long du pied du cèdre.

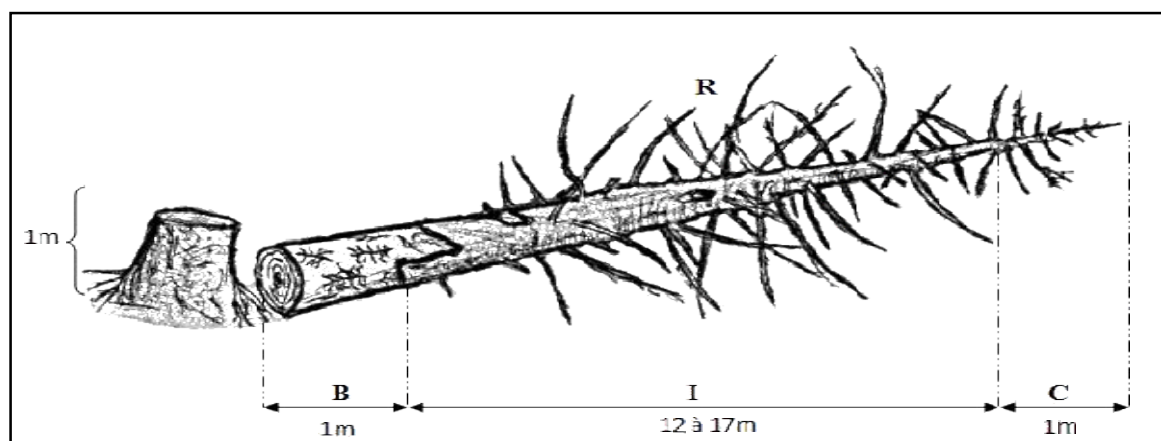


Figure 29 : Schéma d'un pied de cèdre abattu laissant apparaître les différents niveaux à partir desquels les rondins ont été prélevés.

2.2.4. Périodes de coupes et d'exposition :

Vu le temps imparti et les contraintes que nous avons eu (vol de sujets abattus, accessibilités aux stations d'étude, conditions météorologiques et sécuritaires défavorables, etc...) nous avons opté pour deux périodes de coupe et d'exposition détaillé dans le tableau 16 qui suit :

- **Période d'exposition printanière « P » :** s'étend entre la date de coupe réalisée en Mars et la date de prélèvement la fin du moi de Mai (Tab. : 16).
- **Période d'exposition estivale « E » :** s'étale du début du mois de mai à la mi-août (Tab.16).

Tableau 16: Dates de coupes et de ramassage des arbres et des rondins pour les trois stations.

		Oued Tider	Bouhmama	Tizi Ala
Période printanière « P »	Date d'abattage	18/03/08	18/03/08	20/03/08
	Date de ramassage	23/05/08	23/05/08	26/05/08
Période estivale « E »	Date d'abattage	09/05/08	16/05/08	18/05/08
	Date de ramassage	08/08/08	08/08/08	13/08/08

La période d'exposition hivernale est délaissée à cause du vol des sujets abattus. Les données sur l'émergence des xylophages pendant la période hivernale sont complétées par les résultats des pièges vitres réinstallés du 15/07/ 2009 au 18/12/2009.

2.2.5. Prélèvement des rondins :

2.2.5.1. Rondins provenant d'arbres des classes « D et M » :

Sur les sujets abattus, un rondin est prélevé de chaque niveau de hauteur. Au total, 3 rondins sont prélevés pour chaque classe de dépérissement et pour chaque niveau de hauteur.

Pour compenser la disparition des rondins de la période hivernale, deux rondins pour chaque niveau de hauteur sont prélevés lors de la période printanière. En somme 12 rondins de classe « D » et 12 de classe « M » sont prélevés pour chaque station (Tableau n° 17).

Sur chaque rondin transporté au laboratoire et à l'entrepôt, nous avons noté le nom de la station, sa classe de hauteur (B–I– C–R), la classe de dépérissement du pied, la date d'abattage et la date de ramassage.

Tableau 17 : Nombre de rondins prélevés par station, par classe et par niveau.

		Station Oued Tider			Station Bouhmama			Station Tizi Ala		
		V	D	M	V	D	M	V	D	M
Niveau de l'arbre	B	4	3	3	4	3	3	0	3	3
	I	4	3	3	4	3	3	0	3	3
	C	4	3	3	4	3	3	0	3	3
	R	2	3	3	2	3	3	0	3	3
Totale		14	12	12	14	12	12	0	12	12

2.2.5.2. Rondins d'arbres pièges « V » :

A cause de la lourdeur administrative, nous avons eu l'autorisation de couper seulement deux pieds sains ne présentant aucun signe d'attaque parasitaire. Le premier se trouve à Oued Tider le second à Bouhmama. L'abattage des pieds de cette classe est réalisé le 18/03/2008 et le 09/05/2008.

Les pieds coupés sont tronçonnés en rondins de 40 à 45 cm de longueur, tout comme les rondins des classes « D et M ». Pour la période d'exposition printanière, nous avons prélevé 3 rondins de chaque niveau de hauteur (B-I-C) ainsi qu'un rameau ayant la même superficie totale que les rondins des autres niveaux de hauteur (Tab. : 17).

Les autres rondins laissés sur le terrain sont soigneusement cachés et ils sont exploités comme suite :

- **Lot 1 :** composé de 3 rondins de 40cm provenant de différents niveaux de hauteur (B-I-C) en plus d'un rameau équivalant en surface sont prélevés, mis dans des sacs en plastique et humidifier régulièrement pour qu'ils ne soient pas attaqués par les xylophages. Ces rondins sont mis à l'air libre lors de la période de coupe printanière.
- **Lot 2 :** est composé de 14 rondins de 40cm (du niveau « I »), laissés à l'air libre. Au début, 4 sorties bimensuelles sont réalisées et un rondin est prélevé au cours de chacune d'elles. Par la suite, 10 sorties mensuelles ont été effectuées afin de suivre la chronologie des attaques des différents xylophages pendant la période printanière.

A chaque sortie, les trous d'entrées sont dénombrés grâce à une loupe, afin de déceler toutes nouvelles attaques lors de la prochaine sortie.

- **Lot 3 :** les rondins de ce lot sont identiques au lot 1. Ils sont mis dans des sachets en plastique et humidifiés, puis mis à l'air libre à partir de mai 2008. Ce groupe est consacré au suivi de la chronologie des attaques pendant la période estivale.

En somme, 100 rondins ont été transportés au laboratoire et entreposés. Sur chaque rondin, nous avons inscrit le nom de la station, le numéro d'arbre et sa classe sanitaire, la date d'abattage, la date de ramassage et son niveau sur le tronc.

2.2.6. Paramètres étudiés sur les rondins :

2.2.6.1. Taux d'attaque :

Plusieurs paramètres sont étudiés afin d'évaluer l'importance des dégâts infligés par les différents groupes d'insectes attaquant le cèdre de l'Atlas.

2.2.6.1.1. Densité globale d'attaque (GA) : correspond au nombre moyen de galeries pour l'ensemble des rondins.

2.2.6.1.2. Densité d'attaque d'une espèce (EA) : pour chaque groupe de rondins (de différents niveaux de hauteur et de dépérissement), nous estimons grossièrement la surface occupée par les galeries de chaque espèce des principaux xylophages.

Ce paramètre est calculé en multipliant le nombre de galeries d'une espèce par la surface moyenne des galeries de cette espèce (obtenue du produit de la multiplication de la longueur à la largeur de la galerie) et divisant le résultat sur la surface des rondins du groupe.

2.2.6.1.3. Fréquence d'attaque : c'est le pourcentage des rondins attaqués au moins par une espèce.

2.2.6.2. Chronologie d'attaque et étude bioécologique des espèces :

Pour étudier la biologie des xylophages et la chronologie de leurs attaques, nombreux paramètres sont pris en considération :

2.2.6.2.1. Durée de développement : c'est la durée comprise entre la date de ponte (correspondant aux premières attaques des arbres pièges) et la date d'émergence.

2.2.6.2.2. Durée de développement maximum : c'est la durée comprise entre la date de l'abattage des arbres sains et la date d'émergence de 50% des insectes.

2.2.6.2.3. Durée de développement minimum : correspond à la durée comprise entre la date de ramassage des rondins et la date d'émergence de 50% des spécimens.

2.2.6.2.4. Durée d'envol : c'est la durée comprise entre la date de la première émergence et celle de la dernière sortie.

2.2.7. Détermination de la distribution verticale des espèces xylophages :

Pour déterminer et décrire la distribution verticale des espèces attaquant le cèdre de l'atlas, un pied de 13m de hauteur mort sur pied est choisi au hasard et coupé en billons de 1m et transportés au laboratoire.

L'écorçage à sec étant impossible, ces billons ont été noyés dans une citerne contenant de l'eau pendant une période de 20 à 40 jours pour ramollir l'écorce et la rendre apte à la décortication. En effet, l'écorce est enlevée grâce à une cisaille de menuisier et l'eau est filtrée à l'aide d'un tissu de mousseline et changée chaque 2 mois pour minimiser l'odeur de la fermentation de bois.

Après un séjour d'une année dans les éclosiers, les rondins ont subi aussi le même procédé afin d'extraire d'éventuels insectes morts ou en nymphose.

2.2.8. Description des systèmes de galeries :

Pour chaque espèce nous avons procédé à la description des systèmes de galeries observés à la surface du bois. Pour cela, nous avons mesuré la longueur et la largeur des galeries maternelles et larvaires de 80 galeries de scolytes (50 galeries de *Cryphalus*, 10 galeries de *Hylastes*, 10 galeries de *Scolytus* et 10 galeries de *Crypturgus*), 10 galeries de Ciidae xyo-mycophage et 20 galeries de buprestidés (10 d'*Anthaxia* et 10 de *Melanophila*).

Nous avons mesuré encore la profondeur des galeries ainsi que l'épaisseur de l'écorce, les dimensions et les formes des trous de sorties, à l'aide d'un pied à coulisse.

2.2.9. Identification des spécimens :

Les clefs de détermination que nous disposons sont très anciennes dont la plus récente de Perrier remonte en 1983. Elles nous ne permettent pas de faire des identifications fiables. Nous avons préféré donc d'envoyer les coléoptères à Monsieur COCQUEMPOT et à son équipe SupAgro de Montpellier à savoir LIBERTI G., COULON J., SOLDATI F, PELLETIER J., STREITO J.-C. et MIGEON A. Une partie a été envoyée encore à Mr. BRUSTEL H. du laboratoire d'Entomologie et de Biologie de Conservation de l'Ecole d'Ingénieurs de Purpan de l'université de Toulouse (France) et à Mr. NOBLECOURT T., responsable du Laboratoire National d'Entomologie Forestière et Animateur du réseau Entomologie de l'Office National des Forêts à Quillan (France). Tous ces spécialistes ont accepté de prendre en charge l'identification des scolytes sur tout.

Les Hyménoptères sont identifiés pour la plupart par Monsieur Pr. DEMANDJI S. de l'ENSA d'Alger, les Homoptères par Monsieur LAMMARI M. du département d'Agronomie à l'université de Batna ; de plus nous avons tenté d'identifier les autres groupes surtout les lépidoptères au niveau du laboratoire d'entomologie à l'université de Batna.

Avant l'envoi de toutes les espèces récoltées à l'étranger, elles ont été photographiées sous loupe binoculaire et leur taille sont mesurées à l'aide d'un objectif gradué. .

2.2.10. Tests statistiques :

Les résultats obtenus pour l'ensemble des paramètres précédemment évoqués sont soumis à de simples tests statistiques. Les différents paramètres sont représentés par leur moyenne arithmétique corrigée par l'écart-type ; en plus nous avons employé le teste Anova à un facteur pour la comparaison des surfaces des rondins pour les 3 stations d'observation, Les résultats obtenus sont interprétés grâce au test STUDENT-NEWMAN-KEULS à 5%. Ces tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel SPSS (SPSS Inc, 1989-2007) version 17.

CHAPITRE : V

RESULTATS ET DISCUSSIONS



Galerie de *Melanophila Marmottani*

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Composition du peuplement entomologique

1.1. Liste globale

Les différents procédés de piégeage que nous avons mis en place dans les 2 cédraies nous ont permis de récolter 6 179 spécimens regroupés en 64 espèces appartenant à 5 ordres systématiques et 35 familles (Tableau : 18).

Tableau 18 : Inventaire et effectif des spécimens obtenus par les trois méthodes de piégeages à partir des trois stations d'étude [**O.T** : Oued Tider ; **Bh** : Bouhmama ; **T.A** : Tizi Ala ; **P.T** : pièges sur terrain ; **Ec** : éclosiers ; **R.A** : régime alimentaire ; **Xylo** : espèce xylophage ; **Myct** : espèce xylomycophage, **Détr** : espèce détritiphage ; **Préd** : espèce prédatrice ; **E.S.I.E** : espèce sans intérêt dans notre étude ; **Préd a** : espèce prédatrice des aphids ; **Phyl** : espèce phylophage ; **Déf** : espèce défoliatrice ; **Par** : espèce parasite] .

Edentif.	Espèce	Total	O.T	Bh	T.A	P.T	Ec	R.A
	Coléoptera							
	Scolytidae							
BRUSTEL NOBLECOURT	<i>Cryphalus numidicus</i> (Eichhoff, 1878)	2288	662	941	685	106	2182	Xylo.
	<i>Scolytus amygdali</i> (Guerin, 1847)	1234	483	431	320	220	1014	Xylo.
	<i>Hylastes ater</i> (Paykull, 1800)	129	42	36	51	50	79	Xylo.
	<i>Crypturgus cedri</i> (Eichhoff, 1867)	110	31	46	33	74	36	Xylo.
	<i>Xyleborus dryographus</i> (Ratzeburg, 1837)	14	5	4	5	9	5	Xylo.
	<i>Orthotomicus erosus</i> (Wollaston, 1857)	2	2				2	Xylo.
	Ciidae							
BRUSTEL ROSE.	Esp?(<i>Cisdygma corioli</i>)	768	349	293	126	11	757	Myct
	Buprestidae							
BRUSTEL BERCEDO	<i>Anthaxia</i> sp.	30	4	4	22	27	3	Xylo
	<i>Melanophila marmottani</i> (Fairmaire, 1868)	55	20	14	21	33	22	Xylo
	Dermestidae							
BRUSTEL	<i>Dermestes</i> sp.	9	2	4	3	7	2	Détr
	<i>Trogoderma</i> sp.	55	22	19	14	32	23	Détr
	Trogossitidae							
BRUSTEL	<i>Nemosoma breviatum</i> (Peyerimhoff, 1917)	31	12	10	9		31	Préd
	<i>Temnochila coerulea</i> (Olivier, 1890)	2	1	1			2	Préd
	Curculionidae							
PELLETIER	<i>Magdalis frontalis</i> (Gyllenhal, 1827)	7	3	3	1	6	1	Xylo
	<i>Pachyrhinus</i> sp.	10	4	3	3	10		Détr
	<i>Pachyrhinus raffrayi</i> (Desbrochers, 1871)	4	2	1	1	4		Xylo
	<i>Sitona gemellatus</i> (Gyllenhal, 1834)	7	5	2		3	4	E.S.I.E
	Bostrichidae							
BRUSTEL	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius, 1792)	30	12	9	9	9	21	E.S.I.E
	Coccinellidae							
MIGEON	<i>Coccinella septempunctata</i> (Linné, 1758)	70	19	27	29	70		Préd a
	<i>Oenopia lyncea</i> (Olivier, 1808)	14	5	4	5	14		Préd a
								.../...

Dasytidae								
LIBERTI	<i>Mauroania longula</i> (Desbrochers, 1889)	13	4	5	4	6	7	Préd
	<i>Lobonyx aeneus</i> (Fabricius, 1787)	6	2	2	2	6		E.S.I.E
Aphodiidae								
COCQUEMPOT	Sp 1	6	3	2	1	3	3	Détr
	Sp 2	7	2	4	1		7	Détr
Nitidulidae								
BRUSTEL	<i>Pityophagus ferrugineus</i> (Linné, 1758)	36	11	7	18	36		Préd
Carabidae								
COULON	<i>Syntomus fuscomaculatus</i> (Motschulsky, 1844)	19	6	7	6	3	16	Préd
	<i>Philorhizus crucifer crucifer</i> (Lucas, 1846)	4	2	1	1		4	Détr
	<i>Calodromius bifasciatus</i> (Dejean, 1825)	2	2			2		Préd
	<i>Microlestes corticalis</i> (Dufour, 1820)	2		2			2	Préd
Malachiidae								
BRUSTEL	<i>Clanoptilus rufus</i> (Olivier, 1790)	6	1	1	4	6		E.S.I.E
LIBERTI	<i>Malachius lusitanicus</i> (Erichson, 1840)	2	1	1		2		Préd
Chrysomelidae								
COCQUEMPOT	<i>Clytus?</i>	11		5	6	11		Xylo
Cleridae								
BRUSTEL	<i>Trichodes</i> sp.	5	2	1	2	5		Préd
	<i>Thanasimodes dorsalis</i> (Lucas, 1843)	3	3				3	Préd
Cerambycidae								
COCQUEMPOT	<i>Stictoleptura fontenayi</i> (Mulsant, 1849)	3	2	1		3		Xylo
	<i>Alocerus moesiacus</i> (Frigg, 1838)	6	4		2	6		Xylo
Alleculinae								
BRUSTEL	<i>Isomira</i> sp.1 ?	20	8	7	5	20		Myct
SOLDATI	<i>Isomira</i> sp 2?	15	6	3	6	15		Myct
Laemophloeidae								
BRUSTEL	<i>Cryptolestes</i> sp. ?	19	7	5	7	19		E.S.I.E
Meloidae								
CASSET	<i>Mylabris guerini</i> (Chevrolat, 1837)	9	2	2	5	5		Détr
Zopheridae								
BRUSTEL	<i>Endophloeus marcovichianus</i> (Piller, 1783)	2	2				2	Xylo
Aphodiidae								
COCQUEMPOT	Sp 1	7	2	4	1	7		Détr
Staphylinidae								
COCQUEMPOT	<i>Tachyporus</i> ?	4	1	2	1	4		Détr
Alticinae								
COCQUEMPOT	Sp ?	43	13	15	15	43		E.S.I.E
Lathridiidae								
COCQUEMPOT	Sp ?	2	1		1	2		Myct
Phalacridae								
COCQUEMPOT	Sp ?	6	3	1	2	6		E.S.I.E
Bruchidae								
COCQUEMPOT	Sp ?	10	4	1	5	10		Détr
.../...								

Hemiptera								
Lygaeidae								
STREITO	<i>Spilostethus pandurus</i> (Scopoli , 1763)	66	27	15	24	66	Préd	
	<i>Raglius confusus</i> (Reuter , 1886)	148	52	48	48	148	E.S.I.E	
	<i>Horvathiolus guttatus</i> (Rambur , 1839)	25	9	10	6	25	Détr	
	<i>Rhyparochromus?</i> (intermedius(Puton , 1888))	9	2	2	5	9	E.S.I.E	
Pentatomidae								
STREITO	<i>Raphigaster</i> ? (<i>haraldi</i> Lindberg , 1932)	12	5	4	3	12	Phyl	
Lepidoptera								
Thaumetopeoidae								
BEGHAMI	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Schiff , 1775)	22	5	5	12	22	Def	
	<i>Thaumetopoea bonjeani</i> (Powel , 1922)	12	4	5	3	12	Def	
Tortricidae								
BEGHAMI	<i>Acleris undulana</i> (Walsingham , 1999)	41	11	20	10	41	Def	
	<i>Epinotia algeriensis</i> (Chambon , 1990)	7	1	1	5	7	Def	
Homoptera								
LAAMARI	<i>Cinara cedri</i> (Mimeur , 1935)	40	8	12	20	40	Phyl	
	<i>Cedrobium laportei</i> (Remaudière , 1954)	22	7	7	8	22	Phyl	
Hymenoptera								
Braconidae								
DOUMANDJI	<i>Doryctes leucogaster erythrogaster</i>	3	3			3	Par	
	Wesmael	4	3	1		4	Par	
	Triaspis ?	5	4	1		3	2	Par
	Sp 1 ?							
	Siricidae							
	<i>Urocerus augur</i> Klug	2		2		2	Xylo	
	Eurytomidae							
	Sp1 ?	4	3	1		4	Par	
	Sp 2 ?	2		1	1	2	Par	
	Sp3 ?	2		2		2	Par	
	Orussidae							
	<i>Oryssus</i> ?	3	2	1		3	Par	
	Aulacus							
	<i>Aulacus</i> ?	2	2			2	Par	

La lecture de ce tableau, démontre que les coléoptères avec 26 familles sont majoritaires, ou 5 principales familles sont majoritaires, les *scolytinae* représentés par 06 espèces dont 04 sont récoltées en abondance il s'agit de *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri*, les deux autres sont obtenues qu'occasionnellement à partir de pièges vitres ou des éclosiers contenant des rondins originaires de la station de Oued Tider.

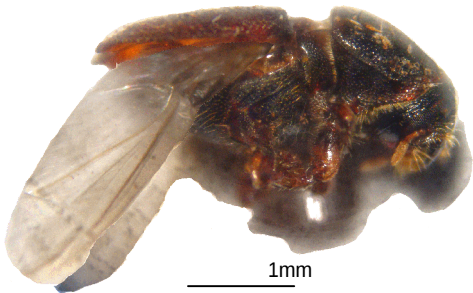
 (A) 1mm	 1mm
Famille : Scolytidae Sous famille: Scolytinae	Genre : Scolytus Espèce : <i>Scolytus amygdali</i>.
 1mm	 1mm
Sous Ordre ; Curculionoidea Famille : Curculionidae	Genre : Hylastes Espèce : <i>Hylastes ater</i>
 1mm	 1mm
Famille : Curculionidae Sous famille : Scolytinae	Genre : <i>Cryphalus</i> Espèce : <i>Cryphalus numidicus</i>
 1mm	 1mm
Famille : Ciidae Sous famille: Ciinae	Genre : ? (<i>Cisdygma</i>). Espèce : ? (<i>Cisdygma corioli</i>).

Figure 30 : Principaux espèces xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas ;
A : *Scolytus amygdali* ; **B :** *Hylastes ater* . **C :** *Cryphalus numidicus* ; **D :** *Cisdygma corioli*.

Pour les buprestes *Melanophila marmottani* et *Anthaxia sp* sont les seules représentants de cette famille, de même que les cérambycidés qui sont représentés que par *Stictoleptura fontenayi* et *Alocerus moesiacus*. Alors que les 04 espèces sont classées parmi les *Curculionidae* il s'agit de *Magdalis frontalis* (Gyllenhal, 1827), *Pachyrhinus sp.*, *Pachyrhinus raffrayi* (Desbrochers, 1871) et *Sitona gemellatus* (Gyllenhal, 1834).

Cisdygma corioli, seule espèce de la famille des Ciidae est capturée abondamment à partir des rondins mis en éclosiers.

La plupart des lépidoptères capturés sont des défoliateurs, représentés par 4 espèces. Il s'agit de *Thaumetoopea pityocampa* et *T. bonjeani* seules espèces de la famille des *Thaumetopoidae* qui s'attaquent aux aiguilles du cèdre de l'Atlas en Algérie.

En plus, nous avons observé 2 Tordeuses *Acleris undulana* et *Epinotia algeriensis* qui causent de graves défoliations prédisposant les arbres infestés aux attaques de xylophages.

Les opophages sont présents par deux aphides *Cinara cedri* et *Cedrobium laportei*. Ils représentent les deux homoptères colonisant la cédraie de Chelia et Ouled Yagoub mais avec des intensités peu importantes à cause de la présence de leur prédateur naturel *Coccinella septempunctata* (Linné, 1758).

Les autres groupes trophiques sont représentés par les insectes détritivores qui consomment le bois en décomposition ou les cadavres d'animaux (insectes et autres arthropodes). Ce groupe compte 12 espèces appartenant à 8 familles dont 7 coléoptères exemple du Dermestes : *Dermestes sp* et le *Meloidae: Mylabris guerini*.

Les auxiliaires sont présents avec 16 espèces dont 08 prédateurs et 8 parasites. Les premiers sont répartis en 6 familles, 5 sont des coléoptères. Ils sont surtout représentés par les familles de Trogossitidae (*Temnochila caerulea*), Carabidae (*Syntomus fuscumaculatus*) et Malachiidae (*Malachius lusitanicus*). Les parasites sont regroupés en 4 familles tous des Hyménoptères, les plus importantes sont les Braconidae avec *Doryctes leucogaster erythrogaster* et les Eurytomidae dont les 3 espèces n'ont pas été identifiées formellement.

1.2.Répartition des spécimens par ordre systématique

La figure 32 montre que les Coléoptères (avec 26 familles) sont majoritaires (avec 5 435 spécimens, soit un taux de 87%). Les ordres restants sont présents avec des taux assez faibles variant entre 1 et 5%. En effet, les Hémiptères sont présents avec 269 spécimens appartenant à 6 familles ; les Homoptères comptent 62 spécimens groupés en 2 familles ;

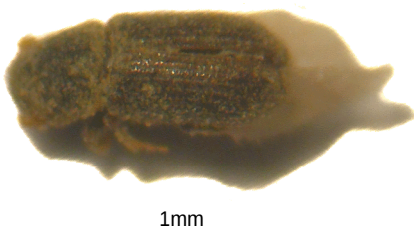
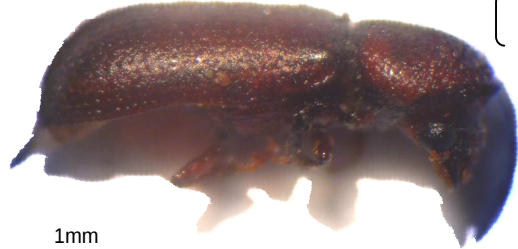
 (A)	
Famille : Scolytidae Sous famille: Scolytinae	Genre : Crypturgus Espèce : <i>Crypturgus cedri</i>
 (B)	 (C)
Famille : Scolytidae Sous famille: Scolytinae Genre : Crypturgus Espèce : <i>Orthotomicus erosus</i>	Famille : Scolytidae Sous famille : Scolytinae Genre : Crypturgus Espèce : <i>Xyleborus dryographus</i>
 (D)	 (E)
Famille : Alleculinae Espèce : <i>Isomira sp. ?</i>	Famille : Bostrichidae Espèce : <i>Rhyzopertha dominica</i>
 (F)	 (G)
Famille : Cerambycidae Espèce : <i>Stictoleptura fontenayi</i>	Famille : Bruchidae Espèce : <i>?</i>

Figure 31 : Espèces xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas ; **A :** *Crypturgus cedri* ; **B :** *Orthotomicus erosus*. **C :** *Xyleborus dryographus* ; **D :** *Isomira sp* **E :** *Rhyzopertha dominica* ; **F:** *Stictoleptura fontenayi* ; **G :** *Bruchidae sp ?*.

les Hyménoptères représentent près de 3% du total des captures avec 154 spécimens dont 24 appartiennent à 4 familles de parasites de xylophages et enfin les Lépidoptères avec 82 spécimens appartenant à 2 familles. Le reste des captures soit 177 individus ne sont pas déterminés.

1.3.Distribution des spécimens par type de piégeage :

1.3.1. Bacs jaunes et pièges à interception :

Les bacs jaunes et les pièges d'interception ont permis de capturer respectivement 514 et 1415 spécimens (Fig.33). Au cours des 11 sorties ainsi effectuées, nous avons récolté des spécimens appartenant à différents ordres dont les coléoptères sont les plus présents avec plus de la moitié des récoltes (55%). Ces pièges ont capturé encore des Hémiptères (16,5%,) des Homoptères (3,8%), des Hyménoptères (8%), des lépidoptères (5%), les Diptères et autres ordres (10%) de l'effectif piégé.

Le tableau 19 regroupe les individus capturés sur le terrain selon leur aptitude trophique. .

Tableau 19: classes trophiques des spécimens capturés

	Nombres	Taux (%)
Xylophages	564	29,24
Prédateurs	58	3,01
Parasites	03	0,16
Détritiphages	72	3,73
mycétophages	46	2,38
Défoliateurs	82	4,25
Opophages	62	3,21
Autres	1042	54,02
Total	1929	100

Il ressort de ce tableau que près de la moitié des captures (54,17%) sont des insectes auxiliaires, la grande majorité sans aucune valeur pour notre études (*Raglius confusus*, *Apis mellifera*, *Musca domestica*, *Papilio macaon*, *Spilostethus pandurus* ...etc), alors que 29,24% sont des xylophages appartenant essentiellement à la famille des scolytinae tel que *Cryphalus numidicus* et *scolytis amygdali*, le reste soit 16,74% ont des régimes alimentaires variables.

Les détritiphages sont présents avec 3,73% (la plus part appartiennent aux familles des Dermestidae et des Bruchidae) , les mycophages (exemple de *Cisdygma corioli*) avec 2,38%, les défoliateurs essentiellement des lépidoptères (exemple d'*Acleris undulana*) représentent 4,25% des captures sur terrains, Les prédateurs(*Syntomus fuscumaculatus* et *Pityophagus ferrugineus*) et les parasites d'insectes sont rarement capturés par les deux dispositifs sur terrain et représentent respectivement 3,01% et 0,16% de l'effectif capturé.

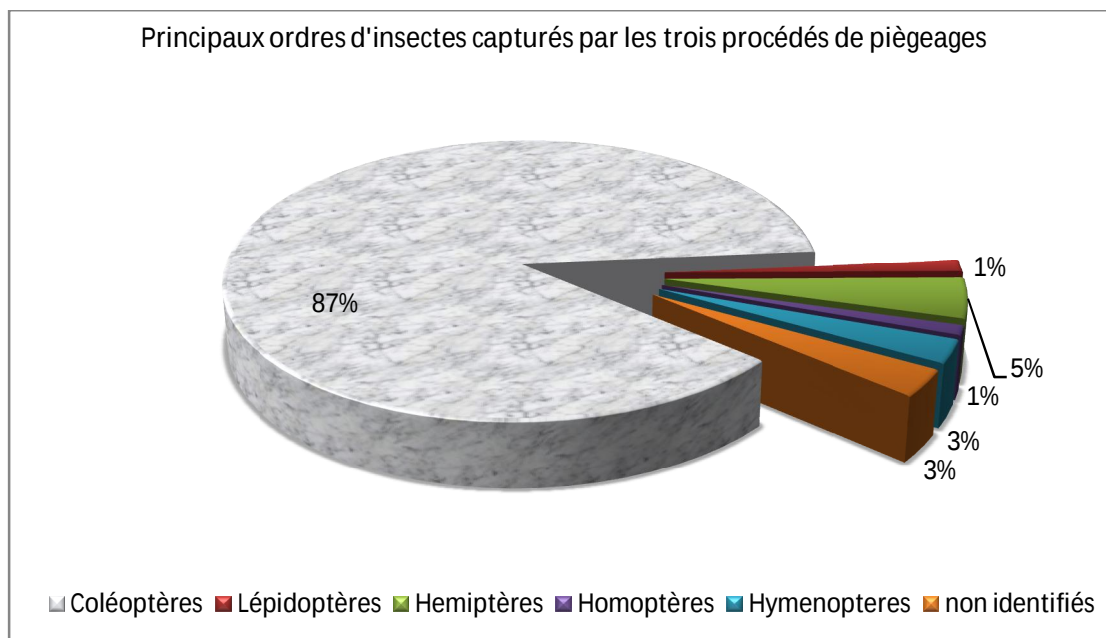


Figure 32 : Principaux ordres d'insectes capturés par les trois procédés de piégeage dans les cédraies de Chelia et Ouled Yagoub entre 05/05/2008 et 26/11/2008.

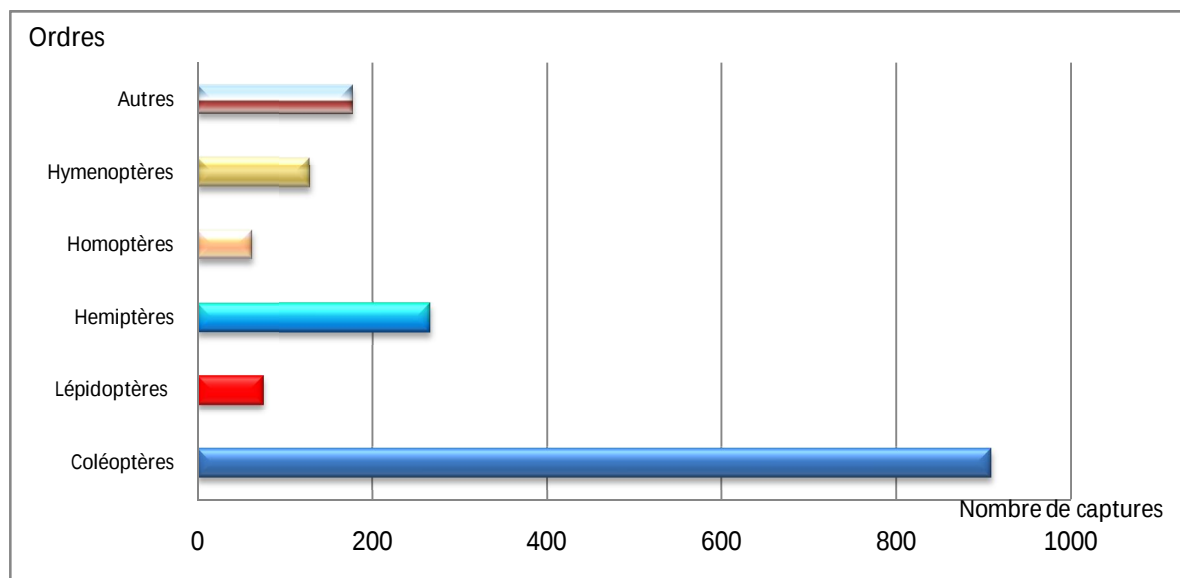


Figure 33 : Nombre de captures au niveau des pièges installés sur terrain.

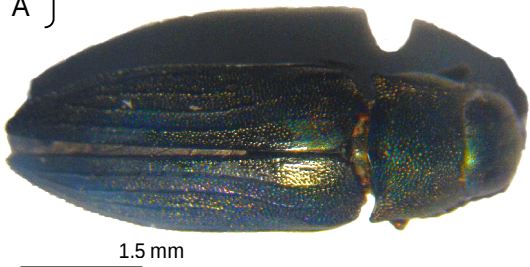
(A)  1.5 mm	(B)  1.4 mm
Famille : Buprestidae Sous famille : Buprestinae Genre : Crypturgus Espèce : <i>Melanophila marmottani</i>	Famille : Buprestidae Sous famille : Buprestinae Genre : Anthaxia Espèce : <i>Anthaxia sp</i>
(C)  0.8 mm	(D)  1 mm
Famille : Curculionidae Espèce : <i>Magdalis frontalis</i>	Famille : Dermestidae Espèce : <i>Dermestes sp.</i>
(E)  1mm	(F)  0.8 mm
Famille : Zopheridae Espèce : <i>Endophloeus marcovichianus</i>	Famille : Curculionidae Espèce : <i>Pachyrhinus raffrayi</i>
(G)  1 cm	(H)  0.8 mm
Famille : Siricidae Espèce : <i>Urocerus augar</i>	Famille : Lathridiidae Espèce : <i>Cartodere ?</i>

Figure 34 : Espèces xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas ; **A :** *Crypturgus cedri* ; **B :** *Orthotomicus erosus*. **C :** *Magdalis frontalis*; **D :** *Dermestes sp.* **E :** *Endophloeus marcovichianus*; **F:** *Pachyrhinus raffrayi*; **G :** *Urocerus augar* ;**H :** *Cartodere ?*

Les bacs jaunes bien connus pour être d'excellents pièges d'Aphides ont permis de mettre en évidence les deux aphides spécifiques du cèdre de l'Atlas à savoir *Cinara cedri* (avec 40 individus) et *Cedrobium laportii* (avec 22 captures). Ainsi que leur prédateur *Coccinella septempunctata* (13 captures).

Par ailleurs, les pièges-vitres semblent les plus performants et plus sélectifs envers les coléoptères (59% de l'effectif piégé), les xylophages représentent 39% des captures (avec 545 spécimens). En effet, les xylophages sont représentés essentiellement par : 2 Scolytes à savoir *Scolytus amygdali* et *Hylastes ater*, 2 buprestes : *Anthaxia sp.* et *Melanophila marmottani*. En plus, nous signalons deux espèces détritiphage relativement abondante dans les stations d'étude : *Pityophagus ferrugineus*, et une espèce appartenant à la famille des Nitidulidae qui malheureusement n'a pas été déterminé avec précision.

Les autres ordres sont capturés avec des proportions variables ; les Hémiptères avec 15% des captures ; les Hyménoptères (9%), les Lépidoptères avec 6% et les Homoptères avec 1% (Figure : 35).

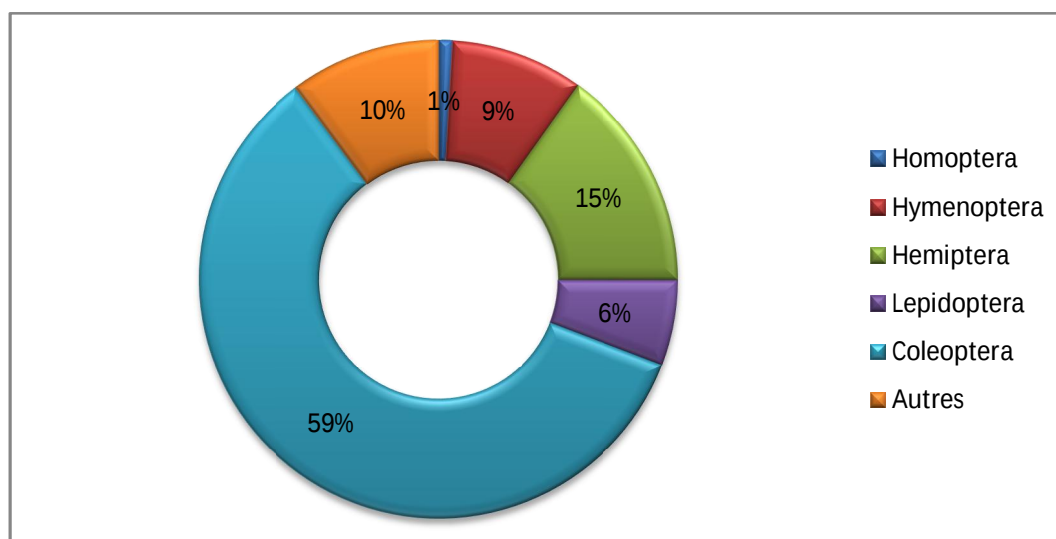


Figure 35 : Principaux ordres capturés par les pièges vitres.

1.3.2. Eclosoirs :

A partir de 100 rondins mis en éclosoirs pendant 82 semaines, nous avons pu récupérer 4 250 spécimens ; presque la totalité sont des coléoptères (99,4%). Cet ordre compte 12 familles dont 09 sont des xylophages (80% environ du total des coléoptères). Le reste des coléoptères est surtout représenté par des xylo-mycophages (18,37%) et avec un degré moindre des détritiphages (11,13%). Les autres émergents sont généralement des Hyménoptères essentiellement des parasites d'insectes vivant dans les galeries (Fig.36).

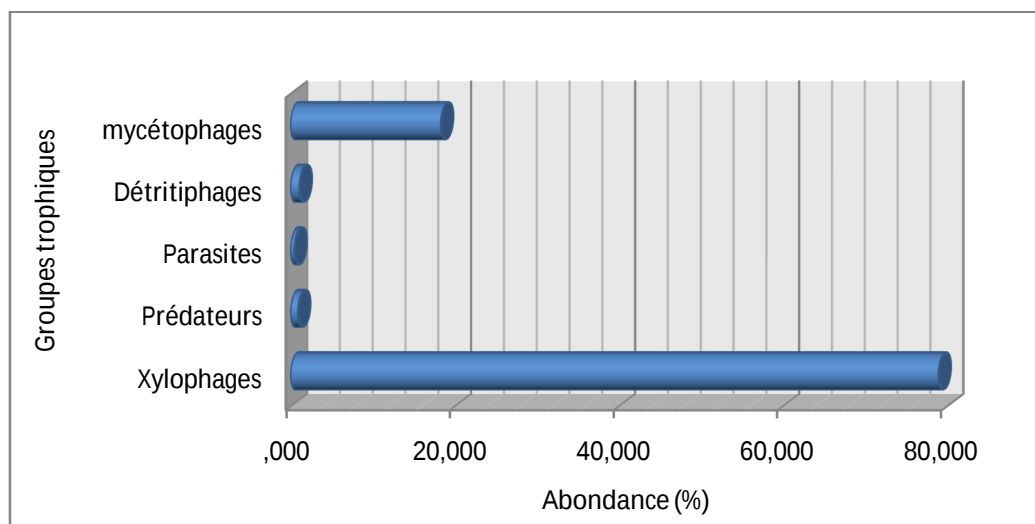


Figure 36 : Appartenance trophique des principales espèces émergeant des éclosiers.

Les xylophages appartiennent essentiellement à trois familles à savoir Scolytidae, Ciidae et Buprestidae.

Les Scolytidae sortant des rondins sont représentés par 6 espèces dont 4 sont dominantes et récupérées massivement. Il s'agit de *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Crypturgus cedri* et *Hylastes ater*. Ces espèces ont été récupérées massivement dans toutes les stations. Les autres espèces récupérées en effectifs très réduits il s'agit de *Xyleborus dryographus* et *Orthotomicus erosus*.

Les buprestes sont présents par deux espèces : *Anthaxia sp* et *Melanophila marmottani*. Ces deux espèces sont obtenues essentiellement des rondins originaires de la station de Tizi Ala ; tandis que pour les cérambycidés, deux espèces seulement sont capturées. Il s'agit de *Stictoleptura fontenayi* et *Alocerus moesiacus*. Ces deux espèces sont les plus abondantes du groupe des longicornes.

Pour les autres groupes de xylophages, nous trouvons le Bostryche *Rhyzopertha dominica* et le Curculionide *Pachyrhinus raffrayi*. En plus, nous citons l'Hyménoptère Sirricide *Urocerus augur* dont sa récolte est obtenue qu'en petits nombres.

Les détritiphages sont moins nombreux et sont classés en 8 familles systématiques. Nous citons les Dermastidae, Aphodiidae et Bruchidae majoritaires dans les récoltes pour ce groupe trophique. Ces insectes jouent un rôle important dans la décomposition du bois mort.

Une autre espèce capturée en abondance à partir des rondins de la majorité des stations, appartient à la famille des Ciidae, l'espèce n'a pas été identifiée avec précision mais nous l'avons très bien observée, cette espèce mycophage se développe sur toutes les parties du pied

du cèdre avec une préférence aux parties médianes et aux branches et comme nous l'avons déjà signalé précédemment nous avons identifiée cette espèce comme étant *Cisdygma corioli* décrite en 1919 par DE PEYERIMHOFF.

1.4.Discussion :

Le dispositif expérimental que nous avons installé dans les trois stations d'étude nous a permis de récolter un maximum de spécimens en un minimum de temps. En effet, au cours de cette l'étude nous avons pu collecter environ 6 179 qui nous a permis d'identifier une soixantaine d'espèces et de dresser par conséquent un premier inventaire aussi complet que possible de l'entomofaune associée la cédraie Aurasienne et surtout celle qui s'avère associée au dépérissement du cèdre de l'Atlas.

Toutes les espèces que nous avons mentionnées dans le tableau 18 sont citées pour la première fois dans la région d'étude excepté *Cryphalus numidicus*, *Melanophela marmottani*, *Thaumetopoea pityocampa*, *Coccinella septempunctata*, signalés déjà sur cèdre dans les Aurès (DE PEYERIMHOFF, 1911, 1919, 1933 ; BALACHOWSKY, 1949, GACHI, 2004).

En ce qui concerne les scolytes, *Cryphalus numidicus*, signalé sur *Abies pinaspo*, *Abies bornûlleriana* *Abies veitchii* et *Pityokteines curvidens* (OHTAKA, 2002 ; DODELIN, 2006 ; YILDIZ et al., 2007 ; PODLASKI et BORKOWSKI, 2009 ; JANKOWIAK et KOLARIK, 2009), sur sapin (BROFAS et ECONOMIDOU, 1994) et également sur le genre *Cedrus* en Turquie (TOPER, 2002) ; au Maroc (MOUNA et FABRE, 2005 ; BENHALIMA, 2004) « sous le nom de la variante écologique *Cryphalus piceae* » et en Algérie dans presque la totalité des cédraies du pays (DE PEYERIMHOFF, 1919).

Ce xylophage appartenant à la famille des Scolytidae marginalement considérée comme ravageur du cèdre (DE PEYERIMHOFF, 1919), est le plus important Scolyte attaquant la cédraie de Chelia et Ouled Yagoub. Il représente en effet à lui seul 39% de la totalité des captures et 60% de l'effectif des scolytes ces chiffres vont dans le même sens des résultats obtenus par BENHALIMA, (2004) au Maroc qui signale une grande infestation des cédraies par *Cryphalus piceae*.

Scolytus amygdali cité préalablement par plusieurs auteurs (BATTA, 2007 ; BENAZOUN, 2004 ; ZADA et al 2004) sur *Prunus armeniaca*, *Prunus amygdalus* et *Prunus persica*, ce scolyte est signalé avec réserves (car confondu avec *Scolytus numidicus*) pour la première fois sur *Cedrus atlantica*, comme étant le deuxième ravageur présent sur cette essence,

En effet BALACHOWSKY (1963), à indiqué que la plus part des espèces du genre *Scolytus* colonisent les rosacées ligneuses de la région paléarctique, de plus DE PEYERIMHOFF, (1919) ; BENHALIMA (2004) mentionnent que *Scolytus numidicus* est la seule espèce des Scolytinae observée dans les cédraies de l'Algérie (Blida, Djurjura, Thniet el had, Belezma et celle de l'Aurès) et du Maroc (Haut Atlas, Rif...), or aucune étude ne signale *S. amygdali* sur les résineux.

Ces deux espèces eurymères peuvent être considérées comme espèces primaires au niveau des cédraies de Chelia et Ouled Yagoub. A cause du nombre important d'individus récoltés d'une part et d'autre part de la rapidité de leur installation sur les pieds présentant une légère déficience physiologique.

Pour *Hylastes ater*, espèce sténomère est signalée sur *Picea abies*, *Abies alba*, (DE PEYERIMHOFF, 1915 ; DODELIN, 2006), *Pinus radiata* (REAY et al., 2003, MILES, 2007. BROWNBRIDGE et al., 2009), ce xylophage attaque les sujets qui souffrent d'une grave déficience physiologique ou en voie de décomposition dont le phloème en cours de décomposition autorise la pullulation de cet insecte (LELUAN et al., 1987 ; LEAHY et al., 2007)

« Mediterranean pine engraver », *Orthotomicus erosus* est signalée sur le genre *Pinus* (SCHVESTER, 1986 ; FABRE, 1994 ; LIEUTIER et al., 2007 ; SEYBOLD, 2007), seul deux spécimens ont été récoltés de rondins originaires de Oued Tider ce qui témoigne d'une attaque insignifiante de cette espèce, tandis qu'au Maroc MOUNA et FABRE, (2005) ont signalés ce scolyte comme un important agent attaquant les arbres dépérissants.

Xyleborus dryographus décrite essentiellement sur *Quercus* (MARKALAS et KALAPANIDA, 1997; GEBHARDT1 et al. 2004 ; HULCR1 et al., 2007), mai aussi sur *Fagus* (CARLIER et al., 2006), cette espèce semble venir d'un biotope autre que la c »draie car leur émergence c'est faite juste après la mise en éclosioir à partir des rondins des trois stations d'étude et c'est interrompu par la suite.

Crypturgus cedri espèce inféodée strictement au cèdre est décrite par DE PEYERIMHOFF en 1910 sous le nom de *Crypturgus pusillus* au niveau de la cédraie des Aurès et de Theniet el Had, a été revue et corrigée en 1919 par le même auteur ; cette espèce totalement propre au cèdre n'a été signalée sur aucun autresconifère.

Une espèce appartenant au taxa des *Ciidae*, dont toutes ses espèces sont originaire de la région paléarctique (KRÓLIK R., 2002 JONSELL M., NORDLANDER G., 2004), s'agissant

probablement de *cisdygma corioli* signalée par DE PEYERIMHOFF, (1933). est une espèce mycophage qui évolue sur cèdre

Elle a été massivement capturée à partir des rondins des trois stations, surtout au niveau de la station de Oued Tider où nous trouvons la grande majorité des captures (45% des spécimens).

Les Buprestes sont représentés seulement par deux espèces *Melanophila marmottani* et *Anthaxia* sp . Il s'agit probablement d'*Anthaxia marmotani*, en se référant au système de galerie qu'elle produit. Ces deux espèces semblent plus abondantes dans le massif d'Ouled Yagoub hâtant de dépérissement du cèdre .Plus de la moitié des captures se sont faites au niveau de la station de Tizi Ala.

DE PEYERIMHOFF, (1933) indique que *Melanophila marmottani* est l'un des parasites les plus caractéristiques du cèdre dont il est presque impossible de trouver un rameau ou un tronc mort ou mourant qui ne porte pas ses traces. Ces observations sont confirmées par nos résultats.

Le genre *Anthaxia* s'attaque presque à tous les résineux du Nord de l'Afrique dont *A. marmottani*, *A. parallela*, *A. ludovicae*, *A. chobauti* et *A. martini* signalées sur *cedrus atlantica* par DE PEYERIMHOFF (1933) en Algérie et par BENHALIMA et al., (1999) ; BENHALIMA (2004) et M'HIRIT, (2006) au Maroc

Pour les curculionidés, *Magdalis frontalis* et *Pachyrhinus raffrayi* ont été signalées sur conifères surtout sur le genre *Pinus* par SLEEPER, (1960) ; PEŠIĆ, (2002) ; OHSAWA, (2005) ; KRIVETS et KOROVINSKAYA, (2008). BENHALIMA (2004) signale : *Magdalis leucopleura* .comme étant xylophage s'attaquant aux cédraies marocaines.

En ce qui concerne les cérambycidés, aucune émergence en éclosoir n'a été observée, seuls les pièges vitres ont permis de récolter *Stictoleptura fontenayi* et *Alocerus moesiacus* qui sont signalés sur la plus part des peuplements forestiers méditerranéens (BRIN et al., 2005).

La liste des cérambycidés attachés au cèdre de l'Atlas ne s'arrête pas là, BENHALIMA, (2004), présente *Semanotus russica algerica* dont la larve se développe exclusivement sur cèdre sous les écorces des branches de petit diamètre (VILLIERS, 1946) et *Callidium cedri* .**Peyerimhoff** se développe au coté de la précédente sur branches ou buches de cèdre.

A ces deux espèces s'ajoute *Ergate faber* L. sur conifères, la larve s'attaque aux souches pourries de *Pinus halpensis*, *Abies numidica* et *cedrus atlantica*), *Rhagium inquisitor*

L., strictement inféodée aux conifères en Europe et en Afrique du nord (*cedrus atlantica*, *abies numidica*) BENHALIMA (2004).

Leptura fontenayi M., signalé en Afrique du nord sur *Acer olblusalum*, *Eucalyptus globulus* et en Europe sur : orme, Figier et chêne ; *Stomatius fulvum* qui se développe sur noyer, platane, orme, chêne vert, chêne liège et cèdre de l'Atlas et bien d'autres pour ne cité que les plus communs (DE PEYERIMHOFF, 1933 ; BALACHOWSKY, 1946 ; VILLIERS, 1946 ; BOUGET, 2005 ; BRIN et al., 2005).

Le Sirricide *Urocetus augur* est le seul Hyménoptère xylophage collecté sur les rondins du cèdre. Cette espèce a été décrite initialement sur presque tous les conifères surtout sur *Picea*, *Abies*, *Larix*, *Pinus*, *Juniperus*, (RUNGS, 1940 ; SPRADBERY, 1973 ; LIEUTIER, 2004) et sur cèdre au Maroc (BENHALIMA, 2004).

Les défoliateurs de la cédraie représentés par les deux processionnaires et deux tordeuses, pour les processionnaires la première est dite d'hiver (*T. pityocampa*) et l'autre d'été (*T. bonjeani*), *T. pityocampa* est signalée principalement sur le genre *Pinus* mais elle peut s'attaquer à tous les conifères, alors que *T. bonjeani* est spécifique au cèdre de l'Atlas dans la région paléarctique (DEMOLIN, 1969 ; FRITAH , 1984 ; AVTZIS, 1986 ; EL YOUSEFI , 1987 ; CHAMBON et al., 1990 ; GACHI, 2004 ; ZAMOUM, 2004 ; CAMS, 2004).

Acleris undulana et *Epinotia algeriensis* sont les seules tordeuses qui ont été capturées, elles causent de graves troubles physiologiques aux pieds attaqués, ces préjudices sont traduits par une perte de croissance et de vigueur (MOUNA, 1984 ; SCHVESTER, 1986 ; ALPTEKIN et al., 1997 ; FABRE et al., 2001)

Ces troubles peuvent atteindre 50% de la croissance radiale pour une attaque de 5 ans consécutifs pour le cas de *T. bonjeani* (GACHI, 2004). Ces défoliations prédisposent les arbres à l'installation des xylophages aggravant leur situation sanitaire qui se termine souvent par des mortalités.

Dans les cédraies naturelles, les deux principaux homoptères *Cinara cedri* et *Cedrobium laportei* n'engendrent pas de gros dégâts dans les cédraies naturelles (FABRE, 1988 ; JACTEL et al., 2005) car les pucerons sont souvent contrôlés par leurs ennemis naturels tels que *Coccinella septempunctata*. Cette coccinelle est capturée en grand nombre dans les deux pièges déposés sur terrain. Contrairement aux cédraies artificielles comme celles des Montventoux (France), ces aphides surtout *Cedrobium laportei* causent d'énormes dégâts

(FABRE et *al.*, 1988 ; FABRE et RABASSE, 1987 ; VERBRUGGHE et *al.*, 1989 ; JACTEL et *al.*, 2005, MEIER et *al.*, 2008).

1.5. Conclusion :

Les différents procédés de piégeages ont permis de dresser pour la première fois un inventaire de faune associée au dépérissement du cèdre de l'Atlas dans la région de Chelia et Ouled Yagoub ; les pièges vitres se sont montrés efficaces surtout pour capturer les xylophages du cèdre.

Les scolytes en particulier *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Crypturgus cedri* et *Hylastes ater* en plus du Ciide *Cisdygma corioli* et des buprestes *Melanophila marmottani* et *Anthaxia sp.* compose la majorité de faune xylophage de la cédraie aurasienne.

Les défoliateurs sont représentés par quatre espèces de lépidoptères deux processionnaires : *Thaumetopoea pityocampa* et *Thaumetopoea bonjeani* en plus de deux tordeuses : *Acleris undulana* et *Epinotia algeriensis*, ces espèces affaiblissent les sujets attaqués en détruisant le feuillage des essences forestières entravant ainsi la photosynthèse.

Les opophages capturés essentiellement par des bacs jaunes, *Cedrobium laportei* et *Cinara cedri* deux espèces attachées au cèdre de l'Atlas, fragilisant des pieds qui deviennent propices aux attaques des parasites secondaires et limitant la synthèse des résines.

2. Entomofaune auxiliaire attachée aux insectes associés au dépérissement du cèdre :

En ce qui concerne la faune auxiliaire attachée aux insectes associés au dépérissement du cèdre nous nous focalisons sur l'entomofaune qui à émergée des éclosiers cette entomofaune est constituée essentiellement d'ennemis naturels des xylophages du cèdre, et qui se composent majoritairement de prédateurs de l'ordre des coléoptères.

L'écorçage des rondins a démontré formellement que *Nemosoma brevitatum* (Trogossitidae) est le plus important prédateur des lignivores sous corticaux, en s'attaquant aux scolytes comme aux cérambycidés. Au contraire *Thanasimodes dorsalis* et *Trichodes sp* (Cleridae) attaquent seulement les scolytes ; tandis que *Temnochila coerulea*, *Malachius lusitanicus* et *Clanoptilus rufus* s'attaquent aux Cérambycidés (DE PEYERIMHOFF, 1910, 1911, 1919, 1933).

Le tableau 20 regroupe les principales espèces d'ennemis naturels annexées aux xylophages du cèdre selon la bibliographie mais aussi selon nos propres observations faites au laboratoire.

Tableau N° 20 : Principaux prédateurs et parasites des xylophages capturés au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub.

Espèces	Xylophages-hôtes	Référence
Prédateurs		
<i>Nemosoma breviatum</i> Peyerimhoff , 1917 (Trogossitidae)	<i>Cryphalus numidicus</i> <i>Scolytus amygdali</i> <i>Sclytus numidicus</i> <i>Crypturgus cedri</i>	DE PEYERIMHOFF, 1919, 1933 BENHALIMA, 2004
<i>Temnochila coerulea</i> Olivier , 1890 (Trogossitidae)	Scolytidae Cerambycidae	
<i>Trichodes</i> sp. (Cleridae)	<i>Cryphalus numidicus</i> <i>Sclytus numidicus</i> Hymenoptera	
<i>Thanasimodes dorsalis</i> Lucas , 1843 (Cleridae)	Genre : <i>Scolytus</i>	
<i>Mauroania longula</i> Desbrochers , 1889 (Dasytidae)	<i>Crypturgus cedri</i> <i>Cryphalus numidicus</i> <i>Ciidae</i>	
<i>Malachius lusitanicus</i> Erichson , 1840 (Malachiidae)	Buprestidae Cerambycidae	
<i>Clanoptilus rufus</i> Olivier , 1790 (Malachiidae)	Buprestidae	
<i>Pityophagus ferrugineus</i> (Linné , 1758) (Nitidulidae)	Scolytidae	
<i>Calodromius bifasciatus</i> (Dejean , 1825) <i>Syntomus fuscomaculatus</i> (Motschulsky , 1844) (Carabidae)	Scolytidae, Buprestidae Curculionidae Cerambycidae	
Parasites		
<i>Doryctes leucogaster</i> (Braconidae)	Cerambycidae Buprestidae	MEDVEDEV (1986) in BENHALIMA, 2004
<i>Triaspis</i> ?	Scolytidae	
<i>Eurytomidae</i>	Scolytidae	
<i>Orussidae</i>		
<i>Aulacus striatus</i> (Jurine , 1807)	Scolytidae	

2.1.Discussion :

Malgré le manque de références bibliographiques concernant l'entomofaune attachée aux xylophages du cèdre, l'investigation des rondins a permis de mettre à jour pour la première fois les principaux prédateurs et les parasites des xylophages du cèdre de l'Atlas au niveau de la cédraie de Chelia et Ouled Yagoub.

Nemosoma breviatum **Peyerimhoff**, 1917 (Trogossitidae ; Ostomidae) (Fig. 37-A) a été observée et récoltée principalement des galeries de *Scolytus amygdali*, *Crypturgus cedri* et

Hylastes ater ; le genre *Nemosoma* est bien connu d'être un prédateur spécifique des scolytes (PONEL, 1995 ; DIPPEL, 1996 ; BENAZOUN, 1999 ; TYKARSKI, 2006 ; MULLER et *al.*, 2008).

DE PEYERIMHOFF, (1919), signale que *Nemosoma breviatum* s'attaque aux insectes sous corticaux surtout, *Cryphalus piceae* et *Scolytus numidicus*, (BENHALIMA, 2004) signale cette espèce comme étant espèce prédatrice de *Pleosinus cedri* et *Cryphalus piceae*.

De même *Temnochila coerulea* (**Olivier**, 1890) (Fig.37-B) est un prédateur privilégié des scolytes, DE PEYERIMHOFF, (1919) la décrit comme étant prédateur spécifique du genre *Scolytus*. PAJARES et *al.*, (2004), signale que le genre *Temnochila* peu éventuellement être prédateur des cérambycides.

Le genre *Trichodes* de la région ouest du bassin méditerranéen comprend six espèces tous prédateurs à l'état larvaire des Hyménoptères mais s'attaquent indifféremment à un grand nombre d'espèces dont les scolytes et les buprestes font partie, tandis que les adultes sont floricoles ALONSO, (2009). Alors que *Mauroania longula* **Desbrochers**, 1889 (*Dasytidae*) coléoptère de la région paléarctique et *Thanasimodes dorsalis* **Lucas**, 1843 (*Cleridae*) sont prédateurs des scolytes (DE PEYERIMHOFF, 1919) ; PASCUAL, (2009) signale que la plupart des prédateurs de la famille des *Cleridae* et des *Dasytidae* s'attaquent aux larves d'hyménoptères et toute espèce sous-corticale, les spécimens de cette espèce sont récupérés seulement à partir de rondins de classe « M » originaires de la station de Oued Tid

Malachius lusitanicus **Erichson**, 1840 et *Clanoptilus rufus* **Olivier**, 1790 deux espèces paléarctiques de la famille des *Malachiidae* s'attaquent aux larves et aux nymphes des scolytes mais aussi des cérambycides (GEORGIEV et *al.*, 2004). Compte à *Pityophagus ferrugineus* (**Linné**, 1758) est particulièrement prédateur des scolytes (DODELIN, 2006).

Calodromius bifasciatus (**Dejean**, 1825) et *Syntomus fuscomaculatus* (**Motschulsky**, 1844) deux *Carabidae* paléarctique s'attaquent presque à tous les invertébrés vivants sous l'écorce de la plus part des essences forestières du pourtour méditerranéen.

Parmi les parasites nous n'avons pu identifier formellement que le ***Braconidae*** *Doryctes leucogaster*, ce parasite s'attaque à toute la faune sous corticale spécialement les cérambycides et les buprestes (VILHELMSSEN, 2003 ; MEDVIDEV, 1986 in BENHALIMA 2004), en effet ce parasite a émergé des rondins de classe « D » et « M » après l'emmergence de *Melanophila marmottani*.

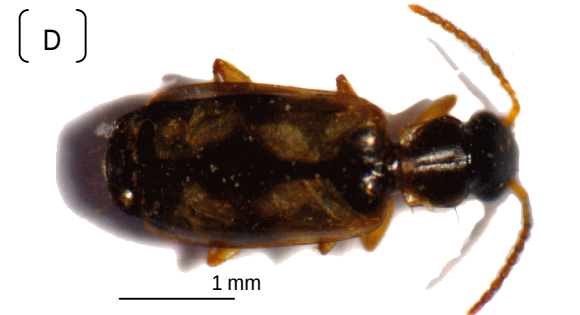
	
Famille : Trogossitidae Espèce : <i>Nemosoma breviatum</i>	Famille : Carabidae Espèce : <i>Syntomus fuscomaculatus</i>
	
Famille : Trogossitidae Espèce : <i>Temnochila coerulea</i>	Famille : Carabidae Espèce : <i>Calodromius bifasciatus</i>
	
Famille : Nitidulidae Espèce : <i>Pityophagus ferrugineus</i>	Famille : Eurytomidae Espèce : <i>Eurytoma sp 1 ?</i>
	
Famille : Aulacidae Espèce : <i>Aulacus striatus</i>	

Figure 37 : Principaux prédateur et parasites attachés aux xylophages du cèdre.

A : *Nemosoma breviatum*; **B :** *Syntomus fuscomaculatus* ; **C :** *Temnochila coerulea* ; **D :** *Philorhizus crucifer crucifer* ; **E :** *Pityophagus ferrugineus* ; **F :** *Eurytoma sp 1 ?* ; **G :** *Aulacus striatus*.

2.2. Conclusion :

Les principales espèces prédatrices recensées au niveau des trois stations d'observation appartiennent aux familles des Trogossitidae, Cleridae, Carabidae et des Malachiidae pour les prédateurs alors que les parasites sont représentés par les familles des Braconidae, Orussidae et des Eurytomidae.

Malgré cette diversité inventoriés, les prédateurs et les parasites identifiés ne représentent que 3,13 % de l'effectif piégé au niveau de l'ensemble des trois stations (Tab. 20), ce taux témoigne d'un déséquilibre entre la faune associée au dépérissement du cèdre et son cortège d'espèces auxiliaires, ce qui pourrait expliquer le taux d'attaque important des principaux xylophages.

3. Chorologie et présentation des principaux xylophages de la cédraie :

3.1. Origine des xylophages :

A fin de dégager le spectre biogéographique de la faune xylophage de la cédraie des Aurès, nous avons adopté le même système de classification établi par MOUNA et *al.*, (1985) et exploité par BENHALIMA, (1999). Cette méthode consiste à séparer les espèces selon leur origine comme suit :

- **Espèces Paléarctiques ou euro-sibériennes (R1) :** originaires d'Europe, Asie septentrionale et d'Afrique du Nord y compris les espèces endémiques de l'Algérie.
- **Espèces Lusitaniennes ou atlanto-méditerranéennes (R2) :** originaires à la région méditerranéenne occidentale et pouvant s'étendre aux limites de l'Asie mineure et de l'Europe de l'Est.
- **Espèces Pontiques ou méditerranéo-asiatiques (R3) :** d'Asie mineure mais dont les espèces les plus plastiques s'étendent jusqu'à la région méditerranéenne occidentale.
- **Espèces Indigènes (I) :** englobe les espèces qui ont été cités comme endémiques et propre à l'Algérie.
- **Espèces Cosmopolites (C) :** dont la littérature les a citées comme ayant une répartition mondiale.

Pour classer nos 14 espèces de xylophages recensées sur cèdre au niveau des massifs de Chelia et d'Ouled Yagoub, nous nous sommes appuyés sur l'étude de BENHALIMA (1999) au Maroc et les inventaires réalisés par De PEYERIMHOFF (1910, 1919, 1920 et 1933) en plus de BLALACHOWSKY (1949 et 1969) et BENHALIMA, (1999 et 2004) .

Les résultats de cette distribution biogéographique consignés dans le tableau 21 et illustrés dans la figure 38.

Tableau 21: Répartition biogéographique des espèces de xylophages inventoriées au niveau des massifs de Chelia et Ouled Yagoub [**I** : Espèce indigène ; **R1** : espèce paléarctique ; **R2** : espèce Lusitaniennes ; **R3** : espèce pontique ; **C** : espèce cosmopolite]

Espèces	Région	Auteur
<i>Cryphalus numidicus</i> (Eichhoff , 1878)	I	DE PEYERIMHOFF, 1919.
<i>Scolytus amygdali</i> (Guerin , 1847)	R1	DE PEYERIMHOFF, 1919.
<i>Hylastes ater</i> (Paykull , 1800)	C	REAY et <i>al.</i> , 2003, MILES, 2007
<i>Crypturgus cedri</i> (Eichhoff , 1867)	I	PEYERIMHOFF 1919.
<i>Xyleborus dryographus</i> (Ratzeburg , 1837)	R3	WIKNER 1924-1932) in BENHALIMA. 2004
<i>Orthotomicus erosus</i> (Wollaston , 1857)	R1	GRAF et MZIRBI, 1994.
<i>Cisdygma corioli</i>	I	DE PEYERIMHOFF, 1910.
<i>Anthaxia sp.</i>	R1	DE PEYERIMHOFF, 1919-1933
<i>Melanophila marmottani</i> (Fairmaire , 1868)	R2	DE PEYERIMHOFF 1919-1920
<i>Magdalis frontalis</i> (Gyllenhal , 1827)	R1	DE PEYERIMHOFF 1919.
<i>Pachyrhinus raffrayi</i> (Desbrochers , 1871)	R2	DODELIN, 2006.
<i>Stictoleptura fontenayi</i> (Mulsant , 1849)	R1	DODELIN, 2006.
<i>Alocerus moesiacus</i> (Frivaldsky , 1838)	R1	VILLIERS, 1946 ; DODELIN, 2004.
<i>Endophloeus marcovichianus</i>	R1	VILLIERS, 1946
<i>Urocerus augur</i> Klug	R3	CAMERON, 1965

Les résultats démontrent que les espèces d'origine paléarctique sont majoritaires avec 7 espèces représentant un taux de 46,67%. Les espèces Lusitaniennes et pontiques sont présentes chacune avec 2 espèces soit 13,33% ; Les espèces indigènes avec 3 espèces représentent 20,00% de l'effectif des xylophages, tandis que les espèces cosmopolites sont représentées par une seule espèce (6,67 %).

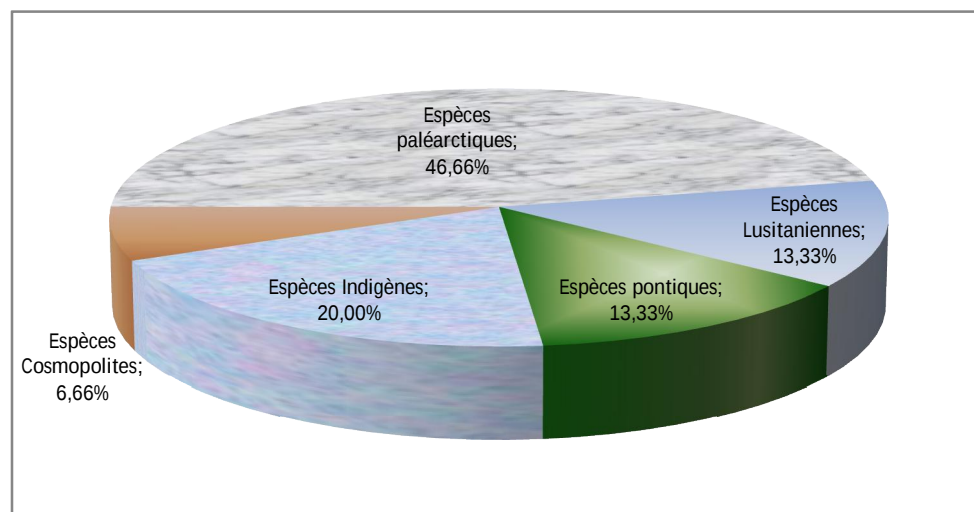


Figure N° 38: Spectre biogéographique des xylophages récoltés dans les massifs de Chelia et Ouled Yagoub.

3.2.Discussion :

L'étude du spectre biogéographique des principales espèces xylophages associées au dépérissement du cèdre de l'Atlas révèle l'existence de trois espèces endémiques de la région

Cryphalus numidicus, *Crypturgus cedri* et *Cisdygma corioli*, ces espèces ont été déjà signalées par DE PEYERIMHOFF, 1911, 1915 et 1919 dans les cédraies des Aurès ; ces espèces ont la particularité d'être spécifique au cèdre de l'Atlas.

Les xylophages de la région paléarctique sont les plus abondants avec sept espèces (46,67% des xylophages), ces espèces s'attaquent à tous les conifères surtout au genre *Abies*, *Pinus* et occasionnellement au genre *Cedrus* ; *Scolytus amygdali*, signalée sur les rosacées lignivores dans la péninsule ibérique et dans les pays de la rive nord de la mer méditerranéenne de même qu'*Orthotomicus erosus* et *Magdalis frontalis* qui ont signalées sur plusieurs espèces du genre *Abies* à travers toute l'Europe (PEYERIMHOFF, 1919).

Les espèces lusitaniennes au nombre de 2 il s'agit de *Melanophila marmottani* et *Pachyrhinus raffrayi* ces espèces semblent être très bien adaptées aux conditions stationnaires de la région de Chelia et Ouled Yagoub surtout pour le bupreste *Melanophila marmottani* qui hâte le dépérissement de toutes les cédraies algérienne (PEYERIMHOFF, 1919), de même que les espèces pontiques qui représentent 13,33% des xylophages il s'agit de *Urocerus augur*, et *Xyleborus dryographus* qui ont un large spectre d'attaque en s'installant sur plusieurs essences forestières.

En ce qui concerne les espèces cosmopolites *Hylastes ater* est la seule espèce signalée sur les cinq continents cette espèce s'attaque à toutes les parties des plantes sans exception et occasionne de graves dégâts dans certaines régions (Allemagne, USA, ...etc). (REAY et al., 2003, MILES, 2007).

3.3.Conclusion :

La plus part des espèces xylophages qui s'attaquent au cèdre de l'Atlas sont d'origine paléarctique, signalés sur d'autres essences en Europe et en Asie septentrionale sur d'autres conifères (VILLIERS, 1946 ; GRAF et M'ZIRBI, 1994 ; DODELIN, 2004), ces espèces semblent être acclimatés au cèdre de l'Atlas dans la région de Chélia et Ouled Yagoub.

Néanmoins, Les espèces indigènes (avec 3 espèces respent les plus abondants, en effet, *C. numidicus* et *C. corioli* sont les deux espèces les plus capturées (voir tableau : 18).

4. Présentation des caractéristiques des systèmes de galeries des principales espèces xylophages :

Comme nous l'avons déjà mentionné précédemment dans la partie bibliographique, les xylophages en particulier les Scolytes se développent dans de sortes de « couloirs » formant ensemble un système de galeries propres. Ces structures sont formées conjointement par les adultes lors de la ponte et par les larves lors de leur développement.

Les caractéristiques de ces systèmes en l'occurrence leur forme (étoile, transversale, longitudinale, etc...), leur nature (corticale, pénétrante), leur profondeur et leur taille sont plus ou moins constantes et propres pour chaque espèce (BALASHOWSKY, 1949); donc elles peuvent être facilement utilisées pour identifier l'espèce en absence de l'insecte adulte.

Pour cela, nous avons jugé utile de décrire les principales espèces de xylophages que nous avons recensées et caractériser les systèmes de galeries que nous avons observées.

4.1. Les Scolytes

Pour donner une description plus détaillée du système de galeries des principaux scolytes attaquant la cédraie de Chelia et Ouled Yagoub, nous proposons le tableau 22 suivant qui donne les détails de la mensuration des couloirs de ponte et des galeries larvaires ainsi que le nombre d'encoches pour chaque espèce de scolyte. Ce tableau présente donc les résultats des différentes mesures que nous avons faites sur les différentes galeries et logettes nymphales pour les espèces de scolytes.

Tableau 22: Mensuration (moyenne $\pm$ écart-type) en (mm) des galeries des 4 principales espèces de scolytes

Espèce	Galerie maternelle		Nombre d'encoches	Galerie larvaire	
	Longueur	Largeur		Longueur	Largeur
<i>Cryphalus numidicus</i>	08,83 $\pm$ 0,98	0,98 $\pm$ 0,08	10,22 $\pm$ 1,76	04,7 $\pm$ 0,47	0,43 $\pm$ 0,04
<i>Scolytus amygdali</i>	39,74 $\pm$ 2,86	1,21 $\pm$ 0,33	43,45 $\pm$ 2,08	70,02 $\pm$ 3,86	0,76 $\pm$ 0,13
<i>Hylastes ater</i>	4,65 $\pm$ 1,73	1,37 $\pm$ 0,42	2 $\pm$ 0,13	79,43 $\pm$ 4,18	1,3 $\pm$ 0,42
<i>Crypturgus cedri</i>	25,87 $\pm$ 0,67	0,78 $\pm$ 0,27	16 $\pm$ 3,59	24,34 $\pm$ 0,74	04,07 $\pm$ 0,22
<i>Ciidae (Cisdygma corioli)</i>	03,28 $\pm$ 0,21	0,46 $\pm$ 0,06	13,43 $\pm$ 3,53	73,54 $\pm$ 31,3	80,36 $\pm$ 0,12

D'après le tableau il s'avère que *Scolytus amygdali* pratique le plus grand système de galerie avec une galerie larvaire mesurant près de 40 mm de long et 1,2 mm de large de laquelle partent une quarantaine de galeries larvaires ayant une longueur moyenne de 70 mm et moins d'un millimètre de largeur.

Ensuite vient en deuxième position *Hylastes ater* qui fore une galerie maternelle pouvant atteindre près de 4,65 mm de long et 1,37 mm de large et des galeries larvaires faisant 79 mm de long et un peu plus de 1mm de large.

Vient ensuite *Cryphalus numidicus* et *Crypturgus cedri* avec des galeries maternelles qui mesurent respectivement en moyenne 8,83 et 25,87 mm de long et 0,98 et 0,78 de large, avec des galeries larvaires faisant 4,7mm de long et 0,43 de large pour *C.numidicus* et 24,07 mm de long et 0,22 de large pour *C. cedri*.

L'espèce Ciidae (*Cisdygma corioli*) creuse un système de galerie transversale qui mesure 3,28 mm de long et moins de 0,5mm de large pour la galerie maternelle alors que les galeries larvaires sont plus longues (73 mm) et tamisée par une structure fongique blanchâtre qui sert de nourriture à la larve.

4.1.1. *Cryphalus numidicus* (Eichhoff, 1878) :

4.1.1.1. Description de l'espèce :

C'est un Scolyte de 1,4 à 1,8 mm de longueur (d'après nos mesures ; n=1,58mm). Son corps est ovale, allongé, convexe ou cylindrique, de couleur brun poix, à pubescence grise irrégulière. Les yeux sont sensiblement échancrés en avant, pattes sont d'un jaune brunâtre de même que les antennes, ces derniers sont composés de 4 articles, menés d'une massue antennaire ovales et arrondis à sutures transversales,. (DE PEYERIMHOFF, 1911, 1915) .

Le prothorax est grand, globuleux, convexe, élargi et arqué en arrière, couvert en avant, jusqu'au milieu, d'une plaque de granules épars. Les tibias sont convexes à la partie déclive, sans saillies ; ils sont comprimés et élargis antérieurement, arqués en extérieur et denticulés sur leur arête externe.

Les élytres sont à peine aussi larges que le prothorax à son milieu et à peine deux fois aussi longues que lui. Elles sont lisses, munies, sur les côtés seulement, de rangées de points obsolètes, saupoudrées de poils squamiformes courts et revêtues en outre de longues soies piliformes grises et dressées (fig. : 30-C) ((DE PEYERIMHOFF, 1911, 1915).

Il est à noter que cette espèce pourra facilement être confondue avec *Cryphalus picae* ; mais la différence réside essentiellement au niveau du prothorax qui est fortement convexe et plus globuleux et plus arrondi sur les côtés (DE PEYERIMHOFF, 1915)

4.1.1.2. Description du système de galeries :

La femelle pratique généralement un trou d'entrée de 1,1 à 1,4mm de diamètre en forant l'écosse jusqu'à l'aubier ; ensuite elle creuse un court couloir de ponte, plus au moins

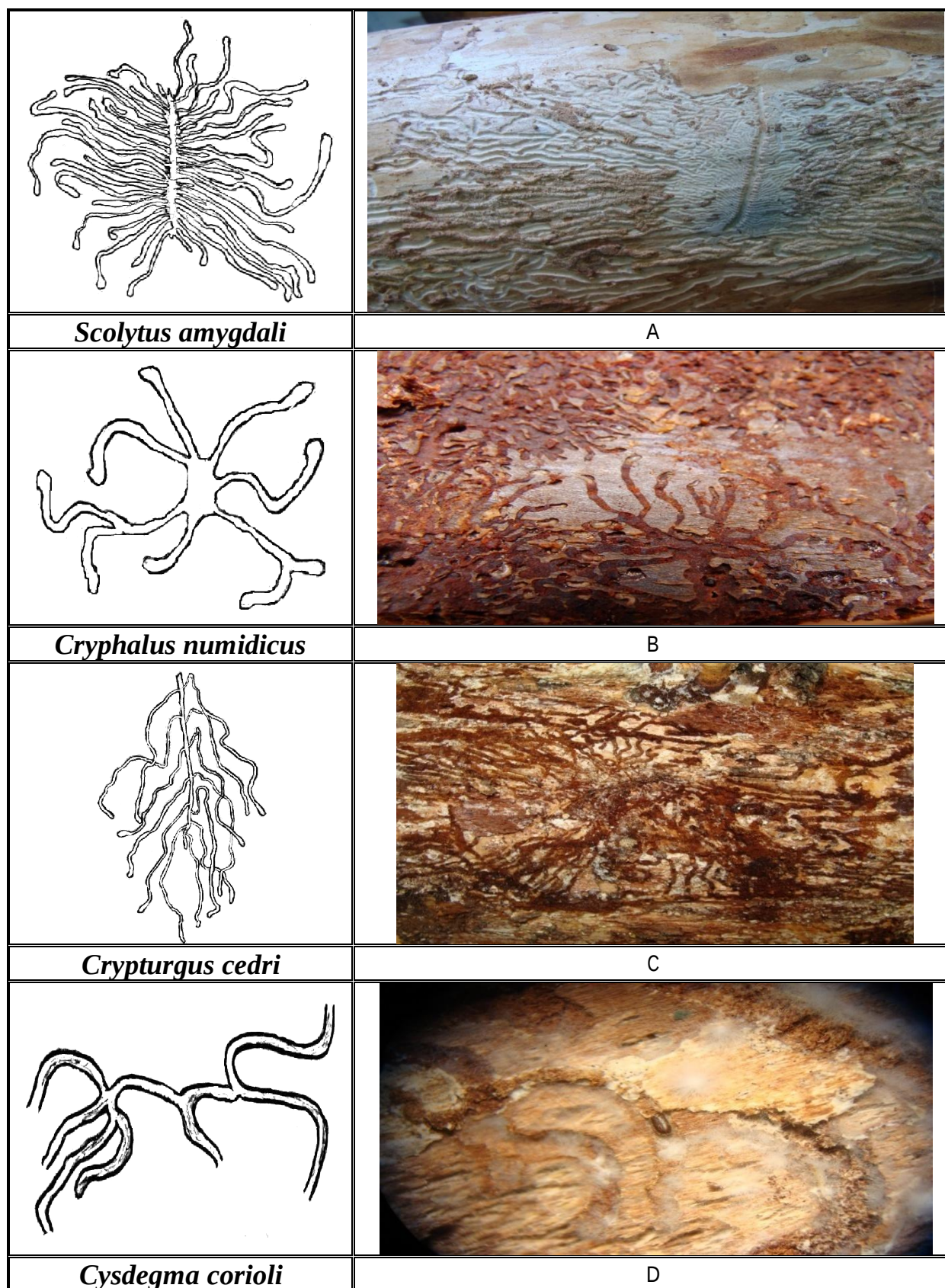


Figure 39 : Système de galeries des principales espèces de xylophages du cèdre de l'Atlas.

A : *Scolytus amygdali* ; B : *Cryphalus numidicus* ; C : *Crypturgus cedri* ;

D : *Cysdegma corioli*.

perpendiculaire à l'axe du tronc dépassant rarement 9mm de longueur et 1mm de largeur (Tab. : 22). Les galeries larvaires sont fines à leur origine puis s'élargissent en s'éloignant de la galerie maternelle témoignant du développement des larves.

Le système de galerie est dit « en fausse étoiles » car les galeries larvaires sont disposées comme les bras d'une étoile à multiples branches qui se rejoignent au niveau de la galerie maternelle et type « corticale » car il se produit juste sous l'écorce (fig. : 39-B).

Les galeries se croisent fréquemment surtout en fortes attaques et impressionnent la face interne de l'écorce tandis que l'aubier n'est marqué que lorsque l'écorce est mince.

4.1.2. *Scolytus amygdali* (Guerin, 1847) :

4.1.2.1. Description de l'espèce.

C'est un insecte à corps ovale ou allongé, de 2,5 à 2,8mm de long (moyenne, n=2,68mm). Il est médiocrement brillant aux antennes et élytres brun rougeâtre. Ces dernières sont marquées au milieu par une fascié de couleur brun poix ; les pattes sont d'une couleur noir ; le prothorax est un peu plus long que large à ponctuations profondes et confuses latéralement, très fines à la partie antérieure du disque. Les élytres sont plus longs que le prothorax, fortement rétrécies en arc vers l'extrémité, aux reflets un peu soyeux, couvertes de rangées de points (DE PEYERIMHOFF, 1911, BENAZOUN, 2004 ; ZADA et *al.*, 2004)

C'est une espèce ressemblant à *Scolytus rugulosus*, au point de vue forme, taille et sculpture, mais *S. amygdali* a un prothorax finement ponctué sur le disque et les points ne sont pas allongés et les stries ponctuées des élytres sont notablement plus fines (De peyerimhoff, 1911) (fig. : 30-A)

4.1.2.2. Description du système de galeries :

Comme toutes les espèces de la famille des Scolytidae, le système de galerie de cette espèce est longitudinal ; la femelle pratique un orifice d'entrée ne dépassant pas 1,5 mm de circonférence. Le couloir de ponte est parallèle à l'axe du tronc mais peut être orienté perpendiculairement surtout dans les rameaux ; il mesure près de 40 mm de long et ne dépassant pas 1,5mm de large. C'est un système de galerie impressionne fortement l'aubier sur lequel nous pouvons observer la gravure des galeries et même les encoches de ponte de part et d'autre du couloir maternel (fig. : 39-A).

En moyenne nous pouvons comptabiliser près de 44 galeries larvaires, étroites au début puis elles s'élargissent et impressionnent de plus en plus l'aubier au fur et à mesure de leur

développement. Au début, les galeries larvaires sont perpendiculaires à la galerie maternelle ensuite elles s'ondulent pour devenir plus ou moins parallèles au couloir de ponte.

Ces galeries se terminent en cul de sac laissant apparaître des chambres de nymphose ; au moment de l'émergence, les imagos pratiquent une galerie de sortie dans l'écorce qui se termine par un trou de sortie circulaire plus petit (de 0,7 à 1mm) que celui d'entrée de la femelle.

4.1.3. *Hylastes ater* (Paykull, 1800)

4.1.3.1. Description de l'espèce :

L'insecte a une longueur de 4 à 4.5 mm (moyenne, n= 4,37mm); le corps est cylindrique, médiocrement brillant, noir avec les antennes et les tarses brun rougeâtre. La tête est inclinée vers le bas et prolongée en un court proboscis. Le prothorax est un peu allongé à presque cylindrique, à tendance ovale, un peu déprimé en dessus, assez profondément et densément ponctué, muni d'une ligne longitudinale lisse (fig. : 30-B).

Les élytres finement pubescents en arrière sont rageusement ponctuées en forme de petit tubercule et striées ; les stries sont plus profondes à la partie déclive ; la suturale est moins que ses voisines interstries assez larges et presque chagrinées (BALACHOWSKY, 1963, BENAZOUN, 2004) .

4.1.3.2. Description du système de galeries :

Les galeries de ponte de cet insecte consistent en un court tunnel d'entrée qui mène à une loge nuptiale oblique. À partir de cette loge, la femelle fore une galerie uniramée de 3 à 5 mm. Les galeries de ponte atteignent la surface de l'aubier sans toutefois l'entailler, sauf dans les arbres ayant une mince écorce (fig. 40-D).

Chaque femelle dépose une à 3 œufs dans des encoches individuelles grugées dans les parois de la galerie de ponte. Au début, les galeries larvaires s'étendent perpendiculairement à la galerie de ponte, mais par la suite, elles se dirigent aléatoirement dans toutes les directions généralement en direction du sol, et finissent par effacer les premières galeries larvaires. Durant la période de maturation du couvain, des groupes d'environ 40 adultes voire 120 peuvent se rassembler dans de larges galeries communautaires irrégulières sous l'écorce.

4.1.4. *Crypturgus cedri* (Eichhoff, 1867) :

4.1.4.1. Description de l'espèce :

Le corps est allongé et rétréci de couleur noir, brillant, presque glabre de 0,9 à 1,4 mm de longueur (moyenne, n=1,32mm). Le prothorax est ovale et un peu allongé, à

ponctuations assez dispersées sur le disque, muni d'une ligne médiane lisse généralement entière (fig :32-A).

Les élytres sont aussi larges que le prothorax à son milieu, profondément ponctués, striés, et les interstries sont assez larges, d'une rangée de points obsolètes très distants les uns des autres.

L'espèce se distingue des autres espèces du genre par une teinte brillante plus vive, avec moins de pubescence ; en plus d'un prothorax qui est moins convexe avec une ponctuation écartée et surtout les stries des élytres dont la ponctuation est simple, arrondis et nullement étirés transversalement.

4.1.4.2. Description du système de galeries :

Le système de galerie est de type longitudinale simple, sous corticale impressionnant moyennement l'aubier. La galerie maternelle (près de 25 mm de long et 0,8mm de large en moyenne) est creusée parallèlement à l'axe longitudinal de l'arbre.

A partir du couloir maternel, partent de nombreuses galeries larvaires transversales (16 en moyenne, n=10) qui font près de 24,5mm de long et s'élargissent au fur et à mesure de développement des larves jusqu'à atteindre près de 04,07 mm (fig. : 40- C)

4.1.5. Xyleborus dryographus (Ratzeburg, 1837) :

4.1.5.1. Description de l'espèce :

L'espèce mesure 2,2 à 2,7mm de long (moyenne, n=2.63mm) ; le pronotum est de coloration brun-rougeâtre plus ou moins uniforme de même que les élytres qui sont légèrement plus claires en avant. Sa partie arrière du disque est brillante avec une ponctuation espacées et les points sont nettement visibles et enfoncés (fig. : 32- C).

Le scutellum est bien développé presque semi circulaire et les élytres sont avec de granules nets et subspiniformes sur toutes les interstries de la déclivité. (MARKALAS et KALAPANIDA, 1997)

4.1.5.2. Description du système de galeries :

Bien que nous n'avons pas pu trouver de spécimens dans leurs galeries pour les décrire, les trous de sorties (fig.40-A). et la littérature font état d'un système transversal qui pénètre profondément dans le bois ; la femelle creuse un couloir de ponte perpendiculaire à l'axe de l'arbre qui se dirigeant de la surface vers le cœur du bois (MARKALAS et KALAPANIDA, 1997; GEBHARDT1 et al. 2004).

Les galeries larvaires partent de part et d'autres du couloir de ponte ; elles sont parallèles à l'axe de l'arbre

4.2.Ciidae (*Cisdygma corioli* P.) :

4.2.1. Description de l'espèce :

Le corps est allongé et cylindrique mesurant 1,4 à 1,7 mm de long et de coloration brun foncé opaque en avant et plus claire et brillant en arrière. Ce coléoptère possède une capsule céphalique avec une ponctuation médiocre et irrégulière (fig.30-D).

Les antennes sont de coloration jaune -marron qui se terminent par une massue antennaire de deux articles au lieu de trois (caractéristique du genre *Cisdygma*). Le pronotum est aussi long que large ; le scutellum est de forme trapézoïdale et légèrement enflé en arrière présentant une dense ponctuation ; Les élytres sont presque 2 fois plus longs que larges et doublement ponctués (DE PEYERIMHOFF, 1919).

4.2.2. Description du système de galeries :

Le système de ponte est de type « transversal » ; la femelle pratique un court couloir de ponte mesurant un peu plus de 3mm de long et 0,4mm de large d'après nos mesures.

A partir de ce couloir, débouchent de nombreuses galeries larvaires parallèles à l'axe de l'arbre. Elles ont une longueur variable de 23 mm à 117 mm (73 mm en moyenne) ; La taille des galeries est en fonction de la durée de vie de la larve et les dimensions qu'offre l'organe attaqué ; alors que la largeur est relativement constante (près de 0,4mm) (fig. : 39-D)

Le système de galerie est sous corticale impressionnant légèrement l'aubier mais les champignons inoculés par cet insecte effacent toute trace.

4.3.Autres xylophages

Le tableau 23 regroupe les résultats des différentes mesures que nous avons faites sur les différentes galeries larvaires et logettes nymphales des autres insectes xylophages en l'occurrence les Buprestides.

Tableau 23 : Mensuration (moyenne $\pm$ écart-type) en (mm) des galeries larvaires et logettes nymphales des deux espèces de buprestes récoltés des éclosoirs.

Espèce	Galerie larvaire (mm)		Logette nymphale (mm)	
	longueur	largeur	longueur	largeur
<i>Melanophila marmottani</i>	160,52 $\pm$ 1,87	11,51 $\pm$ 1,84	4,83 $\pm$ 0,97	2,62 $\pm$ 0,68
<i>Anthaxia</i> sp (<i>Anthaxia marmottani</i>)	120,28 $\pm$ 0,74	8,73 $\pm$ 2,06	3,42 $\pm$ 0,36	1,62 $\pm$ 0,47

M. marmottani façonne le liber en forant une galerie larvaire de 16cm de longueur et 11mm de largeur en moyenne qui se termine au bout par une logette nymphale faisant près de

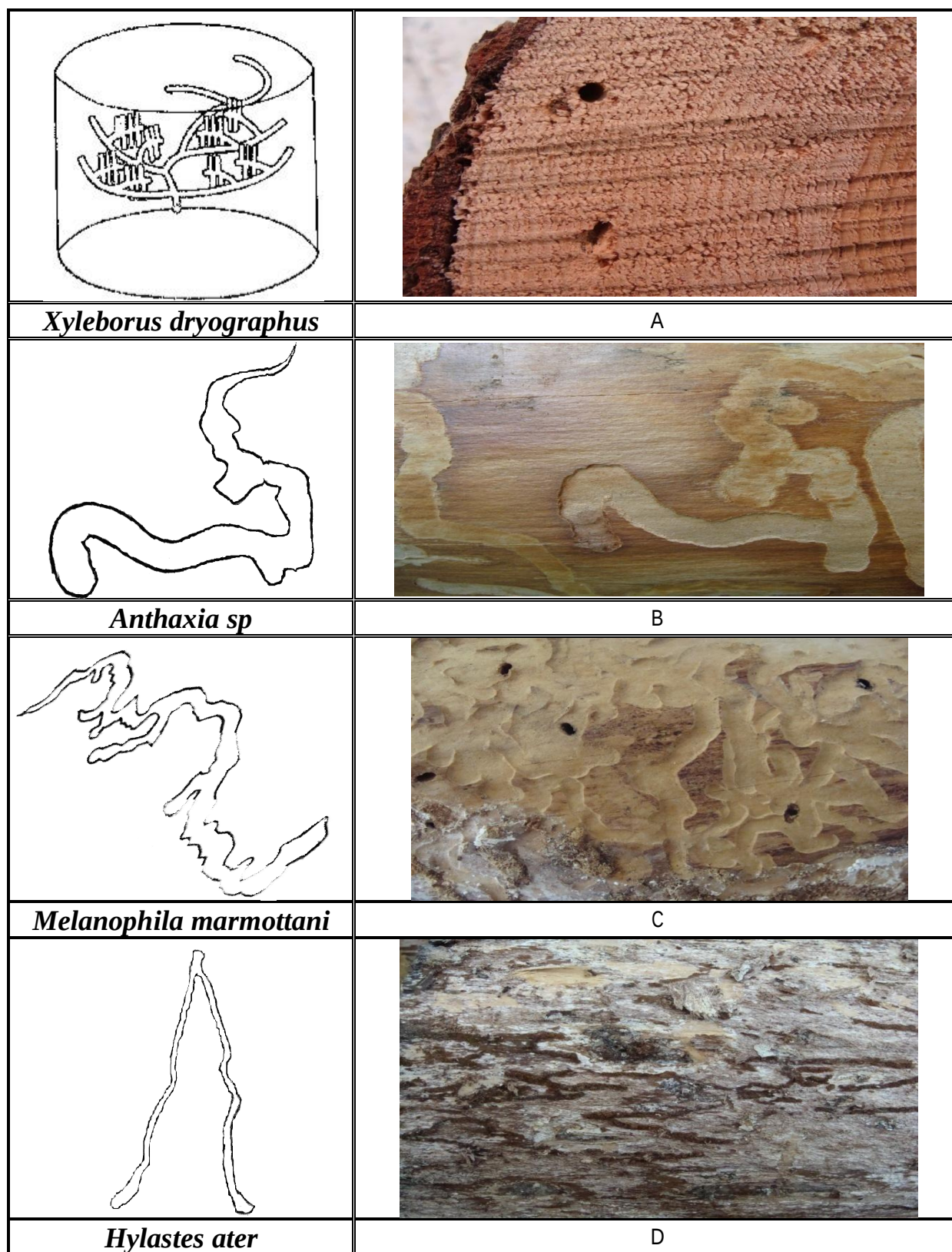


Figure 40 : Architecture de galeries des principales espèces de xylophages du cèdre de l'Atlas. **A :** *Xyleborus dryographus*; **B :** *Anthaxia sp* ; **C :** *Melanophila marmottani*; **D :** *Hylastes ater*.

5mm de long et 2,6mm de large peu être confectionnée dans la partie interne de l'écorce quand celle-ci est suffisamment épaisse..

A l'inverse les galeries larvaires d'*Anthaxia sp* (*A. marmottani*) sont plus profondes mais plus petites que les galeries de *M. marmottani*, elles mesurent près de 12 cm de long et 8,7 mm de large tandis que la logette nymphale mesure moins de 3,5mm de long et 1,7mm de large en moyenne.

4.3.1. *Melanophila marmottani* (Fairmaire, 1868) :

4.3.1.1. Description de l'espèce :

C'est un bupreste à corps allongé et légèrement ovalaire mesurant 10 à 11 mm de long (10,63mm en moyenne). Il est acuminé en arrière ou subparallèle plus ou moins déprime ou un peu convexe ; la coloration est vert olive foncé et aux reflets métallisés.

La tête est légèrement bombée verticale, courte, invaginée dans le prothorax jusqu'aux yeux, ou même légèrement au delà du bord postérieur de ceux-ci. Les antennes ont 11 articles dilatés, libres, insérées sur les côtés de l'épistome ; courtes, dépassant à peine la base du prothorax.

Le prothorax est normalement intimement appliqué contre l'arrière-corps, mais il est susceptible de se dégager légèrement pendant le vol. La face dorsale de l'abdomen, recouverte par les élytres, se compose de 8 tergites apparents, avec la particularité d'avoir un pronotum sinué à la base ; l'écusson est légèrement triangulaire et l'apex élytral est épineux (fig. : 34-A) (DE PEYERIMHOFF, 1910, 1919).

4.3.1.2. Description du système de galeries :

La larve entame l'écorce et le bois et creuse une galerie plus au moins longue et sinueuse uniramée qui façonne légèrement l'aubier ; la larve pratique presque toujours une loge nymphale large et surbaissée dans le tissu ligneux et dont ces démentions moyennes sont 3,42mm de long et 1,62mm de large Tab. : 23), tout près de la surface. Toutefois, la nymphose peut avoir lieu aussi dans l'écorce elle-même, lorsqu'elle est très épaisse (fig. 40-C)

4.3.2. *Anthaxia sp* (*Anthaxia marmottani*, Brisout 1883) :

4.3.2.1. Description de l'espèce :

Le dessus du corps est d'un cuivreux obscur et le dessous d'un cuivreux brillant ; densément revêtu d'une pubescence blanche, longue et villeuse sur la tête. Le prothorax est plus court sur les élytres. L'insecte mesure 6 à 7, 53mm de long (soit 6,86 mm en moyenne).(fig : 34-B).

La tête est déprimée, inégale, rugueuse, d'un cuivreux plus ou moins doré ; les antennes sont grêles, atteignant la base du prothorax. Ce dernier est deux fois plus large que long, assez fortement bisinué à son bord antérieur et plus légèrement à son bord postérieur. Les élytres sont au moins 2,5 fois aussi longs que le prothorax,

4.3.2.2. Description du système de galeries :

La larve de cette espèce entame plus au mois l'aubier au contraire des autres espèces du genre *Anthxia* ; elle creuse une galerie sinueuse, serpentine, de longueur variable (97,45 mm à 141,37mm) (tab.23). Puis elle s'élargie pour se terminer par une logette nymphale assez profonde ; les trous de sortie sont ovales et mesurent moins de 7mm de diamètre (fig. : 40-B).

4.4. Discussion :

Les informations que nous avons obtenues montrent d'une part une différence entre les systèmes de galeries des scolytes d'une part ainsi qu'entre celles des deux buprestes d'autre part une différence architecturale des différentes galeries des espèces appartenant à ces deux familles sont notés.

En effet pour les scolytes, la femelle creuse généralement un couloir de ponte à partir duquel partent de nombreuses galeries larvaires de longueurs et largeurs variables selon les espèces ; de plus la disposition des galeries larvaires par rapport au couloir de ponte est caractéristique pour chaque espèce.

Ainsi *Cryphalus numidicus* fore un système de galerie sous corticale avec un nombre réduit de galeries larvaires ; à l'inverse, *Scolytus amygdali* pratique un système de galerie type « longitudinal » caractéristique du genre *Scolytus*, impressionne fortement l'aubier surtout quand l'écorce est mince.

Le système de galerie de *Crypturgus cedri* et *Hylastes ater* sont aussi du type longitudinal mais ayant un nombre réduit de galeries larvaires. Pour la première espèce, l'aubier est légèrement touché et les galeries larvaires de petites tailles restent plus au moins perpendiculaires au couloir de ponte ; de même pour la seconde espèce l'aubier est faiblement impressionné mais les galeries larvaires sont plus longues et s'orientent dans toutes les directions sans s'entrecroisées.

Le système de galerie de *Cisdygma corioli* qualifié de transversal est très facilement décelable grâce au mycélium qui tapisse les parois des galeries larvaires.

Les espèces de buprestes pratiquent des galeries larvaires individuelles de dimensions et de formes caractéristiques ; par exemple *M. marmottani* pratique une galerie larvaire simple

et peu sinueuse sous corticale et façonne une logette nymphale de faible profondeur, alors qu'*Anthaxia marmottani* fore une galerie larvaire plus petite est plus sinueuse que la précédente. Ces résultats sont presque identiques à ceux obtenus par BENHALIMA, (2004) pour les xylophages associés au cèdre de l'Atlas dans la Cédraie marocaine.

4.5.Conclusion :

Les scolytes pratiquent des systèmes de galeries composés d'un couloir de maternelle que la femelle pratique lors la ponte, ce couloir est parsemé de part et d'autre par des galeries larvaires qui commence à partir d'encoche dont les œufs sont déposés par la femelle.

Le type du système de galerie peut nous donnée de grandes informations sur l'insecte qui l'a façonnée.

Les tableaux 22 et 23 que nous avons présentés préalablement ainsi que la description détaillée des systèmes de galeries peuvent être utilisés lors de l'identification des galeries des principaux xylophages du cèdre.

5. Structure et distribution des principales espèces :

5.1. Abondance globale :

Pour étudier l'abondance globale des insectes identifiés, nous avons pris en considération seulement les effectifs émergents des éclosoirs mais aussi des spécimens obtenus après décortication des rondins. Il convient de signaler que les effectifs de ce dernier procédé ne peuvent guère être comparés ou associés aux précédents.

La courte période de récolte des spécimens au laboratoire qui s'est étalée du début juin 2008 à la fin avril 2009 nous a permis de collecter 6093 individus en comptabilisant les spécimens émergents (4250 insectes) et ceux obtenus après décortication (1843 spécimens). Les résultats de ces 2 types de prélèvement sont mentionnés dans la figure 41.

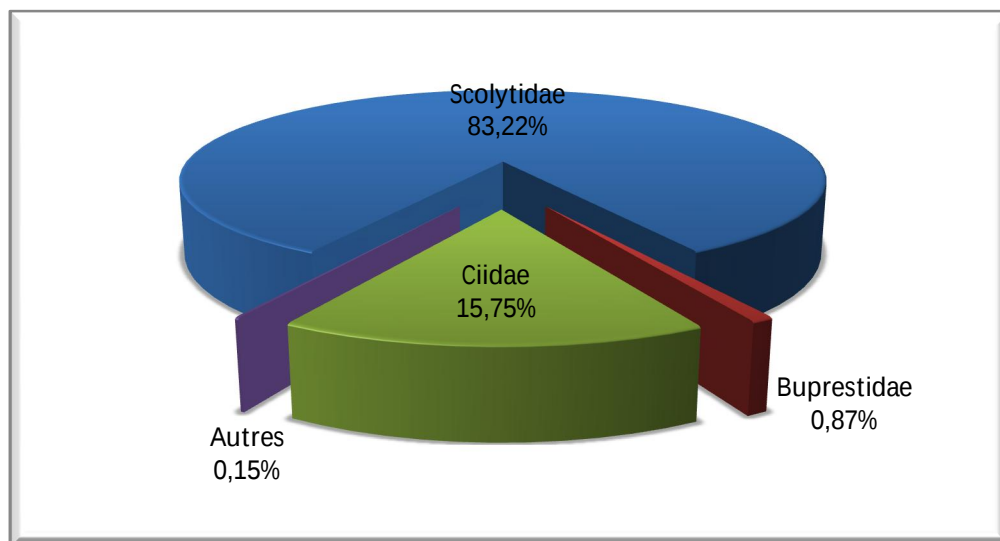


Figure 41 : Importance relative des familles de xylophages du cèdre de l'Atlas au Chelia et à Ouled Yagoub.

Cette figure montre que 98% de l'effectif total sont représentés par les xylophages (avec 5948 spécimens). Les scolytidae sont présents avec un taux de 83,22%, les Ciidae avec 15,75%, les Buprestidae avec 0,87% alors que les autres genres de xylophages représentent 0,15% (*Curculionidae*, *Zopheridae* et *Siricidae*). Nous notons donc une dominance significative des scolytes par rapport au reste des insectes ($X^2=43.56$, 1ddl).

5.2. Variation de l'abondance relative en fonction des stations :

Le tableau 24 présente le détail de l'abondance relative globale des principales familles de xylophages des trois stations d'observation. Par contre le tableau 26 donne l'abondance relative des différentes espèces de xylophages obtenus des rondins.

Tableau 24 : Abondances relatives globales des principales familles de xylophages dans les trois stations d'observation [**O.T** : Oued Tider ; **Bh** : Bouhmama ; **T.A** : Tizi Ala].

Familles	Stations		
	O.T	Bh	T.A
<i>Scolytidae</i>	79,21%	82,30%	89,35%
<i>Buprestidae</i>	0,81%	0,33%	1,65%
<i>Ciidae</i>	19,65%	17,28%	9,01%
Autres	0,33%	0,09%	0,00%

Parmi les xylophages obtenus, nous constatons que les scolytes ont la plus grande abondance relative et ce dans toutes les stations. La plus forte abondance relative est enregistrée à Tizi Ala avec 89,35% tandis qu'à Bouhmama et Oued Tider l'abondance relative est respectivement de 82,30% et 79,21%.

En seconde position, nous trouvons les *Ciidae* qui s'attaquent aux cèdres dans les monts Chélia et Ouled Yagoub avec des abondances variables. En effet, dans les stations de Oued Tider et Bouhmama ce groupe de xylophages a la plus forte abondance avec près de 20% dans la première station et 18% dans la seconde, alors que dans la station de Tizi Ala, elle compte seulement 9%.

Les Buprestes sont moins fréquents et leur abondance relative maximale est observée au niveau de la station de Tizi Ala avec 1,65% qui diminue ensuite dans les autres stations pour atteindre 0,81% à Oued Tider voire 0,33% à Bouhmama.

Tableau 25 : Effectif et abondance relative des différentes espèces de xylophages dans les trois stations d'observation [**O.T** : Oued Tider ; **Bh** : Bouhmama ; **T.A** : Tizi Ala].

Famille	Espèce	OT		Bh		TA	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
<i>Scolytidae</i>	<i>Cryphalus numidicus</i>	1179	56,09	1339	62,37	1182	69,57
	<i>Scolytus amygdali</i>	428	20,36	376	17,51	271	15,95
	<i>Hylastes ater</i>	38	1,81	33	1,54	42	2,47
	<i>Crypturgus cedri</i>	20	0,95	16	0,75	19	1,12
	<i>Xyleborus dryographus</i>	0	0,00	2	0,09	3	0,18
	<i>Orthotomicus erosus</i>	0	0,00	1	0,05	1	0,06
<i>Buprestidae</i>	<i>Anthaxia sp.</i>	1	0,05	0	0,00	2	0,12
	<i>Melanophila marmottani</i>	16	0,76	7	0,33	26	1,53
<i>Ciidae</i>	<i>Cisdygma corioli</i>	413	19,65	371	17,28	153	9,01
<i>Curculionidae</i>	<i>Magdalis frontalis</i>	1	0,05	0	0,00	0	0,00
<i>Zopheridae</i>	<i>Endophloeus marcovichianus</i>	2	0,10	0	0,00	0	0,00
<i>Siricidae</i>	<i>Urocetus augur</i>	4	0,19	2	0,09	0	0,00
Total		2102	100,00	2147	100,00	1699	100,00

A travers ce tableau, nous remarquons que l'abondance des *Scolytidae* est due essentiellement à la présence de 4 espèces à savoir, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri*. *Cryphalus numidicus*. Cette dernière est de loin l'espèce la plus abondante dans toutes les stations avec un maximum enregistré au niveau de la station de Tizi Ala

(69,5%) par rapport aux autres stations. vient ensuite *Scolytus amygdali* avec plus de 20% de l'effectif des xylophages au niveau de la station d'Oued Tider où nous notons la plus forte abondance relative.

En ce qui concerne *Hylastes ater*, il occupe la troisième place avec 2,47% à Tizi Ala alors qu'à Bouhmama, il est faiblement présenté avec 1,54% seulement de l'effectif xylophages de la station.

Crypturgus cedri est relativement plus abondante à Tizi Ala (1,12%) que dans les deux autres stations (0,75% à 0,95%).

Les *Ciidae* représentés par la seule espèce *Cisdygma corioli* est la seconde famille de xylophages la plus abondante, avec une abondance relative variant entre 17% à Bouhmama et 19% à Oued Tider où nous observons les plus fortes infestations ; alors qu'à Tizi Ala l'espèce est moins abondante avec 9% seulement.

Les espèces des buprestidés sont faiblement présentes dans toutes les stations. Une abondance relative est cependant observée à la station de Tizi Ala avec 1,65%,

5.3.Discussion :

L'abondance des scolytes est plus forte dans les rondins issus de la station de Tizi Ala ce qui explique le nombre important d'adultes obtenus après l'écorçage comparativement aux adultes obtenus des rondins des deux autres stations.

Les *Ciidae*, seconde famille de la communauté de xylophages, trouvent leur abondance élevée à Oued Tider et à Bouhmama, qu'à Tizi Ala où elle est faiblement présente. BENHALIMA (2004), mentionne que les scolytes sont les xylophages les plus abondants qui s'attaquent aux cèdres de l'Atlas. Parmi ces scolytes, elle note *Cryphalus piceae numidicus*, *Phloeosinus cedri* et *Scolytus numidicus*.

En revanche, les buprestes sont les moins abondants et représentés seulement par deux espèces *Anthaxia* sp et *Melanophila marmottani* avec moins de 1%. Au Maroc, ces buprestes sont représentés notamment par trois espèces (*Anthaxia chobauti*, *A. marmottami* et *A. ludovicæ*) avec une abondance relative comprise entre 4 et 6,5% (BENHALIMA, 2004).

5.4.Distribution Verticale des espèces de xylophages sur les pieds du cèdre

Les résultats de dénombrement des xylophages à partir des rondins de 1m coupés d'un arbre de 10 mètres de la base jusqu'au sommet sont mentionnés dans le tableau 26.

Tableau 26 : Distribution verticale des espèces de xylophages sur pied de 10m.

Espèces	Hauteur (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Cryphalus numidicus</i>		*	*	*	*	*		*	*	
<i>Scolytus amygdali</i>	*	*	*		*	*				
<i>Melanophila marmottani</i>	*	*		*	*	*	*	*		*
<i>Cisdygma corioli</i>				*	*	*	*			

Les résultats montrent que les attaques de *C. numidicus* débutent du 2^{ème} au 9^{ème} mètre, par contre *S. amygdali* s'installe dans le cèdre de la base jusqu'au 7^{ème} mètre ; tandis que *M. marmottani* agresse le cèdre de la base à la cime. *C. corioli* colonise l'arbre dès sa partie médiane

5.5.Richesse spécifique

5.5.1. Selon les stations d'observation :

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la variation de la richesse spécifique pour les trois stations d'observation.

Tableau 27 : Variation de la richesse spécifique en fonction des stations d'observation [O.T : Oued Tider ; Bh : Bouhmama ; T.A : Tizi Ala]..

Espèce	Station	OT	Bh	TA
	Nombre de rondin	10	9	9
<i>Cryphalus numidicus</i>		*	*	*
<i>Scolytus amygdali</i>		*	*	*
<i>Hylastes ater</i>		*	*	*
<i>Crypturgus cedri</i>		*	*	*
<i>Xyleborus dryographus</i>		-	*	*
<i>Orthotomicus erosus</i>		-	-	*
<i>Anthaxia sp.</i>		*	*	*
<i>Melanophila marmottani</i>		*	*	*
<i>Cisdygma corioli</i>		*	*	*
<i>Magdalis frontalis</i>		*	-	-
<i>Endophloeus marcovicianus</i>		*	-	-
<i>Urocerus augur</i>		*	*	-

(* : Espèce présente ; - : Espèce absente).

De plus la figure 41 illustre clairement la variation de la richesse spécifique selon la station d'étude.

5.5.1.1. Discussion :

A partir des tableaux 26 et 28, nous avons pu synthétiser les résultats présentés sur la figure 41.

Parmi les 12 espèces de xylophages identifiées, 10 espèces ont été prélevées dans la station d'Oued Tider ce qui représente un taux de 83% du total entomologique xylophage (tab.27). Par contre, au niveau des autres stations, 9 espèces ont été inventoriées. Parmi ces

espèces, 7 sont communes aux trois stations à savoir les Buprestes *Melanophila marmottani*, et *Anthaxia sp.*, le Ciidae *Cisdygma corioli* et les 4 scolytes *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri*.

Magdalis frontalis et *Endophloeus marcovichianus*. se trouvent exclusivement à Oued Tider, *Xyleborus dryographus* est récoltée des rondins des stations de Bouhmama et Tizi Ala alors que *Orthotomicus erosus* est observé seulement à Tizi Ala.

Les autres insectes à savoir le Siricide *Urocerus augur* est commun à Bouhmama et Oued Tider ; par contre *Endophloeus marcovichianus* et *Magdalis frontalis* sont trouvée exclusivement au niveau de la station de Oued Tider.

5.5.1.2. Conclusion :

Il ressort de ce tableau que les espèces communes aux trois stations d'observation sont considérées comme étant les principales espèces attaquant le cèdre de l'Atlas de part leur effectif important.

Cependant, les 3 stations laissent apparaître une richesse spécifique appréciable en xylophages ce qui explique la présence d'arbres affaiblis, dépérissants ou morts.

La figure 42 illustre la richesse spécifique des 3 stations d'observation.

La présence de *Xyleborus dryographus* et *Orthotomicus erosus* à Bouhmama et Tizi Ala, peut être expliquée par la présence de chêne vert et de pin d'Alep qui sont des plantes hôtes respectives favorables à leur développement.

5.5.2. Selon les classes de dépérissement et les hauteurs de l'arbre :

Dans le tableau 28 sont portés les résultats de la distribution des espèces de xylophages dans les rondins de cèdre en fonction de leur classe de dépérissement (V, D et M) et en fonction de leur niveau de hauteur (B, I, C et R).

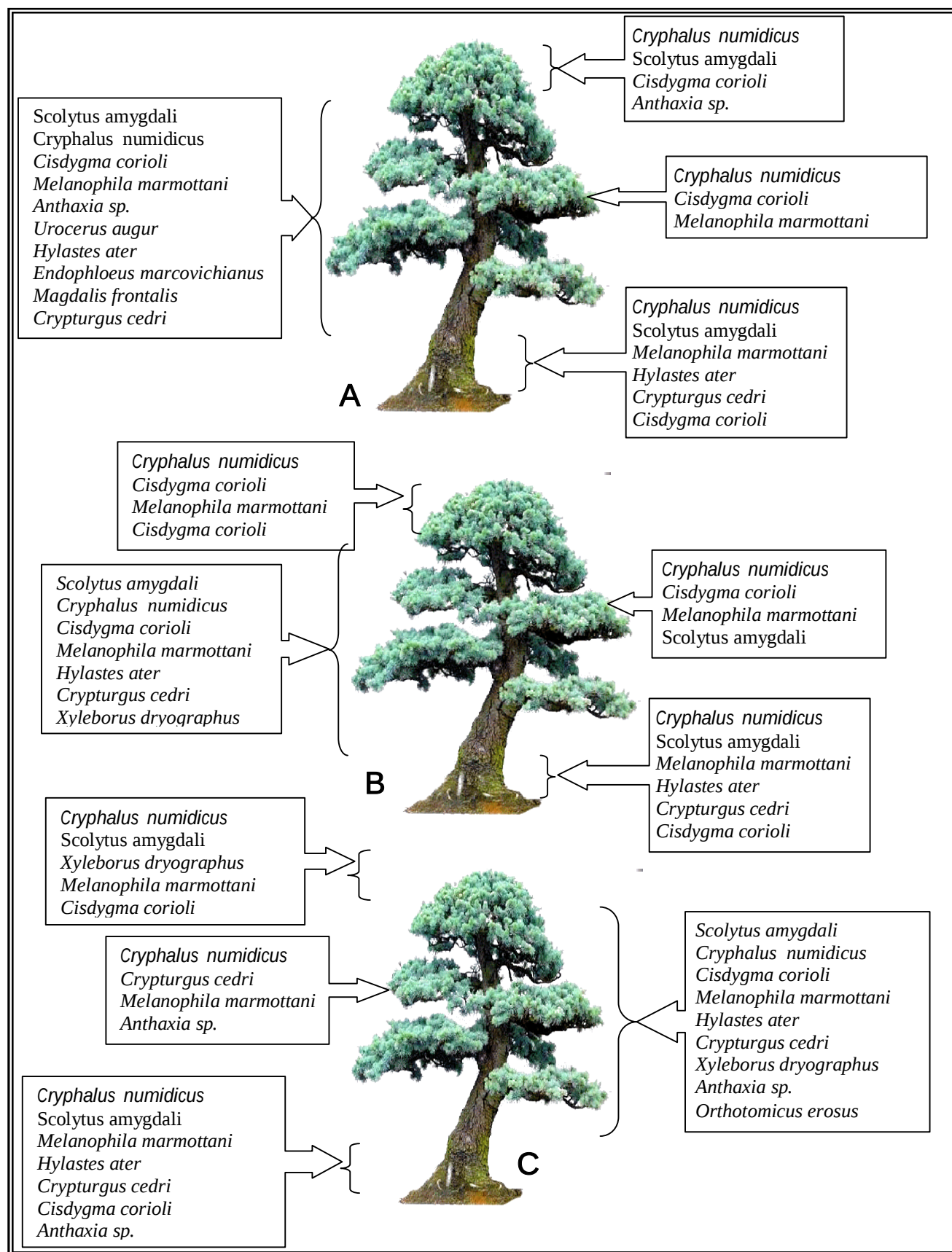


Figure 42 : variation de la richesse spécifique des espèces xylophages en fonction de la classe de hauteur et la station d'étude ; **A** : Oued Tider ; **B** : Bouhmama ; **C** : Tizi Ala.

Tableau 28 : Distribution des espèces xylophages sur les rondins de cèdre en fonction de leur classe de dépérissement et leur niveau de hauteur [**O.T** : Oued Tider ; **Bh** : Bouhmama ; **T.A** : Tizi Ala, **B** :base ; **I** :intermédiaire ; **C** :cime ; **R** :branches].

Espèce		O.T				Bh				T.A			
		B	I	C	R	B	I	C	R	B	I	C	R
<i>Cryphalus numidicus</i>	V	*	*	*	*	*	*	*	*				
	D	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
	M	*	*	*	*	*		*	*		*	*	
<i>Scolytus amygdali</i>	V		*	*			*	*					
	D	*	*			*		*	*	*	*		*
	M	*	*	*		*	*		*	*	*	*	*
<i>Hylastes ater</i>	V		*			*							
	D	*	*			*	*				*		
	M	*	*			*	*			*	*		
<i>Crypturgus cedri</i>	V												
	D	*	*			*	*			*	*		
	M	*	*			*					*		
<i>Xyleborus dryographus</i>	V												
	D						*					*	
	M						*				*		
<i>Orthotomicus erosus</i>	V												
	D										*		
	M							*					
<i>Anthaxia sp.</i>	V												
	D			*						*			
	M		*							*	*		
<i>Melanophila marmottani</i>	V	*	*			*	*						
	D	*				*				*	*		
	M	*	*				*	*		*	*	*	*
<i>Cisdygma corioli</i>	V			*					*				
	D		*		*			*	*		*	*	*
	M	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
<i>Magdalis frontalis</i>	V												
	D												
	M		*										
<i>Endophloeus marcovichianus</i>	V												
	D												
	M		*										
<i>Urocerus augur</i>	V												
	D		*										
	M		*				*						

5.5.2.1. Discussion :

La répartition verticale des xylophages du cèdre (tableau 29 ; Fig. :43) montre que la base des arbres est colonisée par 7 espèces dont 4 scolytes (*Cryphalus numidicus* *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater*, *Crypturgus cedri*), 2 buprestes (*Anthaxia sp*, *Melanophila marmottani*) et un Ciidae (*Cisdygma corioli*).

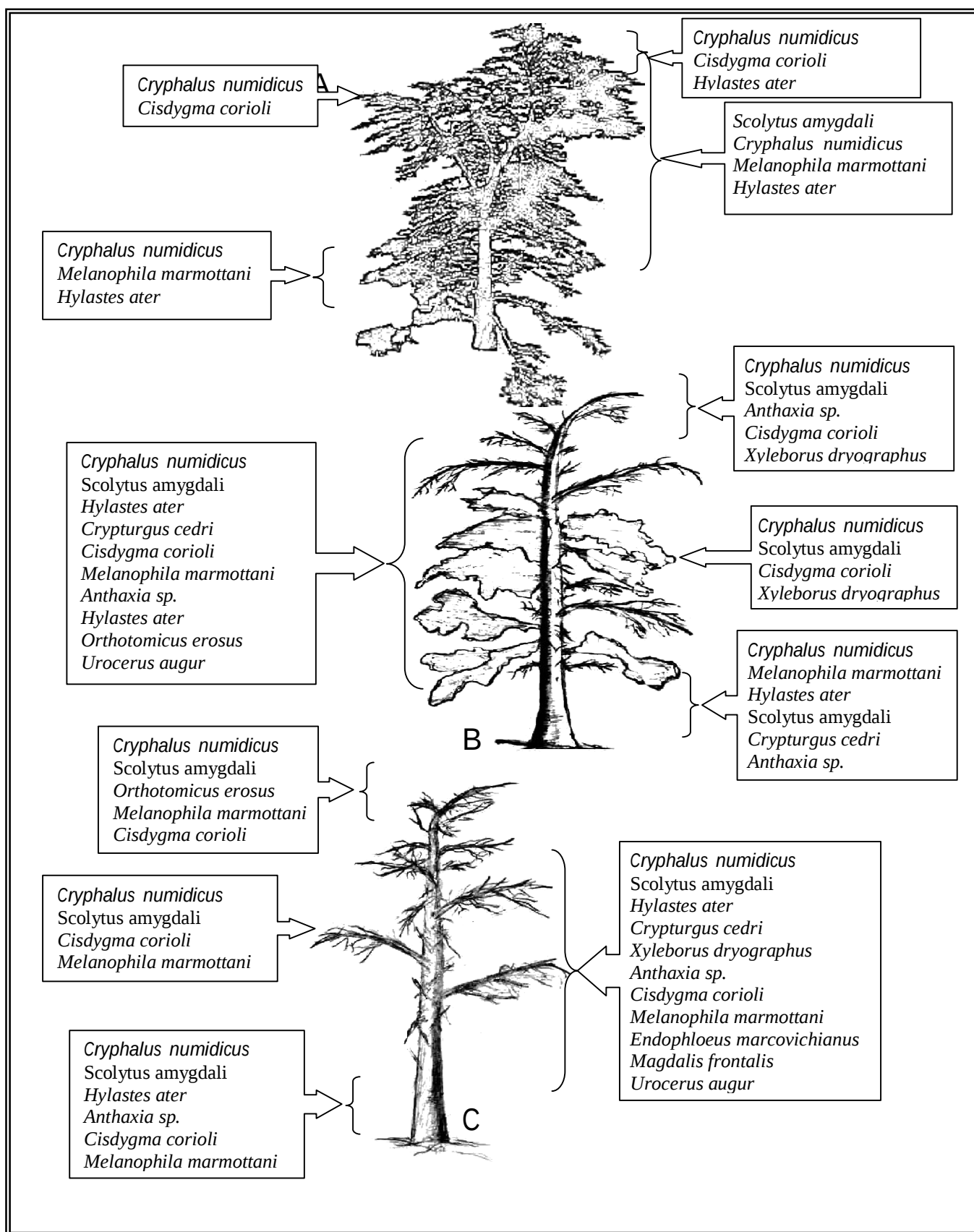


Figure 43 : variation de la richesse spécifique des espèces xylophages en fonction de la Classe de hauteur et de dépérissement ; **A :** Rondins classe « V » ; **B :** Rondins classe « D » ; **C :** Rondins classe « M »

La partie médiane est relativement plus riche en espèces en recevant 12 espèces dont 7 précédemment citées et en plus 2 scolytes (*Xyleborus dryographus* et *Orthotomicus erosus*), 1 charançon (*Magdalis frontalis*) et un zoophiride *Endophloeus marcovichianus* et du siricide *Urocerus augur*.

La cime abrite moins d'espèces avec 5 espèces dont 3 scolytes (*Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Orthotomicus erosus*), un bupreste *Melanophila marmottani* et enfin un xylo-mycophage *Cisdygma corioli*.

Plusieurs auteurs ont expliqué cette distribution verticale des xylophages. En effet, LIEUTIER (1988) ; LIEUTIER et al. (2004), CHARARAS et al. (1968) ; SAUVARD et al. (1987) et CHAKALI (2007), ont signalé que l'orientation des xylophages vers leur niche de prédilection est contrôlé par plusieurs facteurs.

En cas de stress hydrique, les organes se trouvant loin des racines sont les premiers à souffrir des pertes du potentiel hydrique et donc les premiers à être attaqués en raison de l'affaiblissement des défenses naturelles et la libération de kairomones.

Le diamètre et les constituants chimiques des tissus de l'arbre et l'épaisseur de l'écorce sont aussi déterminants dans la colonisation des cèdres par les différents xylophages.

Il est bien connu que la femelle pratique des morsures de reconnaissance pour évaluer le milieu de ponte avant de creuser la galerie maternelle.

De plus l'épaisseur de l'écorce a un double rôle, d'une part elle limite l'exaltation de tanins attractifs pour les xylophages lorsqu'elle est épaisse, et d'autre part elle empêche la pénétration des petits xylophages qui ont tendance à coloniser les parties supérieures où la barrière corticale est mince. Les gros xylophages (buprestes et curculionidés et certains scolytes) s'attaquent aux parties inférieures, car elles leur offrent un biotope propice à leur développement tout en gardant un équilibre dans leurs balances énergétiques.

A partir de la figure 41 qui présente résultats de richesse spécifique en fonction de la classe de hauteur et de la classe de dépérissement, il en sort que *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Melanophila marmottani* et *Hylastes ater* sont signalées à partir des rondins de Classe « V », DE PEYERIMHOFF, (1919) ; MOUNA et GRAF, (1994) ; BENHALIMA, (2004 ;) OHTAKA (2002) ; DODELIN. (2006), YILDIZ et al, (2007) signalent que *C. numidicus*

s'attaque aux arbres en pleine sève surtout en cas d'attaque massive de la population de ce xylophage.

Melanophila marmottani, *Scolytus amygdali* et *Hylastes ater* s'attaquent principalement à la partie médiane des pieds du cèdre, la première espèce a déjà été décrite sur des sujets présentant un état de dépérissement plus au moins avancé (DE PEYERIMHOFF, 1919), les sujets sains présentant une légère déficience physiologique peuvent être propices aux attaques de ce bupreste (BENHALIMA, 2004).

En ce qui concerne *Scolytus amygdali* l'espèce est signalée pour la première fois sur cèdre ; BATTI, 2007 ; BENAZOUN, 2004 signalent cette espèce sur rosacées même en pleine sève sur toutes les parties aériennes excepté les jeunes rameaux où l'écorce est très mince, tandis que pour les conifères l'espèce semble évitée la base des sujets de classe « V » peut être à cause de l'épaisseur de l'écorce.

Hylastes ater est une espèce indifférente à la classe de dépérissement et la classe de hauteur, la cime des arbres comme les parties sous terraines peuvent être colonisées s'ils sont propices à leur développement mais vise préférentiellement les sujets dépérissants. (REAY et al., 2003, MILES, 2007, BROWNBRIDGE et al. 2009).

SCHVESTER, (1986), FABRE, (1994) ; et SEYBOLD, 2007 *Orthotomicus erosus* s'attaque qu'aux sujets ayant atteints un degré avancé de dépérissement, ce scolyte est observé seulement sur les rondins de casse « D » et de classe de hauteur médiane ce qui témoigne de la spécificité de l'attaque de ce xylophage.

La littérature ne traite pas l'écologie de l'espèce *Cisdygma corioli*, pour cela nous signalons que cette espèce s'attaque aux cimes des pieds de cèdre même après une courte durée après leur abattage (voir partie : 6), ce xylo-mycophage s'attaque aux arbres de classe « D » et « M » et colonise toutes les parties du pied.

Endophloeus marcovichianus, *Magdalis frontalis* et *Urocerus augur* s'attaquent aux bois secs ou presque et colonisent la partie médiane des pieds du cèdre alors que *Anthaxia sp* s'attaque à toutes les parties des pieds dépérissant ou dépérissant sauf les rameaux de petits diamètres dont l'écorce mince ne peut soutenir le développement larvaire de l'espèce

5.5.2.2. Conclusion :

Les xylophages s'attaquent aux pieds du cèdre selon des mœurs propres à chaque espèce, en effet si *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Melanophila marmottani* et

Hylastes ater s'attaquent aux sujets de pleine sèves comme aux sujets dépéris ou dépérissant, *Endophloeus marcovichianus*, *Magdalis frontalis* et *Urocerus augur* attaquent exclusivement les sujets présentant un état grave de dépérissement.

De plus l'état physiologiques des arbres (épaisseur de l'écorce, abondance de résine, teneur en eau des tissus du végétale ...etc) et qui peuvent limiter les attaques parasitaires jouent un rôle important dans la distribution verticale et stationnaire des xylophages.

6. Importance des attaques des xylophages :

Afin d'évaluer l'importance des dégâts infligés par les principales espèces de xylophages rencontrées sur les arbres des 3 stations d'observation nous avons pris en compte les paramètres suivants : la fréquence d'attaque, la densité globale d'attaque et la densité d'attaque de chaque espèce et pour chaque station.

Tableau 29 : Etats des rondins par station et par classe sanitaires [*O.T* : Oued Tider ; *Bh* : Bouhmama ; *T.A* : Tizi Ala]..

N ^{bre} de rondins	Etat des rondins	Station	Classe sanitaires			Total
			V	D	M	
100	Attaqués	<i>O.T</i>	12	12	12	93
		<i>Bh</i>	11	11	12	
		<i>T.A</i>	0	10	12	
	Intacts	<i>O.T</i>	2	0	0	7
		<i>Bh</i>	3	1	0	
		<i>T.A</i>	0	1	0	

Sur les 100 rondins, 7 seulement qui n'ont pas subi d'attaques de xylophage. Ces rondins indemnes proviennent des arbres pièges (5 billons) et (2 rondins) des arbres dépérissants. Mais, la totalité des rondins originaires des sujets morts sont colonisés par les xylophages.

Afin d'avoir des résultats fiables en ce qui concerne la densité et la fréquence d'attaque des différentes espèces à partir des rondins récoltés, ils doivent avoir plus au moins la même superficie afin de déceler les différentes attaques qu'ils ont subies.

Le tableau n° : 30 démontre qu'il n'existe pas de différence significative entre la superficie moyenne des rondins issus des 3 stations, ce qui permet de comparer les résultats des fréquences et densités d'attaque des rondins.

Tableau 30 : Surface moyenne (en cm²) $\pm$ erreur type des rondins des trois stations selon leur classe de dépérissement [*O.T* : Oued Tider ; *Bh* : Bouhmama ; *T.A* : Tizi Ala]..

Station	<i>O.T</i>			<i>B</i>			<i>TA</i>		
Classe de dép.	V	D	M	V	D	M	V	D	M
N ^{bre} rondins	14	12	12	14	12	12	-	12	12
Surface moy. (cm ²)	998,12	1060,75	1046,48	949,21	918,06	945,27	-	986,65	902,86
Erreur type	175	230,59	215,09	166,5	165,2	166,3	-	142,38	149,01
Teste Student-Newman-keuls	Non significatif ddl= 2 ; F=6,76 ; P=0,038								

Le test de Student-Newman-Keuls à seuil de 5% (Tab. : 30), révèle qu'il n'existe pas de différence significative ni entre les surfaces des rondins de différentes classes de dépérissement, ni entre les trois stations d'observation. Ceci nous permet donc de comparer la fréquence d'attaque des principaux xylophages observés.

6.1.Fréquence globale d'attaque :

Sur les 100 rondins que nous avons ramenés au laboratoire, nous avons pu observer 7 espèces majeures de xylophages (Tab. 31). Parmi ces rondins, 77% sont attaqués par *Cryphalus numidicus* où nous avons dénombré une moyenne de 1 769 galeries par rondins, soit une densité près de 18 140 galeries /m².

Tableau 31 : Nombre de billons attaqués, fréquence globale d'attaque et densité globale (D) pour les principales espèces xylophages.

Espèces	Nbe de rondins attaqués	N ^{bre} de galeries par rondin	Fréquence % globale d'attaque
<i>Cryphalus numidicus</i>	77	1769 ± 341	77
<i>Scolytus amygdali</i>	42	15±8	42
<i>Hylastes ater</i>	23	6±2	23
<i>Crypturgus cedri</i>	15	3±3	15
<i>Anthaxia sp.</i>	4	-	4
<i>Melanophila marmottani</i>	39	8±4	39
<i>Cisdygma corioli</i>	48	23±5	48

Scolytus amygdali est signalé sur 34% des billons avec une moyenne très faible de galeries de l'ordre de 15 galeries par rondin soit 154 galeries/m². *Hylastes ater*, bien qu'elle est relativement plus fréquente (23%), elle fore moins de galeries environ 6 galeries par rondins en moyenne.

Crypturgus cedri seule espèce propre au cèdre, attaque 15 % seulement des rondins avec très peu de galeries 3±3 en moyenne.

Les buprestes représentés par deux espèces dont *Melanophila marmottani* est la plus abondante et observé sur 39% des rondins mais produit moins de galeries (8±4 galeries par rondins) .

Enfin, *Cisdygma corioli* attaque 48% des rondins surtout les billons morts ou en état avancée de dépérissement, avec une moyenne de 23±5 galeries par rondins.

6.2. Fréquence d'attaque par classe de dépérissement :

6.2.1. Cas des arbres pièges :

Les résultats obtenus pour les deux stations d'observation montrent que la moitié des rondins sont attaqués par *Cryphalus piceae numidicus* pour la station de Oued Tider alors qu'ils sont un peu moins (42%) pour Bouhmama (fig.44).

Scolytus amygdali a entrepris ses galeries sur 21% des rondins à Oued Tider contre 14% à Bouhmama. Dans cette station *Cryptergus cedri* est présent sur 14% des tronçons et 7% à Oued Tider.

Pour les buprestes *Melanophilla marmottani* attaque à 29% et 21% des rondins respectivement à Oued Tider et Bouhmama.

Enfin, les galeries ainsi que les trous d'entrée de *Cisdegma corioli* ont été observés sur 15% des rondins à Oued Tider tandis qu'à Bouhmama, ce taux d'attaque est de 7%.

6.2.2. Cas des arbres dépéris :

La figure 45 étale les résultats des fréquences des attaques des principales espèces xylophages selon le degré de dépérissement pour les trois stations d'observation.

Parmi les xylophages observés, les attaques des scolytes sont les plus décelables. *C. numidicus* attaque souvent les arbres dépérissants (83%), et morts (91%). Par contre, *S. amygdali* attaque ces catégories sanitaires avec des taux moins faibles respectivement 39% 64% (fig.43).

Le pourcentage de rondins attaqués par *Hylastes ater* semble augmenté avec l'avancement de l'état de dépérissement ainsi on enregistre 27,77% pour la classe (D) et 55,55% pour les rondins de la classe (M).

A l'inverse, la présence de *C. cedri* est moindre mais plus fréquente (42%) dans les rondins des arbres dépérissants que dans les arbres morts (36%).

En ce qui concerne les buprestes, nous remarquons que *M. marmottani* attaque la moitié des rondins dépérissants 53%, par contre *Anthaxia sp* attaque préférentiellement les arbres morts (15%).

L'attaque de *Cisdygma corioli* s'observe sur les arbres morts avec un taux de 75% de rondins alors que sa fréquence sur les arbres mourants est de 44 % en moyenne pour les 3 stations, alors que ce taux ne dépasse pas 12% dans le cas des rondins de classe « V ».

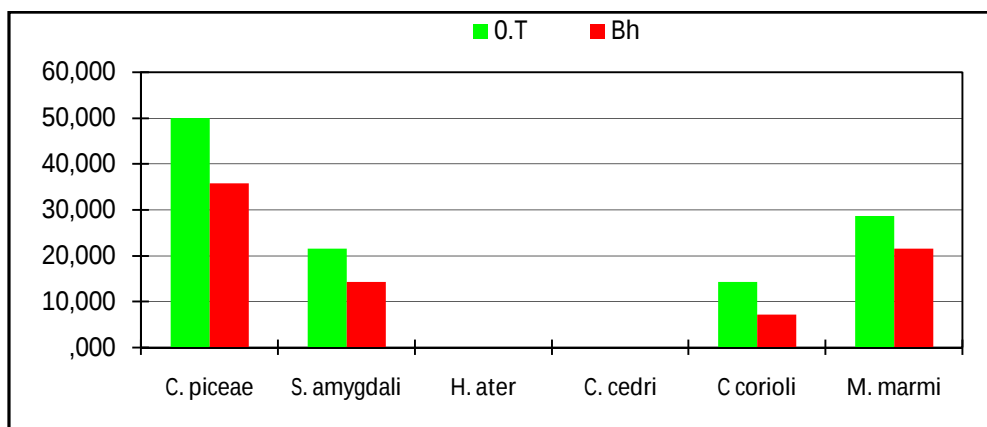


Figure 44: Fréquence d'attaque des principales espèces xylophages sur les arbres pièges pour les stations de Bouhmama et Oued Tider.

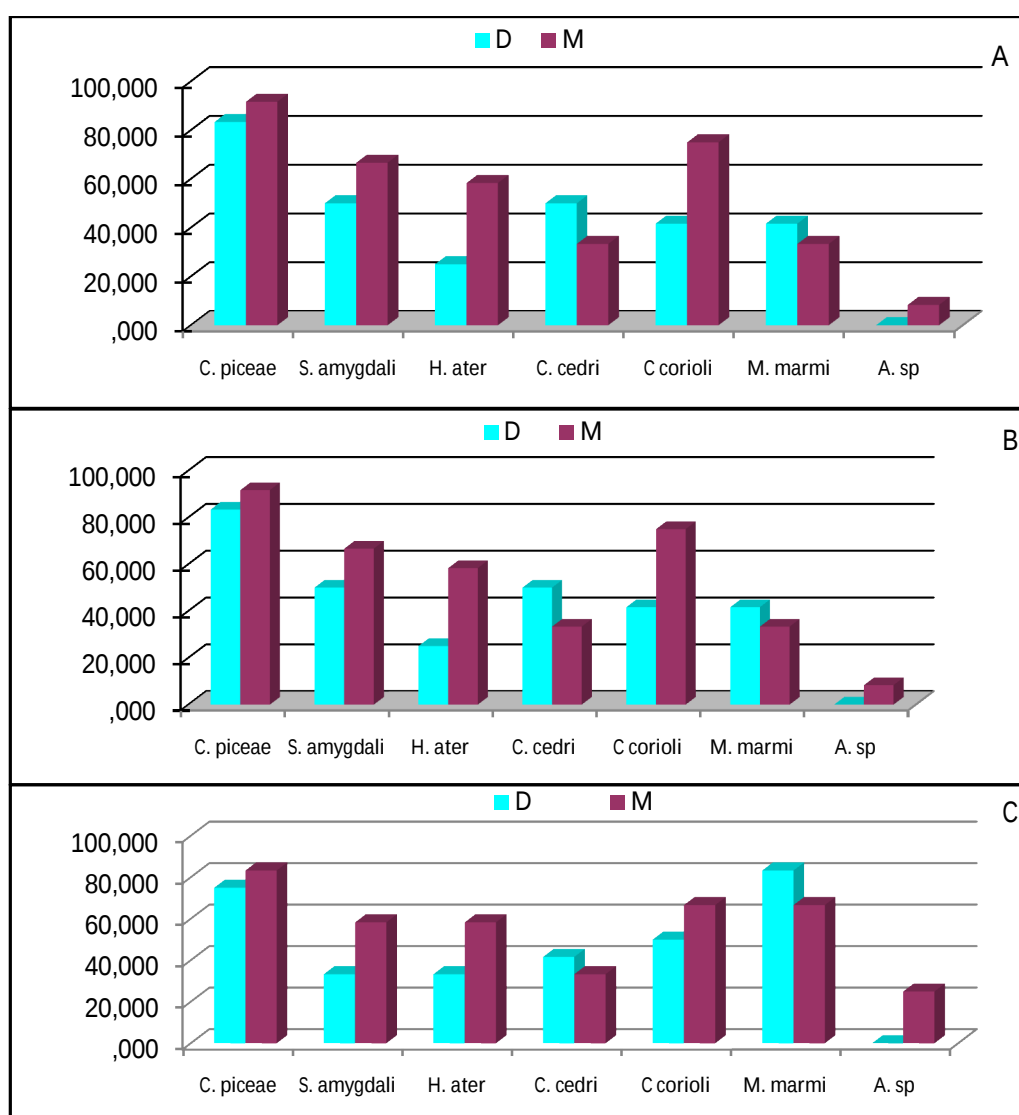


Figure 45 : Fréquence des attaques des principales espèces xylophages sur les arbres de classe « D et M » au niveau des stations d'observation. **A :** Oued Tider; **B:** Bouhmama; **C:** Tizi Ala.

6.3.Densité d'attaque des principaux xylophages :

La figure 46 illustre le taux moyen des surfaces occupées par les galeries des principales espèces xylophages selon la classe sanitaire.

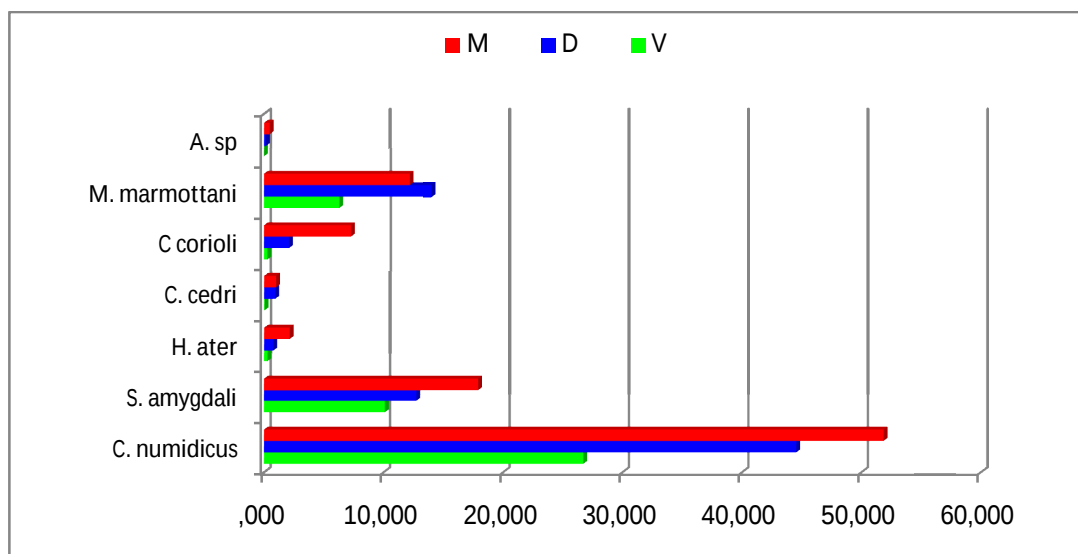


Figure 46 : Densité moyenne des attaques des principaux xylophages en fonction du degré de dépérissement pour les rondins issus des trois stations d'observation

Il ressort de cette figure que la surface occupée par la galerie d'un insecte varie en fonction de l'espèce et de la classe sanitaire. En effet, le plus fort taux d'occupation est enregistré pour *Cryphalus piceae numidicus* avec 27% en moyenne pour les arbres pièges et 48% pour les arbres de classe « D » et « M ».

Bien que *Scolytus amygdali* fore en Moyenne 43 galeries par femelle et de sa présence sur près de la moitié des rondins en moyenne toute catégorie de dépérissement confondues ; la surface occupé par ces galeries n'est que de 10,14% de la surfaces des rondins originaires d'arbres pièges, 12,77% pour les billots de classe « D » et 9,26% des rondins de classe « M ».

Les galeries de *Mellenophella marmottani* occupent 6,29% de la surface des rondins de classe « V », 13,97% pour les rondins de classe « D » et 12,14% des billots de classe « M ».

La densité d'attaque de *Cisdygma corioli*, est nulle presque pour les arbres pièges, l'attaque augmente à fur et à mesure de l'avancement de l'état de dépérissement pour atteindre 2,09% pour les rondins de classe « D » et 7,25% pour ceux de la classe « M ».

La surface des galeries forées par les autres scolytes sont négligeables devant celles des espèces citées précédemment.

6.4. Discussion :

A travers ces résultats, nous pouvons dire que la fréquence et la densité des attaques des principales espèces de xylophages selon la classe sanitaire, évoluent dans le même sens. En effet, la plus part des insectes voit leur densité d'attaque augmenter avec leur fréquence.

Les dégâts observés sont causés plus par *Cryphalus numidicus*. En dépit du nombre restreint de leurs galeries ($10 \pm 1,76$) par couple et la petite taille de ces galeries, la surface occupée par cet insecte est la plus importante.

Les travaux menés par LIEUTIER, (1988 et 1991), LIEUTIER et LEVIEUX (1985) mentionnent que les scolytes sont généralement les pionniers en s'attaquant les premiers les conifères souffrants d'une déficience physiologique. Ces attaques sont massives grâce à des phéromones d'agrégation spécifiques pour chaque espèce.

CHARARAS (1962), indique que les dégâts importants infligés aux pieds résultent des attaques massives de *C. piceae nimidicus* sur les pieds de cèdre sains font que ce scolytes soit considéré comme étant un ravageur primaire.

Au Maroc, BENHALIMA (2006) enregistre également une forte fréquence globale d'attaque pour *C. piceae*, avec 52%.

Pour *S. amygdali*, la surface totale des galeries ne représente que 14% de l'ensemble des rondins malgré le nombre important de galeries (plus de 40 galeries larvaires par ponté). Cela pourrait être expliqué par la fréquence d'attaque qui ne dépasse pas 44% des rondins et le nombre restreint de galeries par rondins (Tab : 32).

Au Maroc, BENHALIMA (2006), signale que les attaques de *Scolytus numidicus* se poursuivent à être observées sur les arbres morts de cèdre contrairement aux travaux de BALACHOWSKI (1969) et CHARARAS (1974) où ils affirment que cet insecte montre une préférence pour les arbres dont les perturbations physiologiques sont limitées en évitant les arbres de classes dépérissements avancés.

DE PEYERIMHOFF (1915-1913 et 1919) signale que *M. marmottani* est l'espèce la plus dangereuse pour les cédraies puisque elle attaque les branches et les tiges de n'importe quelles dimensions et même en pleine sève. Sa présence hâte le dépérissement à cause de ses galeries sous corticales longue et large qu'elle creuse et entrecoupant les galeries des scolytes.

Au Maroc six espèces de bupreste ont été signalées dont *Anthaxia chobauti* et *Anthaxia marmottani* sont les deux insectes les plus dangereux en occasionnant de graves dégâts. Ils sont plus fréquents en s'attaquant respectivement avec une densité de 69% et 50% ; tandis que la densité d'attaque de *M. marmottani* ne dépasse pas 2%.

Cisdynga corioli espèce xylo-mycophage s'installe dans le bois en état avancé de dépérissement, sauf en cas de forte infestation et certains peuvent s'installer sur les arbres relativement frais.

La densité d'attaque de cette *Ciidae* est faible et les dégâts occasionnés sont importants lorsqu'elle inocule aux cèdres des champignons phytopathogènes responsables de la maladie du bleutisme.

Les autres espèces de scolytes à savoir *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri* ne causent pas dégâts car leurs attaques intéressent seulement les arbres déjà morts.

6.5. Conclusion :

L'étude de 100 rondins, montre que *Cryphalus numidicus* et *Scolytus amygdali* s'avèrent les principales espèces de *Scolytidae* les plus redoutables en occasionnant de grands préjudices aux pieds de *Cedrus atlantica*.

A ces deux scolytes, s'ajoute le bupreste, *Melanophilla marmottani* qui engendre localement de dégâts assez importants surtout dans la station de Tizi Ala.

Une autre espèce s'avère dangereuse ; il s'agit de *Cisdynga corioli* qui peut utiliser les galeries des autres xylophages comme milieu pour cultiver les spores des champignons symbiotiques qu'elle transporte dans leur mycangia.

7. Cycle de développement des principales espèces de xylophages :

Six espèces de xylophages ont fait l'objet de suivi biologique, vu leur impact économique et l'important nombre de spécimens émergents. Il s'agit 4 espèces de scolytes : *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri*, une espèce de Ciidae *Cisdygma corioli* et enfin une espèce de bupreste *Melanophila marmottani*.

Les résultats de la durée de développement de 6 espèces obtenues au laboratoire selon qu'il s'agisse de leur développement printanier ou estival sont regroupés dans le tableau 32.

Tableau 32: Durées minimales, maximales et moyennes de développement estimées en jours pour des six espèces xylophages majeures.

Famille	Espèce	Durée de développement	Période d'exposition	
			Printanière « P »	Estivale « E »
Scolytidae	<i>Cryphalus numidicus</i>	Minimum	77±18	58±21
		Maximum	143±15	145±24
		Moyenne	96±19	
	<i>Scolytus amygdali</i>	Minimum	81±17	16±11
		Maximum	167±42	94±23
		Moyenne	115±38	
	<i>Hylastes ater</i>	Minimum	91±24	25±17
		Maximum	157±27	78±14
		Moyenne	102±31	
	<i>Crypturgus cedri</i>	Minimum	13±07	-
		Maximum	75±11	-
		Moyenne	63±09	-
Ciidae	<i>Cisdygma corioli</i>	Minimum	86±06	51±14
		Maximum	152±27	129±68
		Moyenne	93±42	
Buprestidae	<i>Melanophila marmottani</i>	Minimum	126±14	-
		Maximum	192±10	-
		Moyenne	172±43	-

7.1.Scolytes :

7.1.1. *Cryphalus numidicus* :

Au laboratoire, les émergences de *C. numidicus* s'échelonnent de juillet au début décembre à partir des rondins ramenés des stations d'Oued Tider et Bouhmama et de juin à novembre de ceux de la station de Tizi Ala. Les pics d'émergence sont enregistrés au mois d'août pour les trois stations en plus d'une recrudescence de l'émergence en novembre (fig.47-a).

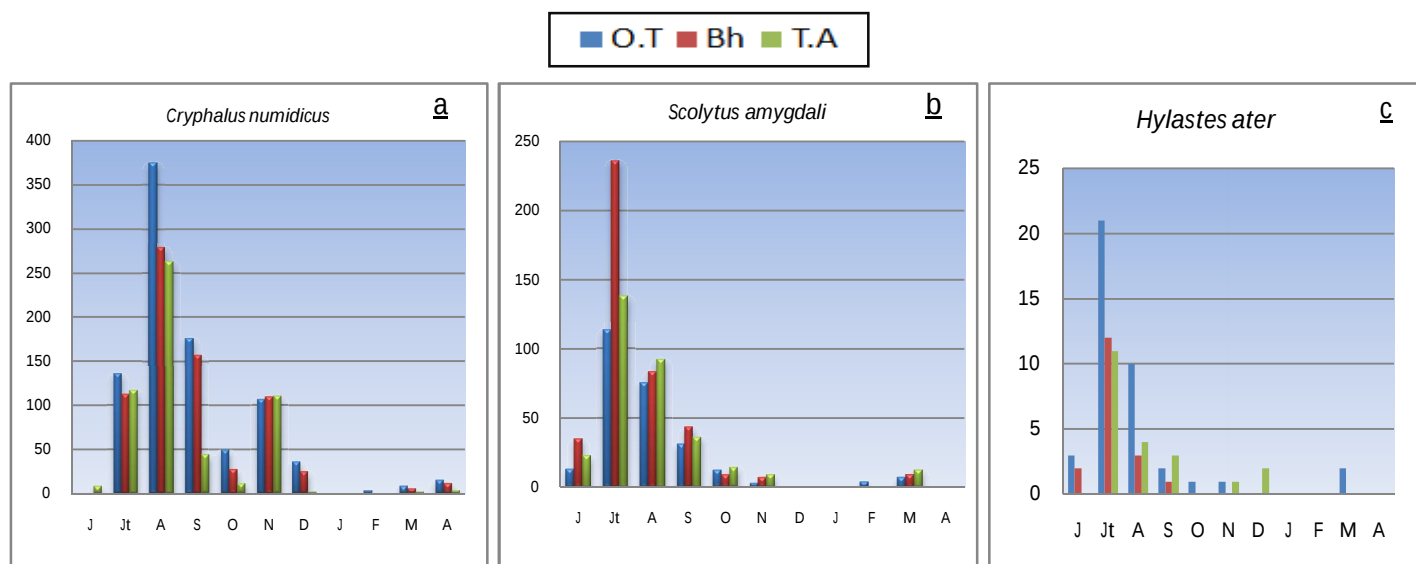


Figure 47: Effectif mensuel des émergences des trois espèces de scolytes au laboratoire à partir des rondins ramenés des trois stations d'étude

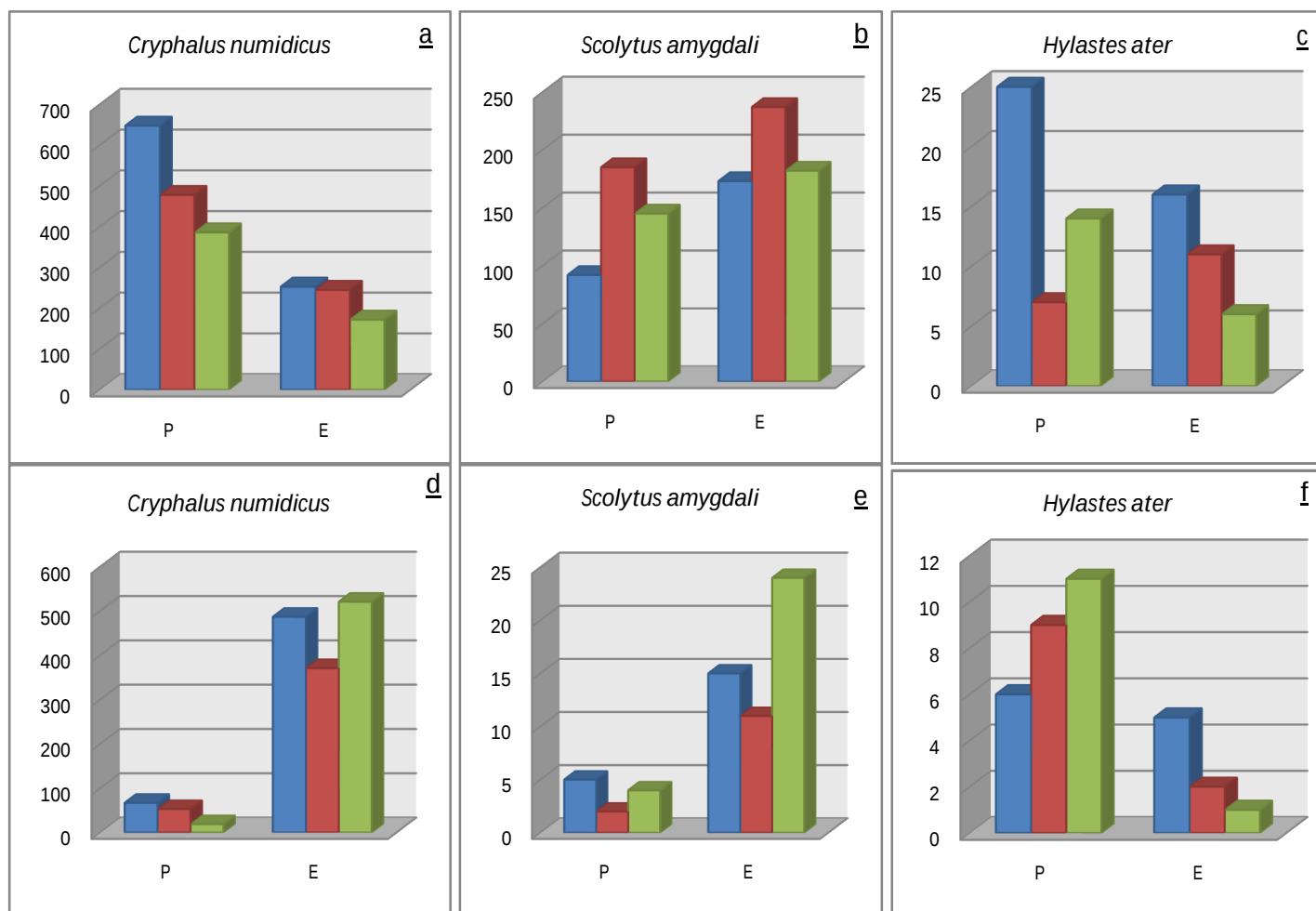


Figure 48: Effectif des émergences des trois espèces de scolytes à partir des rondins au laboratoire en fonction de la période d'exposition ; (a-b-c): insectes émergents ; (d-e-f) : insectes dénombrés après décortication.

L'émergence des adultes s'est manifestée massivement «70% du total» en août à partir de rondins ayant subi une exposition pendant la période printanière et en novembre pour les rondins ayant séjourné tout l'été dans les conditions naturelles. Ceci témoigne d'une attaque hâtive des rondins durant les deux périodes pour toutes les stations (fig. : 48-a).

En plus, les résultats de la décortication des rondins (Fig.: 47-d) montrent que ceux du lot de la période printanière contiennent des imagos morts ayant échoué dans leur développement ; tandis que les rondins de la période d'exposition estivale contiennent pour la plus part des larves, des nymphes en développement ou des imagos immatures de coloration blanchâtre qui passent l'hiver en diapause. Ces derniers ont commencé à se manifester dans la nature de fin mars au début avril de l'année suivante.

Dans les conditions naturelles, les sorties des imagos sont enregistrées à peu près dans la même période que celles observées au laboratoire. La figure (49-a) laisse apparaître deux pics bien distincts, le premier en juin - juillet et le second en octobre pour toutes les stations d'étude.

7.1.1.1.Discussion :

La lecture de nos résultats montre que la durée de développement de *C. numedicus* est d'environ 14 semaines en moyenne (soit 3 mois et demi). Ce xylophage semble avoir deux générations par an, la première s'observe au printemps et la seconde à la fin de l'été.

Les résultats des pièges-vitres donnent plus de précision sur la biologie de ce xylophage. En effet, à Bouhmama comme à Oued Tider, l'insecte présente une génération par an à cause des conditions stationnaires défavorables (faibles ensoleillement, basses températures stationnaires...etc.) ; par contre à Tizi Ala, il présente deux générations.

TOPER (2002) indique que *C. piceae*, variante biologique de *C. numedicus* effectue deux générations par an sur *Abies* et l'émergence des adultes de la première génération s'effectue en avril, tandis que ceux de la seconde se réalise en Octobre.

Sur *Cedrus atlantica*, BENHALIMA (2004) indique que *C. piceae* présente deux générations à Ras El Ma (1650m d'altitude) et une génération à Agelmamen Sidi Ali (2400m d'altitude).

CHARARAS (1962 in Benhalima, 1999), signale que *C. piceae numidicus* est un insecte à développement hâtif et son évolution est rapide. Le cycle complet dure 1,5 à 2 mois en plaine (500m), 2 à 3 mois et demi en basse montagne (900m), 2,5 à 4 mois en haute montagne

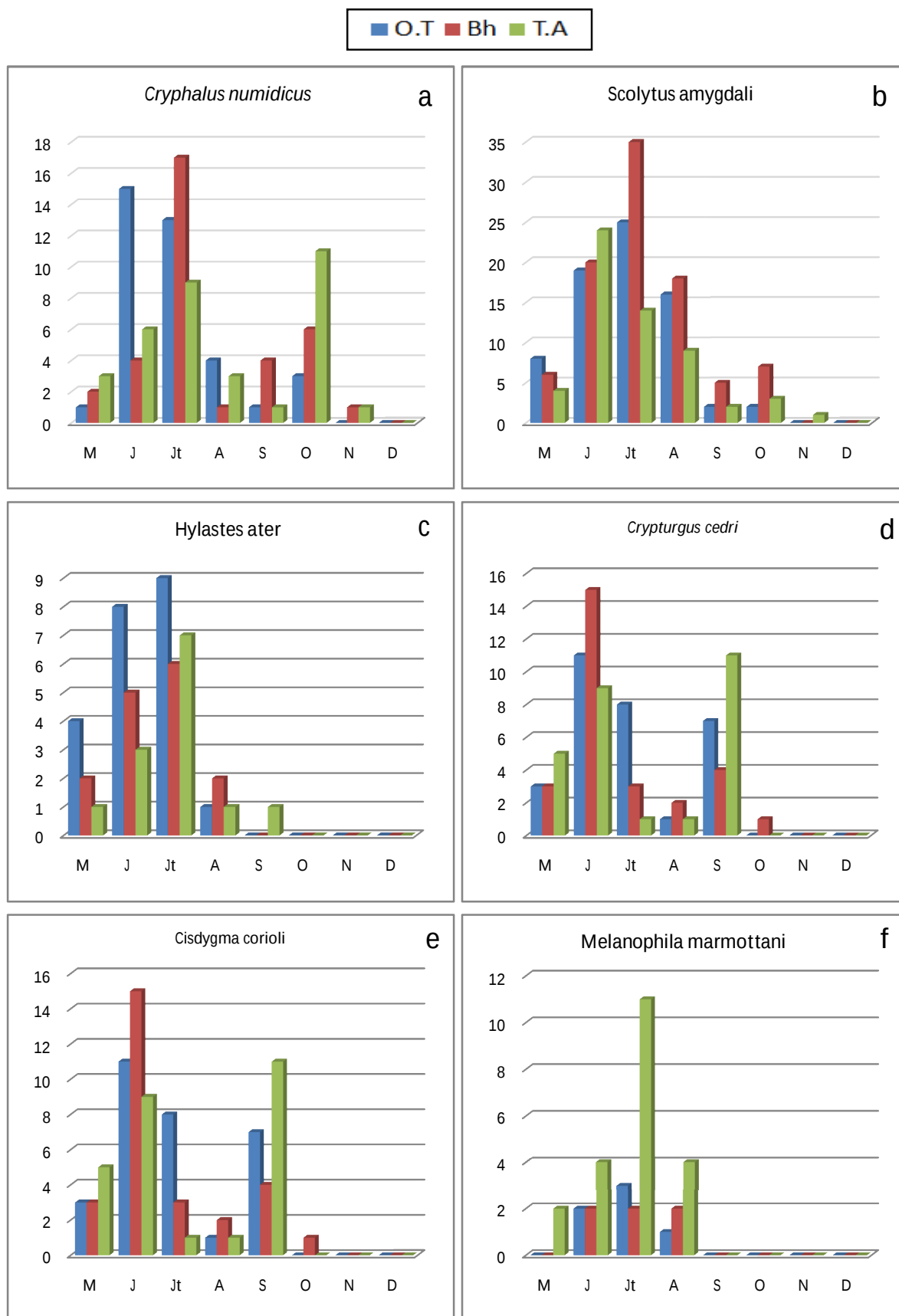


Figure 49 : Distribution temporelle des effectifs des principales espèces piégés par les pièges sur terrain.

(1400m) voire 5 mois à 1500m. Ceci implique une à deux générations par an dans les conditions propices

7.1.1.2. Conclusion :

La station de Tizi Ala est propice au développement de deux générations ; La première s'attaque aux cèdres à la fin de l'hiver et effectue son développement larvaire jusqu'au début du printemps. La seconde de la fin juillet à la fin du mois d'octobre et passe l'hiver sous l'écorce à l'état larvaire ou imago immatures.

Pour les stations de Oued Tider et Bouhmama l'insecte développe une seule génération ; Les adultes émergent en avril-mai le développement larvaire s'effectue en été, les adultes passent l'hiver sous l'écorce et émergent l'année suivante.

7.1.2. *Scolytus amygdali* :

L'envol des adultes de cette espèce s'observe de la fin juin à la première semaine de novembre dans les stations de Bouhmama et Tizi Ala. Mais à Oued Tider, l'activité de vol de l'insecte ne démarre qu'à partir du mois de juillet (fig.47-b).

La période comprise entre le début du mois de juillet et la dernière semaine du mois d'août a connu le plus grand nombre d'émergences (75% de l'effectif total) et cela à partir de l'ensemble des rondins qui ont été exposés durant les deux périodes d'exposition (fig. 48-b).

L'écorçage des rondins (fig.48-e) montre que le lot de la première période comprenait quelques imagos ayant échoué de voler pour des raisons diverses dont les parasites qui interviennent au cours de leur développement ; alors que les rondins du deuxième lot comprenaient plus de spécimens, en majorité des larves.

Sur terrain un seul pic est observé et la durée de l'émergence est plus longue ; elle s'étale du début juin à la fin août pour toutes les stations. De plus, aucune attaque n'a été enregistrée en hiver (fig. : 49-b).

7.1.2.1. Discussion :

Au laboratoire, nous pouvons dire que *S. amygdali* développe une seule génération par an et les émergences des adultes s'échelonnent du début juillet à la fin du mois de septembre dans toutes les stations d'observation.

La durée de développement est estimée à 5 mois dans l'ensemble des stations ce qui laisse croire à deux générations par an ; mais les données des pièges installés sur terrain laissent présager à une seule génération par an.

En absence de rondins exposés durant la période hivernale, les pièges sur terrain ont permis de corriger la durée de développement ainsi obtenue. En effet, il est impossible d'observer l'attaque de cette espèce pendant tout l'hiver, et l'envol des adultes devrait donc coïncider approximativement avec la date de l'abattage du deuxième lot d'arbres (exposés durant la période estivale).

S. numidicus l'autre espèce du même genre qui s'attaque au cèdre réalise une seule génération par année. DE PEYERIMHOFF, (1919) indique que dans la plus part des cédraies algériennes, la ponte des femelles s'effectue au cours du mois de juin ou de juillet, propos soutenu par BLACHOWSKY (1969) pour les cédraies marocaines.

Les travaux de BENHALIMA (1999, 2004) sur la biologie de ce scolyte signalent une génération par an avec une durée de développement moyen estimée à 320 jours (plus de 10 mois).

7.1.2.2. Conclusion :

S. amygdali développe une seul génération par an au niveau des trois stations d'observation, la dissémination de ce xylophage s'étale sur 3 mois pendant la saison estivale, alors que la nouvelle génération passe l'hiver sous l'écorce

GRAF et MZIRBI, (1994) ; BENAZOUN, (1999) Stipulent que les attaquent des Scolytidae se prolongent jusqu'à 3 ans après leur première installation.

7.1.3. *Hylastes ater* :

Comparé aux deux espèces précédemment évoquées, *H. ater* est moins abondant ; l'émergence de ce xylophage s'observe de la fin du mois de juin à la première semaine du mois de septembre dans les stations d'Oued Tider et Bouhmama. Par contre à Tizi Ala, les sorties sont enregistrées à partir du mois de juillet jusqu'à la fin du mois de septembre (fig. 47-c).

Ainsi, la figure 45-c montre que l'émergence des adultes se manifeste uniformément des rondins ayant séjourné pendant les deux saisons dans les conditions naturelles au niveau des trois stations d'observation ; mais l'espèce a émergé plus des rondins à exposition printanière (58%). De plus, la figure 48-f révèle nettement que les rondins exposés durant la première période renferment la plus grande communauté de ce xylomycophage au stade imagos.

Sur terrain, la figure 49-c montre que les adultes de *H. ater* sont récupérés davantage des pièges à partir de la dernière semaine du mois de mai jusqu'à la fin du mois d'août avec un maximum de captures enregistré entre la mi-juin et le début juillet avec 76% des captures.

7.1.3.1. Discussion :

A travers ces observations, nous pouvons dire que l'envol de *H. ater* s'effectue à partir de la deuxième semaine du mois de juin et la durée moyenne de son développement est incorrectement estimée à 102 jours (Tab. 32).

En effet, les figures 48-c et 48-f démontrent clairement qu'il ya un seul pic correspondant à une seule génération car aucune autre gradation n'a été enregistrée. De plus, l'examen des rondins a révélé que la majorité des spécimens trouvés dans les galeries sont au stade imagos.

Les pièges installés sur terrain nous ont permis pour la plupart de mieux connaître la période d'émergence de l'espèce. En effet, les adultes sont capturés tout au long de l'été et aucune attaque n'est enregistrée depuis et ce jusqu'à la fin décembre.

Au Royaume Uni, LEAHY et *al.* (2007) avancent que l'espèce développe sur *Pinus radiata* une seule génération par an où le développement larvaire peut durer jusqu'à 18 mois. Les adultes apparaissent à la fin septembre ou plus tôt au printemps (avril-mai).

Par ailleurs en nouvelle Zélande, REAY et WALSH (2001), REAY et *al.*, (2001) et GLARE et *al.* (2008) signalent que l'envol des adultes de ce scolyte se fait entre mars et avril qui correspondent aux deux derniers mois de l'été à l'hémisphère sud. Son développement larvaire peut aller jusqu'à 10 mois

7.1.3.2. Conclusion

Globalement *Hylastes ater* réalise une seule génération par an. Son cycle débute avec l'émergence des imagos au début de l'été généralement à la mi-juin et qui se poursuit jusqu'au début du mois de septembre. Les larves apparaissent 6 semaines après la ponte (REAY et WALSH, 2001). Elles passent l'hiver et une grande partie du printemps sous l'écorce pour donner à la fin des adultes parfaitement formés qui assurent la dissémination de l'espèce.

La longue période le vol de cette espèce s'explique éventuellement par la présence de générations sœurs. En effet, REAY et WALSH (2001) mentionnent que la femelle peut effectuer une nouvelle alimentation de maturation pour pondre à nouveau dans l'arbre.

7.1.4. *Crypturgus cedri* :

Seule espèce propre au cèdre, *Crypturgus cedri* émerge de juin à la fin août dans la cédraie de Tizi Ala et du début juin à la fin septembre dans les autres cédraies (Fig. 50-a).

Tout comme pour *H. ater* , les rondins des deux périodes d'exposition ont donné des émergences appréciables de *C.cedri* (Fig. 51-a). Mais le lot de rondins à exposition printanière semble abriter plus d'individus avec 72 % des captures.

L'écorçage des rondins montre effectivement que les rondins de la période printanière sont plus attaqués par rapport aux rondins de la période estivale qui contenaient un nombre réduit de spécimens (larves le plus souvent) (fig.51-c).

Dans les conditions naturelles, la figure 49-d montre que cette espèce est capturée à partir de la dernière semaine de mai et qui s'échelonne jusqu'à la troisième semaine d'août pour la station de Tizi Ala. Dans la station d'Oued Tider, les captures sont enregistrées entre la deuxième semaine de juin et la fin juillet voire la deuxième semaine d'août pour la station de Bouhmama. Au-delà de cette date, aucune capture n'est enregistrée dans l'ensemble des sites d'observation.

7.1.4.1.Discussion :

A partir de ces données, nous pouvons dire que la durée moyenne de développement est estimée à 2 mois environ (63 jours) (tab. 32). Cette durée est corrigée par les données obtenues de l'écorçage des rondins (figures 51-a et 51-d) mais aussi par celles des pièges vitre installés sur terrain (52-d).

DE PEYERIMHOFF (1911) signale que cet insecte a été collecté à partir de rondins ramenés de la plus part des cédraies algérienne à partir du mois de juin.

D'effectif réduit que les espèces précédentes ; au laboratoire comme sur terrain, *C. cedri* a émergé des rondins surtout ceux à exposition printanière avec 78% de l'effectif total. De même, l'écorçage des rondins a montré une relative abondance pour le premier lot.

7.1.4.2.conclusion

L'espèce produit une seule génération par an, les imagos émergent durant l'été (début juin) jusqu'à la fin août, les larves passent l'hiver dans la partie sous corticale des troncs et branches du cèdre pour donner des imagos mature à la fin du printemps de l'an suivant.

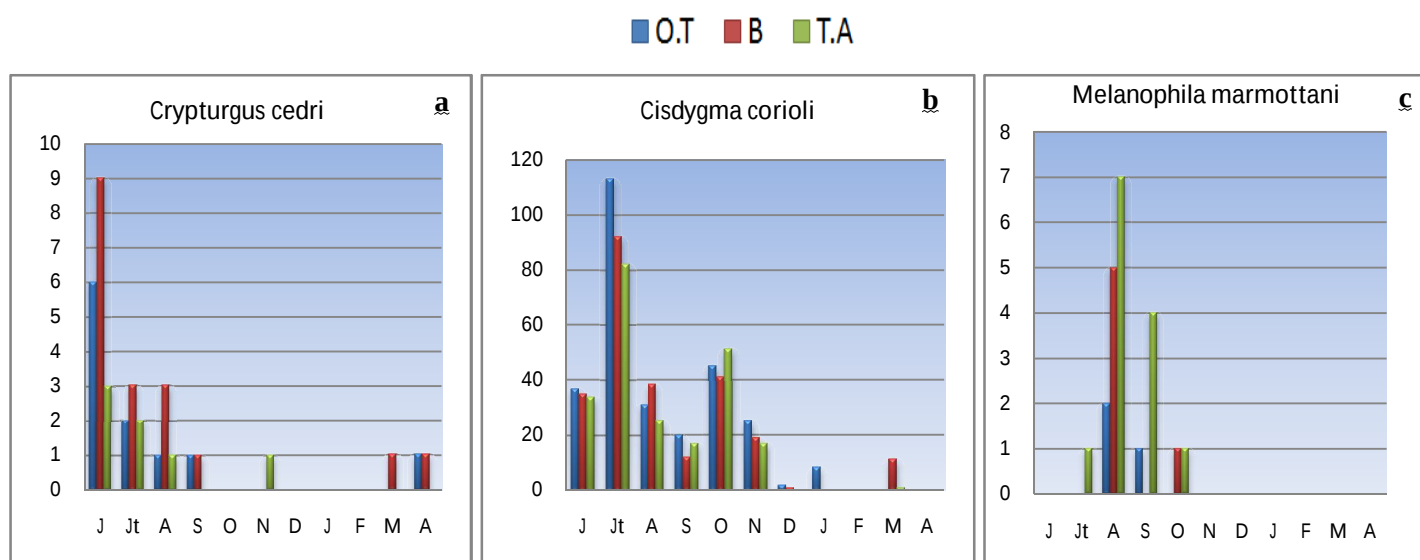


Figure 50: Effectif mensuel des émergences de trois espèces de xylophages à partir des rondins ramenés des trois stations d'étude et déposés au laboratoire

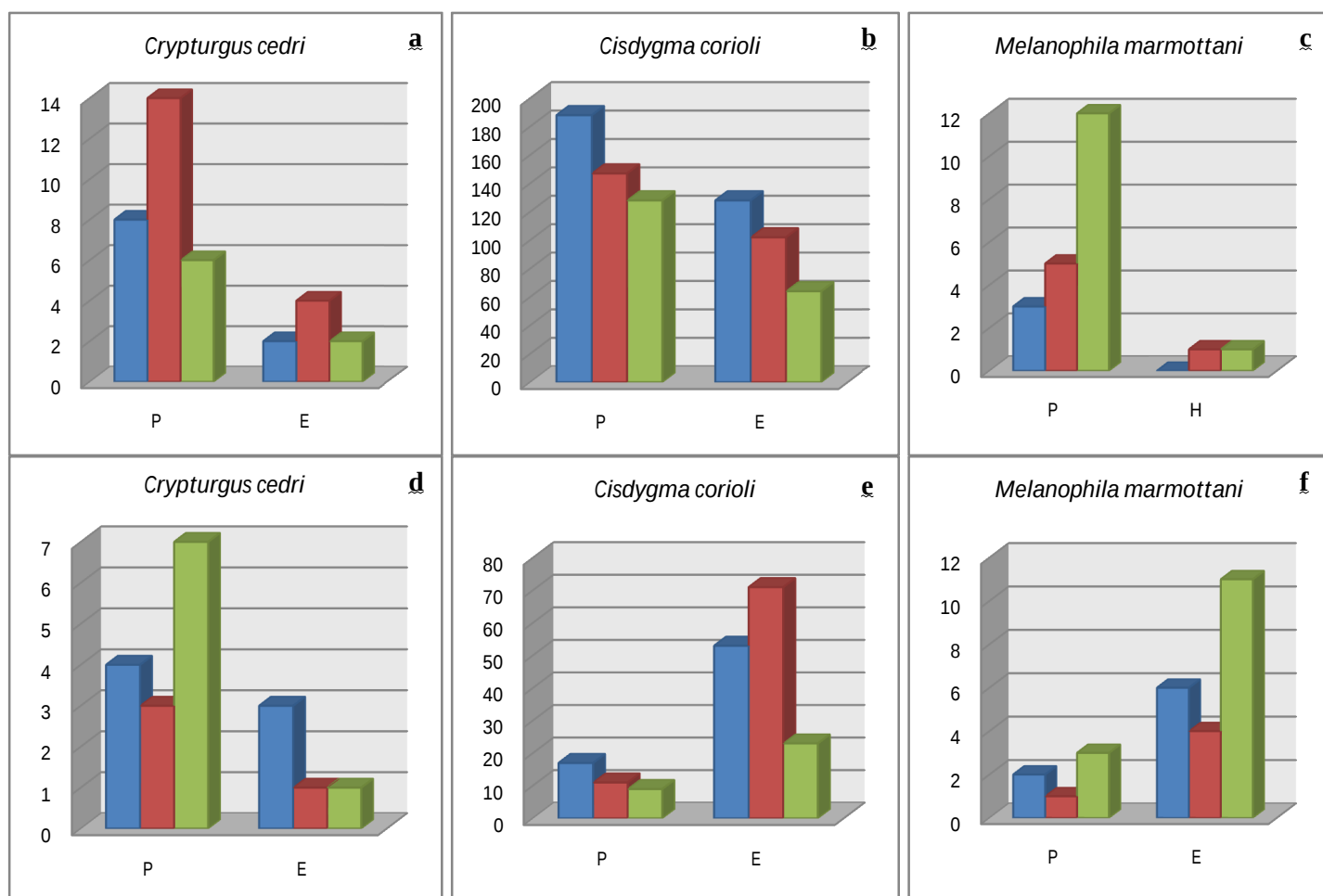


Figure 51 : Effectif des émergences de trois espèces de xylophages à partir des rondins au laboratoire en fonction de la période d'exposition : **(a-b-c)** : insectes émergents : **(d-e-f)** : insectes dénombrés après décortication.

Au laboratoire, l'espèce est apparue dès la mise en boîte des rondins au début juin. La durée moyenne de son développement est estimée à 3 mois (93 jours) pour l'ensemble des stations et pour les deux périodes d'exposition.

7.2. Autres xylophages :

7.2.1. *Cisdygma corioli* :

7.2.1.1. Discussion

Pour cet insecte, la figure 50-b fait apparaître deux périodes d'émergence ; la première s'étend de juin à la mi-août par contre la seconde commence du début août jusqu'à la fin septembre. Ceci nous laisse présager deux générations ou plus.

En effet, les figures (451-c et 51-e) attestent la présence de deux générations. Les rondins de la période printanière contiennent un effectif moindre et pour la plus part au stade imago. De plus, les rondins du deuxième lot renferment plus de spécimens à l'état larvaire.

Les pièges vitres (figure 49-e) ont capturé des adultes de la troisième semaine du mois d'août jusqu'à la fin du mois de septembre avec deux pics bien distincts correspondant parfaitement aux résultats du laboratoire.

7.2.1.2. conclusion

Sur la base des données, nous pouvons dire que la durée de développement de cette espèce est de 3 mois. Nous pensons à deux générations par an, hypothèse confirmée par les données de l'écorçage (fig. 51-b et 51-e).

MADENJIAN et *al.*, (1993) signale que la durée de développement d'une génération des *Ciidae* dont le genre *Cisdygma* est entre 6 et 8 semaines à une température moyenne de 23°C.

C. corioli effectue deux générations, la première émerge à partir de la mi-mai puis la larve passe l'été sous l'écorce en inoculant la structure fungique nécessaire à son développement. Les imagos émergent à la fin septembre pour engendrer la deuxième génération. Celle-ci passe l'hiver sous l'écorce et apparaît à la fin du printemps de l'année suivante.

7.2.2. *Melanophila marmottani*

Au laboratoire, ce bupreste émerge dès la mi-juin à partir des rondins de la station de Tizi Ala où nous enregistrons la majorité des émergences (plus de 59% de l'effectif total). Ces émergences s'échelonnent jusqu'au début juillet pour les deux autres stations et cessent partout en août (fig. 50-c). Le rythme de vols marque la présence d'un seul pic pour les trois stations.

Après l'écorçage nous avons constaté que les rondins de la période d'exposition printanière ayant déjà donné 91% des émergences, contiennent très peu de larves ou de nymphes mais aucun adulte (fig. 51-c et 51-f).

Les rondins prélevés après la période d'exposition estivale, compte par contre plus de larves et quelques nymphes.

Sur terrain (figure 49-f) à l'instar du laboratoire, les captures débute de la fin mai et se poursuivent jusqu'à la fin août dans la station de Tizi Ala, là où compte le plus grand nombre de captures

7.2.2.1.Discussion :

Avec une durée moyenne de développement estimée à 172 jours (25 semaines) (tab. 32). L'espèce pourrait éventuellement effectuer deux générations par an. Les données des pièges vitre ont révélé aucune capture en hiver.

DE PEYERIMHOFF (1919) a obtenu des imagos en juin à partir de prélèvements effectués en mars et que cette espèce attaque presque toutes les parties du cèdre et effectue une seule génération par an.

A Tizi Ala, nous avons dénombré la plus grande communauté de ce bupreste. Ceci s'explique par la présence de dépérissement qui affecte une grande partie du peuplement. En effet, DE PEYERIMHOFF (1939), note que ce bupreste hâte le dépérissement des arbres. De part sa grande taille, il occasionne de grands dégâts aux vaisseaux conducteurs de sève.

7.2.2.2.Conclusion

Melanophila marmottani réalise une seule génération par an. L'émergence des imagos s'effectue en été (de fin mai à la fin juin). Les larves passent la saison froide sous l'écorce du cèdre et creusent des galeries qui s'élargissent avec leur développement. Cette activité entraîne l'endommagement des tissus conducteurs de sève empêchant par conséquent l'arbre de réaliser son alimentation hydrique. Le cycle reprend à nouveau pour se transformer en nymphes puis en imagos qui volent en mai avec marquant la nouvelle génération.

8. Chronologie des attaques des principales espèces de xylophages

Grâce aux deux arbres pièges, nous avons pu décrire la chronologie des attaques de 4 xylophages. Les résultats obtenus pour ce paramètre sont illustrés dans le tableau 33.

Tableau 33 : Chronologie des attaques des 4 principales espèces de xylophages

Espèces	Durée d'exposition en semaines													
	2	4	6	8	12	16	20	24	48	52	56	60	64	68
<i>Cryphalus numidicus</i>		×	+ ×	+ ×	+	+	+ ×	+		+	+ ×	+ ×	+	
<i>Scolytus amygdali</i>						+				×	+ ×	+ ×		
<i>Cisdygma corioli</i>											+ ×	+ ×	×	+ ×
<i>Melanophila marmottani</i>							+					+	+ ×	+ ×

(+ : Période d'abattage printanière ; × : Période d'abattage estivale)

Les rondins issus de la période de coupe printanière sont généralement les premiers à être attaqués que ceux de la période estivale. En effet, *Scolytus amygdali* et *Melanophila marmottani* attaquent massivement les rondins de la première période respectivement au bout de 16 à 20 semaines d'exposition ; tandis que *Cryphalus numidicus* colonise les rondins de la seconde période en premier après 4 semaines de leur abattage. Enfin, *Cisdygma corioli* attaque simultanément les rondins des deux périodes.

De plus, la fréquence des attaques semble être maximale pour les rondins de la première période surtout par *Cryphalus numidicus* et *Cisdygma corioli*.

8.1. Discussion :

Les attaques des xylophages sont produites uniformément dans le temps et selon l'espèce. Les scolytes se manifestent les premiers en s'installant dans le bois puis suivis par les Ciidae et en dernier par les buprestes.

Cryphalus numidicus est le premier scolyte qui s'installe sur le cèdre grâce à ses attaques massives correspondant aux périodes d'émergence de cette espèce. Ainsi, les rondins abattus en période estivale coïncidant avec la période d'émergence de *C. numidicus* sont les premiers à être attaqués.

La fréquence d'attaque semble être optimale pour les rondins de la période printanière car ils ont reçu la colonisation de trois générations alors que ceux de la période estivale sont attaqués par deux générations. De plus, les attaques se sont prolongées l'année ayant suivi la coupe.

BENHALIMA (1999), signale que *Cryphalus numidicus* réalise une seule génération par an en attaquant les souches de cèdre. L'attaque de ce scolyte est observée juste après celle de *Phloeosinus cedri* soit après 3 mois soit 12 semaines d'exposition pour les rondins coupés lors de la période printanière dans la cédraie de Ras el Ma .

L'autre scolyte, *Scolytus amygdali* s'attaque aux rondins coupés au printemps après 4 mois, et après 13 mois pour les rondins coupés en été. En effet, l'espèce semble coloniser le bois mourant du cèdre et n'affecte en aucun cas le bois vivant.

De plus, l'attaque des arbres pièges se fait lors de la période de culmination des émergences où l'espèce attaque massivement le bois

Au Maroc *Scolytus numidicus*, seule espèce du genre *Scolytus* qui s'attaque aux cédraies, est signalée aussi après 3 mois à partir des tronçons des périodes estivales et printanières (BENHALIMA, 2004).

De même, *Cisdygma corioli* affecte le bois qu'après 14 mois d'exposition c'est-à-dire après que le bois ait atteint soit sa limite de degré de déficience hydrique soit le début de sa décomposition.

Melanophila marmottani seul bupreste que nous avons pu identifier attaque les rondins de cèdre après 5 mois de leur abattage. Ces billots semblent adéquats à son développement est traduit par l'envol des imagos. La fréquence d'attaque est semblable pour les deux périodes.

Cette espèce s'attaque aux cédraies marocaines dès le mois de juin et 3 mois sont suffisants pour que la présence de ce xylophage soit signalée sur les rondins. Les tronçons coupés en juillet donnent par contre des adultes 12 mois après.

8.2. Conclusion :

La durée d'exposition des rondins détermine la chronologie d'attaque des espèces. Il ya celles qui attaquent le bois précocement et celles qui se manifestent tardivement. En ce qui concerne les 4 principales espèces retenues dans cette étude, nous pouvons dire que :

Cryphalus numidicus est la première espèce qui attaque le cèdre suivie de *Scolytus amygdali* puis de *Melanophila marmottani* et en dernier lieu l'espèce xylo-mycophage *Cisdygma corioli*.

LIEUTIER, et al., (2007) expliquent que les xylophages ne répondent pas uniformément à la pression osmotique des arbres. Les différentes espèces ont cependant

besoin d'une multitude de tanins distincts libérés par les arbres à différents niveaux de déficience hydrique.

De plus, certains xylophages en l'occurrence *Cryphalus numidicus* peuvent attaquer le bois du cèdre en pleine sève contournant le système de défense naturelle de l'arbre mais seulement en cas de fortes attaques comme nous l'avons déjà cité dans le précédent chapitre où la phéromone d'agrégation est employée dans ces conditions.

La notion d'espèce secondaire peut disparaître en cas de grandes infestations chez certaines espèces. Ainsi en conditions propices, de par la grande densité d'attaque et l'alternance des attaques d'un grand nombre de génération de *Cryphalus numidicus* peut être considéré comme primaire puisque deux à trois générations peuvent se succéder par an, ce qui permet à ce xylophage de réussir ses attaques même sur les sujets en pleine sève.

Melanophila marmottani, *Scolytus amygdali* et *Cisdygma corioli* s'attaquent aux sujets présentant préalablement des faiblesses physiologiques et donc sont propices aux attaques des espèces secondaires.

Conclusion Générale



Jeune sujet de cèdre de l'Atlas mort sur pied

Conclusion Générale

L'originalité de cette étude réside dans l'établissement pour la première fois d'une liste comprenant le cortège d'insectes associés à la cédraie auréssienne en particulier dans la série d'Ouled Yagoub et le mont Chelia. Dans ce travail, nous avons mis l'accent sur la majorité des xylophages associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas en étudiant leur éco-biologie, dégâts et importance de leurs attaques.

Bien que la plus part ont été déjà cités par nombreux auteurs notamment DE PEYERIMHOFF (1919) et BALACHOWSKY (1949) dans les cédraies du nord de l'Afrique, aucune étude n'a été entreprise à ce jour dans la zone d'étude abritant la plus vaste cédraie du pays.

Cette étude a révélé la présence d'autres espèces supposées jusqu'ici inconnues en Algérie. En plus, elle a révélée les taxons qui composent des auxiliaires évoluant aux dépens des xylophages notamment quelques prédateurs et parasites.

Les trois techniques de piégeage nous ont permis l'obtenir une entomofaune du cèdre composée insectes dont certains sont signalés pour la première fois dans la littérature algérienne. Cette entomofaune est composée d'une multitude de classes trophiques. Les xylophages sont les plus riches avec 16 espèces dont 14 appartiennent à l'ordre des Coléoptères. Les mycophages comptent 4 espèces appartenant à 3 familles différentes et enfin les détritiphages avec 5 espèces.

Les coléoptères xylophages regroupent principalement : les principales espèces de Scolytidae sont présents avec *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri*. Les Bupresidae renferment *Melanophila marmottani* et *Anthaxia sp* alors que les Cerambycidae sont représentés par *Stictoleptura fontenayi* et *Alocerus moesiacus*. Le seul hyménoptère xylophage est *Urocerus augur*, alors que la principale espèce xylo-mycophage est le Ciidae *Cisdygma corioli*.

Deux processionnaires (*Thaumetopoea pityocampa* et *T. bonjeani*) ainsi que deux tordeuses (*Acleris undulana* et *Epinotia algeriensis*) composent le groupe des défoliateurs vivant dans ces cedraies alors que les opophages sont représentés par deux espèces *Cinara cedri* et *Cedrobium laportei*.

Pour la première fois, des espèces prédatrices et parasites des massifs de Chelia et de Ouled Yagoub sont citées bien que la plupart sont déjà signalées par DE PEYERIMHOFF (1915, 1919) et BALACHOWSKY (1949) mais dans d'autres cedraies en l'occurrence celle de Belezma (Batna), de Theniet El Had (Tissemsilt) et de Chréa (Blida). Nous citons les principaux prédateurs des xylophages *Nemosoma breviatum*, *Temnochila coerulea*, *Thanasimodes dorsalis*, *Malachius lusitanicus* et *Pityophagus ferrugineus* alors que les parasites les plus importants sont : *Doryctes leucogaster* et *Triaspis sp*.

L'étude du spectre biogéographique des xylophages du cèdre identifiés nous a permis de grouper ces ravageurs selon leur origine. . Il ressort qu'une bonne partie de ces espèces à savoir *Endophloeus marcovichianus*, *Alocerus moesiacus*, *Stictoleptura fontenayi*, *Magdalis frontalis*, *Anthaxia sp*, *Orthotomicus erosus* et *Scolytus amygdali* appartiennent à la région paléarctique. Elles sont suivies par les espèces lusitaniennes *Melanophila marmottani*, *Pachyrhinus raffrayi* et *Urocerus augur* Klug.

Les espèces indigènes ou endémiques des Aurès sont représentées en général par *Crypturgus cedri*, *Cryphalus numidicus* et *Cisdygma corioli*. Ces insectes s'attaquent exclusivement au cèdre de l'Atlas. Enfin, nous trouvons dans cette liste une espèce pontique (*Xyleborus dryographus*) et l'autre cosmopolite (*Hylastes ater*).

La décortication des rondins nous a permis de décrire plus en détail les systèmes de galeries des principaux xylophages (leur architecture et leur dimensions). Cette description nous a permis encore d'évaluer la fécondité surtout des scolytes qui varie selon le nombre d'encloches entre 10 œufs chez *Cryphalus numidicus* et 43 œufs chez *Scolytus amygdali*.

L'étude de l'abondance totale et relative a montré que les Scolytidae représentent la majorité des xylophages qui s'attaquent au cèdre mais une variation selon les stations. En effet, la station de Tizi Ala regroupe la plus grande population de scolytes par rapport aux stations de Bouhmama et Oued Tider.

La famille des Ciidae bien qu'il soit présentée par une seule espèce *Cisdygma corioli*, elle représente la seconde famille infestant le cèdre de l'Atlas surtout au niveau des stations d'Oued Tider et Bouhmama où nous enregistrons la plus forte infestation.

En ce qui concerne les scolytes, *Cryphalus numidicus* est très abondant avec plus de 56% de l'effectif de l'ensemble des scolytes dans les 3 stations. Les autres sont relativement moins fréquents et représentés par *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri*.

L'étude de la variation spécifique démontre qu'il n'existe pas de grandes différences entre les 3 stations d'étude. En effet, les principales espèces sont récoltées dans toutes les stations d'observation, et quelques espèces seulement secondaires comme *Magdalis frontalis* et *Endophloeus marcovichianus* émergent uniquement des rondins de la station d'Oued Tider. En ce qui concerne *Orthotomicus erosus*, ce scolyte sort uniquement des rondins de la station de Tizi Ala ; par contre *Xyleborus dryographus* est plus commun dans les stations de Bouhmama et Tizi Ala. Enfin, *Urocerus augur* vit uniquement dans les rondins de Oued Tider et Bouhmama.

La distribution des principaux xylophages se fait en fonction des mœurs des espèces. En effet, *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Melanophila marmottani* et *Hylastes ater* s'attaquent indifféremment aux sujets de pleine sève, dépéris ou dépérissants ; alors que *Cisdygma corioli*, *Endophloeus marcovichianus*, *Magdalis frontalis* et *Urocerus augur* vivent exclusivement dans les sujets présentant un état grave de dépérissement.

La densité élevée des attaques de *Cryphalus numidicus* lui a permis de coloniser tous les niveaux des sujets soit de la base au sommet ; à l'inverse *Scolytus amygdali*, *Melanophila marmottani* et *Hylastes ater* hâtent en général les parties médianes des arbres tout en évitant les écorces épaisses ou trop fines.

L'étude que nous avons réalisée a démontré qu'aucune espèce n'est tributaire d'un niveau de hauteur donné ou d'une classe sanitaire donnée ; mais nous avons remarqué que les rondins provenant des arbres de classe déperissante abrite une entomofaune assez riche comparativement aux deux autres classes.

L'analyse des fréquences d'attaque des principales espèces de xylophages révèle que *Cryphalus numidicus* est l'espèce qui cause plus de préjudices aux cédraies de Chelia et Bouhmama, surtout aux arbres sains ou déperissants ; elle est suivie par *Melanophila marmottani* qui hâte considérablement les cèdres déperissants.

La lecture des résultats sur l'étude des cycles biologiques et la chronologie des attaques des espèces xylophages majeures agressant le cèdre de l'Atlas, fait ressortir les mécanismes d'installation et de succession des attaques ; il en sorte que les scolytes sont premiers à envahir les arbres.

L'attaque est entamée par *Cryphalus numidicus* seulement un mois après la coupe des arbres pièges, suivie par *Scolytus amygdali* après 4 mois. Ces deux espèces s'attaquent d'abord aux parties supérieures des arbres puis descendent progressivement avec l'augmentation de la population des scolytes et l'affaiblissement des défenses naturelles de l'arbre. Les attaques continuent jusqu'à 62 semaines pour *C. numidicus* et 60 semaines pour *S. amygdali*.

Le bupreste *Melanophila marmottani* envahie ensuite les parties intermédiaires et basses en plus les rameaux de grands diamètres. Ces attaques sont décelées 20 semaines après les coupes et persistent jusqu'au-delà de 68 semaines.

La présente étude demeure néanmoins incomplète. Beaucoup de paramètres n'ont pas été entamés ou entrepris correctement.

Ce travail doit être considéré comme le premier maillon pour d'autres travaux à coordonner dans le futur visant à cerner certains paramètres tels que l'étude détaillée de l'éco-biologie de chaque espèce de xylophage, l'identification des champignons ectosymbiotiques associés aux xylophages.

L'identification des kairomones libérés par les sujets déficients et les phéromones d'agrégation émis par les xylophages (surtout les scolytes) ainsi que l'identification des champignons entomopathogènes, les prédateurs et les parasites susceptibles d'être utilisés en lutte biologique peuvent être abordés dans les études de stratégie de protection de ces forêts contre les xylophages.

BIBLIOGRAPHIE



Souches de cèdre constituant un foyer pour les insectes xylophages

BIBLIOGRAPHIE

ABDESSEMED K. 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aurès et den Bélezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. *Thèse doct. Ing.*, Fac. St. Jérôme, Marseille. 199 p.

ABOUROUH M., 1983. Essai de mycorhization en pépinière de *Cedrus atlantica* Manetti (cèdre de l'Atlas). *Annales Rech. For. Maroc* **23** :191-328.

ACHHAL A., AKABLI O., BARBERO M., BEBAABID A., M'HIRIT O., PEYRE C, QUEZEL P. et RIVAS-MARTINEZ, S., 1980. A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Ecologia Mediterranea* **5**: 211-249.

AJBILOU R., MARAÑON T., ARROYO J.,2006. Ecological and biogeographical analyses of Mediterranean forests of northern Morocco, *Acta Oecologica* **29**, Elsevier SAS: 104-113.

ALCARAZ C., 1982. La végétation de l'ouest Algérien. Thèse doc. Etat, Univ. Perpignan, France.415 p.

ALLEN C.D., 2009. Le dépérissement des forêts dû au climat: un phénomène planétaire croissant. *Unasylva* **60**, 7p.

ALONSO C., 2009. Les Trichodes de France (Coléoptères ; Cleridae), INRA. Doc interne, 6p.

ALPTEKIN C.U., BARITEAU M., FABRE J.-P., 1997. Le cèdre de Turquie : aire naturelle, insectes ravageurs, perspectives d'utilisation pour les reboisements en France. *Rev. For. Fr.* **XLIX** (1) : 19-31.

ALPTEKIN C.U., BARITEAU M., FABRE J.P., 1997. Le cèdre de Turquie : aire naturelle, insectes ravageurs, perspectives d'utilisation pour le reboisement en France. *Rev. For. Fr.* **49**:19-31.

ANDRIEU-PONEL V., PONEL P., 1999. Human impact on Mediterranean wetland Coleoptera: an historical perspective at Tourves (Var, France). *Biodiversity and Conservation* **8**, Kluwer Academic Publishers. Netherlands : 391-407.

ANRH, 2005. Données météorologiques des stations de Bouhmama, Kantina et Foug el Guis. ANRH, Khenchela, 13p.

AUMONIER T., MAUGARD F., 2005. Bilan de la santé des forêts en 2003, Recrudescence des insectes sous-corticaux à la suite des extrêmes climatiques de 2003, Département de la santé des forêts, *Forêt méditerranéenne*, Bilan de la santé des forêts en 2004. Ministère de l'Agriculture et de la pêche. France. 7p.

AUSSENAC G., FINKELSTEIN D., 1983. Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. *Ann. Scien. For.* **40** (1) : 67-77.

AUSSENAC G., GRANIER A. et GROSS P., 1981. Etude de la croissance en hauteur du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). Utilisation d'un appareillage de mesure automatique. *Ann. Scien. For.* **38** (3) :301-316.

AVTZIS N., 1986. Development of *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in relation to food consumption. *Forest Ecology and Management.* **15**. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands: 65-68.

BALACHOWSKY A. S., 1949. Coléoptères Scolytidae, Faune de France. Le chevalier. Paris. 319p.

BALACHOWSKY A.S., 1969. Les scolytes du cèdre dans le nord de l'Afrique, *Ann. Soc. Ent. Fr.* **5** (3) : 647-655.

BARITEAU M., FERRANDES P. 1992. Les Cèdres. In Gallais et Bannerot H. (Eds.) L'amélioration des espèces végétales cultivées. *INRA* : 732-743.

BATTA Y.A., 2007. Biocontrol of almond bark beetle (*Scolytus amygdale* Geurin-Meneville, Coleoptera: Scolytidae) using *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *Journal of Applied Microbiology* **103**, wiley interscience: 1406–1414.

BEGHAMI Y., 2002. Contribution à l'étude de la flore et de quelques paramètres de L'environnement de la cédraie du massif de Chelia (Aurès). *Th.,Mag. Sci. Agr. Spéc. Forêts.* Univ. Batna. 96 p.

BELLION C., 1976. Etude géologique et hydrogéologique de la terminaison Occidentale des monts de Belezma (Algérie), Th. Doc. 3^{ème} cycle. Univ. Paris : 63-89.

BENABID A., 1985 Les écosystèmes forestiers, pré forestiers et présteppiques du Maroc : Diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *For. médit.* **7**(1) : 53-64.

BENABID A., 1994. Biogéographie Phytosociologie Et Phytodynamique Des Cédraies De L'Atlas *Cedrus Atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For., Maroc* **27** :61-76.

BENAZOUN A., 1999. Contribution à l'évaluation de la mortalité di Neiroun dans la région de Taroudant, *Journées nationale sur la protection de l'olivier, Marrakech le 27 Mai 1999*, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Agadir, Maroc : 51-61.

BENAZOUN A., 2004. Répartition des attaques de *Ruguloscolytus amygdali* Guerin (Coleoptera ; *Scolytidae*) sur amandier dans la région de Tafraout. *Actes Inst.Agron. Vet.Maroc* **24** (1&2) :35-44.

BENHALIMA S., 2004. Les insectes xylophages et leurs rôles dans le dépérissement du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière dans le haut et moyen Atlas (Maroc). *Th. Doct. Etat, Fac. Sci. univ. Mohammed V, Agdal, Rabat.* Maroc, 107p.

BENHALIMA S., VILLEMANT C., LIEUTIER F., MOUNA M., 1999. Chronologie des attaques de xylophages (Coleoptera ; Scolytidae) ravageurs du cèdre, *Cedrus atlantica* (Pinaceae) dans le moyen Atlas (Maroc), *Annales de la Société Entomologique de France*, Ed, Société entomologique de France : 206-212.

BENSSACI O. A., 2006. La Mycoflore Endophyte du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) dans le Massif de Bélezma (Aurès). *Thèse Magist. Spéc. For. et conserv. des Sols. Inst. Agr. Batna*. 80 p.

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 Magist. In. Agr. Batna*. 63 p.

BENTOUATI A. 2006. Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halpensis* .M) du massif de Ouled Yagoub (Khanchela-Aurès). *Thèse Doct. In. Agr. Batna*. 115 p.

BENTOUATI A. 2008. La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). Forêt Méditerranéenne tome XXIX (2) : 203-208.

BENTOUATI A. et OUDJHIH B. 1999. Premières études de la croissance et de la productivité du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Bélezma (Aurès). *Ann. de la Rech. For. en Algérie* 2: 23-33.

BENTOUTI A., BARITEAU M., 2006. Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie), Forêt méditerranéenne, éd. *Forêt Méditerranéenne* ,Tome XXVII (4), pp : 317-322 .

BERRYMAN A. A., KENNETH F. R., MILLSTEIN J. A., et STENSETH N. C., 1989. Interaction dynamics of bark beetle aggregation and conifer defense rates. *OIKOS* 56 (2): 256-263.

BERTON A., CHARARAS C., 1967. Recherches sur la densité des vapeurs exhalées par les constituants terpéniques de certains abies et étude de leur stimulus attractif à l'égard de *Pityokteines curvidens* Germ. (coléoptère, Scolytidae), *Ac. d'agr. de Fr.*, Extr. proc. Verb. Novembre 1967 :1238-1243.

BFH, EFI, 2007. Étude de faisabilité sur les moyens de lutte contre le dépérissement forestier, *Rapport Technique*, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products & European Forest Institute (EFI), 84p.

BNFE 1984., plan d'aménagement de la zone de Ouled Yagoub et des Beni-Oudjana (40 000ha), ministère de l'hydraulique et l'environnement des forêts, RADP, 62p.

BOU DAGHER-KHARRAT M., MARIETTE S., LEFEVRE F., & FADY B. & GRENIER-DE MARCH G. PLOMION C., SAVOURE A., 2007. Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species estimated by AFLP. *Tree Genetics & Genomes* 3, Springer-Verlag :275–285.

BOUDY P., 1950. Economie forestière Nord-Africaine : monographie et traitement des essences forestières. *Larose* 2 : 529-619.

BOUDY P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. *La Maison Rustique*. 505 p.

BOUGET C., BRUSTEL H., NAGELEISEN L.M., 2005. Nomenclature des groupes écologiques d'insectes liés au bois : synthèse et mise au point sémantique. *Biologies* 328: 936–948.

BRIN, A., BRUSTEL, H., VALLADARES, L., 2005. Sur quelques *Cerambycidae* (Coleoptera) remarquables de la chaîne pyrénéenne, *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*. 33 (1). 140p.

BROWNBRIDGE M., REAY S.D. CUMMINGS N.J. 2009. Association of Entomopathogenic Fungi with Exotic Bark Beetles in New Zealand Pine Plantations. *Mycopathologia* hors series, Springer Science+Business Media B.V., 6p.

BRUNETTI M., DE CAPUA E., MACCHIONI N., MONACHELLO S., 2001. Natural durability, physical and mechanical properties of Atlas cedar (*Cedrus atlantica* Manetti) wood from Southern Italy. *Annals of forest science* 58 (6): 607-613.

BYERS, J.A., 1992. Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short chain alcohols and monoterpenes. *Journal of Chemical Ecology* 18 : 2385-2402.

BYERS J.A., 1995. Host tree chemistry affecting colonization in bark beetles, *Ecology of Insects*, 2. Chapman and Hall, New York : 154-213.

CAMERON E.A., 1965. The Siricinae (Hymenoptera, Siricidae) and their parasites. *Tech. Bull.* 5. Commonwealth institute of biological control : 1-31.

CAMS S., 2004. Impact of Defoliation by the Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea pityocampa*) on Radial, Height and Volume Growth of Calabrian Pine (*Pinus brutia*) Trees in Turkey, *Phytoparasitica* 32(5). Carus :459-469.

CANARD D., PERRU O., TAUZIN V., DEVILLARD C. and BONHOURE J.-P., 1997. Terpene composition variations in diverse provenances of *Cedrus libani* Rich. And *Cedrus atlantica* Manet. *Trees* 11. Springer-Verlag, pp: 504 –510.

CAPINERA J. L., 2008. Encyclopedia of Entomology, éd. Springer Science & Business Media B.V. 2 (4), Germany, 4818p

CARLIER F.-X., DECOCK C., JACOBS K, MARAITE H., 2006. *Ophiostoma arduennense* sp. (Ophiostomatales, Ascomycota) from *Fagus sylvatica* in southern Belgium. *mycological research* 110, éd. Elsevier Ltd: 801 – 810.

CHAKALI G., 2007. Stratégie d'attaque de l'hylésine *Tomicus destruens* (Wollaston, 1865) (Coleoptera : Scolytidae) sur le pin d'Alep en zone semi-aride (Algérie, Djelfa), *Ann. Soc. Ent. Fr.* 43 (2): 129-137.

CHAMBON J.-P. ; FABRE J.-P. ; KHEMECI M., 1990. Trois nouvelles Tordeuses d'Algérie nuisibles aux Conifères, *Bull. de la Soc. Entom. de Fr.* **95** (3-4), Société entomologique de France, Paris. France : 131-138.

CHARARAS C., 1967. Recherche sur l'attractivité exercée par divers conifères à l'égard d'*Ips sexdentatu.*, *Ann. Soc. Ent. Fr.* **3** (3) : 777 à 785.

CHARARAS C., 1968. Recherche sur les réactions d'*Ips sexdentatus* Boerner aux exhalaisons terpéniques de divers conifères, *Ac. d'agr. de Fr.*, Extr. proc. Verb. février 1967: 226-231.

CHARARAS C., 1982. Les insectes parasites des forêts, *la recherche* **132** (13) : 440-451.

CHARARAS C., JUSTER M. et BALMAIN-Oligo N. 1968. Recherche sur le stimulus attractif de *cedrus libani* Barr. Vis-à-vis de *Phloeosinus cedri* schedi. (coléoptère, *scolytidae*), *Bull. Soc. Zoo. Fr.* **93** (2): 309 – 316.

CHEN G., WANG Q., DENG H.-B., DAI L.-M., 2002. On forest ecosystem health and its Connotations, *J. of Forestry Research.* **13** (2): 147-150.

CHRISTIANSEN, E., BAKKE, A., 1988. The spruce bark beetle of Eurasia. In: Berryman, A.A., ed. Dynamics of forest insect populations: Patterns, causes, implications. *New York Plenum Press*: 479-503.

COINTAT M., 1996. Le roman du cèdre, *Forêt de France* **48**, *fédération Forestiers Privés de France* : 503–517.

CSABA M. 1994. Results Of Introduction Trials With *Cedrus atlantica* In Hungary. *Ann. Rech. For. Maroc* **27** : 219-222.

DAGET P., 1977. Le bioclimat méditerranéen, caractères généraux, méthodes de caractérisation. *Vegetatio.* **1**(34) : 1-20.

DE BEAULIEU J-L.2007. Table ronde ; L'évolution du climat n'est pas chose nouvelle, s'affole-t-on pour rien ?, Journées d'étude «Changement climatique et Forêt méditerranéenne »- 8 novembre 2007. *Forêt méditerranéenne*, 2p.

DE DIOS V.R., FISCHER C., COLINAS C., 2007. Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures. *New Forests* **33**. Springer Science Business Media B.V: 29–40.

DE PEYERIMHOFF P. 1910. Nouveaux Coléoptères du Nord-Africain. *Bull. de la soc. Entom. de France* **8** (01) :103-113.

DE PEYERIMHOFF P. 1911. Nouveau coléoptères du Nord-Africain. *Ann de la Soc. Entom. de Fr.* **1**. Paris : 19-24.

DE PEYERIMHOFF P. 1915. Notes sur la biologie de quelques coléoptères phytophages du nord-africain, *Ann. de la. Soc. Entomo. de Fr.* **LXXXIV** (1). Paris :19-61.

DE PEYERIMHOFF P. 1919. Nouveau coléoptères du Nord-Africain *Trente cinquième note: Faune de l'Aurès*, , *Ann. de la. Soc. Entomo. de France*, **LXXXVIII**. Paris :243-247.

DE PEYERIMHOFF P. 1933. Les coléoptères attachés aux conifères dans le nord de l'Afrique, *Ann. Soc. Ent. Fr.* **CII** : 359-412.

DELKOV A. et GROZEV O. 1994. Résultats de l'introduction du *Cedrus atlantica* Manetti en Bulgarie de Sud-Ouest. 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) :174-185.

DEMARTEAU M., 2006. Réponse de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs, *Mém Licence sci. géol.* Université de Liège, 54p.

DEMOLIN G., 1969. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocompa* Schiff., *Description spécial, Importance écologique*, *Ann. Sci. Forest.* **26** (1) :81-102.

DERRIDJ, A., 1990. Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. *Thèse. Doc. Uni.* Paul Sebastier, Toulouse. 288 p.

DIPPEL C., 1996. Investigations on the life history of *Nemosoma elongatum* L. (Col., Ostomidae), a bark beetle predator. *Journal of Applied Entomology* **120** (1). Elsevier : 391-395.

DIRIK H., 2000. Effet du stress hydrique osmotique sur la germination des graines chez les provenances de Cèdre du Liban (*Cedrus Libani* A. Rich.) d'origine Turque. *Ann. For. Sci.* **57**. INRA, EDP Sciences,: 361–367.

DODELIN B., 2006. Ecologie des coléoptères saproxyliques dans les forêts de l'étage montagnard des Alpes du nord françaises. *Ann. Soc. ent. Fr. (n.s.)* **42** (2): 231-243.

DUCREY M., 1994. Adaptation du cèdre de l' Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen : Aspects écophysologiques de sa réaction à la sécheresse. *Ann. de la rech. Forest. au Maroc* **27** (1) ; 140-153.

EL YUCEFI M., 1987. *Thaumetopoea bonjeani* Powel, La processionnaire du cèdre, Poly copies Min. Agr. Ref. Agr. 14p.

ELLIOTT H. J., MADDEN L., and BASHFORD R., 1983. The association of ethanol in the attack behaviour of the mountain pinhole borer *Platypus subcranosus* schedl (Coleoptera Curculionidae, Platypodinae), *J. Aust. ent. Soc.* **22** : 299-302.

ET-TOBI M., BENZIANE M., 2007. Le dépérissement du cèdre de l'atlas au Maroc, Journées d'étude «Changement climatique et Forêt méditerranéenne »- 9 novembre 2007. *Forêt méditerranéenne*. 2p.

EZZAHIRI M., 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*. **11** (2) :79-89.

FABRE J. P, RABASSE J. M., 1987. Introduction dans le sud-est de la France d'un parasite : *Pauesia cedrobii* (Hymenoptera; Aphidiidae) du puceron : *Cedrobium laportei* (Hom. ; Lachnidae) du cèdre de l'atlas : *Cedrus atlantica*. *Entomopiiaga* **32**(2). Springer : 127-141.

FABRE J.P., 1988. Possibilités d'infestation par les pucerons : *Cedrobium laportei* Remaudière, *Cinara cedri* Mimeur (Homoptera, Lachnidae), chez le genre *Cedrus*. *Ann. Soc. For.* **45** (2). Elsevier/INRA : 125-140.

FABRE J.P., 1994. Etat actuel des connaissances sur les ravageurs originaires de l'aire naturelle des cèdres parvenus en France, colonisation par les insectes d'un nouvel écosystème forestier. *Ann. Rech. For. Maroc* **27** :539-551.

FABRE J.-P., AVCI M., 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.

FACCOLI M., SCHLYTER F., 2007. Conifer phenolic resistance markers are bark beetle antifeedant semiochemicals. *Agricultural and Forest Entomology* **9**: 237–245.

FAO, 2006. Synthèse mondiale, situation des forets du monde, éd. *FAO* : 64, 71.

FARJON A., 1990. *Pinaceae : drawings and descriptions of the genera Abies, Cedrus, Pseudolarix, Keteleeria, Nothotsuga, Tsuga, Cathaya, Pseudotsuga, Larix and Picea*. Koeltz scientific books. 330 p.

FAURE L. et LAFFITE, L. 1949. Facteurs de répartition des cédraies dans le massif de l'Aurès et du Belezma. *Bul. Sci. d'Hist. Nat. De l'Afrique du Nord* **40**: 178-182.

FERKA ZAZOU N., 2006. Impact de l'occupation Spacio-Temporelle des Espaces sur la Conservation de l'Ecosysteme Forestier. Cas de la Commune de Tessala, Wilaya de Sidi Bel Abbes, Algerie. th. Mag. Gestion et Conservation des Ecosystemes, Univ. Tlemcen. 114p.

FINKELSTEIN D., 1981. Contribution à la caractérisation écophysologique du cèdre. étude de la croissance et des échanges gazeux. *Th. 3^{ème} cycle*, Univ. De Nancy. 159 p.

FRITAH S., 1984. Etude de l'entomofaune du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans la région de Batna et Khenchela. *Thèse ing, Agr.*, Inst. Nat. Agr., El Harrach. 73p.

GACHI M., 2004. Contribution à l'étude de l'éco biologie de la processionnaire d'été *Thaumetopoea bonjeani*. POWEL (Lep., *Thaumetopoedae*) dans la cèdraie de Belezma, Aurès, *Thèse, mag. Sci. Bio.* USTHB. Alger. 110p.

GEBHARDT H., BEGEROW D., and OBERWINKLER F.,2004. Identification of the ambrosia fungus of *Xyleborus monographus* and *X. dryographus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Mycological Progress* **3**(2). DGfM : 95–102.

GEORGIEV G., LJUBOMIROV T., RAIKOVA M., IVANOV K., SAKALIAN V., 2004. Insect inhabitants of old larval galleries of *Saperda populnea* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae) in Bulgaria. *J Pest Sci.* **77**. Springer-Verlag : 235–243.

GIBBS, J. N.; INMAN, A., 1991. The pine shoot beetle *Tomicus piniperda* as a vector of blue stain fungi to windblown pine. *Forestry* **64**: 239–249.

GILLOTT C., 2005. Entomology 3^{ème} Ed., Springer, Netherlands. 831p.

GRAF P., MOUNA M., 1994. Les ravageurs xylophages et sous corticaux du cèdre, et maladies des forêts du Maroc. DPVCTRF. Rabat. Maroc :54-56.

GRAF P., MZIRBI M., 1994. Les ravageurs sous-corticaux et xylophages, *Les scolytes des pins*, Ravageurs et maladies des forêts du Maroc. DPVCTRF. Rabat :33-45.

GTZ, 1982. Plan d'aménagement de la forêt domaniale des Beni Imloul, Série de Kantina. ONTF. Secrétariat d'état aux forêts et à la mise en valeur des terres. 61p ;

GÜLLÜ1 G., SIRIN G. and TUNCEL G., 2003. Forest decline evidence in southern turkey and its possible dependence on ozone trends, *Water, Air, and Soil Pollution* **3. Focus**, Kluwer Academic Publishers. Netherlands: 255–267.

GUERLI F., SPERISEN C., BÜCHLER U., BRUNNER I., BRODBECK S., PALMER J. D. et QIU Y.-L. 2001. The evolutionary split of Pinaceae from other conifers: evidence from an intron loss and multigene phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **21** (2): 167-175.

GUEZLANE A., 1982. Observation sur le dépérissement du cèdre dans l'Aurès, Rapport de mission. Ministère de l'agriculture, 4p.

GUIBAL F., 1984. Contribution dendroclimatologique à la connaissance de la croissance du cèdre de l'Atlas dans les reboisements du Sud-Est de la France. *Th.de 3^{ème} cycle*. Univ. d'Aix-Marseille. 123 p.

GUIRAUD R., 1973. Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine de l'Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. *Th. Doc . Sci. Uni. Nice. France* : 52-96.

GULLAN, P.J. et CRANSTON P.S., 2005. The Insects An Outline of Entomology. Blackwell, Oxford. United Kingdom, 529p.

HALIMI A., 1980. L'Atlas Belidien climat et étages végétaux. O P U. Alger. 532p.

HARZ V. B., TOPP W. 1999. Tothoh im Wirtschaftswald: eine Gefahrenquelle zur Massenvermehrung von Schadinsekten? Deadwood in commercial forest: a source of danger for the outbreak of pest species?, *Forstw. Cbl.* **118**. Wiley-Blackwell : 302-313.

HUBER D. P. W. & BORDEN J. H. 2001. Protection of lodgepole pines from mass attack by mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae*, with nonhost angiosperm volatiles and verbenone. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **92**. Kluwer Academic Publishers. Netherlands : 131–141.

HULCR1 J., DOLE1 S. A., BEAVER R.A., COGNATO1 A.I., 2007. Cladistic review of generic taxonomic characters in Xyleborina (Coleoptera; Curculionidae; Scolytinae), *Systematic Entomology* **32**. The Royal Entomological Society: 568–584.

JACTEL, H., BROCKERHOFF, E., DUELLI P. 2005. Test of the Biodiversity–Stability Theory: Meta-analysis of Tree Species Diversity Effects on Insect Pest Infestations, and Re examination of Responsible Factors, *Ecological Studies*. **176**. Springer-Verlag, Berlin. Germany: 235-262.

JANKOWIAK Y. R., KOLARIK M., 2009. Fungi associated with the fir bark beetle *Cryphalus piceae* in Poland, *J. For. Path.* hors series. Blackwell Verlag GmbH, 12p.

JEREMY D. ALLISON J. D., BORDEN J.H., and SEYBOLD S. J. 2004. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera). *Chemoecology* **14** :123–150.

JONSELL M., NORDLANDER G., 2004. Host selection patterns in insects breeding in bracket Fungi. *Ecological Entomology* **29** : 697-705.

KELSEYA R. G., GLADWIN J., 2001.Attraction of Scolytus unispinosus bark beetles to ethanol in water stressed Douglas branches. *Forest Ecology and Management* **144**: 229-238.

KHANFOUCI M. S. 2005. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif de Bélezma. *Thèse Magist. In. Agr. Batna*. 249 p.

KHLIFI A., 2002. Situation agrométéorologique de la daïra de Bouhmama, présentation et Analyse des données subdivision agricole de la daïra de Bouhmama. *Min. Agr.* 27p.

KRIVETS S.A., KOROVINSKAYA E.N. 2008. Phytophagous insects in a Siberian stone pine clone archive. *Ann. For. Res.* **51**. ICAS :177-179.

KRÓLIK R., 2002. *Cis tauriensis* n. sp. from Turkey (Coleoptera: Ciidae). *Genus* **13** (2). Wrocaw : 197-202.

LADJAL M., DELOCHE N., HUC R., DUCREY M., 2007, Effects of soil and air drought on growth, plant water status and leaf gas exchange in three Mediterranean cedar species: *Cedrus atlantica*, *C. brevifolia* and *C. libani*. *Trees*. **21**. Springer-Verlag :201–213.

LAFFITE R., 1939. Esquisse géologique de l'Aurès. *Thè. Sci. Paris. France* : 10-43.

LASRAM M. 1994. Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. *Ann. de la rech. Forest. au Maroc* **27** (spécial). Ifrane. Maroc : 35-36.

LEAHY M. J. A, OLIVER T. H., LEATHER S. R . 2007. Feeding behaviour of the black pine beetle, *Hylastes ater* (Coleoptera: Scolytidae). *Agricultural and Forest Entomology* **9**. The Royal Entomological Society: 115–124.

LEAHY M-J. A ., OLIVER T- H .,LEATHER S-R., 2007. Feeding behaviour of the black pine beetle, *Hylastes ater* (Coleoptera: Scolytidae). *Agricultural and Forest Entomology* **9**. Springer :115–124.

LEATHER S.R., 2005. Insect sampling in forest ecosystems. Blackwell Science Ltd. Victoria, Australia. 303p.

LELUAN M., LELUAN J., CHARARAS C., 1987.Caractéristiques physiologiques de l'arbre hôte et installation de différents insectes secondaires (Scolytidae et Cerambycidae), *Physiologie animale* **305** (3). C.R. Acad Sci. Paris: 423-426.

LEPOUTRE, B. et PUJOS (1963) : Facteurs climatiques déterminant les conditions de germination et d'installation des plantules de cèdre. *Ann. Rech. For. Maroc* **7** : 23-54.

LHOIR J., Fagot J., THIEREN Y. & GILSON G., 2003. Efficacité du piégeage, par les méthodes classiques, des coléoptères saproxyliques en région wallonne (Belgique). *Notes Fauniques de Gembloux* **50** : 49-61.

LIEUTIER F., DAY K. B.R., ANDREA-GEGOIRE J.C. et EVANS H. F., 2007. Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis **1** . Springer. Dordrecht, Netherlands. 569p.

LIEUTIER F., 1988. Diagnostics des attaques de scolytes. *Rev. Forest. Fr.* num. spéc. :124-130.

LIEUTIER F., 1991. Les coléoptères scolytidae en France et les recherches menées par l'INRA, *Bull. soc. Zool. Fr.* **116** (3-4) : 275-281.

LIEUTIER F., 1992. Les réaction de défense des conifères et stratégie d'attaque de quelques scolytides européens. *Mém. Soc. Belge Ent.* **35**: 529-583.

MARC H., 1916. *Notes sur les forêts de l'Algérie.* Larose. 331 p.

MARKALAS S. and KALAPANIDA M. 1997. Flight pattern of some Scolytidae attracted to flight barrier traps baited with ethanol in an oak forest in Greece. *Anz. Sch/idlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* **70**. Clearance Center : 55-57.

MEDDOUR -SAHAR O., MEDDOUR R., DERRIDJ A., 2008. Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long 1876-2007. *Les Notes d 'analyse du CIHEAM* **39**. 10p.

MEIER F., ENGESSER R., FORSTER B., ODERMATT O., BIRMENS DORF A., 2008. Protection des forêts –Vue d'ensemble 2007. WSL. : 24p.

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.

M'HIRIT, O., 1994. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*. Manetti) Présentation générale et état des connaissances à travers le Réseau.Méditerranéen " Le CEDRE ". *Ann. Rech. For. Maro.* **22** : 4-15.

M'HIRIT O., 2006. Le cèdre de l'Atlas : mémoire du temps. éd. MARDAGA. 288p.

M'HIRIT O., 2008. Etude des causes de dépérissement de la cédraie du Moyen Atlas : *rapport de synthèse*, FAO. Rome, Italie. 100p.

M'HIRIT O., BLEROT P., 1999. Le grand livre de la forêt marocaine. Belgique. Mardaga. 280p.

M'HIRIT O., SAMIH A., MALAGNOUX M., 1994. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *Silva Mediterranea*: actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas, Ifrane (Maroc). *Ann. Rech. Forest. Maroc.* **27** (1) : 337-348.

MOUNA M., 1984. Contribution à l'étude d'*Acleris undulana* Walsingham (Lepidoptera, Tortricidae, *Tortricinae*) tordeuse du cèdre au Maroc. *Bull. Instit. Scie.* **8**. Rabat, Maroc : 143-147.

MOUNA M., FABRE J-P., 2005. Pest of cedars : *Cedrus atlantica* Manetti, *C. libani* A. Richard and *C. brevifolia* Henry in the Mediterranean area. *Entomological research in Mediterranean*. INRA. Paris, France : 89- 103.

MÜLLER J., BUFLER H., KNEIB T., 2008. Saproxylic beetle assemblages related to silvicultural management intensity and stand structures in a beech forest in Southern Germany. *J Insect Conserv* **12**. Elsevier Science B.V :107–124.

NASA World Wind, 2010. National aeronautics and space administration of USA, , version 1.4.0.0.

NEDJAH A., 1988. La cédraie du Chréa (Atlas Blideen). Phénologie, productivité, régénération. Thèse. Doc. 3^{ème} cycle. Uni. NANCY I . 184 p.

NEDJAH A., 1993. Etude de la croissance radiale des provenances du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*. Manetti) en Algérie. *Silva Mediterranea* Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane, Maroc ; 7 – 11 juin 1993: 452 – 461.

OHSAWA M., 2005. Species richness and composition of Curculionidae (Coleoptera) in a conifer plantation, secondary forest, and old-growth forest in the central mountainous region of Japan. *Ecol Res.* **20**. The Ecol. Soci of Japan : 632–645.

PAINE T.D., STEPHEN F.M., 1987. Fungi associated with the southern pine beetle: avoidance of induced defense response in loblolly pine. *Oecologia* **74**. Springer-Verlag Berlin, Germany : 377-379.

PAJARES J. A., IBEAS F., DIEZ J. J., GALLEGU D., 2004. Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semiochemicals, *JEN* 128 (9/10). Blackwell Verlag. Berlin, Germany: 633–638.

PARADE J et BOUCHON J., 1988. Dendrométrie, Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts **22**. I.N.G.R.E.F. 328p.

PASCUAL S., COBOS G., SERIS E., GONZALEZ-NUNEZ M., 2009. Effects of processed kaolin on pests and non-target arthropods in a Spanish olive grove. *J Pest Sci* hors series. éd. Springer-Verlag. 6p.

PEŠIĆ S., 2002. Weevils (Curculionoidea) of the national park TARA (the first contribution) *Acta entomologica serbica* **7** (1/2). Springer :29-39.

PODLASKI R., BORKOWSKI A., 2009. Method for estimating density of *Cryphalus piceae* (Ratz.) brood galleries using a regression model, *J. Appl. Entomol.* **133**. Blackwell Verlag. Berlin: 402–409,

PONEL P., 1995. Rissian, Eemian and Wiirmian Coleoptera assemblages from La Grande Pile (Vosges, France), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **114**. Elsevier Science B.V:1-41.

PRADAL F., 1979. *Variabilité génétique et écophysiologique du cèdre*. Mémoire de troisième cycle. ENITEF. 89 p.

PUJOS A., 1964 : Les milieux de la cédraie marocaine. Etude d'une classification des cédraies du Moyen Atlas et du Rif en fonction du sol et du climat de la régénération actuelle dans les peuplements. *Ann. Rech. For. Maroc* **8**. Rabat, Maroc. 283p.

QUEZEL P. 1957. Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biogéographique et écologique **5**. Paris : 15-30.

QUEZEL P., 2000. Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb. *Méditerranéen*. Ibis Press, Paris, 117 p.

QUEZEL P., MEDAIL F., LOISEL R. and BARBERO M., 1999. Biodiversity and conservation of forest species in the Mediterranean basin. *Forêt méditerranéenne*. 2p.

REAY, S.D., THWAITES J.M., FARRELL R.L., & WALSH P.J., 2003. The role of the bark beetle, *Hylastes ater* (Coleoptera: Scolytidae), as a sapstain fungi vector to *Pinus radiata* seedlings: A crisis for the New Zealand forestry industry?. *Integrated Pest Management Reviews* **6**. Kluwer Academic Publishers. Netherlands: 283–291.

RESH V H. et CARDÉ R T., 2003. *Encyclopedia of insects*. éd. Elsevier Science. Hong kong. 1295p.

RIEDACKER A., 1978. Régénération et croissance de la partie souterraine et aérienne des cèdres placés sous climat constant. *Ann. des Sci.Forest* **35** : 117-138.

RUNGS C., 1940. Les ennemis du cèdre au Maroc. *C. R Soc. Sci. Nat.* **5(3)** :12-16.

SABATIER S., BARADAT P., BARTHÉLÉMY D. 2003. Intra- and interspecific variations of polycyclism in young trees of *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex. Carrière and *Cedrus libani* A. Rich (Pinaceae). *Annals of Forest Sciences* **60**: 19-29.

SABATIER S., BARTHÉLÉMY D., 1999. Growth dynamics and morphology of annual shoots, according to their architectural position, in young *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex. Carrière (Pinaceae). *Annals of Botany* **84** : 387-392.

SABATIER S.; BARTHELEMY D., 1993. Premières observations sur l'architecture du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (ENDL.) Manetti ex Carriere (Pinaceae). *Silva Mediterranea Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas*. Ifrane (Maroc) ; 7 – 11 juin 1993 : 364 – 377.

SAFRANYIK L., SHORE T. L. and LINTON D. A., 2004. Measuring trap efficiency for bark beetles (Col., Scolytidae). *JEN* **128**(5), Blackwell Verlag, Berlin: 337–341.

SCHOENENBERGER A., 1970. Etude du couvert forestier de l'Aurès oriental. Tendances évolutives de ce peuplement. F.A.O. Projet Algérie. Constantine : 22-69.

SCHROEDER L.M., EIDMANN H.H., 1987. Gallery initiation by *Tomicus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae) on scots pine trees baited with host volatiles. *Journal of Chemical Ecology*. **13** (7) :1591-1599.

SCHVESTER D., 1981. Risques encourus par les forêts méditerranéennes. *Bull. OEPP*. **11** (3) : 199-205.

SCHVESTER D., 1986. Problèmes entomologiques forestiers en zone méditerranéenne française, *Bull. OEPP/EPPO* **16** :603-611.

SELTZER P., (1946) : Le climat de l'Algérie. Ed Carbonel. 219p.

SEMAL J., 1989. Traité de pathologie végétale. Presses agronomiques de Gembloux. Belgique. 621p.

SEYBOLD S. J., HUBER D. P. W. LEE J. C., GRAVES A.D. BOHLMANN J. 2006. Pine monoterpenes and pine bark beetles: a marriage of convenience for defense and chemical communication. *Phytochem. Rev.* **5**. Springer Science Business Media B.V : 143–178.

SIMILÄ M., KOUKI J., MÖNKKÖNEN M. and SIPPOLA A-L., 2002. Beetle species richness along the forest productivity gradient in northern Finland. *Ecography* **25** : 42–52.

SLEEPER E.L., 1960.. Notes on the Curculionoidea II, 20. *A contribution to the knowledge of the Curculionoidea. The Ohio Journal of Science* **60** (2) : 83-88.

SPRADBERY J. P., 1973. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasps on conifers, *Ann. of Appl. Bio.* **75** (3). Association of Applied Biologists: 309 – 320.

STEWART P., 1969. Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord* . Alger: 14-59.

TOPER A.,2002. Studies on the biology of *Cryphalus piceae* (Ratz.) (Coleoptera, Scolytidae) in the Bartın and Karabük regions of Turkey, *Anz. Shädlingkunde. J. Pest Science*. Blackwell. Berlin. Germany :103-104.

TOTH J., 1970. Plus que centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France. *R.F.F.* **22** (3) : 355 – 364

TOTH J., 1980. Le cèdre : 2. La graine : dissémination, extraction, qualité, germination, conservation. *La Forêt Privée* **131** :78-84.

TOTH J., 1981. Contribution à l'étude monographique du cèdre méditerranéen, éd. INRA, Station d'Avignon. 25 p.

TOTH J., 1982. Analyse de la croissance juvénile sur trois essences résineuses – cèdre – pin noir et pin de salzmann dans le reboisement de Belbezet (Gara). *Forêt méditerranéenne* **4** (2) : 143 – 146.

TOTH J., 1984. La prévision des possibilités de récoltes de cônes de cèdre de l'Atlas(*Cedrus atlantica* Manetti). *Bull. Tech.* **15**. O.N.F : 39 – 51.

TOTH J., 1987. Effets des facteurs d'environnement sur l'accroissement du cèdre de l'Atlas. *Bull. Soc. Sci. Nat. Vaucluse* : 71 – 77.

TOTH J., 1988. Croissance juvénile de trois provenances françaises de cèdre de l'Atlas étudiées dans une mono – station à Citon. Doc. interne **1**. INRA-CNRF-Station de sylviculture méditerranéenne. Avignon : 80 p.

TOTH J., 1990. Le cèdre III. Intérêt paysager. Cédraie touristique. *Forêt privée* **195**. 8 p.

TOTH J., 2005. Le cèdre de France. Etude approfondie de l'espèce. éd. Harmattan. Paris, France. 207p.

TOUCHEN R., 2008. May-August Palmer Drought Index Reconstruction for Tunisia and Algeria from Tree Rings. rapport de sorties. 2p.

TYKARSKI P., 2006. Beetles associated with scolytids (Coleoptera, Scolytidae) and the elevational gradient: Diversity and dynamics of the community in the Tatra National Park, Poland, *For. Eco.and Manag.* **225**. Elsevier B.V : 146–159.

VAN LEEUWEN E. P., HENDRIKS K- M. A., Klap J., VRIES W., DE JONG E.,ERISMAN J. W. 2000. Effects of environmental stress on forest crown condition in europe. part II: estimation of stress induced by meteorology and air pollutants. *Water, Air, and Soil Pollution* **119**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands: 335–362.

VERBRUGGHE M., ACULAT B.B., FABRE J.P., 1989. Microclimatologie de deux peuplements de cèdre *Cedrus atlantica* Manetti dans le sud de la France. *Ann. Soc. For.* **46** (2), éd. Elsevier/INRA : 71-83.

VILHELMSSEN L., 2003. Flexible ovipositor sheaths in parasitoid Hymenoptera (Insecta). *Arthropod Structure & Development* **32**. Elsevier Ltd : 277–287.

VILLIERS A. ; 1946. Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire Français. *Off. Rech. Sci. Colo.* **1**. Muséum, Leb. Larose. 153p.

WAINHOUSE D., 2005. Ecological Methods in Forest Pest Management. Oxford University Press. United Kingdom. 249p.

WANG X.-Q., TANK D. C. et SANG T., 2000. Phylogeny and divergence times in Pinaceae. evidence from genomes. *Molecular Biology and Evolution* **17** (5): 773-781.

YILDIZ O., ESEN D. AKBULUT S., 2007. Effects of different ecological and silvicultural factors on beetle catches in the Turkish fir (*Abies bornmuülleriana* Mattf.) ecosystems. *J Pest Sci.* **80**. Springer-Verlag :145–150.

ZADA A., BEN-YEHUDA S., DUNKELBLUM E., HAREL M., ASSAEL F., MENDEL Z. 2004. Synthesis and biological activity of the four Stereoisomers of 4-methyl-3-heptanol: Main component of the aggregation Pheromone of *Scolytus amygdale*. *Journal of Chemical Ecology* **30** (3). Plenum Publishing Corporation: 631-641.

ZAMOUM M., 1998. Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermüller (Lep. Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). *Th. Doct. Univ. Renne I.* 247p.

ZINE EL ABIDINE A., 2003. Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. *Secheresse* **14** (4). John Libbey Eurotext: 209-218.

La superficie de la biosphère forestière circumméditerranéenne est en constante régression, à cause d'une multitude de facteurs biotiques et abiotiques que nous avons groupés en trois catégories, les facteurs prédisposants, les facteurs aggravants et les agents d'achèvement ; il s'est avéré que les insectes en général et les xylophages en particulier sont présents dans les trois groupes d'où l'intérêt de cette étude originale, en Algérie.

Après avoir, décrit brièvement l'écologie et la biologie des xylophages des conifères, présenté le cèdre de l'Atlas, et étalé les causes de dépérissement forestier ; on a soigneusement présenté la zone d'étude et les stations d'observations qu'on a choisis.

La méthodologie adoptée et le dispositif de piégeage (pièges vitres multidirectionnelles, bacs jaunes et éclosoirs) ont permis d'inventorier 6 179 spécimens regroupés dans 5 ordres, 35 familles et 64 espèces, 87% des captures sont des coléoptères, 5% des Hyménoptères suivis des Lépidoptères et des Homoptères.

Quinze espèces xylophages ont été identifiées, dont les principaux sont les scolytes : *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* et *Crypturgus cedri* ; le Ciidae *Cisdygma corioli* et les buprestes *Melanophila marmottani* et *Anthaxia sp.*

L'étude de la chorologie des xylophages capturés révèle que près de 47% sont originaires de la région paléarctique, les espèces indigènes 20%, viennent ensuite les espèces lusitamines, pontiques et cosmopolites.

Les éclosoirs et l'écorçage des rondins ont permis d'inventorier 10 prédateurs (exemple de *Nemosoma breviatum*) et 5 parasites (tel que *Doryctes leucogaster*), de plus l'architecture des systèmes de galeries et le cycle biologique des principales espèces xylophage sont décrits d'une manière plus précise que possible.

L'analyse de l'abondance globale ; de la richesse spécifique ; la densité, l'importance et la chronologie d'attaques des principales espèces xylophages sur des arbres pièges, dépériés ou dépérissants a démontré une certaine spécificité de certaines espèces vis-à-vis de l'état physiologique de l'arbre hôte, la classe de hauteur ; il est apparu que les scolytes et les buprestes engendrent plus de dégâts au cèdre de l'Atlas au niveau des cédraies dans les massifs de Chelia et du Ouled Yagoub.

Mots Clés : Dépérissement, *Cedrus atlantica*, xylophages, Scolytidae, Buprestidae, Ciidae, auxiliaires, Chorologie, mœurs, système de galeries, abondance relative, chronologie d'attaque.

SUMMARY

The area of Mediterranean forest biosphere is steadily declining due to a multitude of biotic and abiotic factors that we have grouped into three categories, triggers, aggravating factors and completion agents, it's proven that insects especially xylophagous ones are present in all three groups from which the value of this original study in Algeria.

After, having briefly flown over the ecology and the biology of conifers xylophagous insects, we presented Atlas cedar and spread out the causes of forest decline; we presented the study area and the observation stations which has chosen.

Adopted methodology and the method of trapping (multidirectional glass traps, yellow traps and hatcher) made it possible to inventory 6179 specimens grouped in 5 Order, 35 family and 64 species, 87% of its catch was beetles, followed by 5% Hymenoptera Lepidoptera and Homoptera comes late.

Fifteen xylophagous species, were identified, whose principal ones are the Scolytidae: *Cryphalus numidicus*, *Scolytus amygdali*, *Hylastes ater* and *Crypturgus cedri*; the Ciidae *Cisdygma corioli* and the Buprestidae *Melanophila marmottani* and *Anthaxia sp.*

The study of the chorology of captured xylophagous reveals that nearly 47% are from Palearctic region, the indigenous species 20%, comes then the lusitamin, pontic and cosmopolitan species.

Hatchers and debarking logs helped us to identify 10 predators (example *Nemosoma breviatum*) and 5 parasites' (as *Doryctes leucogaster*), moreover the architecture of burrow systems and life cycle of principal xylophagous species are described most precisely as possible

Analysis of overall abundance; species richness; density, impotence and chronology of attacks of principal xylophagous insect species on: trees trap, decayed or decaying trees, showed some species specificity to the physiological state of the host tree, height class, it appeared that the bark beetle and Buprestidae create more damage to the Atlas cedar in the Chelia and Ouled Yagoub .

Keywords: Decay, *Cedrus atlantica*, xylophagous, Scolytidae, Buprestidae, Ciidae, auxiliary, Chorology, manners, burrow systems, relative abundance, timing of attack.

الملخص

تشهد مساحة المحيط الحيوي الغابوي لبلدان البحر الأبيض المتوسط تراجع كبيرا نظرا لعدد وافر من العوامل الحيوية وغير الحيوية التي أثرت سلبا , قسمنا هذه العوامل إلى ثلاث فئات , مشغلة, مشددة وعوامل الإنهاء, وثبت أن الحشرات خاصة الآكلة للخشب موجودة في جميع الفئات الثلاث السالفة الذكر أين تكمن قيمة هذه الدراسة الأولى من نوعها بالجزائر.

بعد إعطاء نظرة وجيزة على الخصائص البيئية والبيولوجية للحشرات الآكلة للخشب الخاصة بالصنوبريات , بعد أن قدمنا الأرز الأطلسي , وأسباب تدهور الغابات ; وصفنا منطقة الدراسة ومحطات المراقبة التي اختيرت.

المنهجية المعتمدة و الفخاخ (الفخاخ الزجاجي متعدد الاتجاهات , والفخاخ الصفراء والحاضنات) أمكنت حصر 6179 عينة صنفت في 5 قبيلة , 35 أسرة و 64 نوعا , 87 % من الحشرات المتحصل عليها خنافس , تليها 5 % غشائيات الأجنحة , قشريات الجناح, متماثلات الجناح... الخ.

تم تحديد خمسة عشر نوعا من الحشرات الآكلة للخشب الرئيسية منها *Cryphalus : scolytidae* , *Crypturgus cedri : Ciidae* و *Hylastes ater*, *Scolytus amygdali* , *numidicus* و *buprestidae* : *Melanophila marmottani* و *Anthaxia sp.*

دراسة الأصل الجغرافي للحشرات الآكلة للخشب يكشف عن أن ما يقرب من 47 % منهم من منطقة Palearctic, والأنواع المحلية 20 % lusitamin , ثم تأتي بعد ذلك pontic والعالمية.

الحاضنات و تقشير لحاء الأرز ساعدنا على تحديد 10 لفترسين (على سبيل المثال *Nemosoma breviatum*) و 5 طفيليات (كـ: *Doryctes leucogaster*) , علاوة على ذلك بنية نظم الأنفاق ودورة حياة الأنواع الرئيسية للحشرات الآكلة للخشب.

تحليل الوفرة الشاملة ; ثراء الأنواع , الكثافة , والتسلسل الزمني للهجمات الرئيسية أنواع الحشرات الآكلة للخشب أظهرت بعض الأنواع خصوصية لحالة و لفسولوجية الشجرة المضيفة , وبين أن *scolytidae* و *buprestidae* هم المسؤولون عن الضرر اللاحق بالأرز الأطلسي بشليا وأولاد يعقوب.

الكلمات الدالة: موت الغابات , الأرز الأطلسي, الحشرات الآكلة للخشب , *Scolytidae* , *Buprestidae* , *Ciidae*, الأصل الجغرافي , نظم أنفاق الحشرات الآكلة للخشب , الوفرة النسبية , توقيت الهجوم.