الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار .عنابة.
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT S SCIENCE

Spécialité: Biologie Animale

Intitulé

ÉCOLOGIE ET BIOLOGIE DE L'INSECTE RAVAGEUR PLATYPUS CYINDRUS FAB. (COLEOPTERA : PALTYPODIDAE) DANS LE PEUPLEMNT DE CHENE-LIEGE DU NORD-EST DE L'ALGÉRIE

Présentée par AMOURA Mounia

Devant le jury composé de :

M. SOLTANI N.	Professeur	Université d'ANNABA	Président
M. CHAKALI G.	Professeur	Université ENSA	Promoteur
M. TAHAR ALI	Professeur	Université d'ANNABA	Codirecteur
M. BOUHRAOUA T.	Professeur	Université de Tlemcen	Examinateur
M. OUAKID M. L.	Professeur	Université d'ANNABA	Examinateur
M. ABD EL MADJID S.	Professeur	Université de SOUK-AHRAS	Examinateur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2016/2017

Remerciements

Je remercie Monsieur **G. CHAKALI** professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'Alger et Monsieur **A. TAHAR**, professeur à l'université d'Annaba pour avoir accepté de diriger les travaux de ma recherche. Toute ma reconnaissance et ma haute considération pour les orientations, suggestions et conseils qu'ils m'ont apportés.

Mes remerciements vont à Monsieur **N. SOLTANI**, professeur à l'Université d'Annaba pour ses encouragements son enseignement de qualité et pour avoir bien voulu accepter de présider mon jury. Mes remerciements vont également à Monsieur **S. ABD EL MADJID**, professeur à l'université de Souk-Ahras, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury.

Que M. le professeur **BOUHRAOUA Tarik** soit remercié pour l'honneur qu'il me fait pour juger ce travail. Veuillez croire en ma profonde considération et recevoir mes sincères remerciements pour tous vos encouragements et orientations.

Mes sincères remerciements vont au professeur **M.L. OUAKID** de l'Université d'Annaba, d'avoir accepté de consacrer de son temps à l'examen de ce travail, Merci pour tous les commentaires et les critiques très constructives.

Toute ma gratitude et mes remerciements à Dr. E. De SOUSA, pour son accueil au laboratoire dans la station d'Oeiras et pour toute l'aide et les encouragements qu'il m'a apporté pour la finalisation de ma recherche lors de mes séjours scientifiques au Portugal, Un grand merci au Dr. M.L. INAÇIO ne serait certainement pas suffisant pour exprimer toute ma gratitude ! Vous m'aviez donné pendant cette thèse de nombreux conseils et instructions ; spécialement, l'identification des champignons, un domaine que je découvre avec vous pour la première fois, en allant de l'échantillonnage, jusqu'à les manipulations et l'interprétation des données. Un grand merci à Dr. F. NÕBREGA pour toute l'aide et la gentillesse qu'elle m'a prodiguée, notamment lors des manipulations de biologie moléculaire. Merci également au Dr. L. BONIFAÇIO, pour l'aide et les analyses statistiques et les corrections apportées au texte. Je tiens à remercier avec beaucoup d'enthousiasme mon amie Dr. J. HENRIQUES. Je suis extrêmement contente du travail que l'on a accompli ensemble et pour toutes les références

bibliographiques qui m'ont aimablement octroyés. Je tiens à remercier vivement tous les membres de l'institut INVIA (Oeiras, Portugal). Bien évidement Sofia BASTO, Dr. Marcia SILVA et son mari, Dr. Pedro, Dr. HELENA, Cédalia, , Aderithou, à toute l'équipe sans exception, pour leur gentillesses et le généreux accueils.

Je remercie vivement tous les forestiers qui m'ont offert leur aide au terrain (Ms. Sebti, Ms. Boukhetem, …), une motion particulière au regretté Monsieur M. DINE chercheur à l'INRF qui vient de nous quitté (allah yerhmou), pour son aide très fructueuse. Ses orientations et son enseignement au terrain de qualité m'ont beaucoup aidé à mener cette recherche. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa paradis !

Une pensée pour mes parents, pour mon mari pour leurs soutiens et compréhensions lors de mes nombreux déplacements en forêts et à l'étranger. Pour leurs encouragements constants, j'aimerais leur rendre un hommage très particulier. Mes enfants, Abd El Djalil et Aroua-Maria, qui sont ma source d'inspiration et mon plus grand soutien.

Je remercie chaleureusement, ma grande et ma très chère amie Docteur H. Yamina pour le soutien et l'amour qu'elle m'a toujours témoignée.

Je remercie également tout mes collègues, précisément Dr. I. SBARTAI pour sa présence à mes cotés, Dr. A.N. Bouchekeur pour la réalisation de quelques tests statistiques. A tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé à la réalisation de cette étude une reconnaissance et un hommage très considérable.

SOMMAIRE

Résumé ……i
Abstract ……ii
ملخص ……iii
Liste des photos ……iv
Liste des tableaux ……v
Liste des abréviations ……vii
Liste des figures ……viii

INTRODUCTION **1**

PREMIER CHAPITRE: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR *PLATYPUS CYLINDRUS* **7**

I. DONNEES SUR *Platypus cylindrus* **7**

1. Caractéristiques taxonomique et morphologique 7
2. Aire de répartition et essences attaquées 9
3. Les essences hôtes 10
4. Données sur la biologie de Platypus cylindrus 11
   - 4.1. Accouplement et Formation des galeries 12
   - 4.2. La ponte 13
   - 4.3. Le développement larvaire 14
   - 4.4. Le stade nymphal 15
   - 4.5. Les émergences 16

II. FACTEURS DE REGULATION DES POPULATIONS DE *Platypus cylindrus* **17**

1. Importance économique du ravageur 17

2. La résistance des arbres 18

3. Les antagonistes 20

4. Le climat 21

4.1. Exigences écologiques de chêne-liège 22

4. Les pratiques sylvicoles 24

DEUXIEME CHAPITRE : DÉGATS SYLVICOLES ET IMPORTANCE **26**

1. Relation entre l'insecte et les chênes 26

1. 1. Importance socio-économique des subéraies 26

1.2. Economie du liège 26

1.3. L'évolution de chêne-liège en Algérie 27

1.4. L'impact des mauvaises pratiques de gestion sur la vitalité de l'état sanitaire des subéraies dans les pays méditerranéens 30

1.4.1. Les différents facteurs de dégradation de l'état sanitaire 30

1.5. exemples des dommages de subéraie 32

1.5.1. Les subéraies françaises 32

1.5.2. Cas des subéraies portugaises et éspagnoles 32

1.5.3. Cas des subéraies Italiennes 33

1.5.4. Cas des subéraies du Nord africaine 33

2. Relation insecte - plante hôtes – champignons 35

3. Relation entre les insectes xylophages et les champignons *Ambrosia* 36

4. Écologie des champignons *Ambrosia* 37

5. Taxonomie des champignons *Ambrosia* 39

5. Avantage de la symbiose 40

TROISIEME CHAPITRE : METHODOLOGIE DETRAVAIL 41

I. Enquête sur l'état sanitaire des subéraies du Parc National d'El Kala 41

1. Les subéraies, sites prospectés 41
2. Caractéristique environnementales 42
   2.1. Le relief 42
   2.2. Caractéristique hydrologique 43
   2.3. Caractéristiques climatiques 43
   2.4. Caractères bioclimatiques 46
   2.5. Diversité Biologique de la région 46
      2.5.1. Richesse floristique 46
      2.5.2. Richesse faunistique 47
   2.6. Organisation sectorielle du PNEK 48
   2.7. Présentation de la subéraie de la région d'El Tarf 48

II. Distribution spatio-temporelle de l'insecte ravageur *Platypus cylindrus* à l'échelle de peuplement et à l'échelle de l'arbre hôte **50**

1. Caractéristiques des sites prospectés 50
2. La distribution de l'insecte ravageur à l'échelle du peuplement 50
3. Distribution des attaques à l'échelle de l'arbre hôte 51
4. Analyses statistiques des donnés 52

III. Niveau de variabilité de l'insecte *Platypus cylindrus* (Structuration génétique des populations) **53**

1. Échantillonnage des individus de *Platypus cylindrus* 53
2. Choix des marqueurs moléculaires 53

3. Extraction de l'ADN génomique 54
4. Amplification et séquençage de la région intergénique COI-COII 54
4.1. Amplification par PCR et purification des produits 54
4.2. Séquençage 56

VI. Isolement et identification des champignons associée aux au *Platypus cylindrus* **57**

1. Echantillonnage du matériel biologique 57
2. Observation morphologique de l'insecte et les mycangia structure de transport des champignons 57
3. Isolement et caractérisation des champignons 58
3.1. Isolement des pathogènes à partir des galeries 58
3.2. Isolement des champignons à partir de l'insecte (mycangia, contenu intestinal des adultes) 59
3.3. Milieu de culture des Ophiostomatales 59
3.4. Caractérisation morphologique et sensibilité à la Cycloheximide 60
4. Analyse génétique des champignons Ophiostomatales 60
4.1. Extraction d'ADN 60
4.2. Amplification par PCR et Séquençage 61

QUATRIEME CHAPITRE : RÉSULTATS ET DISCUSSION **63**

I. Analyse sur l'état sanitaire des subéraies de Chêne-liège du Nord-est de l'Algérie 63

1. Facteurs abiotique 63
1.1. Incendiés de forêts 63
1.2. Surpâturage 65
1.3. Le défrichement 66
1.4. Enrésinement 67
2. Facteurs biotiques 68

2.1. Défoliateurs 68
2.2. Xylophages 69

II. Distribution spatio-temporelle de l'insecte ravageur *Platypus cylindrus* à l'échelle de peuplement et à l'échelle de l'arbre hôte 73

1. Evolution des attaques au niveau du peuplement 73
2. Distribution spatio-temporelle des attaques des arbres par *P. cylindrus* en relation avec l'état sanitaire 74
2.1. État sanitaire du peuplement de chêne-liège 74
2.2. Corrélation entre les attaques de *P. cylindrus* et l'état sanitaire du peuplement étudié 76
2.3. Corrélation entre blessures des arbres après démasclage et l'attaque de *P. cylindrus* 77
3. Distribution de *P. cylindrus* à l'échelle de l'arbre hôte 78
3.1. Distribution verticale sur la surface de tronc 78
3.2. Distribution des attaques selon les orientations 79
4. Discussion 80

III. Niveau de variabilité de l'insecte *Platypus cylindrus* (Structuration génétique des populations) 84

1. Séquençage de la région COI 84
2. Séquençage de région COI-COII 86
3. Discussion 89

VI. Isolement et identification des champignons associés au *Platypus cylindrus* 93

1. Caractérisation morphologique de l'insecte et les mycangia 93
2. Diversité des champignons associés au *P. cylindrus* et aux galeries du chêne-liège 96

3. Caractérisation morphologique des Ophiostomatales 100
3.1. Sensibilité à la Cyclohexamide 100
3.2. Sur le plan morphologique 101
3.3. Sur le plan microscopique 101
4. Analyse moléculaire des espèces d'*Ophiostoma spp.* 103
5. DISCUSSION 106

CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES **109**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **113**

Liste des Photos

N°	Titres	Page
Photo 1	Adulte femelle de *Platypus cylindrus*	**08**
Photo 2	Abdomen (a. une femelle ; b. un mâle)	**09**
Photo 3	Présentation des œufs et de la larve à l'éclosion de *Platypus cylindrus*	**13**
Photo 4	Présentation des différents stades larvaires de *Platypus cylindrus*	**15**
Photo 5	Stade nymphale	**16**
Photo 6	Pré-émergeant	**16**
Photo 7	Galerie fraiche	**16**
Photo 8	Chambre nymphale	**16**
Photo 9	Exemple d'incendies dans la région de ZITOUNA	**63**
Photo 10	Surpâturage : subéraie El Mouradia, 2007	**66**
Photo 11	Défrichement : forêt Ain Khiar, EL TARF	**67**
Photo 12	L'enrésinement : forêt Ain Khiar, EL TARF	**67**
Photo 13	Chenille de *Lymantria dispar*	**69**
Photo 14	Le xylophage *Cerambyx cerdo*	**69**
Photo 15	Le platype : *Platypus cylindrus*	**70**
Photo 16	Trace de reconnaissance de *Platypus cylindrus* sur tronc de chêne-liège	**71**
Photo 17	Prélèvement des échantillons. A : sur terrain ; B : au laboratoire	**71**

Liste des Tableaux

N°	Titres	Page
Tableau 1	Les facteurs de prédispositions du chêne-liège par pays	**31**
Tableau 2	Indice de dépérissement en fonction des types de forêts	**33**
Tableau 3	Caractéristiques des secteurs de gestions du PNEK	**48**
Tableau 4	Description des catégories de chaque variable considérée.	**51**
Tableau 5	Échantillonnage des individus de *P. cylindrus*.	**53**
Tableau 6	Liste des amorces utilisées dans l'amplification par PCR.	**55**
Tableau 7	Reboisement au cours du temps (1953 - 1993).	**68**
Tableau 8	Quantification des arbres dépéris dans les différents sites prospectés.	**72**
Tableau 9	Dénombrements des arbres sains (S) et attaqués (A) par *Platypus cylindrus* pour chaque variable de l'étude.	**73**
Tableau 10	Dénombrement des arbres de chêne-liège de la subéraie de Djebel Idyr en 2009 et 2011, en fonction des classes sanitaires.	**75**
Tableau 11	Analyse descriptives des attaques et des classes sanitaire de la parcelle de Djebel Idyr, les moyennes sont comparés en utilisant le test χ^2 (Logiciel R, version 3.1.2).	**76**
Tableau 12	Analyse descriptive des attaques et des blessures observées des troncs d'arbres de chêne-liège dans la parcelle de Djebel Idyr, les moyennes sont comparés en utilisant le test t-*Student* par échantillon dépendant (DAGNELIE, 2009).	**78**
Tableau 13	Distribution spatiale des trous du *P. cylindrus* dans les troncs d'arbres démasclés en 2008 pour les parcelles de Djebel Idyr et de Mouradia et démasclés en 2007 pour la parcelle de Locrane.	**78**
Tableau 14	Analyse descriptive des trous d'entrée du platype sur la surface des arbres observés selon les quatre orientations dans les trois sites; les données sont comparées en utilisant le test χ^2 (n=10 pour chaque site).	**79**

Tableau 15	Champignons isolés à partir de *Platypus cylindrus* et du bois du *Quercus suber*.	**97**
Tableau 16	Aspect cultural des faces supérieures et inférieures des genres de champignons cultivés en PDA, pendant la 1ère semaine, la 2ème semaine et après 21 jours des genres *Ophiostoma spp*. et *R. montetyi*.	**102**
Tableau 17	Similarité des séquences avec des séquences puisées dans GenBank.	**105**

Liste des Figures

N°	Titres	Page
Figure 1	Cycle biologique de *Platypus cylindrus* (SOUSA, 1996)	**11**
Figure 2	Schéma du cycle de déclin d'un arbre selon LOHELE	**19**
Figure 3	Répartition des superficies de chêne-liège dans le monde	**27**
Figure 4	Évolution de la production nationale de liège durant la période 1972-2002 (DGF, 2004).	**29**
Figure 5	Évolution de la production nationale de liège.	**29**
Figure 6	Localisation du PNEK dans la wilaya d'El Tarf (DGF, 2011**).**	**41**
Figure 7	Température moyenne mensuelle (2002-2012).	**44**
Figure 8	Précipitation moyenne mensuelle (2002-2012) ; (Source: barrage El Chafia).	**45**
Figure 9	Situation géographique de la zone prospectée (Djebel Idyr)	**49**
Figure 10	Représentation schématique des régions COI et COII.	**55**
Figure 11	Stratification spatiale des galeries pour l'isolement des champignons	**58**
Figure 12	Représentation schématique de l'ITS (ITS1, ITS2 et 5.8S) de l'unité répétée de l'ADN ribosomique chez les champignons. Les flèches représentent les sites de fixation des amorces les plus utilisées (TEDERSOO *et al*, 2007)	**61**
Figure 13	Représentation schématique de la LSU rADN région. Les flèches représentent les sites de fixation des amorces les plus utilisées.	**62**
Figure 14	Evolution des performances de classification de l'analyse discriminante pas à pas	**74**
Figure 15	Distribution spatiale des arbres de la subéraie de Djebel Idyr selon les différentes classes sanitaires pour l'année 2009	**75**
Figure 16	Distribution en pourcentage des attaques du platype et des blessures des troncs pendant le démasclage d'arbres, selon les différentes classes sanitaires.	**77**

Figure 17	Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région COI.	**84**
Figure 18	L'alignement des séquences COI avec le logiciel *Genieous* 2.5.2	**85**
Figure 19	Arbre phylogénétique basé sur 5 séquences nucléotidiques de la région COI construit par la méthode du maximum de vraisemblance (ML) basé sur le modèle Tamura à 3 paramètres et supporté par 1000 réplicats de *bootstraps*.	**86**
Figure 20	Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région COI-COII.	**87**
Figure 21	L'alignement des séquences COI-COII avec le logiciel Genieous 2.5.2	**88**
Figure 22	Dimorphisme sexuelle chez l'espèce *P. cylindrus*	**93**
Figure 23	La structure de transport des champignons (mycangia) chez *P. cylindrus*	**95**
Figure 24	Conidies et conidiophores des champignons *Ophiostoma spp.* isolés à partir de *P. cylindrus* par microscope photonique **: A, B, C** : morphologie des colonies après 21 jours en PDA.	**103**
Figure 25	Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région ITS.	**104**
Figure 26	Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région D1/D2 (LSU).	**104**

ÉCOLOGIE ET BIOLOGIE DE L'INSECTE RAVAGEUR *PLATYPUS CYINDRUS* FAB. (COLEOPTERA - PALTYPODIDAE) DANS LE PEUPLEMNT DE CHENE-LIEGE DU NORD-EST DE L'ALGÉRIE

RÉSUMÉ

Au cours de la période (2007/2008), plusieurs prospections ont été conduites dans les subéraies de la région d'El Tarf pour rechercher des sites potentiels au développement du *Platypus cylindrus*. Sur les 04 massifs forestiers visités un total de 10 parcelles, d'environs 05 hectares chacune ont été prises en considération. Divers individus de *Quercus suber* présentes des dégâts relatif à l'insecte hôte, xylomycétophage *Platypus cylindrus* (25%).

De l'année 2009 à 2011 une investigation sur la distribution spatio-temporelle de l'insecte *P. cylindrus* à l'échelle de l'arbre hôte et du peuplement de Chêne-liège a été conduite dans la subéraie de Djebel Idyr, région de Zitouna, dans le Nord-est de l'Algérie. L'objectif de cette étape et de suivre la répartition et la corrélation de l'insecte en relation avec le déclin noté. Les premières attaques de cet insecte ont été notées sur 33% des arbres démasclés en 2009. Les résultats obtenus, en utilisant l'analyse discriminante linéaire (G.L.M.) pas à pas effectuée sur les attaques de l'insecte en fonction de l'ensemble des variables dendrométriques considérées, montrent que 74% des attaques sont expliquées à la fois par la hauteur totale des troncs d'arbres et le coefficient de démasclage. Une partie des arbres de chêne-liège (50%) examinés étaient dans des bonnes conditions sanitaires en 2009, mais associés à la présence de l'insecte *P. cylindrus*. La subéraie s'est dégradée significativement entre 2009 et 2011 ($\chi 2 = 6,336$; $p = 0,096$). L'attaque de l'insecte est liée au démasclage et à la mauvaise levée de liège puisque ils sont très corrélés avec les blessures des troncs ($r= 0,98$). Une différence hautement significative ($\chi 2= 35,46$; $p\leq 0,001$) entre les attaques et les différentes classes sanitaires des arbres démasclés de la parcelle prospectée en 2009. Les 30 arbres analysés montrent une faible densité moyenne d'attaque (<30 galeries/m^2). Sur l'ensemble des cas examinés, seulement 4 arbres présentent des infestations supérieures à 30 galeries/m². La hauteur maximale des attaques varie selon les arbres et se limite à 2 mètres. Le test $\chi 2$ montre une différence hautement significative ($p=0,001$) entre les quatre expositions pour les arbres observés dans les sites de Djebal Idyr et de Locrane, avec une préférence remarquable de la présence de l'insecte à l'exposition sud des arbres démasclés.

Une étude moléculaire a été réalisée sur l'ADN mitochondrial de l'insecte *P. cylindrus* sur des individus prélevés des trois pays Algérie – Maroc et Portugal afin d'évaluer le niveau de variabilité ou d'homologie génétique de ces populations.

L'étude moléculaire, basant sur l'ADN mt, la région COI, amplifiée par PCR a montré un pourcentage élevé des sites identiques (99, 6%) de l'ensemble des échantillons examinés, une variabilité très faible de la composition nucléotide. L'analyse phylogénétique utilisant la région COI a confirmé la similitude des séquences étudiées. Une étude moléculaire complémentaire a été faite sur les échantillons prélevés de l'Algérie et le Portugal, utilisant l'ADN mt, la région COI-COII, amplifiée par PCR, a confirmée les résultats précédents.

A ce deuxième volet de l'étude, une investigation préliminaire a été effectuée sur les champignons *Ambrosia*, associés à l'insecte ravageur *P. cylindrus* prélevés des arbres *Quercus suber* de la région d'El Tarf.

L'identification a montré l'existence des champignons Ophiostomatales (*Raffaelae* sp, *Ophiostoma* sp.) considérer comme des champignons pathogènes. L'ADN mt de ces derniers a été identifié, l'amplification de la région ITS et la région D1/D2 des trois échantillons prélevés du Mycangia et du contenu intestinal des individus a montré la présence de l'espèce *Ophiostoma piliferum*, un champignon *ambrosia* primaires jouant un rôle considérable dans l'alimentation de l'insecte, mais aussi connue par leur effet phytopathogènes. Sa présence en association avec l'insecte *P. cylindrus* n'a jamais été signalée auparavant.

Mots clés : *P. cylindrus,* dépérissement, *Quercus suber,* état sanitaire, distribution spatio-temporelle, homologie génétique, champignons Ophiostomatales, *Ophiostoma piliferum*, Algérie.

ECOLOGY AND BIOLOGY OF THE BARK BEETLE *Platypus cylindrus* IN THE POPULATION OF CORK IN THE NORTHEAST OF ALGERIA

ABSTRACT

During the period (2007/2008), several surveys were conducted in the cork forests of the region of El Tarf to search for potential sites for development of *Platypus cylindrus*. Among 04 forest areas visited a total of 10 plots of about 05 hectares each have been considered. Various individuals of *Quercus suber* present damage on the host insect, xylomycétophage *Platypus cylindrus* (25 %).

Between 2009 and 2011 an investigation of the spatiotemporal distribution of the insect *P. cylindrus* across the host tree and oak-cork settlement was conducted in the cork forests of Djebel Idyr, region of Zitouna, in the Northeast of Algeria. The aim of this step and is to follow the distribution and correlation of the insect in connection with the noted decline. The first attacks of this insect were noted on 33 % of demascle trees in 2009. The results obtained using linear differential analysis (G.L.M) step by step performed on the attacks of the insect according to all dendrometric variables considered; show that 74 % of attacks are explained at the same time by the height total tree trunks and the coefficient of demasclage. Part of cork trees (50 %) were considered in good sanitary conditions in 2009, but associated with the presence of the insect *P. cylindrus*. The cork oak forest has deteriorated significantly between 2009 and 2011 ($\chi 2 = 6,336$; $p = 0,096$). The insect attack is related to demasclage and bad lifting of cork because they are highly correlated with injuries of trunks ($r = 0, 98$). A highly significant difference ($\chi 2 = 35, 46$; $p \leq 0,001$) between the attacks and different health classes demascle plot prospected trees in 2009. The 30 analyzed trees show a low average density of attack (<30 gallery/ m^2). On all examined cases, only 4 trees introduce the upper infestations in 30 gallery / m ². The maximum height of attacks varies according to trees and limits itself to 2 meters. The test $\chi 2$ shows a highly significant difference ($p=0,001$) between four exhibitions for trees noticed in the sites of Djebal Idyr and of Locrane, with a remarkable preference of the presence of the insect in the south exhibition of demascle trees.

A molecular study was accomplished on the mitochondrial DNA of the insect *P. cylindrus* on individuals taken in three countries Algeria – Morocco and Portugal to assess the level of changeability or of genetic homology of these populations.

The molecular study, basing on the mitochondrial DNA, the region COI, amplified by PCR showed a high percentage of the identical sites (99, 6 %) of all the examined samples, a very weak changeability of composition nucleotide. The phylogenetic analysis using the region COI confirmed the similarity of studied sequences. A supplementary molecular study was made on samples taken in Algeria and Portugal, using the mt DNA, region COI-COII, amplified by PCR, confirmed the previous results.

In this first part of the study, a preliminary investigation was carried out on Ambrosia fungi, associated to the devastating insect *P. cylindrus* taken from *Quercus suber* trees in the region of El Tarf. The identification showed the existence of fungi Ophiostomatales (*Raffaelae sp*, *Ophiostoma sp*.) considered pathogenic fungi. The mt DNA of these last has been identified, the amplification of the ITS region and the region D1 / D2 of the three samples taken in intestinal contents and of mycangia individuals showed the presence of the species *Ophiostoma piliferum*, a fungus ambrosia primary playing a considerable role in the feeding of the insect, but also known by their phytopathogenic effect. His presence in association with the insect *P. cylindrus* was never signaled before.

Key words**:** *P. cylindrus*, deterioration, *Quercus suber*, health state, spatiotemporal distribution, genetic homology, fungi Ophiostomatales, *Ophiostoma piliferum*, Algeria.

ملخص

خلال الفترة ما بين 2007 و 2008 أجريت العديد من الدراسات الاستطلاعية حول الحالة الصحية لغابات الفلين بمنطقة الطارف الواقعة في الشرق الجزائري حيث ركزنا على تواجد حشرة *Platypus cylindrus*. إذ أن معاينة 10 محطات لمساحة تقارب 05 هكتارات سجلت خسائر كبيرة لأشجار الفلين *Qercus suber* مع تواجد حشرة *P. Cylindrus* بنسبة تقارب 25 %.

الهدف من دراسة التوزيع المساحي الزمني لحشرة *P. cylindrus* خلال سنة 2009-2011 على مستوى الشجرة المضيفة و على مستوى غابات الفلين الواقعة في منطقة بلدية الزيتونة في الشرق الجزائري هو متابعة تواجد الحشرة و علاقتها مع الخسائر المدونة لأشجار الفلين. اظهرت النتائج نسبة إصابة تقدر ب 33 % لأشجار منزوعة الفلين في سنة 2009 م. كما بينت التحاليل الإحصائية باستعمال فحص (GLM) لهجوم الحشرة بالنسبة للشجرة أن 74 % من الإصابات تم ربطها بالارتفاع الكلي لجذع الشجرة و بمعامل نزع قشرة الفيلين. كما بينت الدراسة أن 50 % من الأشجار المدروسة في حالة صحية جيدة سنة 2009.

في سنة 2011 سجلنا هبوط للحالة الصحية للأشجار ($\chi2 = 6,336$; $p = 0,096$). تواجد الحشرة له علاقة مباشرة بنزع الفلين و بالطريقة السيئة لنزعها حيث أن معامل الربط بينهما ($r= 0, 98$). كما سجلنا اختلاف كبير موجب ($\chi2= 35, 46$; $p\leq 0, 001$)بين عدوى الحشرة و الأقسام الصحية للأشجار منزوعة الفلين للغابة المعاينة سنة 2009.

على مستوى 30 شجرة فلين سجلنا هجوم ضعيف للحشرة (م^2/ رواقا 30≤) باستثناء أربع حشرات. أعلى ارتفاع لهجوم الحشرة سجل على مستوى 2 م . فحص $\chi2$ بين وجود اختلاف موجب ($p=0,001$) بين الاتجاهات الأربعة للأشجار المدروسة في غابة جيل ايدير ولوكران. مع تفضيل ملاحظ للحشرة للجهة الغربية للشجرة منزوعة الفلين.

دراسة جزيئية أجريت على ADN ميتو كوندري لأفراد حشرة *P. Cylindrus* مأخوذة من ثلاثة دول : الجزائر ، المغرب ، البرتغال لتقدير مستوى الاختلاف أو التجانس الجيني فيما بينهم. الدراسة الجزيئية اعتمادا على ADN الميتو كوندري المنطقة COI بينت نسبة عالية لمناطق التجانس 99,6% لجميع العينات المدروسة مع اختلاف جد ضعيف للتكوين ا النكليوتيدي .الدراسة الفيلوجينية (phylogénétique) للمنطقة COI أكدت تشابه السلاسل المدروسة . دراسة جزيئية مكملة للدراسة الأولى على عينات مأخوذة من الجزائر و البرتغال باستعمال ADN ميتوكوندري للمنطقة (COI-COII) أكدت النتائج المحصل عليها سابقا .

في الجزء الثاني من الدراسة بين البحث الأولي لوجود فطريات العفن امبروزيا تتعايش مع الحشرة *P. Cylindrus* حيث أنع تحديد نوعها بين تواجد النوع Ophiostomatales (*Raffaelae* sp, *Ophiostoma* sp.) كما أن ADN الميتوكوندري لهذه الأخيرة قد تم تحديده بدراسة المنطقة ITS (D1/D2) إذ تبين تحديد النوع *Ophiostoma piliferum* كعفن امبروزيا أساسي يلعب دورا أساسيا في غذاء الحشرة كما انعها تعرف بأثرها الممرض للنباتات. تواجدها تتعايش مع الحشرة *P. Cylindrus* لم يسجل سابقا.

المفاتيح: *P. Cylindrus* - التوزيع المساحي الزمني - *السقم - تجانس جيني – العفن - Ophiostoma piliferum – الجزائر.*

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

La subéraie est heurtée ces dernières décennies en plus aux ravages des incendies fréquents, à un sérieux problème sanitaire qui menace sa survie, dans toute son aire naturelle (SECHI *et al.*, 2002 ; SOUSA *et al*., 2002). Il s'agit du phénomène de dépérissement qui est apparu dans la région depuis le début du XX^{ème} siècle (NATIVIDADE, 1950).

Plusieurs facteurs sont mis en cause pour expliquer le phénomène du déclin. Des facteurs de prédisposition, déclenchant et aggravant sont considérés et dont l'importance relative varie d'une région à l'autre (DGRF, 2006). Dans la région méditerranéenne occidentale, les subéraies sont affectées avec une intensité variable selon les pays ; la description des agents responsables du dépérissement a fait l'objet de nombreux travaux, notamment ceux de NEGELEISEN & HETT (1989) et NEGELEISEN *et al*. (1990) en France, SOUSA *et al*. (1995) au Portugal; BAKRY & ABOUROUH (1995) au Maroc; MARRAS *et al*. (1995) et FRANCESCHINI *et al*. (1999) en Italie et Sardaigne; GAROLERA (1988) en Espagne; MESSAOUDENE (2000), OUAKID (1991) ; BOUHRAOUA (2003), BELHOUCINE & BOUHRAOUA (2012) et BELHOUCINE (2011) en Algérie. Pendant cette époque, le « *déclin* » a affecté également d'autres espèces de chênes notamment en Europe (BONNEAU & LANDMANN, 1988), aux États-Unis d'Amérique (SVIHHRA & KELLY, 2004) et au Japon (OHYA & KINNURA, 2001 ; KUBONO & ITO, 2002 ; KINNURA & KOBAYASHI, 2006).

Parmi les causes du dépérissement et de dégradation des subéraies, les attaques d'insectes entraînent d'une façon directe ou indirecte, une réduction graduelle de la vigueur des arbres et accélèrent ainsi le cycle de mortalité de ces arbres (SOUSA & DEBOUZIE, 1993).

Le plus important insecte bioagresseur xylophage qui attaque le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est l'espèce *Platypus cylindrus*, présent surtout dans la Péninsule Ibérique, au Portugal, où il a été associé directement avec le déclin du chêne-liège (SOUSA & DEBOUZIE, 2002; INÁCIO *et al*., 2008, 2012a) et au Maroc (SOUSA *et al.*, 2005).

Platypus cylindrus est largement répandu dans toute l'Eurasie et dans la région méditerranéenne, y compris le nord de l'Afrique (ESCHERICH, 1923 ; BLASCHOWSKY, 1963), où il attaque surtout les chênes (STROHMEYER, 1907, PEYERIMHOFF, 1919), bien qu'il ait été référencé comme attaquant diverses autres essences particulièrement les châtaigniers, les hêtres, les frênes, les ormes et les cerisiers sauvages (ESPAGNŎL, 1964 ; GRAHAM, 1967). Ses dégâts se limitaient aux arbres mort ou très affaiblis, comme c'est commun pour les insectes xylomycétophages (BLETCHLY, 1962 ; BROWNE, 1963).

En Algérie, l'insecte *P. cylindrus* a été signalé pour la première fois par LUCAS (1849) à l'Est puis par CHAPUIS (1865) en Kabylie. Ses premiers dégâts importants ont été observés dans les subéraies orientales au début du siècle dernier (G.G.A., 1927). Ainsi ses attaques ont augmenté au cours des dernières années et il est devenu aussi un ravageur primaire dans certains autres pays (BOUHRAOUA & VILLEMANT, 2010; BELHOUCINE *et al*., 2011a), alors qu'en Italie et en Tunisie il est encore considéré comme ravageur secondaire, en affectant les arbres presque morts ou affaiblis (CECCONI, 1924 ; ESPANŎL, 1964 ; VILLEMANT & FRAVAL, 1993; SOUSA et *al*., 2005; BELLAHIRECH *et al.*, 2014). Néanmoins, dans quelques pays, des attaques alternatifs ont été enregistrées, sur des arbres sains (BLASCHOWSKY, 1963 ; ESPAGNŎL, 1964 ; AMOURA et *al*., 2014).

L'explosion de ses populations dans le peuplement de chêne-liège au Portugal pendant la période de1980 à 90, suggère qu'il existe des relations plus complexes entre le ravageur et l'état physiologique des arbres hôtes (SOUSA, 1992). On s'accorde aujourd'hui pour dire que le dépérissement est le résultat de l'action combinée de nombreux facteurs (modification du climat, de la physiologie des arbres, des cycles biogéochimiques et de l'eau, accroissement de la pollution, ravageurs, incendies et mauvaise gestion des peuplements (LING & ASHMORE, 1987).

P.cylindrus dépend des champignons pour sa survie, les champignons ambrosia (nom dérivé de la mythologie grec – nourriture des dieux). Les spores des symbiotes fongiques sont transportés dans des structures spécialisées appelées «mycanges» (BAKER, 1963; CASSIER *et al*., 1996) qu'ils existent chez les deux sexes des adultes mais plus nombreux chez les femelles (INÁCIO *et al.*, 2011 ; BELHOUCINE *et al*., 2013). Ces spores sont

transférés sur les galeries creusées par les insectes dans le tronc des arbres pour assurer une alimentation des larves (BEAVER, 1989), et ont aussi un important rôle dans la sélection des arbres à coloniser par les insectes (SOUSA *et al.*, 1995; INÁCIO *et al*., 2010 ; 2011a).

Il est reconnu que ce xylomycétophage s'attaque préférentiellement aux arbres de chêne-liège en déficience physiologique et plus particulièrement aux sujets nouvellement démasclés (DGRF, 2006). L'installation secondaire du xylophage prend récemment une plus large extension à travers les subéraies de la région d'El-Kala et marque une agressivité par un effet de groupe sous les conditions favorables du milieu (AMOURA & CHAKALI, 2008).

Les recherches menées sur le dépérissement des subéraies du nord-est de l'Algérie demeurent très limitées, malgré une dégradation notée dans ce milieu environnent. L'étude conduite par ADJEMI (2008) sur la surveillance des forêts du chêne-liège des trois subéraies Brabtia, Sanaoubari et El Mellah a permis de calculer des indices de dépérissement au cours des années 2005 jusqu'à 2007. Cependant, peu de travaux ont été réalisés sur la stratégie de la distribution spatio-temporelle de l'insecte *P. cylindrus* et la corrélation de sa présence avec l'état sanitaire de la subéraie algérienne, comparant avec ceux réalisés aux Portugal (SOUSA, 1996; SOUSA & DEBOUZIE, 2002) et aux Maroc 1999; (SOUSA *et al*., 2005).

La biologie de *P. cylindrus* a fait l'objet dès le début du siècle dernier (STROHMEYER, 1907 ; ESCHERICH, 1923). La caractérisation des phases de développement larvaires, d'émergence et de vol des adultes a déjà été l'objet de nombreux études, au Portugal (SOUSA & DEBOUZIE, 2002), au Maroc (SOUSA et *al*., 2005), et en Algérie (BOUHRAOUA, 2003 ; BELHOUCINE & BOUHRAOUA, 2009).

Jusqu'à une époque récente, les études en systématique des insectes étaient basées sur la description des caractères morphologiques. Celles-ci ont permis de décrire des taxons qui pour certains insectes sont toujours valides. D'autres ont été redéfinis, et parfois entièrement remis en cause, suite à l'intégration des analyses moléculaires récentes (SEZONLIN, 2006).

Les progrès en biologie moléculaire ont révolutionné l'étude de ce groupe d'Arthropodes, dans les domaines de la génétique des populations, de l'écologie moléculaire et chimique, de la bio-systématique et de la physiologie moléculaire. L'utilisation de marqueurs moléculaires se généralise chez les insectes, notamment les phytophages (THOMAS *et al*., 2003 ; PROWELL *e*t *al*., 2004 ; ALVAREZ *et al.,* 2005). On note que les taxons les plus étudiés sont européens ou nord-américains. A ce jour, très peu d'analyses moléculaires en génétique des populations ont concerné des insectes africains en général (KRONAUER *et al*., 2004) et en particulier les ravageurs des cultures (KING *et al*., 2002 ; BALIRAINE *et al*., 2004). L'étude de la diversité génétique d'un insecte ravageur d'importance économique majeure est essentielle pour la définition de stratégies de lutte à adopter.

L'identification des populations écologiquement différenciées chez les insectes ravageurs à l'aide de marqueurs moléculaires est un moyen efficace pour définir ses stratégies. En outre, la connaissance de la phylogéographie d'un insecte africain peut aussi apporter des enseignements nouveaux dans le domaine de la compréhension des facteurs à l'origine des patrons biogéographique en Afrique (SEZONLIN, 2006).

Les espèces ravageuses polyphages possédant une large distribution géographique ne semblent pas avoir les mêmes traits de comportement selon les plantes et les régions. Cela suggère que les populations écologiquement différenciées de telles espèces sont aussi génétiquement différenciés, une situation qui peut conduire à la formation des races d'hôtes voire éventuellement d'espèces. On va donc chercher avec les marqueurs moléculaires neutres à mettre en évidence ces différences génétiques intra et interpopulationnelles. Ainsi, lorsque les analyses moléculaires indiquent qu'on est face des populations différenciées d'une espèce, on aura besoin d'orienter les méthodes de lutte en fonction des régions ou des pays. Dans tous les cas, la réalité écologique de chaque zone géographique interviendra pour permettre de mieux élaborer les stratégies de lutte.

En Algérie, les pullulations de *P. cylindrus* observées dans quelques subéraies occidentales (Tlemcen, Oran et Mascara) ont été en grande partie responsables de la dégradation des arbres et de l'apparition des cas de dépérissement significatif (BELHOUCINE, 2013). Ces derniers enregistrés de façon ponctuelle dans les peuplements

ont varié annuellement entre 1 et 4% (BOUHRAOUA, 2003 ; BELHOUCINE & BOUHRAOUA, 2012). Cependant, une proportion non négligeable de cette mortalité reste toutefois inexpliquée. Les troncs d'arbres sont colonisés par une densité limitée du ravageur (INAÇIO M.L., 2012 ; BELHOUCINE, 2013). Plusieurs études estiment que cette mortalité est due plus à l'action aggravante d'un autre facteur biotique à savoir les champignons phytopathogènes.

Le xylomycétophage, *P. cylindrus*, établit des relations symbiotiques avec les champignons qu'il transporte (FRANCKE GROSMANN, 1967) et qui sont inoculés dans les arbres au cours de leur installation ; les mycéliums tapissant ces galeries sont très riches en matières azotées indispensables aux adultes durant la période de forage des galeries et surtout pour le développement des larves (BALACHOWSKY, 1949 ; DAJOZ, 1980). Nombreuses espèces de champignons sont liées à ce type d'insectes, certaines sont phytopathogènes aux arbres forestiers comme *Ceratocystis ulmi* transmis par le scolyte *Scolytus multistriatus* et agent de bleuissement du bois (DAJOZ, 1980). Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer cette mortalité ; il s'agit de la production de toxines (KULNHOLZ *et al*., 2003), la pénétration du mycélium dans les tissus végétaux, la formation de vésicules de gaz dans les cellules ou d'autre substances qui bouchent les espaces intracellulaires (AGRIOS, 2005).

Diverses études ont été réalisées sur la mycoflore associée au *P. cylindrus* ; elles se résument aux recherches effectuées en Europe par BAKER (1963), SOUSA (1996), CASSIER *et al*. (1996), MORELET (1998), HENRIQUES (2007), HENRIQUES *et al*. (2006 ; 2009), INAÇIO *et al*. (2008, 2010a, 2010b) et INAÇIO (2011, 2012). En Afrique du Nord, nous citons le travail de SOUSA *et al*. (2005) portant sur l'étude de l'éco-biologie et du comportement de l'insecte dans les subéraies marocaines et portugaises où ils citent 14 champignons associées au ravageur au Maroc. Récemment le travail de BELLAHIRECH *et al*. (2014) présente une étude comparative sur les champignons associés au *P. cylindrus* entre la Tunisie et le Portugal et les travaux de BELHOUCINE *et al*. (2011 ; 2012a ; 2012b ; 2013) dans les subéraies du Nord-Ouest de l'Algérie, montrent la présence de 04 espèces *Ophiostomatales*, considérées comme des champignons *Ambrosia* primaires, provoquent ainsi des dommages redoutables aux arbres attaquées.

Le travail proposé traite le déclin de chêne-liège des subéraies du Nord-est de l'Algérie, en relation avec la présence de l'insecte xylomycétophage *P. cylindrus*. Le premier volet de l'étude porte sur une analyse des données bibliographiques sur l'insecte en question et son hôte. Le second est consacré aux dégâts sylvicoles et leur importance. La troisième traite de la présentation des sites prospectés et de la méthodologie adoptée. Les résultats et les analyses sont regroupés dans le quatrième volet. Des conclusions et des perspectives sont présentées en dernier.

CHAPITRE I

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR

PLATYPUS CYLINDRUS

PREMIER CHAPITRE

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR *PLATYPUS CYLINDRUS*

I. DONNEES SUR *PLATYPUS CYLINDRUS*

1. Caractéristiques taxonomique et morphologique

L'espèce a été décrite pour la première fois en France par Fabricius en 1792 (TRONQUET, 2014). D'après CABRAL & FERREIRA (1999) et TRONQUET (2014) d'autres dénominations synonymiqueslui ont été attribuées : *Bostrichus flavicornis* (Kugelann, 1872), *Cylindra bimaculata* (Duftschmid, 1825), *Cylindra platypus* (Duftschmid, 1825), *Platypus cylindriformis* (Reitter, 1894). Son nom en anglais est « oak pinole borer » (HICKIN, 1963), en français Platype (VILLEMANT & FRAVAL, 1993) et Platypo dans les trois langues espagnol, portugaise et italienne (CECCONI, 1924 ; ESPANÕL, 1964 ; FERREIRA & FERREIRA, 1991).

P. cylindrus appartient à l'ordre des Coléoptères, à la Superfamille des Curculionoidea, à la Famille des Platypodidae (WOOD, 1958 ; STAINES, 1982), à la sous-famille des Platypodinae et à la tribu des Platypodini (CHOO *et al*., 1981 ; MEYER et *al*., 2012). Autrefois l'espèce a été classée dans la famille des Scolytidae (BALACHOWSKY, 1949).

La famille des Platypodidae regroupe entre 1000 et 1400 espèces (BEAVER & SHIH, 2003; ATKINSON, 2004). La plupart d'entre elles, environ 95%, sont localisées dans les régions tropicales (ESPANÕL, 1964 ; DAJOZ, 1980, ZANI FILHO *et al*., 1984). Le genre *Platypus* à lui seul renferme environ 550 espèces parmi lesquelles seules *P. cylindrus* et *P. oxyurus* vivent dans les régions paléarctiques (FERREIRA & FERREIRA, 1989 ; CASSIER *et al*., 1996 ; CEBECI et *al*., 2010). D'autres espèces du même genre sont largement réparties à travers le monde et ont fait l'objet de plusieurs études. Au Japon, nombreuses espèces ont été étudiées par MURAYAMA, (1925, 1931) ; NAKASHIMA (1971, 1989). En Taiwan, 20 espèces ont été notées dont la plus connue est *P. quercivorus* (Murayama) (BEAVER & SHIH, 2003). Cette même espèce a fait l'objet de diverses

études au Japon (INOU *et al*., 1998 ; ITO *et al*., 1998 ; SONÉ *et al*., 1998 ; KURODA, 2001 ; KINUURA, 2002 ; KAMATA *et al*., 2002 ; IGETA *et al*., 2003; KINUURA & KOBAYASHI ; 2006). En Californie, les deux espèces très importantes sont : *P. abietis* Wood *et P. wilsoni* Saines (BRIGHT & STARK, 1973). En Nouvelle Zélande, BROCKERHOFF *et al*. (2003) notent l'impact de deux *Platypus* indigènes à savoir *Platypus apicalis* et *P. gracilis*. En Corée, les espèces *P. lewisi* et *P. koryensis* (PARK & LYU, 2007 ; MOON *et al*., 2008a , 2008b) sont les plus représentées.

Les adultes de *P. cylindrus* (Photo 1) mesurent de 5 à 8 mm de longueur et 1,5 mm de largeur (VILLEMANT & FRAVAL, 1991 ; BOUHRAOUA, 2003). Le corps est allongé, de couleur brun foncé. La tête est verticale, aussi large que le corselet et bien dégagé du pronotum et qui est plat et long avec une encoche latérale poste médiane (BALACHOWSKY, 1963). Les yeux sont arrondis et les antennes courtes sont terminées par une massue de forme aplatie et formée d'un seul segment. Les pattes sont de même couleur. Les élytres sont parallèles et arrondis à l'apex, ponctués par des stries avec la présence. Il de soies jaunâtres à son extrémité postérieure.

L'espèce *P. cylindrus* se caractérise par un dimorphisme sexuel (Photos 2). Les mâles se caractérisent par la présence de deux dents inégales développées sur l'extrémité postérieure des élytres (BALACHOWSKY, 1963 ; VILLEMANT& FRAVAL, 1991).

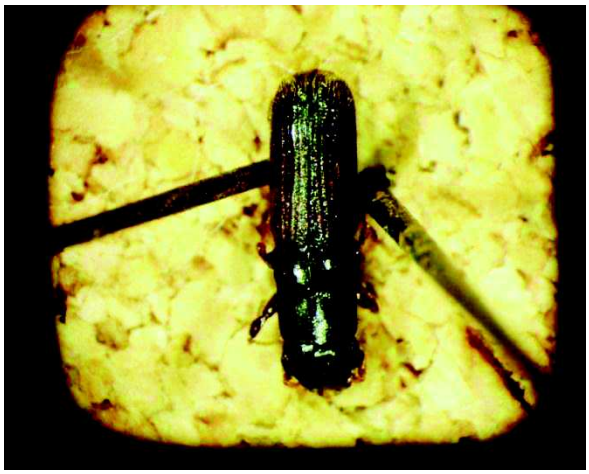


Photo 1. Adulte de *Platypus cylindrus*,

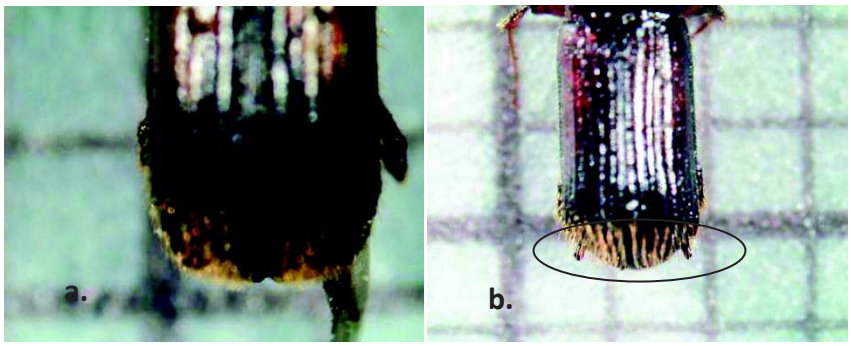


Photo 2. Abdomen (a. femelle ; b. mâle)
(Photo prise : AMOURA, 2013).

1. Aire de répartition et essences attaquées

Le platype est considéré comme un bioagresseur nuisible (DWIGHT, 1917). Il est largement répandu dans toute la région Eurasienne et dans les montagnes ou massifs de la zone circumméditerranéenne notamment nord-africain et de Corse (BALACHOWSKY, 1963). En Allemagne occidentale, il a été décrit dès l'année de 1905 par STROHMEYER (1907). En Angleterre, il est largement réparti (HICKIN, 1963), surtout dans le sud du pays où il semble avoir changé de statut d'insecte rare à un redoutable ravageur causant des dégâts conséquents (TILBURY, 2007). En Italie, il se localise en Sardaigne et est considéré comme ravageur secondaire (CECCONI, 1924). En 9en France, il a été signalé en Corse (BALACHOWSKY, 1949). *P. cylindrus* est considéré comme un agent de dépérissement du chêne-liège dans les subéraies varoises (BOUTTE & OUDARD, 2012). Au Portugal, le ravageur a été signalé depuis fort longtemps où il cause des dégâts importants sur des arbres de chêne-liège sains dans diverses subéraies (AMANDIER, 2005 ; SOUSA, 1996 ; SOUSA & DEBOUZIE, 2002). De même sa présence a été signalée au Caucase, en Arménie et en Iran (BALACHOWSKY *et al*., 1963).

En Afrique du nord, *P. cylindrus* a été signalé au Maroc de Tanger à Debdou et du Haut Atlas par KOCHER (1961). Sa présence a été noté par VILLEMANT & FRAVAL (1991) sur chêne-liège à Chaouen, à Larache et surtout dans la région de Maâmora où il se comporte comme un ravageur primaire causant un dépérissement du chêne liège (BAKRY *et al*., 1999 ; SOUSA *et al*., 2005). En Tunisie, il se comporte comme un ravageur secondaire s'attaquant aux arbres en déficiences physiologiques (BENDJEMAA *et al*., 2007).

En Algérie, l'insecte a été signalé pour la première fois par LUCAS (1849) à l'Est aux environs d'El Colle sous différents noms génériques puis par CHAPUIS (1865) en Kabylie et RUDOLF-TREDL (1907) à Alger. Ses premiers dégâts importants ont été observés dans les subéraies orientales dès le début du siècle dernier (G.G.A., 1927). Actuellement il est considérée comme un ravageur économiquement important car plusieurs subéraies souffrent de ses attaques (BELHOUCINE *et al*., 2011b) . Des adultes ont été collectés dans la subéraies de Béni Mimoun (Béjaia) (CHAKALI *et al*., 2002). Aussi sa présence a été signalé au début des années 2000 à l'ouest du pays dans les subéraies de Tlemcen, Oran et Mascara, provoquant des dégâts inquiétants (BOUHRAOUA *et al* ., 2002 ; BOUHRAOUA, 2003).

3. Les essences hôtes

P. cylindrus est un insecte forestier doté d'une polyphagie vivant principalement sur les chênes : *Quercus suber*, *Q. rotundifolia*, *Q. robur*, *Q. cerris* et *Q. frainetto*. Il peut également se trouver sur les hêtres (*Fagus sylvatica* et *F. ornus*) et les cerisiers sauvages (*Prunus avium* L.) mais rarement sur les peupliers (*Populus spp*), les Eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.), les frênes (*Fraxinus spp*), l'orme (*Ulmus spp*) (BALACHOWSKY, 1949 ; FERREIRA & FERREIRA, 1991 ; SOUSA, 2002 ; CEBECI & AYBERK, 2010). Il s'attaque fréquemment aux châtaigniers âgés de *Castanea sativa* mais surtout au *C. vulgaris* dont il occasionne rapidement le dépérissement des sujets robustes et centenaires (BALACHOWSKY, 1963).

Le mécanisme de sélection des hôtes par *Platypus cylindrus* n'est pas totalement éclairci, il dépend probablement de stimulations complexes, en particulier olfactives et non seulement à la silhouette des arbres (CHARARAS, 1979). La composition et la concentration en substances volatiles, l'humidité du bois, la pression osmotique et le flux de la sève sont des facteurs qui pourront influencer le choix des arbres (GRAHAM, 1968 ; SOUSA *et al*., 2005). Les adultes semblent être fortement attirés par l'odeur de la fermentation de la sève (TILBURY, 2007). La forte densité d'attaque du ravageur suggère l'existence de mécanismes d'attractions complexes impliquant la production de kéronome et de phéromone d'agrégation (SOUSA & INACIO, 2005).

4. Données sur la biologie de *P. cylindrus*

La biologie de l'insecte a fait l'objet de plusieurs investigations dès le début du siècle (STROHMEYER, 1907 ; ESCHERICH, 1923 (in BELHOUCINE, 2013). Le comportement de cet insecte est semblable à celui de nombreux Platypodidae (GRASSÉ, 1949 ; BLACHOWSKY *et al*., 1963).

L'adulte mâle débute la colonisation de l'arbre et commence à forer l'ouverture d'un couloir d'entrée de 1 à 2 cm à partir des blessures de l'écorce tout en expulsant les fibres à l'extérieur sous forme de sciure (SOUSA, 2002 ; BOUHRAOUA, 2003).

La figure 1 illustre les écophase du cycle biologique de *P. cylindrus* (SOUSA, 1996).

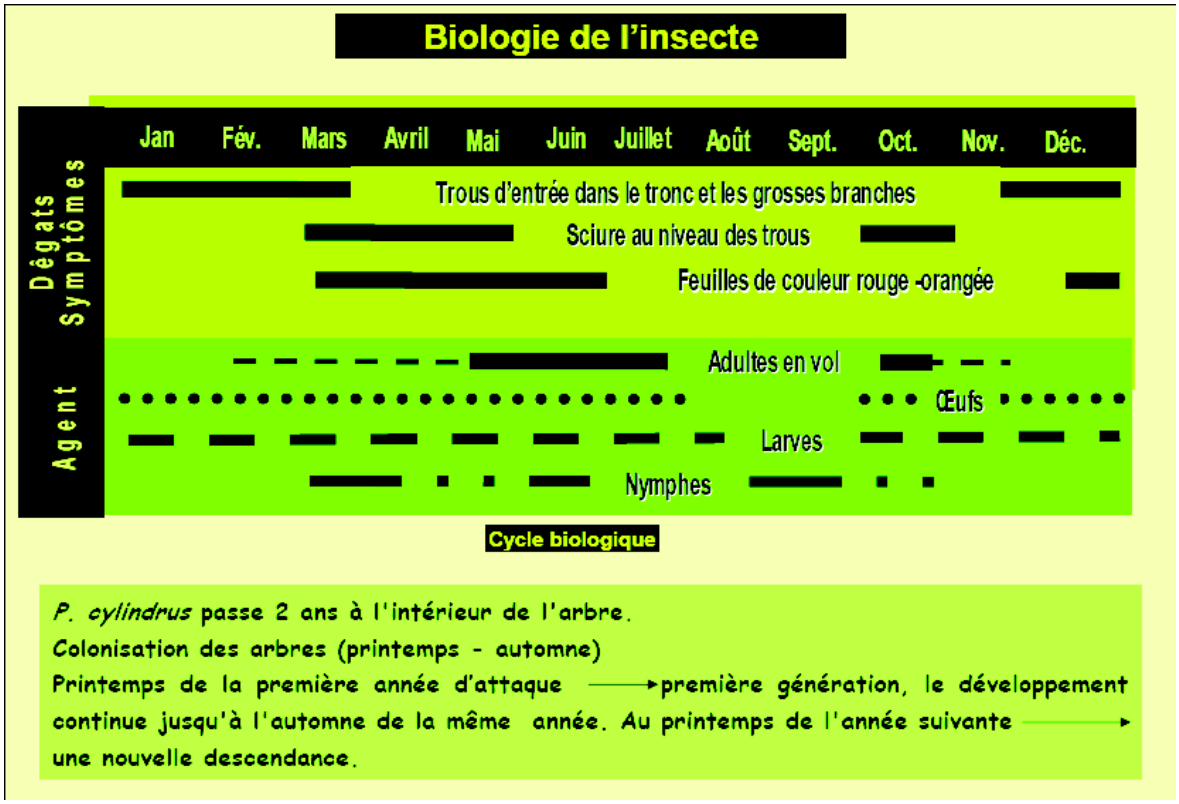


Figure 1. Cycle biologique de *Platypus cylindrus*

4.1. Accouplement et formation des galeries

Une fois le couloir est confectionné, le mâle s'installe à l'entrée de la galerie en attendant l'arrivée d'une femelle. En ne laissant dépasser que très légèrement l'apex de ses élytres à l'extérieur de l'orifice d'entrée. Ce comportement a été interprété comme fondamental pour l'activation de son organe de stridulation à partir duquel il communique avec les autres insectes de Platypodes (HUSSON, 1955 ; MENIER, 1976). A son arrivée, la femelle se déplace sur la surface de l'arbre jusqu'à environ 5 à 10 cm du couloir creusé par le mâle (BAKER, 1963). Si le mâle l'accepte, l'unique accouplement s'effectue pour la vie du couple (2 à 3 ans) (BRIGHT & STARK, 1973). Le couple pénètre profondément dans la galerie et chacun des deux sexes se spécialise dans un travail déterminé, grâce à ses puissantes pièces buccales, la femelle poursuit alors le travail du forage de la galerie commencé par le mâle (HUSSON, 1955). Pendant cette période le mâle se consacre à l'évacuation des fibres et de débris provenant du creusement de la galerie (BAKER, 1963). Ce comportement est commun chez le groupe des xylomycétophage (STEINHAUS, 1947).

Le creusement de la galerie par la femelle est effectué à partir du couloir de pénétration, perpendiculairement à la surface. Quand le bois de cœur est atteint, la femelle s'étant tournée fore alors latéralement dans une direction légèrement sinueuse et suit les anneaux de bois (HUSSON, 1955). A partir de cette galerie, la femelle fore de nouveaux tronçons à direction radiale vers l'intérieur plus riche en sève (HUSSON, 1955). Selon HIKIN (1963) et BALACHOWSKY *et al*., (1963), la structure des galeries se complique souvent. En effet, on peut rencontrer des galeries très simples non ramifiées de 7 cm, de longueurs. D'autres présentent un système de ramification d'une longueur totale pouvant dépasser 180 cm (HICKIN, 1963). Cette hétérogénéité structurale dépend de nombreux facteurs, soit intrinsèques à la population des insectes comme le nombre de descendants, la nourriture disponible et l'âge de la galerie, soit extrinsèques à celle-ci comme l'environnement et les caractéristiques de l'hôte choisi (BAKER, 1963).

4.2. La ponte

La femelle continue à creuser des galeries de forme cylindrique dans le bois et dépose ses œufs au fur et à mesure (Photo 3), tout en inoculant leurs parois par les champignons *ambrosia* (BRIGHT & STARK, 1973). Les œufs sont déposés dans des diverticules ronds de 2 à 3 mm de profondeur, par groupe variable de 1 à 5 œufs (HUSSON, 1955), 4 à 8 œufs (FAVARD, 1962) et de 1 à 10 œufs (BOUHRAOUA & VILLEMANT, 2010). La ponte s'étale de l'été à la saison hivernale (HUSSON, 1955) pour reprendre au printemps suivant (BAKER, 1963). Si la galerie a été initiée pendant les mois du juin et juillet ou au début d'août, la première ponte sera effectuée quatre semaine après, mais pour la galerie plus tardives la ponte peut être retardée au printemps de l'année suivante (BAKER, 1963).

Amas d'œufs **Œufs dans une chambre** **Larve à l'éclosion**

Photo 3. Présentation des œufs et de la larve à l'éclosion de *Platypus cylindrus* (BOUHRAOUA, 2003).

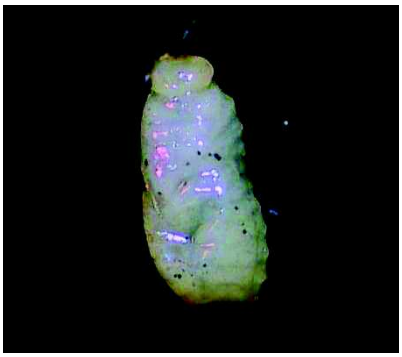
La femelle se reproduit pendant deux ans consécutifs rarement trois donnant de 150 à 200 œufs (SOUSA, 1996). Parallèlement au développement de la galerie, de nouveaux oocytes deviennent matures, ce qui autorise de nouvelles pontes (BAKER, 1963). Le nombre d'œufs développés par ovaire varie d'une femelle à une autre (HICKIN, 1963). Pendant les premiers mois chacun des quatre ovaires contient de 1 à 4 œufs tandis

qu'après un an il peut en contenir de 6 à 15 œufs. Le comportement et la fécondité des femelles dépendent de plusieurs facteurs notamment l'espace disponible pour l'extension de la galerie, la nourriture (BAKER, 1965).

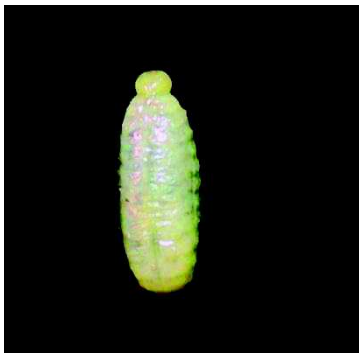
4.3. Le développement larvaire

La durée de l'embryogenèse varie de 2 à 6 semaines (BAKER, 1965). A l'éclosion les larves ont une forme ovale, un peu aplaties et elles sont apodes et se déplacent dans leurs galeries par des mouvements ondulés (HICKIN, 1963). Au stage plus avancé les larves acquièrent une forme cylindrique et se déplacent en articulant leurs segments (ESCHERICH, 1923).

Le nombre des stades larvaires varié de 4 à 5 stades (SOUSA *et al*., 2005 ; BOUHRAOUA, 2003 ; BOUHRAOUA & VILLEMANT, 2010 ; BELHOUCINE et *al*., 2011a). Le dernier stade étant atteint en moyenne quatre semaines après l'éclosion des œufs. Sa durée serait assez longue et peut même dépasser une année si les conditions ne sont pas favorables à son développement (HICKIN, 1963). Les différents stades larvaires sont illustrés par la photo 4.



L2 : larve de 2ème stade



L3 : larve de 3ème stade

L4 : larve de 4ème stade

L5 : larve de 5ème stade

Photo 4. Présentation des différents stades larvaires de *Platypus cylindrus* (BOUHRAOUA, 2003).

4.4. Le stade nymphal

A la fin de leur développement, les larves construisent leur chambre nymphale (Photo 5), préparant ainsi leur nymphose qui se déroulera normalement au printemps suivant (BAKER, 1963). Pour leur protection comme une éventuelle prédation, les larves vont fermer leur chambre avec un mélange de sciure et de sécrétions glandulaires (STROHMEYER, 1907).

Photo 5. Stade nymphale (originale)

4.5. Les émergences

L'émergence des adultes se fait en général au cours de la période estivale. En France elle commence dès la fin juin (HUSSON, 1955), en Allemagne en juillet (STROHMEYER, 1907) au Portugal en juin et juillet (SOUSA, 1996 ; SOUSA & INACIO, 2005). Cependant, en Angleterre, il a été remarqué des sorties sporadiques du ravageur tout au long de l'année (BAKER, 1963 ; TILBURY, 2007). Ce dernier, pense que seul les émergents de juin à la fin de septembre sont capables de survivre et se reproduire avec succès. Les photos (6 à 8) illustrent le stade pré-émergeant une galerie fraiche et une chambre nymphale, caractéristique de l'espèce *P. cylindrus* (Photos empreintées à BOUHRAOUA, 2003).

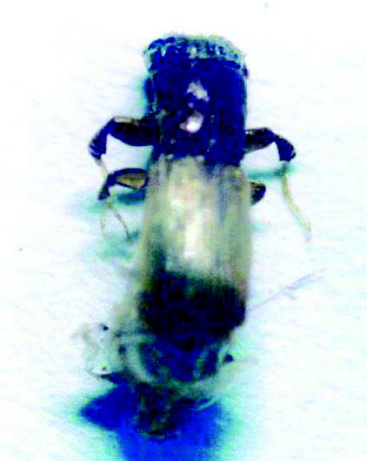


Photo 6. Pré-émergeant

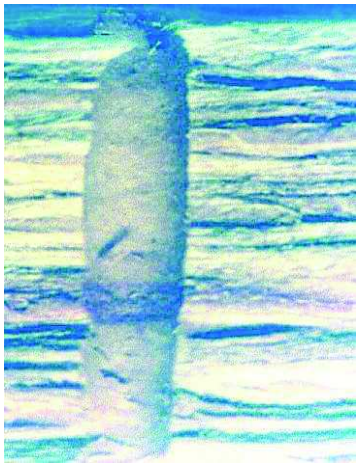


Photo 7. Galerie fraiche

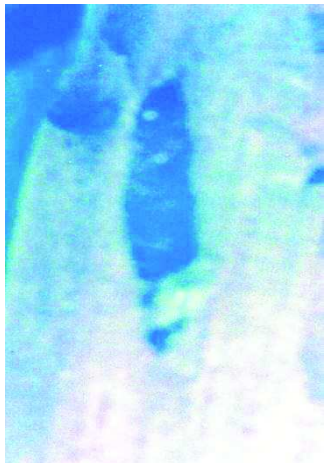


Photo 8. Chambre nymphale

Au Maroc, les adultes apparaissent en fin mai début juin (CHADIGAN *et al*., 1991), tandis qu'en Algérie, BOUHRAOUA (2003) a remarqué que l'émergence des deux sexes commence au printemps. Les adules sortent exceptionnellement en littoral durant les années à hiver chaud (BOUHRAOUA, 2003 ; BOUHRAOUA & VILLEMANT, 2010). Les mâles se manifestent massivement les premiers dès le début juin, puis sont suivis peu de temps après par les femelles. Le mois d'août correspond aux émergences maximales des deux sexes (BELHOUCINE, 2013).

II. Facteurs de régulation des populations de *P. cylindrus*

1. Importance économique du ravageur

Le platype est un ravageur qui se comporte comme ravageur secondaire mais aussi primaire. Néanmoins, il préfère les arbres de chêne-liège affaiblis ou du bois coupé dont l'humidité est maintenue encore à un degré correcte pour le développement des champignons (FERREIRA & FERREIRA, 1991 ; SOUSA & DEBOUZIE, 1993 ;).

Les attaques du ravageur occasionnent souvent des dégâts d'importance économique considérable, aussi bien d'ordre technologique que physiologique. Il cause, en effet, une détérioration de l'aspect du bois par la présence de nombreuses galeries noirâtres profondes le parcourant dans tous les sens. Un tel bois perd sa valeur technologique et commerciale et devient impropre à l'ameublement. La mort des arbres survient rapidement quelques mois après l'installation des insectes dans l'arbre hôte (SOUSA *et al*., 2005 ; BALACHOWSKY *et al*., 1963 ; BOUHRAOUA, 2003)

L'étude conduite par SOUSA (1996) confirme la liaison des attaques de *P. cylindrus* avec le déclin et le dépérissement de chêne-liège enregistré depuis les années 80. Dans divers pays, ses dommages ont été signalés comme menaçants au Portugal (NATIVIDADE, 1956 ; FERREIRA & FERREIRA, 1989 ; SOUSA *et al*., 1995, SOUSA, 1996) en Espagne (ESPANÕL, 1964 ; SORIA, 1994) en France surtout dans la subéraies Varoises (DURAND, 2004) et au Maroc par (CHADIGAN, 1991 ; BAKRY *et al*., 1999).

A l'ouest algérien, avec les recherches conduites par BOUHRAOUA depuis 1999, la présence du ravageur a été signalée dans les forêts de M'sila à Oran (BOUHRAOUA *et al*, 2002 ; BOUHRAOUA, 2003 ; BELHOUCINE, 2008 ; BELHOUCINE *et al*., 2011a ; BELHOUCINE & BOUHRAOUA, 2012) mais aussi dans le massif forestier Hafir-Zariffet à Tlemcen et la forêt de Nesmoth à Mascara). C'est dans la forêt de M'sila que le ravageur est le plus présent causant des dommages considérables aux peuplements de chêne-liège, d'ordre physiologique puisqu'il détériore la santé des arbres et aussi d'ordre technologique puisqu'il affecte la qualité de liège. Ainsi l'affaiblissement des arbres entraine souvent une diminution de l'accroissement annuel du liège (DEHANE *e*t *al*., 2011; DEHANE, 2012) et leur mort entraine le dessèchement de la couche subéreuse ce qui rend le bois impropre à l'exploitation (BOUHRAOUA, 2003). L'action de ce ravageur a en réalité une date assez ancienne et continue à nos jours à progresser avec une intensité variable en relation avec les milieux environnants.

2. La résistance des arbres

Les Scolytes et les Platypoides sont des xylophages qui s'attaquent aux arbres morts ou affaiblis. Ils comprennent des espèces xylomycétophage, qui creusent les galeries dans le bois et y cultivent des champignons *ambrosia* symbiotique pour se nourrir (KNIZEK & BEAVER, 2004). Ces insectes sont géographiquement très dispersés et s'attaquant à une large gamme d'arbres hôtes (KIRKENDALL, 1983 ; KNIZEK & BEAVER, 2004). La plupart des espèces de Scolytes et Platypoides sont généralement inoffensifs pour les arbres sains, mais certains sont considérés comme des ravageurs forestiers d'une grande importance, causant des pertes économiques très significatifs (RAFFA *et al*., 1993 ; KNIZEK & BEAVER, 2004). Les xylomycétophages de conifères sont les ravageurs forestiers les plus importants dans les zones tempérées (GRÉGOIRE & EVANS, 2004). Ceux qui infestent les feuillus sont considérés les moins nocifs.

Chaque arbre développe sa propre stratégie de défense en fonction des mécanismes fondamentaux de sa croissance, de son développement et de sa reproduction (CHRISTIANSEN *et al*., 1987). Un arbre déjà affaibli, consacre l'essentiel de son énergie aux mécanismes de survie et d'adaptation à de nouvelles conditions mais se consacre que très peu à sa défense face aux ravageurs et champignons (SOUSA, 1996).

Chez les résineux deux mécanismes de défense ont été mis en évidence : la formation de concentration élevées d'oléorésines défense primaire des arbres contre les attaques d'insectes (LIEUTIER, 1992 ; KULNHOLZ *et al*., 2003) mais inefficace à lui seul pour protéger l'arbre (LIEUTIER, 1991). La formation secondaire de composés spécifiques de l'isolement de partie attaquée en l'imprégnant rapidement de substances défensives comme les produits phénoliques (KULNHOLZ *et al*., 2003).

Le processus de dégradation sanitaire des arbres et des forêts se caractérise extérieurement par un certain nombre d'anomalies repérables à vue sur le terrain (défoliation et décoloration notamment). Il a été avancé pour la première fois par FALCK (1924 in DELATOUR, 1983) puis repris plus tard par de nombreux autres auteurs (LOHELE, 1988 in SOUSA, 1996 ; BOUHRAOUA, 2003). Il ressort de leurs hypothèses que ce processus se réalise généralement en deux phases (Fig. 2) :

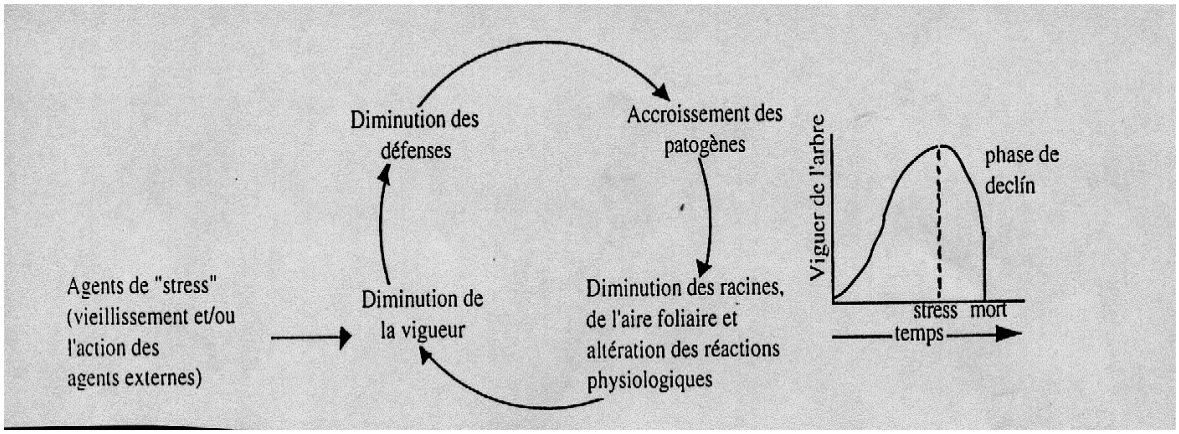


Figure 2. Schéma du cycle de déclin d'un arbre selon LOHELE (1988, in SOUSA, 1996)

Une phase d'affaiblissement physiologique au cours de laquelle l'arbre subi un certain nombre de stress qui provoquent, progressivement ou rapidement selon la nature du ou des facteurs impliqués, des perturbations physiologiques plus ou moins marquées. L'arbre perd alors partiellement ses capacités de défense et sa vigueur s'en ressent. A ce stade, la pression osmotique augmente sous l'effet du déséquilibre hydrique et l'arbre devient vulnérable à toute une série d'autres facteurs défavorables, notamment les facteurs biotiques.

Une phase de dépérissement proprement dit ou d'« affaiblissement généralisé » au cours de laquelle l'arbre subi l'action de ces facteurs défavorables, qui agissent souvent ensemble et affectent profondément sa physiologie. L'arbre perd alors irréversiblement ses capacités de défense et la mort intervient au bout d'un temps variable selon l'intensité de chacun de ces facteurs.

Les capacités de défense des arbres attaqués varient énormément avec certaines conditions comme l'espèce d'insecte, l'espèce forestière, son état sanitaire, le climat, la composition du sol, la période d'attaque, les caractéristique génétiques et sylvicoles, les dimensions des arbres et leurs taux de croissance et la durée de l'inoculation des champignons et leurs concentration (LIEUTIER, 1991 ; SOUSA, 1996).

Un mélange d'odeurs provenant de l'hôte et les phéromones des insectes avec parfois les composés de champignons inoculés est transporté dans l'air donnant ainsi des indications sur la possibilité de coloniser les arbres aux autres insectes en vol (BRAND *et al*., 1975). L'établissement des insectes sur un arbre implique le blocage de tous ces mécanismes de défense à partir duquel s'initie l'accouplement, la construction des galeries, l'inoculation des champignons et la ponte (BEAVER, 1989, DETERMAN & OVERHULSER, 2007).

2. Les antagonistes

Les prédateurs et les parasites de *P. cylindrus* sont peu connus. Au Portugal, précisément à Oemira, FERREIRA & FERREIRA (1989) a signalé la présence d'un seul prédateur *Colydium elongatum* F. (Coleoptera : Colydiidae). C'est le même prédateur ayant été signalé par DAJOZ (1977) en France. Au Maroc, deux autres ravageurs ont été signalés à savoir *Platysoma oblongum* (Marseul) et *Corticeus pini Panz* (LAMOTTE *et al*., 1991). En Algérie, BOUHRAOUA & VILLEMANT (2010), ont signalé la présence de deux Coléoptères prédateurs dans les galeries du Platype : *Dasytes terminalis* et *Colydium elongatum*.

En plus, le groupe de champignons entomopathogène, représenté principalement par deux espèces appartenant aux Hypocréales à savoir *Beauveria bassiana* et *Lecanicillium psalliota*. ont déjà été testés comme biopesticides dans le biocontrôle de certaines

populations d'insectes dans plusieurs pays (SAMSON *et al*., 1988 ; GOETTEL *et al*., 2008). Le genre *Beauveria* comprend certaines espèces entomopathogènes utilisées comme insecticide (KIFFER & MORELET, 1997) ; la pathogénécité de *B. brongniartii* et *B. bassiana* pour *Platypus spp*. a déjà été démontrée (GLARE *et al.,* 2002). La présence de ce dernier champignon a été signalée par BELHOUCINE (2013) à M'sila à l'Ouest de algérien sur le xylophage Cérambycide *Cerambyx cerdo* et sur le ravageur *Platypus cylindrus*.

3. Le climat

Il est connu que les changements dans le climat incitent l'invasion des insectes ravageurs indigènes et exotiques du sud vers le nord, et augmentent ainsi la fréquence et l'intensité des épidémies d'insectes forestiers (AYRES & LOMBARDERO, 2000). Une augmentation de température, par exemple, peut affecter de manière significative la reproduction et la dynamique des populations de certains groupes d'insectes comme les espèces de Scolytes ; *Ips typographus* en Europe du Nord (JÖNSSON *et al*., 2007) et *Tomicus destuens* en Algérie (CHAKALI, 2007).

L'installation d'un cortège de xylophages dans les arbres du chêne-liège peut affaiblir l'arbre ou accélérer sa mort. Le plus remarquable est l'insecte *P. cylindrus* qui s'attaque préférentiellement au tronc démasclés (HUSSON, 1955; BALACHOWSKY, 1963). L'activité de ce xylomycétophage est très importante au Portugal (SOUSA, 1996) et au Maroc (EL ANTRY, 1994) notant son agression en subéraie. La distribution verticale des insectes en forêt est souvent conditionnée par le gradient thermique et l'humidité relative qui s'établit entre le sol et la canopée (DAJOZ, 1998). Ce dernier, a noté que la température joue un rôle déterminant dans la localisation des insectes qui vivent dans les troncs d'arbres. A titre d'exemple, les scolytides des pins, *Tomicus minor* et *Ips acuminatus* montrent, pour s'installer et creuser leurs galeries, les mêmes préférences en ce qui concerne l'épaisseur de l'écorce des arbres ; mais ils recherchent des expositions différentes en raison de leur exigence thermique différente (DAJOZ, 1998).

Le climat est le principal facteur limitant au développement de l'insecte (SAFRANYIK, 1978), l'insecte *Dendroctonus ponderosa,* par exemple, affectant le pin au Canada malgré qu'il est originaire des forêts de pin dans les régions occidentales de

l'Amérique du Nord (SAFRANYIK & CARROL, 2006) ; il infeste principalement *Pinus contorta* mais peut aussi coloniser la plupart des espèces de pins existant dans la région. *P. contorta* est largement distribué au Canada et l'apparition de ces coléoptères dans l'Ouest du Canada n'est pas limitée par la disponibilité d'un arbre hôte approprié. Ce xylophage infeste habituellement les arbres affaiblis ou morts. Toutefois, des épidémies périodiques de grande ampleur sur des arbres sains, font également partie du comportement normal du xylophage (SAFRANYIK & CARROL, 2006). Les changements dans les conditions climatiques, telles l'augmentation des températures et la réduction des précipitations en été ont permis au dendroctone du pin d'établir et former des populations continues dans de nouveaux environnements (WILLIAMS & LIEBHOLD, 2002 ; CARROL *et al*., 2003).

Dendroctonus rufipennis est un autre exemple de scolytes ayant causé une épidémie induite par le changement climatique conduisant à des dégâts importants de forêts d'épinette en Amérique du Nord et en Alaska (BERG *et al*., 2006). En raison de l'augmentation des températures, le temps de reproduction du dendroctone de l'épinette a diminué de moitié et a conduit à des dégâts considérables et sans précédent (LINNAKOSKI, 2011).

3.1. Exigences écologiques de chêne-liège

Le chêne-liège est une essence de la zone méditerranéo-atlantique. La répartition géographique de l'espèce est définie par ses exigences écologiques qui sont de quatre ordres : exigence en lumière, n chaleurs, en humidité et refus des sols calcaires (PIAZZETTA, 2005). La cohabitation avec d'autres essences à la cime peu compacte, tels que le Pin maritime (*Pinus pinaster*) ou le Pin parasol (*Pinus pinea*) est possible, mais c'est en peuplement pur, voire en lisière des parcelles qu'il se développera favorablement.

1. La lumière : le chêne-liège est une espèce héliophile, il exige une forte insolation. Des observations quantifiées, confirment que la survie des semis et leur croissance augmente sensiblement avec l'éclairement relatif (CHOLLET, 1997). Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie tant en raison des superficies occupées que de par son importance économique. Il est présent sur 450 000 ha, et couvre trois

faciès : L'occidentale montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (YESSAD, 2001).

2. L'altitude : l'aire de développement du chêne-liège dépend du relief forestier, il pousse à une altitude pouvant atteindre 1200m en Algérie, mais ne prospère favorablement qu'entre 900et 1000 m (CAMUS, 1938). En voisinage des côtes atlantiques au Portugal, il descend jusqu'à 200 m et peut atteindre une altitude de 2400 m sur les pentes humides exposées au Nord dans le grand Atlas marocain. Il est qualifié d' une essence de plaine et de moyenne montagne. TLILI (2003), note que les limites altitudinales varient considérablement avec l'exposition.

3. Exposition : à partir de 600 m, le chêne préfère les stations exposées au Sud. Sur les versants Nord, il est concurrencé par le chêne-zeen. Sur les versants Sud entre 1000 à 1200 m, il est concurrencé par les chênes, zeen et Afares.

4. La température : c'est une essence relativement thermophile, elle demande des températures douces, dont l'optimum se situe entre (13°C et 18°C), les amplitudes thermiques du chêne-liège comprises entre - 9°C et 40°C (BOUDY, 1952).La tolérance du chêne-liège au froid semble se limiter à -4°C (ALATOU *et al*., 2005).

5. L'humidité : c'est une essence xérophile, le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'eau moins de 60% même en saison sèche, et une précipitation annuelle comprise entre 400 mm et 700 mm (BOUDY, 1952). L'évolution de l'humidité des sols forestiers est un des aspects essentiels de la recherche sylvicole en milieu méditerranéen, puisque l'eau joue un rôle de facteur limitant pour la production et la régénération (DEBEACCOPS, 1956). Si le maintien pendant la saison sèche d'une certaine humidité dans le sol est une condition n'est ni suffisante, ni toujours ni primordial selon ZERAIA (1981) la fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus déterminant à la régénération de chêne-liège.

6. Les facteurs édaphiques : le chêne-liège est une espèce calcifuge qui préfère les sols siliceux tel que les grés numidiens (Algérie et Tunisie) et les sables pliocène (Maroc) ou à la rigueur argilo siliceux (VEILLON, 1998). Cependant, des populations de chêne-liège ont été observées sur des sols calcaires en Italie (BELLAROSA

et *al*., 2004). Il s'accommode à des sols peu fertiles, superficiels ou lourds (riches en argile), mais recherche plutôt des textures légères (sables), bien aérés et riche en matière organique (BOUDY, 1951 ; LEPOUTRE, 1965). Le tassement du sol par le piétinement fréquent rend difficile l'opération d'enracinement (HASNAOUI, 1995).

4. Les pratiques sylvicoles

En raison de son tempérament délicat, le chêne liège est soumis à deux types de traitements complètement distincts : La subériculture qui le considère comme un arbre pour l'extraction du liège et, la sylviculture qui au contraire le traite comme un arbre forestier. Afin d'assurer son éducation et sa régénération, la sylviculture repose sur les coupes de régénération, de dégagement et de nettoiement, le dépressage et le débroussaillement (BOUHRAOUA, 2003 ; GHAFER, 2014).

La régénération naturelle des peuplements de chêne liège se heurte depuis longtemps à des contraintes complexes par le fait de la dégradation de l'état sanitaire et de vieillissement avancé des arbres. La situation est devenue très inquiétante depuis plusieurs décennies (BOUDY, 1950 ; MARION, 1951 ; PEYSSOY, 1960 ; MESSOUDEN, 1996). La simple protection des chênes lièges naturels suffit à assurer les boisements rapides par semis naturels d'énormes étendues (NATIVIDADE, 1956) ; malheureusement ce cas ne se présente pas en Afrique du Nord et particulièrement en Algérie, vu l'intégralité de la fructification et le surpâturage. Une année de bonne glandée peut être suivie par une ou plusieurs années de mauvaise production des glands. En outre, cet état est aggravé d'une part par la qualité de la glandée (glands de faible tailles, de faibles pouvoirs germinatifs) et d'autre part par la présence des piqûres dues aux attaques d'insectes comme la tordeuse des glandes *Cydia triangulella* et les charançons du genre *Balaninus* (BOUHRAOUA, 2003 ; CHOUIAL, 2004). Devant cette situation, le recours à une autre alternative permettant d'assurer naturellement la pérennité des peuplements est impérative. Il s'agit en effet de la régénération par rejets de souches. Cette méthode de régénération s'applique avec prudence aux peuplements ayant des souches de plus de 80 ans. C'est à cet âge que la vigueur de l'arbre commence à diminuer (GHAFER, 2014).

Vu le problème de la régénération naturelle et afin de préserver les subéraies, nous devons recourir à la voie artificielle qui est basée sur le semis direct des glandes ou la

transplantation de plants élevés en pépinière pendant quelque mois. En Algérie toute les subéraies proviennent des peuplements spontanés (VALETTE, 1992 ; ZINE, 1992). Ainsi, cette essence a été prise en considération dans le programme de réhabilitation et reconstitution des peuplements de chêne liège avec l'objectif de planter 20 000 hectares pendant 5 ans, programme de 2003 à 2007 (OULDMOUHOUB, 2005). De même le programme quinquennal de 2010-2014 mis en place par le secteur des forêts a contribué à l'extension et la réhabilitation de 10 000 ha de chêne-liège (D.G.F., 2009).

Selon le Code International des Pratique Subericoles de 2005, la récolte du liège, en Algérie, se pratique avec des rotations périodiques de 9 à 12 ans pour éviter l'altération du liège. Elle est effectuée entre mi-juin à mi-juillet.

CHAPITRE II

DÉGATS SYLVICOLES & IMPORTANCE

DEUXIEME CHAPITRE
DÉGATS SYLVICOLES ET IMPORTANCE

1. Le chêne-liège et les relations avec *P. cylindrus*

1. 1. Importance socio-économique des subéraies

L'importance socio-économique des subéraies n'est plus à démontrer, elles ont toujours été une source de revenus aux subériculteurs. En effet, les subéraies ont été, depuis l'antiquité, des forêts exploitées par l'homme pour leurs ressources, l'extraction du bois, de charbon, de liège mâle et des glands.

L'importance économique du chêne-liège réside essentiellement dans son écorce, le liège, qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie. Ce matériau particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conductible pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverses (BOUDY, 1950). D'abord employé dans la navigation et la pêche sous forme de flotteurs pour filets de pêche ou de bouées d'ancre de navires, etc. (DESSAIN, 1992), il a ensuite été utilisé en industrie pour la fabrication de divers produits et sous produits tels que l'aggloméré d'isolation et de décoration, les revêtements, les décors auto-adhésifs, la maroquinerie, les granulés et surtout les bouchons. Après la transformation industrielle du liège, il en résulte des déchets importants obtenus en fin de processus, ces déchets trouvent leurs utilisations à des fins diverses. En agriculture, la poudre de liège joue le rôle d'amendement pour alléger les engrais agricoles ou les terreaux. Les poussières de lièges sont aussi recommandées comme substrat au niveau des pépinières forestières, les résultats obtenus avec ces poussières sont satisfaisants.

1.2. Économie du liège

Un pourcentage de l'ordre de 80% de la production mondiale annuelle du liège provient du Portugal, de l'Espagne, du Maroc, de l'Algérie, de l'Italie, de la Tunisie et de la France. La figure 3 illustre la répartition des pourcentages par pays.

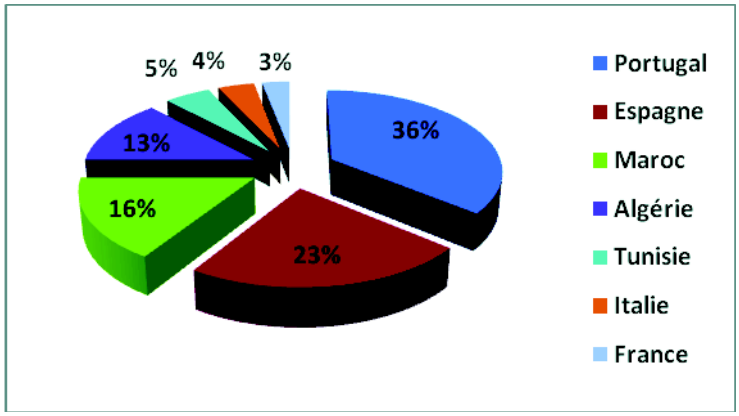


Figure 3. Superficies de chêne-liège dans le monde (MEZALI, 2003).

1.3. L'évolution de chêne-liège en Algérie

En Algérie, la production du liège a connu une variation spatiale et temporelle Durant l'époque précoloniale, les grandes forêts de chêne-liège n'étaient pas exploitées, les Turcs se contentaient d'utiliser le liège dans la confection des ruchers et de tablettes destinées aux dépôts de leur provision dans leur habitation et parfois pour dans la construction de la toiture. Pendant cette période, les massifs de chêne-liège étaient beaucoup plus utilisés comme parcours le cheptel ovin et bovin pour leur richesse en sous-bois (C.C.I.A., 1973).

Dix années après la colonisation française en 1830, le gouvernement français ordonna l'exploitation des massifs de chêne-liège, et dès 1841 des études ont été engagées sur les possibilités de production des grands massifs de chêne-liège, dont les plus concernées sont ceux de l'est du pays (El Kala, Skikda et Annaba). A cette époque-là, l'exploitation se faisait par le biais des concessions qui ont été le résultat de l'intérêt économique que pouvait procurer le liège à cette époque et par ailleurs, combler les importations massives de la France en la matière (PYO, 2006). .

Les concessions ont été mises en place pour garantir la continuité des revenues. Celles-ci ont été inaugurées en 1846 et régies par un cahier de charges dont la durée a été fixée à une période de 16 années. Les premiers contrats intéressaient déjà quelques milliers d'hectares dans la région d'El Kala, mais ne firent pas le bonheur du capitalisme colonial,

d'autres ont été donc pris, justifiés par l'arrêté du 3 mai, où un nouveau cahier de charge fixait la concession à 40 années (PUYO, 2006).
Vu l'importance croissante du liège, d'autres concessions ont succédé par le décret du 8 mai 1862, ce dernier vient asseoir de nouvelles bases d'exploitation en portant la durée à 90 années et alors que celle-ci était laissée au libre choix du colon (ABDELGHAFOUR, 1974 ; OUARKOUB, 1974).

De plus, de grands incendies ont affecté les massifs constantinois où près de 170 000 ha de chêne-liège ont été détruit. Malgré ce fléau d'incendie, la production du liège n'a pas diminué. Elle a atteint un peu plus de 50 000 quintaux en 1898 (LEFBVRE, 1900).

En 1939, on compte 440 000 hectares de subéraies algériennes qui représentaient près d'un cinquième de la production mondiale de liège. D'un simple aspect comptable, la mise en valeur coloniale selon PUYO (2006), est indéniablement un succès, le volume récolté de quintaux annuels atteindre les 300 000 durant les années 30. Pendant les années de 1941 à 1946 cette valeur a chuté à 22 500 tonnes pour atteindre la valeur record de 37 000 tonnes entre 1950 et 1954, situation qui s'est détériorés pendant la guerre de libération où 30% des forêts ont été détruites.

Durant la guerre de libération (1954 -1962), les subéraies n'ont pas connu d'exploitation, l'effet conjugué de la guerre et des incendies a eu des conséquences néfastes sur le patrimoine subéricole qui a conduit à une réduction conséquente et significative des superficies.

Depuis l'indépendance, le service forestier algérien a repris l'exploitation des massifs de chêne-liège. En raison d'une absence d'exploitation durant la guerre de libération, la production a atteint un pic de 350 000 Qx en 1965 (Fig.4). Cette quantité a baissé durant les années qui se sont succédées, où elle a subi des fluctuations au cours de la période (1972 - 2002) (OUELMOUHOUB, 2005).

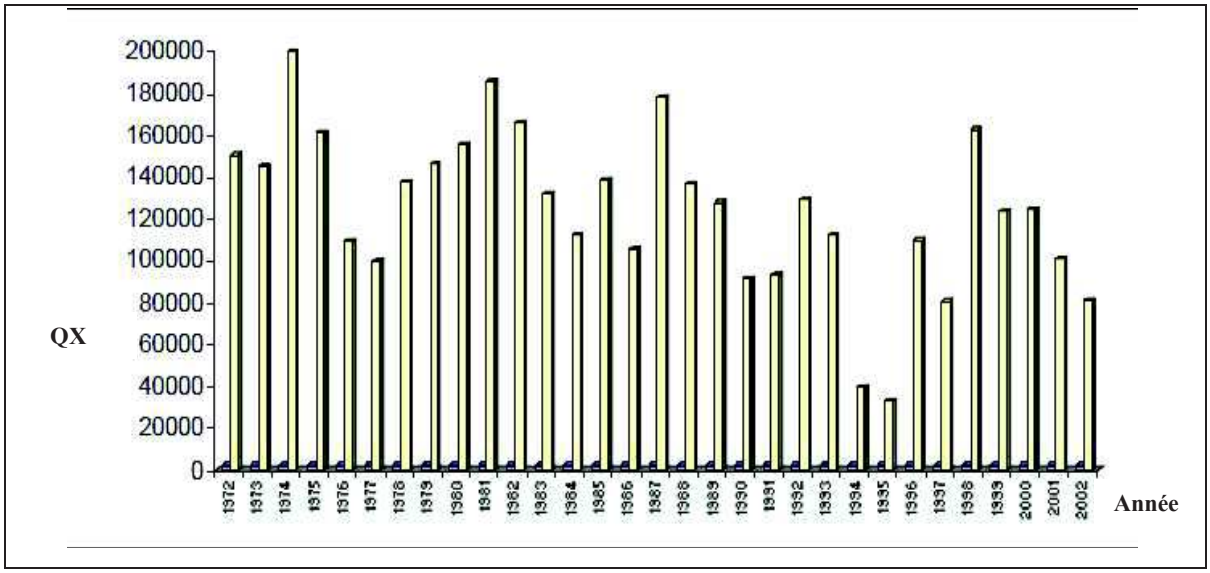


Figure 4. Évolution de la production nationale de liège, durant la période 1972-2002 (DGF, 2004)

La figure 5 présente l'historique de la production nationale en liège qui a connu des fluctuations temporelles importantes (DGF, 2004).

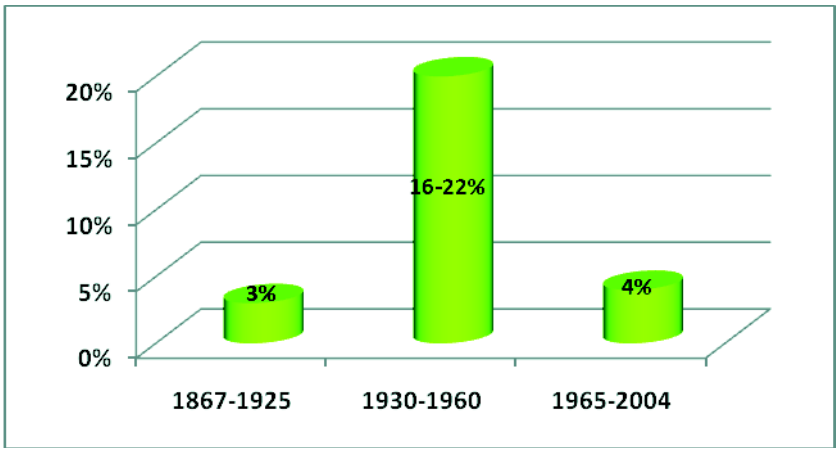


Figure 5. Évolution de la production nationale de liège

L'inventaire forestier national effectué en 1984 par le B.N.E.D.E.R., mentionne que sur les 230 000 hectares de chêne-liège, 61 % sont représentés par de vieilles futaies, 37 % par de jeunes futaies, 1 % par des perchis et 1 % par des taillis. L'âge avancé des subéraies explique la contrainte de la régénération naturelle.

Le manque d'intervention sylvicole en vue d'un rajeunissement des subéraies et l'absence d'un aménagement relatif aux subéraies, justifie la régression de la production nationale. Pourtant, plus de 90% des subéraies appartiennent au domaine public de l'état, ce qui aurait pu permettre une gestion plus aisée, uniforme et rentable du système (ZERAĪRA, 1982).

Les quantités récoltés n'ont pu augmenter et sont restées ainsi très faible au cours de la dernière décennie, particulièrement pour les années 2009 et 2010 (DGF, 2011).

1.4. L'impact des mauvaises pratiques de gestion sur la vitalité de l'état sanitaire des subéraies dans les pays méditerranéens

Le déclin du chêne-liège est un phénomène général et préoccupant dans la plupart des pays méditerranéens (LUCIANO, 1995 ; VILLEMANT, 1999 ; VILLEMANT & SOUSA, 2002 ; VILLEMANT & BEN JAMAA, 2005). L'importance du phénomène varie d'un pays à un autre et selon les années et les régions. Au Maroc le fléau de dégradation reste très inquiétant particulièrement à la Mãamoura (BAKRY & ABOUROUH, 1995) et au Portugal dans l'Algarve il est très ressenti (AMANDIER, 2006).

Le déclin du chêne-liège est un processus graduel faisant intervenir plusieurs facteurs de façon séquentielle ou simultanée (DE SOUSA & KADIRI, 2005). L'affaiblissement indéniable des peuplements forestiers du bassin méditerranéen est lié à l'action et l'interaction de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques qui entraînent, une diminution graduelle de la vigueur des arbres. Ce phénomène entraîne une réduction de leur capacité de défense, créant des conditions favorables à l'installation d'agents biotiques tels que les insectes, particulièrement les xylophages et les champignons pathogènes.

1.4.1. Les différents facteurs de dégradation de l'état sanitaire

De nombreux auteurs reconnaissent aujourd'hui la complexité du processus de détérioration de l'état sanitaire des arbres, de chêne-liège, et s'accordent sur l'existence non pas d'un facteur précis mais d'une séquence d'évènements défavorables répartis

généralement en divers types de facteurs hiérarchisés : les facteurs prédisposant, déclenchant et aggravant.

a. Les facteurs prédisposant (longue période)

Ce sont ceux qui opèrent d'une manière continue sans interruption pendant de longues périodes et qui entraînent l'affaiblissement graduel des arbres sans pour autant provoquer l'apparition de symptômes (SOUSA & KADIRI, 2005). Ce sont des facteurs qui exercent leur action de façon permanente durant une bonne partie de la vie de l'arbre durant laquelle sa sensibilité envers l'action d'autres facteurs s'accroît (MAUGARD, 1992). Les divers facteurs prédisposant sont regroupés dans le tableau 1.

Tableau 1. Les facteurs de prédispositions du chêne-liège par pays

Facteurs de prédisposition	Pays
Délaissement des subéraies	France
Exploitation intensive Agriculture céréalière Perturbation au niveau du sol (érosion, chimie du sol, acidification) Utilisation de grandes machines agricoles	Portugal & Espagne Sardaigne
Pâturage intensif	Tunisie, Maroc, Algérie, Sardaigne
Déliègeage mal effectué	Tunisie, Maroc, Algérie, France

BENDJEMÄA & PIZZETA, (2010)

Les facteurs édaphiques, climatiques et sylvicoles sont les principaux facteurs qui prédisposent les arbres de nos subéraies au processus d'altération sanitaire (BOUHRAOUA, 2003).

Ces facteurs se manifestent plus dans les zones semi-aride que d'autres où la concurrence pour l'eau surtout est limitée. Dans les zones humides et subhumides c'est le sous-bois impénétrable qui prédomine.

b. Facteurs déclenchant (action ponctuelles)

Ce sont des facteurs défavorables qui agissent en peu de temps sur la physiologie des arbres et interviennent indépendamment de leur état de santé apparent. Leur incidence plus ou moins grave s'observe le plus souvent sur les sujets prédisposés. Ils sont essentiellement de nature abiotique (la sécheresse, incendie,…) mais aussi sylvicoles et anthropique.

1.5. Exemple de dommages de subéraies

1.5.1. Cas des subéraies françaises : Le cas des subéraies françaises est très particulier, car leur dégradation est le résultat d'un désintéressement temporel progressif des propriétaires (SANTELLI, 1998).

1.5.2. Cas des subéraies portugaises et espagnoles : Les subéraies dégradées sont le résultat de la pratique des labours et par l'érosion diffuse, qui emporte la terre fine (déjà peu abondante), sol superficiel Internaliser. Les subéraies portugaises et espagnoles sont soumises à une exploitation intensive, caractérisée par la pratique de l'agriculture céréalière utilisant de grandes machines agricoles. Les labours conduisent à une perturbation au niveau du sol forestier et des blessures occasionnées aux arbres par élagage excessif, et section des racines. Ces pratiques réduisent la densité des arbres à l'hectare, soumettant le sol à un ensoleillement intense créant une atmosphère sèche nocive au chêne-liège. On assiste, également, dans ces pays à des déliègeages excessifs, augmentation du coefficient de déliègeage et le démasclage des grosses branches (SOUSA & KADIRI, 2005).

L'investigation réalisée en Espagne par DIAZ-FERMANDEZ et GIL-SANCHEZ (1998), montre que les peuplements marginaux de chêne-liège (régions atlantiques-cantabriques, régions intérieur de la péninsule et région du littoral méditerranéen sud oriental) sont la conséquence de l'emploi traditionnel des forêts, essentiellement pour l'élevage de bétail, l'extraction de bois et la production de charbon.

1.5.3. Cas des subéraies Italiennes : Les modèles de gestion utilisés contribuent, de façon significative, à aggraver le phénomène de dépérissement (RUIUET et *al*., 2005a) (Tab. 2) et à augmenter les problèmes de la régénération (MERCURIO et SABA, 1998).

Tableau 2. Indice de dépérissement en fonction des types de forêts

Type de forêts	Indice de dépérissement
Débroussaillées et pâturés	1,59 ±0,08
Embroussaillées et pâturés	1,43 ±0,12
Embroussaillées et non pâturés	1,09 ±0,1

(RUIU *et al*., 2005)

1.5.4. Cas des subéraies Nord-africaine

La principale particularité des forêts nord-africaines, plus particulièrement les subéraies, c'est qu'elles sont peuplées. La vie des riverains est étroitement liée aux ressources et activités forestières. Les facteurs de dégradations des subéraies nord-africaines sont de nature anthropozoïque (BEN JEMÃA, 2005).

a) **Forêts peuplées :** Les populations du Nord-Ouest tunisien (aire du chêne-liège) sont estimées à 300 000 habitants. Les densités de populations sont parmi les plus élevées de la région: 100 habitants au Km² et parfois plus (BEN M'HAMED *et al*., 2002).Au Maroc, les populations des provinces voisines de la Maamora ont triplé entre 1960-1990 (El YOUSFI, 1999). Ceci marque une répercussion conséquente sur l'évolution des subéraies environnantes.

b) **Surpâturage :** L'élevage est constitué essentiellement des bovins, des ovins et des caprins qui est une composante principale dans le revenu de la population. Son impact sur la végétation naturelle ne peut être que négatif, en entraînant une perturbation des écosystèmes naturels. La présence des animaux entraîne s'en doute une diminution de la régénération naturelle, un compactage du sol et une réduction de sa perméabilité. (BEN JEMÃA, 2005). En Kroumirie (Tunisie), le taux de surpâturage est très excessif arrivant de 69,31% (CHAABAN, 1984) à 77% (El-HAMROUNI, 1992). La charge pastorale dans la

Maamora étant 3 à 5 fois supérieure aux possibilités, le recours à la ramée pour combler le déficit, est devenu une pratique courante (BAKRY *et al*., 1999; El YOUSFI, 1999; NAGGAR, 1999). Au Maroc, le ramassage systématique des glands doux propres à la consommation est l'une des causes de dégradation de la Maamora (BAKRY *et al*., 1999).

c) **Traitements sylvicoles :** Absence d'opérations sylvicoles susceptibles de protéger, de renouveler et de maintenir en équilibre les subéraies particulièrement en Algérie (MESSAOUDENE *et al*., 1998), au Maroc (BEN DAÄNOUN, 1999) et en Tunisie (HASNAOUI, 1998).

d) **Levée du liège mal effectuée** : Il est connu que le démasclage induit des perturbations physiologiques de l'arbre. En effet, l'arbre même le plus vigoureux, se trouve momentanément dans un état maladif et sa convalescence dure jusqu'à ce qu'il se soit formé un nouvel épiderme de protection sur la partie dépouillée, et que l'équilibre de la végétation se soit rétabli (YESSAD, 2001). Il a été démontré, par ailleurs, que le chêne-liège démasclés à en moyenne des indices de dépérissement plus élevés (Id = 1,54 ±0,02) que ceux non démasclés (1,05 ±0,03) (RUIU *et al*., 2005b), confirmant le rôle déterminant du démasclage dans la prédisposition des arbres au dépérissement (RUIU *et al*.,2005c). Fréquemment, les démasclages mal conduits provoquent des blessures aux arbres les rendant sensibles aux ravageurs et aux maladies.

En l'année 2004, plus de 17% des arbres démasclés dans les forêts de NEFZA présentent des blessures de déliègeage (3 blessures par arbre) (BEN JEMÃA *et al*.,2005) ; En 2006, 97% des arbres présentent des cicatrices (29 blessures par arbre) (BEN JAMÄA et *al*., 2006a). Des blessures semblables, dues à une mauvaise levée du liège, sur des arbres morts ont été notées dans la forêt de Aïn Snoussià Tabarka (STITI *et al.,* 2005).

Une levée de liège mal effectuée (blessures et arrachage de la couche mère) favorise les attaques d'insectes xylomycétophages tel que le platype (*Platypus cylindrus*). Les arbres écorcés sont 4 fois plus attaqués que les arbres témoins (AMANDIER & VIDAL, 2006).

2. Relation : insecte - plante hôte -champignons

Par leurs stratégies, les insectes, phytophages en particulier arrivent souvent à établir des interactions mutualistes entre eux et les champignons qui finissent par promouvoir la diversification de ses associations (FARELL *et al*., 2001). En effet beaucoup d'insectes utilisent une diversité de ressources végétales. La caractéristique principale de ces insectes, est leur association généralisée à plusieurs types de champignons.

Les relations mutualistes entre champignons phytopathogènes et insectes à ambrosia sont essentiels pour aider les insectes à coloniser les arbres vivants (FRANCKE-GROSMANN, 1967). Les hypothèses émises sur le déclin des arbres suggèrent que les champignons virulents bloquent la conduction de l'eau dans l'arbre colonisé (LÅNGSTRÖM *et al*., 1993 ; PAINE *et al*., 1997). Une autre hypothèse évoque que les champignons provoquent la mort des arbres indirectement stimulant les mécanismes de défense induits de l'arbre hôte (LIEUTIER *et al*., 2009). L'importance des champignons dont les Ophiostomatales dans l'infestation de l'arbre hôte par les insectes à ambrosia a été étudiée par plusieurs auteurs, il a été démontré que la présence de ces champignons n'est pas une condition préalable pour la bonne réussite de la reproduction de certaines espèces d'insectes (COLINEAU & LIEUTIER, 1994). De même il a été démontré que par leur action les insectes phytopathogènes sont capables de tuer des arbres sans avoir besoin de la virulence des champignons associés (HETRICK, 1949 ; BRIDGES *et al*., 1985).

Les champignons qui ne présentent pas des niveaux élevés de virulence sont ceux qui envahissent les tissus d'arbres plus tard et plus lentement, après les phytopathogènes. L'espèce *Ceratocystis polonica*présente une grande virulence dans les études d'inoculation artificielle. Elles sont les premières espèces qui envahissent l'aubier (SOLHEIM, 1992a).

3. Relation entre les insectes xylophages et les champignons Ambrosia

Les xylophages notamment comprennent de nombreux ravageurs primaires s'attaquant aux plantes saines ou vigoureuses réussissant ainsi à franchir leur barrière de défense. Ils peuvent causer alors des pertes économiques importantes en forêts. D'autres, n'ayant pas cette capacité, sont par contre inoffensives pour les arbres sains (KUHNHOLZ *et al*., 2003), ils infestent principalement des arbres morts ou en déficience physiologique dans leur environnement natif (PAINE *et al.*, 1997).

La caractéristique principale de ces insectes est leur association généralisée à plusieurs types de champignons. Ces derniers ayant différents rôles écologiques, dépendent de la spécificité de leurs associations. Les types d'associations fongiques peuvent donc aller du mutualisme au commensalisme ou antagonisme (HARRINGTON, 2005). Les insectes ambrosia forment un groupe appelé xylomycétophages (BEAVER, 1989) ; qui présentent une relation avec les champignons saprophytes éctosymbiotiques.

L'intervention de micro-organismes éctosymbiotiques qui attaquent le bois et qui sont ensuite consommés par l'insecte est connue chez quelques familles de Coléoptères et chez les Hyménoptères Siricidae. Les insectes ambrosia (presque tous les membres de la famille des Platypodidae et certains de la sous famille des Scolytinae comme les genres : *Tripodendron*, *Xyleborus* et *Xylosandrus*) larves et adultes se nourrissent exclusivement de mycélium des champignons qui tapissent les parois de leurs galeries d'arbres qu'ils creusent pour se développer; ce sont des champignons ambrosia (BATRA, 1963). La nature fongique des *Ambrosia* fut établie en 1844 par HARTIG dans le cas du Scolytide *Anisandrus dispar* et depuis le nom de « Ambrosia beetle » est resté à ces insectes chez les auteurs de langue anglaise. D'une façon générale leur mise en culture pure est délicate et la reproduction a été difficile à obtenir, ce qui fait que beaucoup d'entre eux ont pendant longtemps été classés parmi les *Fungi Imperfecti* (ROGER DAJOZ, 1998).

Le type d'association insecte-champignon se rencontrer chez nombreuses essence forestières, notamment chez diverses espèces de *Pinus* (LIEUTIER, 1993 ; BENDJEMAA, 2007), *Cuperssus* (TIBBERI & BATTISTI, 1998), *Ulmus* (SMALLEY *et al*., 1993) et *Quercus* (SOUSA, 1996 ; SOUSA *et al*., 1997). Nombreuses études se sont surtout consacrés sur les symbioses des insectes avec les champignons du complexe

Ophiostoma/*Ceratocystis* responsables de certaines maladies très graves du bois (LIEUTIER & LEVIEUX, 1985 ; LIEUTIER *et al*., 1989) .

MULLER & GERARDO (2002) ont estimé l'existence de 3400 espèces d'insectes à ambrosia (FARRELL *et al.*, 2001). En effet, les scolytes vivant sous l'écorce dans la zone cambiale sont souvent associés à certains champignons pathogènes ayant un rôle fondamental dans le dépérissement rapide de la plante hôte (LIEUTIER, 1992).Les spores des champignons sont stockés chez l'insecte, dans des organes spécialisés dites mycangia qui assurent leur transport (BATRA, 1963 ; KRIVSHEINA, 1991). Ces derniers renferment des glandes de sécrétion qui maintiennent les spores dans des conditions favorables pendant les phases de vol et de dispersion des insectes (LEVIEUX *et al*., 1991 ; YUCEER *et al*., 2011). Chez les Platypodinae ce sont les mâles qui choisissent les arbres à attaquer mais sont principalement les femelles qui portent les mycangia (NAKASHIMA, 1987).

4. Écologie des champignons Ambrosia

Les champignons se développent dans divers organes de l'insecte ou sur son corps où ils sont temporairement stockés avec l'intention d'être disséminés (KRIVOSHEINA, 1991). Pour certains champignons mutualistes, la multiplication sexuelle est devenue apparemment, pas nécessaire. Ces espèces n'ont pas ou possèdent rarement des représentants sexués (WULFF, 1985). Leurs caractéristiques morphologiques sont considérées comme des adaptations à la dispersion et à l'habitat des insectes vecteurs (MALLOCH & BLACKWELL, 1993).

La dispersion de spores transportées par les insectes est connue chez divers groupes de champignons y compris les *Ascomycètes*, *Basidiomycètes*, *Zygomycota* et certains *Myxomycota* (ABBOT, 2002). Beaucoup de ces champignons, selon la même source, ont développé des adaptations spécifiques à leur transport par les insectes comme la production de spores adhérents ou rassemblées dans des structures mucilagineuses. En effet, les Ophiostomatales ont développé des adaptations afin de faciliter le transfert entre les arbres (MALLOCH & BLACKWELL, 1993).

Pour une diversité de ravageurs, il a été démontré l'existence d'une corrélation directe avec l'installation de l'insecte et la maladie des arbres attaqués ayant ainsi un impact économique inquiétant sur les peuplements fruitiers et forestiers : cas des Scolytes et des Platypodides porteurs de champignons comme *Ceratocystis*, *Graphium*, *Leptographium* et *Ophiostoma* (LEVIEUX & CASSIER, 1994 ; PITTS & ALTSTON, 2004). Couramment, les champignons transportés dans les mycangia des insectes *ambrosia* rentrent par ces insectes en concurrence avec d'autres champignons portés par ces insectes, et peuvent influencer positivement sur la survie des Scolytes et Platypodides en limitant la croissance des champignons compétitifs (NORRIS, 1979). En général, chaque insecte *ambrosia* possède un champignon à ambrosia primaire qu'il cultive et qui est destiné à son alimentation. Les autres champignons sont comme des contaminants (INAÇIO *et al*., 2008 ; 2010) qui envahissent les cultures fongiques. Les champignons mycangiaux sont, en général considérés, comme peu virulents (PAINE *et al*., 1997).

En plus, les champignons *ambrosia* inclues directement dans l'alimentation des insectes, il existe d'autres qui leur sont associés, pour la plupart des cas, pathogènes pour l'hôte et pouvant d'être déterminant pour la colonisation par l'insecte (HENRIQUES, 2007, INACIO *et al*., 2008). Ces champignons jouent, également un rôle important dans la relation insecte-champignon-hôte, surtout pour les arbres sains.

Les insectes primaires qui attaquent des arbres sains utilisent deux stratégies ; une attaque massive et l'inoculation des champignons pathogènes (KIRKENDALL *et al*., 1997). Ces derniers provoquent le déclin rapide des arbres attaqués (SVIHRA & KELLY, 2004) favorisant ainsi les conditions pour l'établissement des insectes (LEVIEUX *et al*., 1991). Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer le déclin rapide des arbres sous l'action de ces champignons : la production de toxines (KULNHOLZ *et al*., 2003), la pénétration du mycélium dans les tissus végétaux, la formation de vésicules de gaz dans les cellules ou d'autres substances qui bouchent les espaces intracellulaires (AGRIOS, 2005).

5. Taxonomie et Importance des champignons Ambrosia

La taxonomie des champignons ambrosia a été pendant longtemps labunaire mais on connait des genres appartenant au groupe des Ophiostomatales dont *Ambrosiella*, *Raffaelea*, *Monacrossporium* et *Phialophoropsis* (BATRA, 1967) et *Ophiostoma* (HARRINGTON *et al*., 2010). BATRA (1985) classe les champignons ambrosia en primaires et auxiliaires. Les champignons primaires sont hautement spécifiques. Ils correspondent à un seul insecte vecteur dans leurs relations symbiotiques. Ils dominent dans les galeries où sont consommés et sont fréquemment isolés des mycangia d'insectes primaires pendant le vol ou l'ouverture des galeries. Ces champignons sont mutualistes obligatoires extrêmement susceptibles à la sécheresse (BATRA, 1966). Les champignons auxiliaires sont transitoires et non spécifique à l'égard de l'insecte symbiotique et peuvent apparaitre après le développement complet de l'insecte Beaucoup de ces champignons opportunistes produisent des spores mucilagineuses qui permettent leur transport par divers animaux y compris les insectes. Certains ont été considérés comme champignons *ambrosia* primaires (LEVIEUX & CASSIER, 1994) tel que *Ceratocystys* sp. et *Leptographium* (BAKER & NORIS, 1968).

Les champignons ambrosia sont dimorphes, ils se développent sous la forme ambrosia (aspect de levure) ou sous la forme de mycélium (KRIVESHEINA, 1991). L'association des champignons ophiostomatoïdes avec une espèce particulière d'insecte peut être spécifique ou plutôt indifférente. Les insectes peuvent être occasionnellement vecteurs de nombreux champignons mais aucun de ces espèces fongiques ne se trouve à des taux considérables dans les populations du xylophages (SOLHEIM & LÅNGOSTRÖM, 1991). L'espèce de scolytes *Tomicus piniperda,* par exemple, est un vecteur de nombreux champignons ophiostomatoïdes, dont beaucoup ne sont qu'occasionnellement véhiculés et qu'en faibles quantités (KIRISTS, 2004). Dans les associations spécifiques entre les champignons et les scolytes par exemples, un grand nombre d'insectes transporte régulièrement et spécifiquement des spores des mêmes champignons ophiostomatoïdes. La diversité de ces champignons associés à ces insectes qui infestent les arbres forestiers est encore mal connue. La plupart des études ont mis l'accent sur *Scolytus sp.*, vecteur des champignons de la graphiose de l'orme (GIBBS, 1978 ; BRASIER, 1993).

6. Avantage de la symbiose

Dans de nombreux cas, la symbiose entre l'insecte et les espèces fongiques, est mutualiste, bénéficient à la fois les Coléoptères et les champignons (BEAVER, 1989 ; AYERS & LAMBADERO, 2000). La dispersion des champignons ambrosia dépend presque totalement des insectes vecteurs. Le bénéfice de ces champignons à l'association avec les vecteurs, est leur transport vers d'autres nouveaux arbres hôtes (DOWDING, 1969 ; PAINE *et al*., 1997).

La symbiose avec les champignons donne aussi plusieurs avantages à l'insecte. Les champignons constituent une source alimentaire importante pour les xylomycétophages qui ne se nourrissent pas de bois. Ils participent à la décomposition du bois, facilitant ainsi aux insectes la formation des galeries tout en créant des conditions favorables au développement de leurs descendances en conséquence, ils fragilisent les arbres et induisent la production de phéromone (CHRISTANSEN & HORNVEDET, 1983). L'objectif fondamental, transportés par les insectes, les champignons trouveront un mécanisme efficace pour leur dissémination et leur inoculation directe dans les arbres (BEAVER, 1989).

Les hyphes des champignons sont très riches en protéines et constituent une source non négligeable dans le bois mort. Ils sont donc capables de concentrer l'azote à partir de substrat pauvres en cette matière (MARTIN, 1979). Les champignons produisent également des esters essentiels au développement de divers stades de développement de l'insecte. L'ergostérol serait le composé essentiel pour l'établissement de la relation insecte-champignon (KOK, 1979).

CHAPITRE III

METHODOLOGIE DE TRAVAIL

TROISIEME CHAPITRE

METHODOLOGIE DE TRAVAIL

I. Enquête sur l'état sanitaire des subéraies du Parc National d'El Kala

1. Les subéraies, sites prospectés

Dans un premier volet, une enquête sur les incendies qui ont ravagé les forêts d'EI-Kala au cours des deux dernières décennies a été effectuée et analysée. Des prospections périodiques dans les parcelles retenues ont été menées afin de tirer des renseignements sur les facteurs anthropiques de dégradations des forêts en général et des subéraies en particuliers de la région.

La deuxième étape de l'étude a été consacrée à la quantification du dépérissement du chêne-liège dans son milieu naturel. Après plusieurs prospections menées dans les subéraies de parc d'EI Kala (Fig. 6) 4 massifs forestiers ont été retenus dans le but d'évaluer les taux de dépérissement, au total, 10 parcelles, d'environ 05 hectares chacune, ont été prospectées et examinés de la période estivale de 2006 au printemps de l'année 2007. Des échantillons d'écorces et de bois de chêne-liège ont été prélevés et examinés minutieusement au laboratoire. Des échantillons d'insectes de galeries ont été récoltés et analysés.

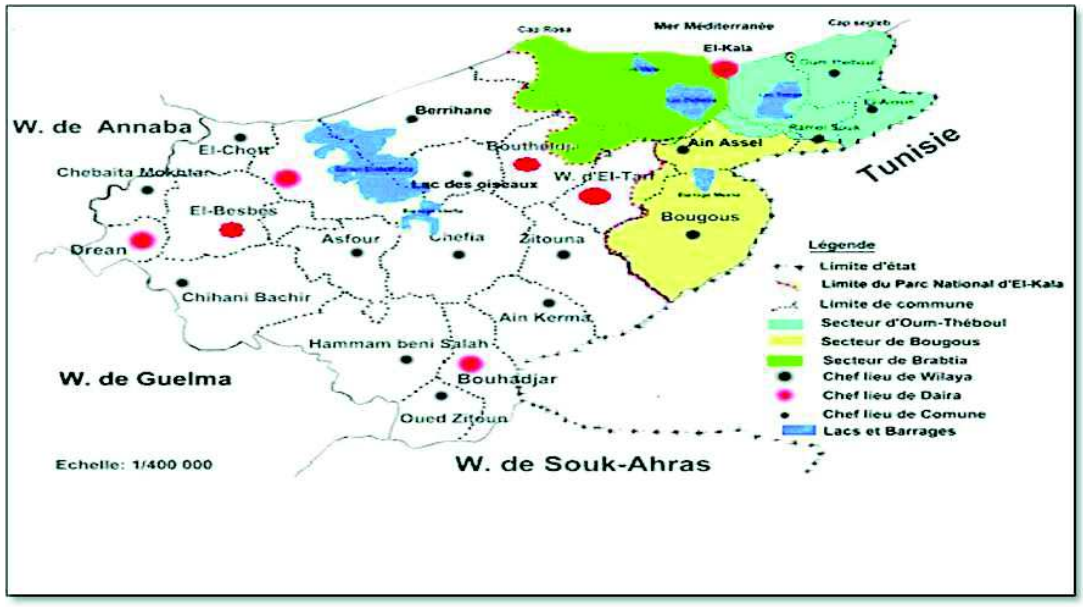


Figure 6. Localisation du PNEK dans la wilaya d'El Tarf (**DGF, 2011**)

2. Caractéristiques environnementales

2.1. Le relief

Le relief du massif forestier du PNEK se caractérise par les différentes formations géographiques qui se composent d'une juxtaposition de dépression, dont le front est occupé par des formations lacustres ou palustres et des hautes collines aux formes variées couvertes par une végétation plus au moins dense (DE BELAIR, 1990). En partant de la mer (0 m d'altitude) jusqu'aux monts de Djebel EL Ghorra (1200 m d'altitude) on observe plusieurs formations géographiques : un cordon dunaire au Nord sur les côtes qui s'étend d'Ouest en Est sur une longueur de 40 km et se prolonge vers le Sud jusqu'à 24 km à l'intérieur des terres (DE BELAIR, 1990).

Le relief du PNEK se caractérise par un pendage important et constitué de 9% de pentes faibles, 10% de pentes moyennes et 80% de fortes pentes à très fortes. La région d'El Kala est marquée essentiellement par les deux ensembles structurables formés lors des deux époques : Tertiaires et Quaternaire.

Les sols de la zone d'étude sont en général des sols bruns forestiers pierreux, profonds, reposant sur une roche mère constituée principalement de grès numidien et d'argile (TLILI, 2003). Riches en humus et en éléments fin acides, ils sont marqués par la présence de sable fin graviers, cailloux, ainsi que des affleurements rocheux formés principalement de grès.

Une grande partie du paysage du Parc d'El Kala présente une diversité topographique très marquée et aux substratums géologiques variés. En allant du Nord vers le Sud de la région, on distingue un système de collines basses, présenté par les collines du Djebel El Koursi, puis viennent les collines hautes, essentiellement gréseuses, qui sont représenté par les monts de Bougous et enfin, au Sud de ces formations, les reliefs deviennent plus importants puisqu'il se prononce jusqu'à (1200 m) (Djebel El Ghorra) point culminant de la région.

2.2. Caractéristiques hydrologiques

La disposition du terrain de la région d'El Kala détermine trois systèmes hydrologiques. Les eaux de ruissellement et les eaux des bassins versants propre à chaque lac qui sont drainées par plusieurs Oueds : El Hout, El Eurg pour lac Tonga, El Kebir et Messida pour lac Oubeira et Oued Mellah pour lac Mellah. Les eaux souterraines qui proviennent des nappes phréatiques assurent l'alimentation des lacs et marécages en permanence même en période estivale ou les cours d'eau s'assèchent (BENMETIR, 2003).

2.3. Caractéristiques climatiques

Le Parc National d'El Kala est caractérisé par un important complexe humide et un réseau hydrologique dense constitué par des Oueds dont les plus importants sont : Oued El Kebir, Oued El Hout, Oued Bougous, Oued Ballouta, Oued Bouaroug, et les lacs dont certains sont d'une importance internationale tel que le lac Tonga (2700 ha), Oubeira (2200 ha) et El Mellah (800 ha). Quant aux sources, elles sont nombreuses et réparties à travers tout le parc. Les sources de Bouglez, Bourdim et El-Bhaim comptent parmi les plus connues. Le climat de zone est de type méditerranéen (EMBERGER, 1971).

A/ Température : la température est en général influencée par l'altitude, l'exposition, l'orientation du relief, l'éloignement de la mer, la réverbération au sol ainsi que par le couvert végétal. La région se caractérise par des amplitudes thermiques élevées entre les extrêmes les plus froides « m » = 14,6°C et les plus chaudes « M » = 22,6°C (CHABI, 1998). D'une manière générale, la température situe El Kala dans le méditerranéen chaud avec une amplitude thermique élevée entre les extrêmes les plus froides et les plus chaudes. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver au Djebel Ghora, avec environ 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement à 0°C. Les mois les plus froids sont janvier et février, alors que août reste le mois le plus chaud (31,4°C). Les variations des températures moyennes relatives de la décennie allant de 2002 à 2012 sont illustrées par la figure 7.

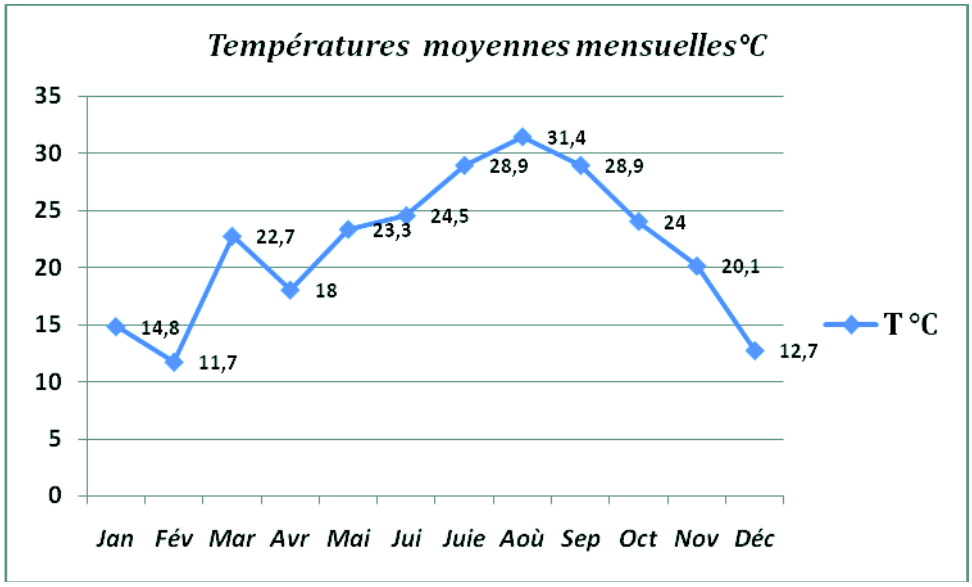


Figure 7. Température moyenne mensuelle (2002-2012) ;
Source: Station météorologique d'El Kala.

B/ Précipitations : Le climat de la région est caractérisé par trois types de précipitations. Nous avons d'une part un régime pluviométrique du type méditerranéen, avec une saison pluvieuse où le bilan hydrique est conséquent et significatif en hiver et au printemps. Une saison sèche avec un bilan hydrique limité au cours de la période du mois de mai à octobre. D'autre part, la neige apparait sur les sommets dépassant les 700 m d'altitude en janvier et février. Sur la base des données recueillies, depuis 1913, les précipitations diminuent régulièrement, les moyennes mensuelles sont passées de 910 mm par an entre 1913 et 1935 (SELTZER, 1946 in BOUMEZBEUR, 1993), à 768,3 mm entre 1950 et 1988 (CHALABI, 1990), la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée entre 1986 et 1992 s'est limité à 672,4 mm. Pour la période comprise entre 1986-2006 les moyennes mensuelles ont beaucoup chutées jusqu'à atteindre 61,44 mm seulement, soit un déficit de 848,56 mm, 706,86 mm et 610 mm respectivement par rapport aux trois périodes précédentes (1913- 1935, 1950-1988, 1986- 1992).

Les variations mensuelles des précipitations de la période 2002 à 2012 sont illustrées par la figure 8. La région d'EL KALA compte parmi les zones les plus arrosées d'Afrique du Nord (1300 mm/an) (BENYACOUB *et al*., 1998). D'après la figure ci-dessous, le mois le plus arrosé est décembre avec 121,39 mm et le mois le moins arrosé est juillet avec 2,52 mm.

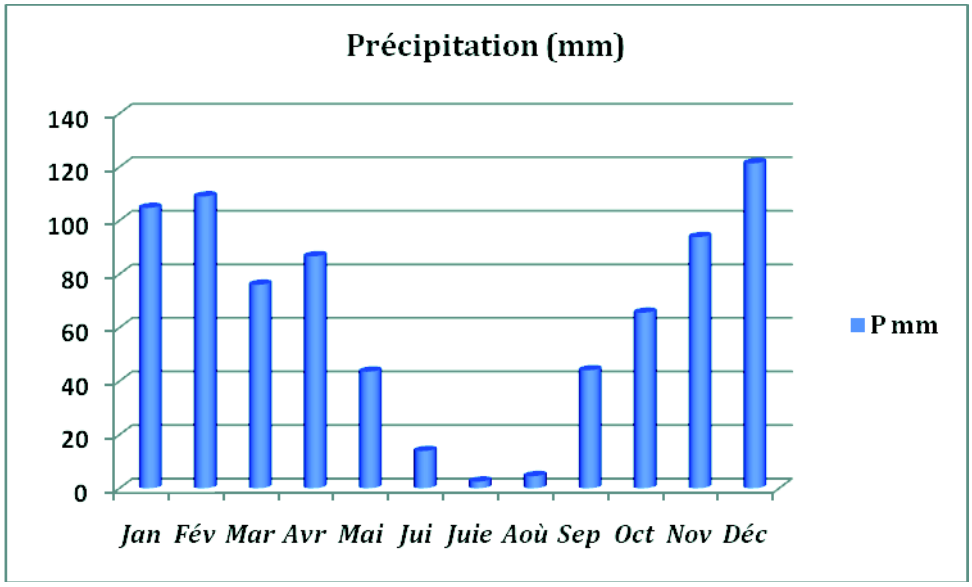


Figure 8. Précipitation moyenne mensuelle (2002-2012) ; (Source: barrage El Chafia)

C/ Humidité : La proximité de la mer et des étendues de zones humides favorisent la nébulosité dans la région. La mer joue un rôle de condensateur des masses d'air tropical, tandis que les zones humides subissent une évaporation intense du fait de l'ensoleillement. Il en résulte une humidité atmosphérique élevée qui se transforme au début du printemps, en brumes qui recouvrent souvent les hauteurs de Djbel Ghorra ainsi que les vallées basses et les zones humides donc l'humidité relative de l'air est assez constante durant toute l'année et dépasse 70¨% (SEMADI, 1989).

D/ Vents : Les vents de la région sont de régime Nord-Ouest durant la saison hivernale et une partie de la saison estivale. Ils accompagnent durant cette période, les dépressions atlantiques qui amènent les pluies d'automne, d'hiver et de printemps. A partir du mois de mai, les vents s'orientent le plus souvent du sud-ouest au sud-est. Ils accompagnent alors des dépressions sahariennes et deviennent particulièrement chauds. Ces derniers ont des conséquences néfastes sur la diversité biologique dans la mesure où ils provoquent un réchauffement de l'atmosphère et facilitent les départs d'incendies.

2.4. Caractères bioclimatiques

Trois étages bioclimatiques caractérisent la région prospectée :

1. **Etage sub-humide à hiver chaud :** Cet étage se localise au niveau de la partie Nord du Parc où se trouvent les pleines alluviales. Le cordon dunaire et les collines sublittoraux se caractérisent par l'aire de l'Oléo lentisque à Caroubier au niveau altitudinal supérieur (TOUBAL, 1986).

2. **Etage humide à hiver chaud à tempéré :** Se situe au-delà de la plaine alluviale. Il est caractérisé par la présence du chêne-liège (*Quercus suber*, L.), du niveau le plus thermophile à basse altitude vers le moins thermophile à haute altitude, il est facile de constater deux groupement principaux : le groupement à *Quercus suber* et *Pistacia lentiscus* à basse altitude et le groupement à *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* à haute altitude entre 500 et 700 m.

3. **Etage humide à hiver chaud à tempéré à frais :** il se manifeste au-delà de 800 m à 900 m d'altitude et se caractérise par l'aire du chêne-zeen (*Quercus Faginea*) qui se développe lorsque la pluviométrie est supérieure ou égale à 900 mm/an.

2.5. Diversité biologique de la région

Le Parc National d'El Kala est constitué d'une mosaïque d'écosystèmes marins, lacustres, dunaire et forestiers. Cette diversité écologique lui confère une valeur patrimoniale élevée tant au point de vue biodiversité que du point de vue agronomique (OULMOUHOUB & LABOUDI, 1999).

2.5.1. Richesse floristique

Les études conduites par DEBELAIR (1990), mentionnent 550 espèces de Spermaphytes, 300 Cryptophytes dont 25 fougères, 110 champignons, 40 mousses, 70 algues et 50 lichens.

Les espèces typiquement méditerranéennes constituent la trame de fond de la flore de la région d'El Kala. Cette diversité a permis le développement d'une multitude de formations végétales dont certaines constituent un patrimoine à préserver et protéger pour leur rareté, leur fragilité, leur originalité, leur diversité. La zeenaie d'altitude, les subéraies, des aulnaies, des ripisylves et de la coccifféraie du cordon dunaire en sont des exemples.

2.5.2. Richesse faunistique

Parmi les groupes systématiques rencontrés au sein du Parc, les oiseaux qui constituent une richesse faunistique la plus spectaculaire avec 191 espèces d'oiseaux (BENYACOUB & CHABI, 2000). Ce chiffre constitue environ 47% du nombre total d'espèces aviaires que compte le pays (MOALI, 1998). Selon ROUAG (1999) il existe 23 espèces de Reptiles et d'Amphibiens, et selon BENYACOUB *et al*., (1998), note que la faune mammalienne du Parc compte 37 espèces dont les plus abondantes sont : le Sanglier, le Chacal, la Mangouste, et le Cerf de Barbarie qui est le mammifère le plus précieux de la région (ALLEG, 1986).

Parmi l'entomofaune répertoriée dans cette biosphère il existe 40 espèces d'Odonates (MENAI, 1993), 50 espèces de Syrphidés (DJELLAB, 1993), 45 espèces de Carabidés, 31 espèces du Rhopalocères (BELYAGOUN, 1998).

L'étude menée par BELLAL (2008) dans les forêts de chêne-liège d'El-Kala a mis en évidence une liste de 74 espèces recensés appartenant à 7 principaux ordres taxonomique. Vu la diversité des arthropodes, cette liste reste à compléter par d'autres travaux.

2.6. Organisation sectorielle du Parc d'El Kala

Le tableau 3 représente les sièges des trois secteurs de gestions du Parc d'El-Kala.

Tableau 3. Caractéristiques des secteurs de gestions du Parc d'El-Kala

Secteur de gestion	Superficie (ha)	Localisation de siège	Zone de protection
Brabtia	28000	Parc animalier de Brabtia	Zones marines et Zones humides, Mellah, Oubiera
Tonga	26,438	Brigade de surveillances de lac Tonga	Protection de la zones marine (Cap Segleb) et du lac Tonga
Bougous	22,000	Chef lieu de la commun de Bougous	Protection des forêts (El Ghorrah), des sites historiques

(BENDAOUD, 2005)

2.7. Présentation de la subéraie de la région d'El Tarf

Le chêne liège occupe 36,7% de la superficie forestière de la wilaya soit 63.765 ha du Parc National d'El Kala. Le liège constitue le principal produit forestier exploité de façon continue dans la région, ainsi le liège constitue la principale espèce arborée du Parc d'El Kala. Le massif du Chêne-liège occupe les collines et les plaines et trouve son optimum sur les grés et argiles numidiens de la région Une partie de la subéraie se présente sous forme d'un maquis avec une strate arborée de faible hauteur et d'un recouvrement moyen des forêts (BENYACOUB, 1993).

II. Distribution spatio-temporelle de l'insecte ravageur *Platypus cylindrus* à l'échelle de peuplement et à l'échelle de l'arbre hôte

1. Caractéristique des sites prospectés

L'étude a été conduite dans la commune de Zitouna dans la région d'El Tarf située à l'extrême Nord Est Algérien à 80 km à l'Est de la ville d'Annaba (Fig. 9). Elle est limitée à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne, au Nord par la mer méditerranéenne, à l'ouest par les plaines d'Annaba et au Sud par les montagnes de Medjerda. Le relief du massif forestier repose à 87% sur des montagnes, dont la partie sud couverte de forêt à dominance chêne-liège. La région prospectée se caractérise par un climat humide avec une moyenne pluviométrique de 1200 mm/an. La température du mois le plus froid est noté en février, elle est de 11,7°C. Avec une température de 31,4°C, le mois d'août reste le plus chaud de l'année.

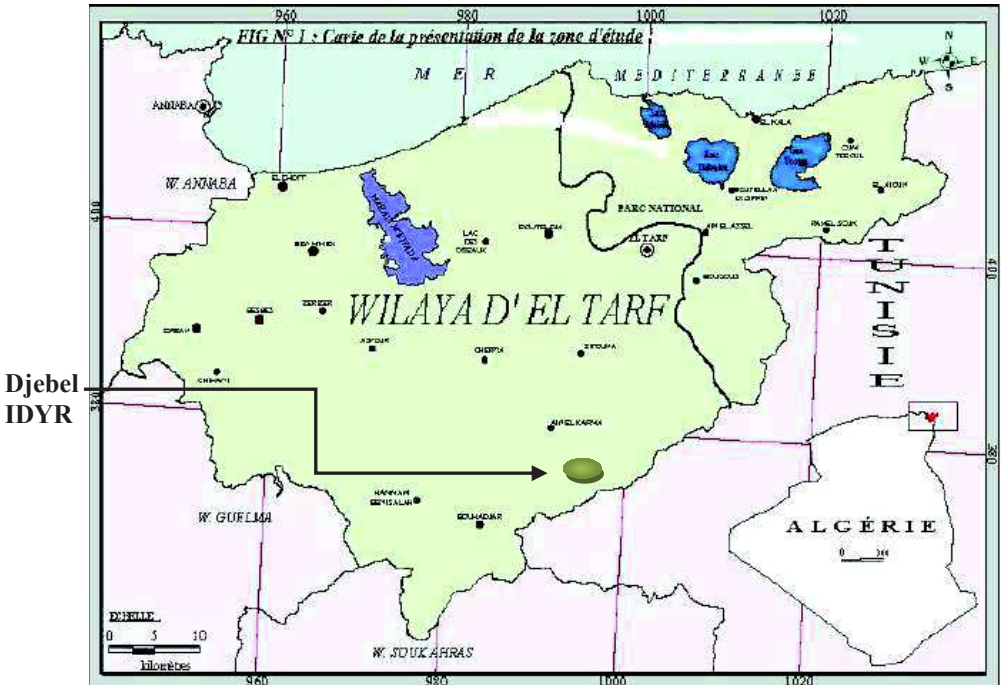


Figure 9. Situation géographique de la zone prospectée (Djebel Idyr).

2. La distribution de l'insecte ravageur à l'échelle du peuplement

Pour l'étude de la distribution spatio-temporelle à l'échelle du peuplement nous avons choisi 100 arbres de *Quercus suber* distribués sur une superficie de 3 ha dans la subéraie de Djebel IDYR, située à 700 m d'altitude. Les données ont été recueillies au cours des années 2009 et 2011. Les catégories des variables concernant la localisation, la croissance des arbres, l'exploitation du peuplement, le déclin et le dépérissement, sont regroupées dans le tableau 4.

L'état sanitaire de chaque arbre est noté selon un référentiel établi par la Direction des Forêts (DURANT *et al.*, 2004), donc les classes sont déterminées selon l'apparence et l'état du houppier : classe 1 - sens défoliation (jusqu'à 15%); classe 2 - défoliation très légère 15-30%), classe 3 – défoliation légère modérée (30-50%), classe 4 – défoliation modérée (50-75%) et classe 5 – défoliation grave (plus que 75%).

La présence de *P. cylindrus* a été établie par la présence de sciure autour des trous et par la visibilité des blessures effectuées aux cours de la mauvaise levée.

Tableau 4. Description des catégories de chaque variable considérée.

Catégories	Variables	Modalités
Localisation	Parcelle	1 : Djebel Idyr 2 : El Mouradia 3: Locrane
	Géomorphologie	1 : Plateau 2 : Vallée
Croissance	Périmètre à 1m 30	1 : 30-9,9cm 2 : 70-99,9cm 3 :130-89,9cm 4: ≥ 190cm
	Hauteur total des troncs	1 : < 2m 2 : 2- 3,9m 3 : > 3,9m
Exploitation	Type d'écorçage	1 : sans 1 : 1 à 9 ans 3 : 2 en 9 ans
	Hauteur d'écorçage	1 : sans 2: 0-2,9m 3: ≥ 3m

Catégories	Variables	Modalités
Declin	Coefficient d'écorçage (Natividade 1950)	1 : sans 2 : <1,25 3:1,26-2,50 4 :2,51-3,75 5 : > 3,75
	Année d'écorçage	1 : aucun 2 : 2007 3 : 2008
	Défoliation	1 : >15% 2 : 15% 3 : 30% 4 : 50% 5 : ≥75
Dépérissement	*Platypus Cylindrus*	1 : sans 2: avec
	Blessures	1 : sans 2 : avec

3. Distribution des attaques à l'échelle de l'arbre hôte

Concernant la distribution de l'insecte *P. cylindrus* à l'échelle de la surface de l'arbre hôte démasclé, trois parcelles de 10 arbres chacune ont été considérés: la première se situe dans la subéraie de Djebel Idyr, la seconde dans la subéraie de Mouradia (420 m d'altitude) et la troisième parcelle dans la subéraie de Locrane (400 m). Les arbres des premières parcelles ont été démasclés en 2008 et la troisième qui a subi le démasclage en 2007 a été considérée comme témoin. Le choix des trois sites est en relation avec l'importance d'attaque de l'insecte, l'année de démasclage et l'altitude.

Pour chaque arbre, des unités d'observation ont été délimitées en avril 2009. A partir de la hauteur de 30 cm de la base du tronc, des surfaces successives d'hauteur de 50 cm à la limite du démasclage ont été retenues. Les troncs démasclés sont fixés par des ficelles disposées longitudinalement et transversalement. Les ficelles longitudinales sont

placées selon les quatre orientations. Dans chaque unité nous dénombrons les trous d'entrées visibles du platype. La méthode adoptée dérive des travaux de SOUSA (1996) et SOUSA & DÉBOUZIE (1999). A partir de la distribution de la densité moyenne d'attaque, les arbres échantillonnés sont répartis en trois catégories: attaques faibles (<30 galeries/m^2), infestation intermédiaire (<30-60 galeries/m^2) et attaques fortes (>60 galeries/m^2).

4. Analyses statistiques des données

Les résultats obtenus ont été analysés avec le programme statistique du Logiciel R, version 3.1.2 (R *Foundation for Statistical Computing*, 2014) et le MINITAB, 2013. En tenant compte de la référence de DAGNELIE (2009).

III. Niveau de variabilité de l'insecte *Platypus cylindrus* (Structuration génétique des populations)

1. Échantillonnage des individus de *P. cylindrus*

Afin d'estimer le niveau de variabilité et de différenciation génétique des populations au sein de l'espèce *P. cylindrus,* des individus des trois populations d'origine : algérienne, portugaise et marocaine ont été prélevés directement des tronçons d'arbres abattus de chêne-liège et conservés aussitôt dans l'éthanol à 70%.

L'étude de la structure génétique de l'insecte ravageur a été basée sur l'extraction de l'ADN mitochondrial à partir des pattes et des individus complets des femelles.

Le tableau suivant présente la partie de l'insecte étudiée, la région, l'année et le code de l'échantillon.

Tableau 5 : Échantillonnage des individus de *P. cylindrus*

Code de l'échantillon	Pays	Année de l'échantillonnage	Partie de l'insecte étudiée
AR1	Zitouna, Algérie	2011	Pattes
AR2	El kala, Algérie	2013	Individus
AF1	Montargil, Portugal	2013	Individus
M	Montargil, Portugal	2013	Individus
MA	Mamora, Maroc	2013	Individus

2. Choix des marqueurs moléculaires

Par manque de travaux et des publications sur la phylogéographie et la phylogénie de cette espèce *P. cylindrus*, plusieurs essaies ont été réalisé sur les mêmes échantillons, où nous avons utilisé un nombre de type différents de marqueurs durant la période (de 2010 à 2013) au sein de laboratoire moléculaire de l'INVIA (Oeiras, Portugal).

Dans la présente étude nous nous sommes basés sur les résultats de l'amplification de la région intergénique COI-COII. AVISE (2000) conseille partiellement les marqueurs mitochondriaux pour des études phylogéographiques en s'appuyant sur les nombreuses particularités de ce génome : transmission uni-parentale et maternelle, évolution moléculaire rapide, absence de recombinaison. Les marqueurs mitochondriaux présentent l'avantage d'exister sous forme haplotypique au sein d'un même individu ce qui facilite leur séquençage direct (OLIVO *et al*., 2006).

3. Extraction de l'ADN génomique

Dans cette étude, l'ADN total a été extrait à partir des individus complets et des pattes de l'insecte ; on utilisant le Dneasy® Tissue kit (Qiagen, Germany) approprié. Il s'agit d'un kit qui propose un protocole spécifique pour l'extraction de l'ADN génomique.

Après chaque broyage des échantillons, chaque broyat obtenue a été additionné de 180µl de tampon (ALT) et 20µl de protéinase k, puis placé dans une plaque chauffante (à 56°C pendant une nuit). L'ADN génomique extrait est récupéré dans un volume de 100µl. Les échantillons d'ADN sont conservés au congélateur à -20°C pour les analyses moléculaires.

4. Amplification et séquençage de la région intergénique COI-COII

4.1. Amplification par PCR et purification des produits

L'amplification de la région COI-COII a été réalisée en utilisant des amorces décrites ci-dessous et les sites de fixation sont consignés dans la figure 10.

Tableau 6. Liste des amorces utilisées dans l'amplification par PCR

Nom Amorce	Séquence (5'-3')	Référence
LCO-1490 HCO-2198	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA	FOLMER *et al*., 1994
Jerry- CI-J-2183 Pat- TL2-N-3014	CAACATTTATTTTGATTTTTTGG TCCAATGCACTAATCTGCCATATTA	SIMON *et al.*, 1994
Pierre - C2-J-3138 Eva - TK-N-3782	AGC GCCTCT CCT TTAATAGAACA GAGACCATTACTTGCTTTCAGTCATCT	SIMON *et al.*, 1994 BOGDANOWICZ *et al.*, 1993
George - C1-J-2792 Marylin – C2-N-3389	ATACCTCGACGTTATTCAGA TCATAAGTTCARTATCATTG	BOGDANOWICZ *et al.*, 1993

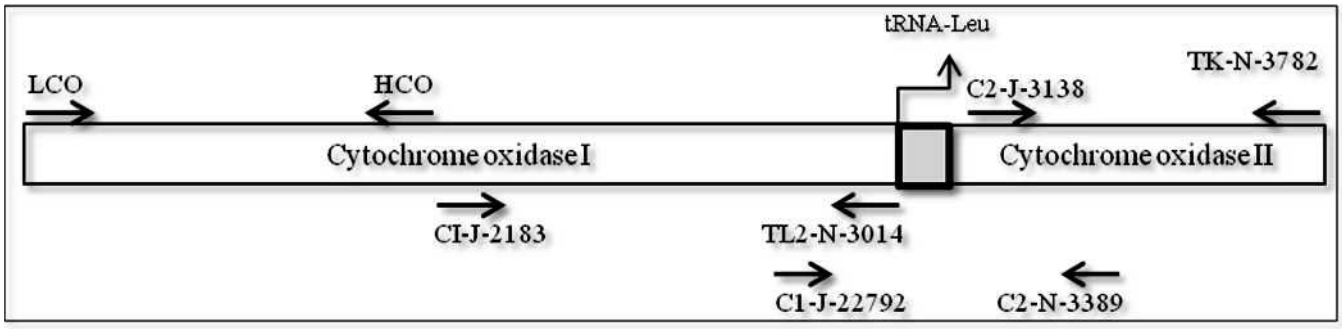


Figure 10. Représentation schématique des régions COI et COII. Les flèches représentent les sites de fixation des amorces.

Les réactions d'amplification ont été effectuées dans un volume réactionnel final de 25µl contenant 1µl (100ng) d'ADN de matrice, 0,4µM de chaque amorce et 1 x tampon de PCR Master Mix, qui comprenait 1,5µM de $MgCl_2$ et 0,2µM de chaque dNTP.

Les conditions thermiques des cycles étaient les suivantes: une température de dénaturation de 94°C pendant 2 min, une température d'annelage de 50° C pendant 1min et une température d'allongement de 72°C pendant 1 min pour un total de 35 cycles, suivi d'une extension finale pendant 10 min à 72°C. Les produits d'amplification ont été détectés par électrophorèse sur un gel d'agarose à 1,2% (p/v) coloré au bromure d'éthidium et

visualisés sous lumière ultraviolette (UV). Les images des gels ont été obtenues par le système d'imagerie Versa Doc (Bio-Rad, USA).

4.2. Séquençage

Comme une seule bande a été présente, les produits de PCR ont été nettoyés en utilisant le Kit PCR Purification Kit Gene JET (Fermentas, Allemagne) selon le protocole fournit par le fabricant. Les produits de PCR ont ensuite été séquencés au laboratoire de séquençage STABVida (Lisbonne, Portugal). Les séquences de *P. cylindrus* ont été tout d'abord recherchées par Blastx contre la base de données de nucléotides non redondant dans la banque des gènes (GenBank). La version 7.2.0 du programme BioEdit (HALL, 2007) a été utilisée pour analyser et corriger les séquences d'ADN.

Les séquences consensus ont été compilées dans un seul fichier (format Fasta) et ont été alignées en utilisant Genieous 2.5.2 (http://www.geneious.com). Les relations phylogénétiques entre les individus ont été déterminées par l'analyse des distances à l'aide de MEGA v.6.0 (TAMURA *et al*.2013). Les analyses phylogénétiques ont été construites en utilisant des méthodes de Neighbour-joining (NJ) et de maximum de vraisemblance (ML) et supporté par 1000 réplicas de bootstraps pour estimer les niveaux de confiance des points de ramification.

VI. Isolement et identification des champignons associés au *Platypus cylindrus*

1. Echantillonnage du matériel biologique

Afin d'isoler et caractériser les champignons associés à l'insecte, nous avons récolté le matériel biologique de plusieurs sources : à partir des galeries fraiches produites par les parents dans le bois de l'arbre hôte et directement de l'insecte adulte (les mycangia des deux sexes ainsi leurs contenus intestinaux). A chaque dissection 10 mâles et 10 femelles ont été récoltés au hasard au sein du lot avec 05 fragments de galeries fraiches de 0,5 x 0,5 cm de dissection ; pour chaque échantillon, six répétitions ont été faite selon la méthode de SOUSA (1996). L'ensemble du matériel biologique a été récupéré aseptiquement et placé individuellement dans des tubes Eppendorf pour être analysé rapidement au laboratoire de mycologie INIAV (Oeiras, Portugal) ou conservé à 4°C jusqu'à leur utilisation. Tous les instruments de récolte et de dissection utilisés dans ces différentes manipulations ont été trempés dans l'alcool puis flambés après chaque emploi tout en évitant les contacts. Tous les échantillons ont été prélevés en 2013 à partir des tronçons d'arbres d'une parcelle démasclés en 2012 localisée au sein de la subéraie d'El-Kala.

2. Observation morphologique de l'insecte et les mycangia structure de transport des champignons

Les adultes de *P. cylindrus* ont été extraits du bois coupé d'arbres de chêne-liège infestés par le ravageur de la région d'El-Kala. Ils ont été par la suite conservés dans l'alcool à 70° et nettoyés par ultrasons. La distinction des sexes des adultes prélevés et la prise des photos du mycangia a été faite sous microscope optique *(Olympus, DP 11*), puis ils ont été traités et bien nettoyés selon les procédures standards d'observation sous microscope électronique pour déceler clairement la présence des structure de transport des champignons (mycangia) chez les deux sexes.

Tous les échantillons ont été revêtus d'une fine couche d'or-palladium (98 :2) (HENRIQUES, 2007, ML. INACIO, 2012, BELLAHIRECH, 2015), en utilisant un alliage de pulvérisation par dispositif d'induction JEOL 35 SEM (JEOL Inc., Massachusetts,

USA). Des photos SEM (Microscope Electronique à Transmission) du mâle et de la femelle ont été prises avec un Leica Stereoscan-360 (Cambridge Instruments) fonctionnant avec une tension de 10 kV. Cette partie du travail a été réalisée à l'université de Barcelone, en collaboration avec de M. L. INACIO (INVIA, 2013).

3. Isolement et caractérisation des champignons

3.1. Isolement des pathogènes à partir des galeries

Sur le terrain, on repère un arbre infesté par *Platypus cylindrus* et on procède à son abattage. Le tronc, sur les parties les plus infestées sera débité en rondins de 50 cm environ et leurs sections protégées par de la paraffine. Au laboratoire, les rondins destinés à l'analyse mycologique des galeries seront débités en section de 5 cm environ pour mettre à jour et suivre les galeries depuis le trou de pénétration sur le liège jusqu'à leur bout final dans le bois. Les prélèvements suivent la stratification spatiale adoptée par De SOUSA (1996). Des fragments de galeries seront ainsi découpés sur le liège, le liber, les portions de galeries, juste avant la localisation des parents (Fig.11).

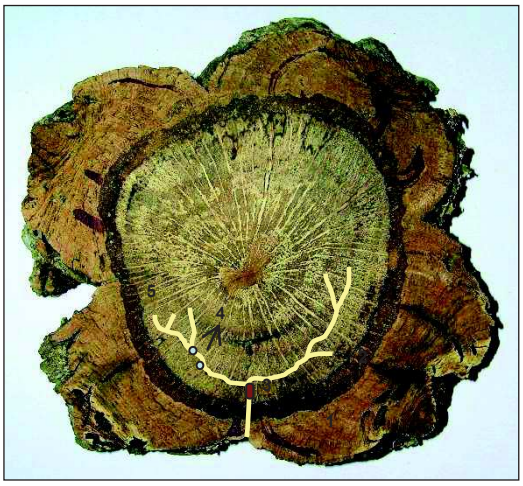


Figure 11. Stratification spatiale des galeries pour l'isolement des champignons (De Sousa 1996) : 1- liège ; 2 – liber ; 3 – les parents ; 4 – section des larves ; 5 – extrémité de la galerie

Sur chaque partie ainsi identifiée, on prélèvera d'une façon individuelle et sans mélange des fragments au niveau des galeries de quelques centimètres. Ces derniers seront stérilisées, séchées au papier filtre stérile et placés individuellement dans des tubes stériles (NORRIS & BAKER, 1968).

3.2. Isolement des champignons à partir de l'insecte (mycangia, contenu intestinal des adultes)

Avant de procéder à l'isolement des champignons et afin d'éviter toute contaminations extérieures, les échantillons (mycangia, contenu intestinal des adultes et fragment de bois) ont été séparément immergés dans une solution d'hypochlorite de sodium 1% pendant une minute, ensuite rincé avec de l'eau distillée et séchés avec du papier filtre stérilisé, puis déposé directement sur le milieu préalablement coulée sur les boites de Pétri. Il est important de signaler qu'il ne faut travailler qu'avec des insectes fraîchement récoltés.

Les individus ont été étalés individuellement sur une plaque de liège stérile recouverte d'un papier filtre stérile sous une loupe binoculaire préalablement nettoyée à l'alcool et placé sous une hotte a flux laminaire au moins 30 mn avant. Ils ont subi ensuite une incision ventrale à l'aide d'un bistouri ophtalmique stérile (ciseaux d'iris), afin de dégager le contenu intestinal. Ce dernier est directement transféré sur un milieu de culture gélosé dans des boites de Pétri de 50 mm de diamètre. Les mycangia de ces mêmes adultes ont été minutieusement et aseptiquement prélevés et directement transférés dans le milieu de culture. Notant qu'un isolement de bois sain a été conduit comme contrôle.

3.3. Milieu de culture des Ophiostomatales

Le milieu de culture utilisé pour l'isolement des champignons est le malt agar (Difco™, Matl Agar) ou le PDA (Difco™, Potato Dextrose Agar), des milieux recommandés par HARRINGTON (1981). Ces milieux sont additionnés de Streptomycine ou de Cycloheximide à une dose de 500 mg/l (UPADHAY, 1981 ; HARRINGTON, 1981). Le premier antibiotique élimine la contamination bactérienne tout en permettant la croissance normale de la majorité des champignons (HAWKSWORTH *et al.*, 1995). Le second, en plus de son action bactéricide, agit d'une façon sélective sur les champignons et ne laisse pousser que le complexe *Ceratocystis*/*Ophiostoma* et quelques saprophytes tels que les *Mucorales* et les *Penicellium* (HARRINGTON, 1981). Les boites de Pétri ensemencées sont incubées à 25±1°C, dans des conditions d'obscurités totales pendant deux semaines. Pour faire la séparation des différentes colonies qui se développent, on doit

repiquer les petites portions de chaque colonie pour une autre boite à Pétri avec le milieu de culture.

Le repiquage des cultures sur un milieu de culture PDA est recommandé pour faire la description des caractéristiques culturales spécifiques des champignons.

3.4. Caractérisation morphologique et sensibilité à la Cycloheximide

Les différentes cultures sont classées selon leurs caractéristiques macroscopiques. Un représentant de chaque groupe est retenu pour identification sur la base des caractéristiques culturale et morphologiques de leurs conidies et conidiophores décrites par divers auteurs notamment par ELLIS (1971, 1976) ; LANIER *et al*. (1978) ; MORELET (1998).

Des cultures monosporiques des champignons appartenant aux Ophiostomatales ont été réalisées. Après 21 jours et à partir des échantillons isolés dans des milieux de cultures (malt MEA+Cycloheximide) et dans le but de tester sa tolérance/sensibilité, des isolats (souches) stériles ont été effectués et transférés dans un milieu de culture (Agar + eau) dans une lame et lamelle sur un support en verre dans des boites de Pétri (90 mm) avec MEA complété avec les concentrations suivantes de Cycloheximide : 0, 5, 10, 100, 500, 1000 ppm ; les boites ont ensuite été incubés dans l'obscurité à 27,5 ± 1°C pendant 05 jours (INAÇIO *et al*., 2010 ; BELHOUCINE, 2013).

Les caractères macroscopiques des colonies sont décrits après 21 jours de croissance (vitesse de croissance), couleur et nomination d'après SACCARDO (1891).

Les observations microscopiques ont été réalisées à l'aide de microscope photonique (Olympus, BX41TF) avec prise de photos à différents grossissements (200x, 400x, 600x) au laboratoire de pathologie INIAV (Oeiras, Portugal).

4. Analyse génétique des champignons Ophiostomatales

4.1. Extraction d'ADN

Trois isolats des champignons Ophiostomatales ont été pris à partir des mycangia et des contenus intestinaux des adultes échantillonnés d'une subéraie à el ZITOUNA, du Nord Est de l'Algérie.

Le mycélium des champignons a été collecté pour l'extraction de l'ADN en grattant la surface de l'agar à l'aide d'un scalpel stérilisé. Pour broyer le mycélium, les échantillons ont été macérés dans l'azote liquide en poudre fine avec un micro-pilon. Le mycélium broyé a été suspendu au vortex dans le tampon d'extraction du DNeasy Plant Mini kit (Qiagen, Germany) en suivant les instructions du laboratoire fabriquant le kit.

La quantification et la vérification de la pureté de l'ADN ont été réalisée en utilisant le spectrophotomètre NanoDrop 2000 UV-VIS (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA).

4.2. Amplification par PCR et Séquençage

Les isolats ont été caractérisés au moyen de marqueurs moléculaires sur les gènes de l'ADNr développés à l'aide de la méthode PCR (Polymerase Chain Reaction). Pour la région ITS (WHITE *et al*., 1990), les amorces utilisées étaient : ITS5(GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG) et ITS4 (TTCCTCCGCTTATTGATATGC) qui couvrent les deux régions ITS, la sous-unité 5.8S et une portion en 5' de la grande sous-unité 28S (Fig. 12).

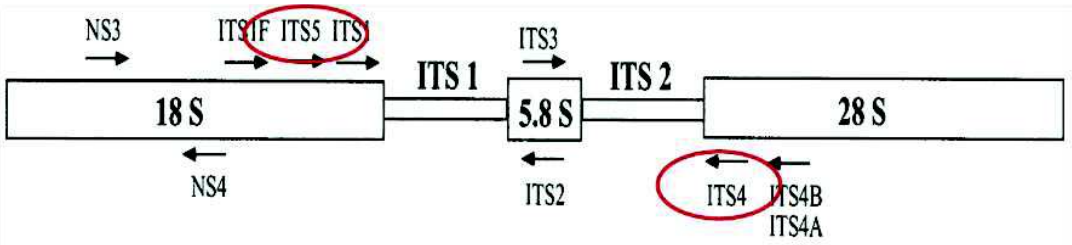


Figure 12. Représentation schématique de l'ITS (ITS1, ITS2 et 5.8S) de l'unité répétée de l'ADN ribosomique chez les champignons. Les flèches représentent les sites de fixation des amorces les plus utilisées (TEDERSOO *et al*., 2007).

Pour la région D1/D2 (LSU) (VILGALYS& HESTER, 1990), les amorces utilisées étaient LROR (ACCCGCTGAACTTAAGC) et LR5 (TCCTGAGGGAAACTTCG), présenté dans la figure suivante (Fig. 13) :

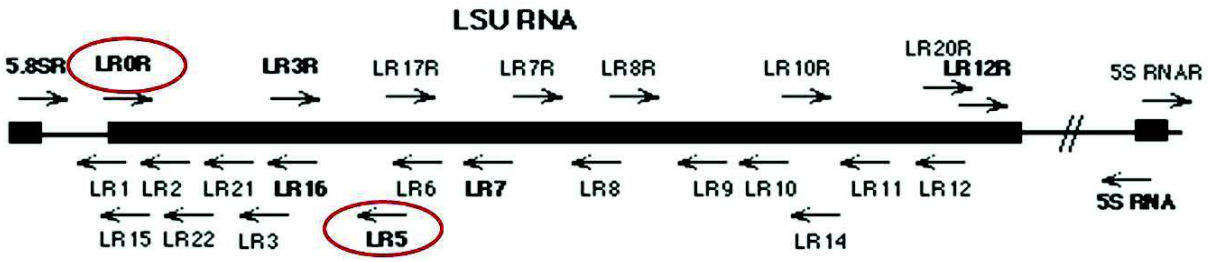


Figure 13. Représentation schématique de la région LSU de l'ADNr. Les flèches représentent les sites de fixation des amorces les plus utilisées.

Les réactions de PCR ont été réalisées en utilisant le Dream Taq PCR Master Mix (2X) (QIAGEN, Allemagne) dans un thermocycleur Biometra TGradient (Biometra, GmbH). La solution réactionnelle de chaque échantillon contenait un volume final de 25 µl contenant 150ng d'ADN, 0,4 µM de chaque amorce et 1 x tampon de PCR Master Mix, qui comprenait 1,5mM de $MgCl_2$ et 0,2mM de chaque dNTP. Les conditions de PCR appliquées pour la région ITS et pour la région LSU étaient les suivantes: un cycle de 2 min à 94°C, suivi par 35 cycles de 1 min à 95°C, puis 1 min à 55°C et 1 min à 72°C, suivi par un cycle de 10 min à 72°C. Pour vérifier que les réactions ont bien fonctionnée, les produits amplifiés ont été chargés sur un gel d'agarose à 2% avec un tampon standard TBE 0,5x (4,5 mM Tris, 4,5 mM d'acide borique et 1mM EDTA, pH 8) contenant 0,5 mg/ml de bromure d'éthidium.

Cinq µl de l'échantillon PCR a été mélangé avec 1 µl de tampon de charge sur une feuille du parafilm. Les échantillons et un marqueur de poids moléculaire ont été chargés séparément dans les puits du gel. L'électrophorèse a été effectuée à 5 V/cm. Les produits d'amplification ont été visualisés sous lumière UV en utilisant le système d'imagerie Gel VersaDoc (Bio-Rad, USA). Les fragments de PCR ont été purifiés en utilisant le kit de purification PCR QIAquick (Qiagen, Allemagne) selon le protocole du fabricant.

Les amplicons d'ADN ont été séquencés dans les deux directions en utilisant les mêmes amorces au laboratoire de séquençage STABVida (Lisbonne, Portugal) sur un analyseur d'ADN ABI PRISM 3730xl (Applied Biosystems).Les séquences ont été corrigées à l'aide du programme BioEdit v7.2.0 (Hall, 2007) et ont étés comparées avec la base de données GenBank (NCBI), en utilisant l'outil de recherche d'alignement local (BLAST) algorithme de base.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS & DISCUSSION

QUATRIEME CHAPITRE

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Analyse sur l'enquête sanitaire des subéraies de Chêne-liège du Nord-est de l'Algérie

1. Facteurs abiotique

1.1. Incendiés de forêts

Les subéraies du Nord-est de l'Algérie sont sujettes à des incendies périodiques et souvent destructeurs (Photo 9). La fréquence et l'intensité des incendies enregistrés au cours des deux dernières décennies ont provoqué une instabilité de l'écosystème en général (OUELMOUHOUB, 2003). Au cours des vingt dernières années, 49 913 ha ont été la proie des incendies (Fig. 11). Les années 1993,1994 et 2000 ont été les plus dommageables, avec respectivement 11 649ha, 17 642 ha et 10 125ha brûlés.

Photo 9. Exemple d'incendies dans la région de ZITOUNA

De nombreuses espèces ont développé des stratégies pour survivre aux incendies périodiques (PAUSAS *et al*., 2004 ; PAUSAS & VERDU, 2005) ; en effet le chêne-liège est un excellent exemple. S'il n'est pas exploité, la couche du liège sur l'arbre devient très épaisse et forme une barrière protectrice contre le feu puisque le liège est un bon matériau isolant protégeant les tissus du tronc et des rameaux (PAUSAS, 1997).

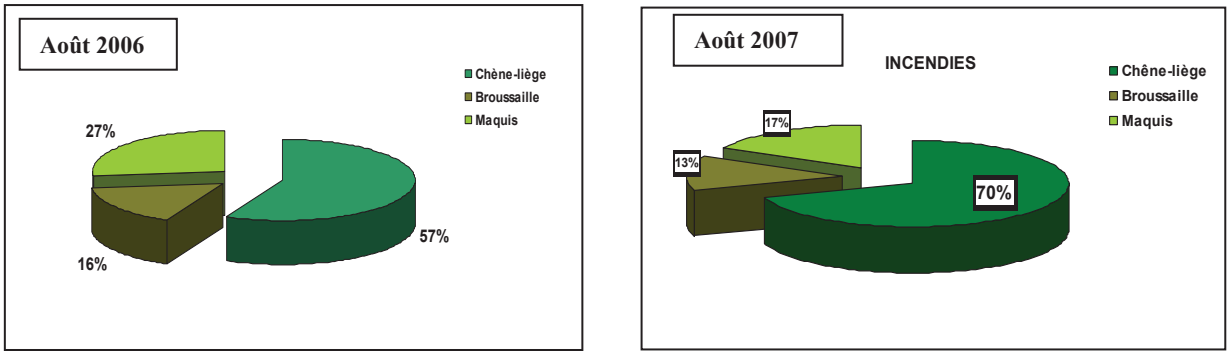
Après le passage du feu, le chêne-liège peut survivre difficilement grâce à la couche liégeuse qui protège le tronc, lui évitant d'être endommagé et tend à se reconstituer normalement (PAUSAS, 1997). La plupart des espèces de chêne ont la capacité de produire des rejets après des perturbations graves, y compris le feu. Ainsi, l'écorce épaisse et isolante du chêne-liège protège presque tous les bourgeons leur permettant de produire des rejets et des dragons rapidement et efficacement (PAUSAS, 1997).

Par conséquent, après passage du feu dans une forêt de chêne-liège, la plupart des arbres survivent. Certains jeunes arbres peuvent souffrir et endiguer la mort par le feu puisque l'écorce est encore trop mince pour fournir la protection thermique des bourgeons souches, bien que les individus peuvent survivre parce qu'ils reprennent des souches de la base. Les arbres dont le diamètre du tronc est supérieur à 12centimètres, peuvent survivre souvent à un incendie (PAUSAS *et al*., 2009). Cependant, les vieux arbres peuvent échouer à produire des rejets, et donc condamner à mourir après des incendies répétés. Le comportement de l'arbre après feu dépend non seulement de l'épaisseur de l'écorce mais aussi de la taille des arbres ou de l'âge, et du nombre d'années écoulées depuis le dernier écorçage. En effet, lorsque l'arbre n'as jamais été déliégé, la capacité à se régénérer tend à être plus élevée (MOREIRA *et al*., 2007). Les feux violents en forêt peuvent aussi être une source importante de la mortalité du chêne-liège, surtout après extraction du liège, lorsque le manque de protection rend l'arbre vulnérable au feu (PAUSA *et al*., 2009). En effet, durant l'année du démasclage, l'incendie entraîne pratiquement la mort de tous les chênes. Le pourcentage de mortalité passe ensuite à 70% si le démasclage a eu lieu dans les 2 à 3 ans avant l'incendie, puis à 50% de mortalité après 4 ans (PYO, 2006).

Le sous-bois par contre très inflammable. Il est totalement ravagé par les feux. Néanmoins, les Cistacées et les Ericacées réagissent vigoureusement en développement un

matorral très dense parfois impénétrable. Il en résulte un déséquilibre dans les écosystèmes à chêne-liège, qui entrave toute régénération de cette essence (BENHADID, 2000).

Quant au sous-bois et durant les premiers stades post incendie, il est constitué essentiellement d'espèces herbacées pionnières, formant ainsi de véritables pelouses ouvertes et des parcours luxuriants pour les animaux (LEHOUEROU, 1980). Cet état de fait a été constaté dans quelques subéraies du Parc National d'El Kala, où la majorité des forêts se présentent sous forme de maquis arborés après l'ouverture du milieu par le feu, ce qui facilite l'accessibilité à ces sites par les riverains. Le sectorielle de la figure 14 représente les taux de la superficie incendiées par type de végétation en 2006 et 2007 au sein du Parc d'El-Kala.



Figures 14. Superficie incendies par type de végétations en 2006 et 2007 (PNEK).

1.2. Surpâturage

A l'échelle des massifs forestiers, la taille et le nombre de troupeaux sont difficiles à évaluer (Photo 10).

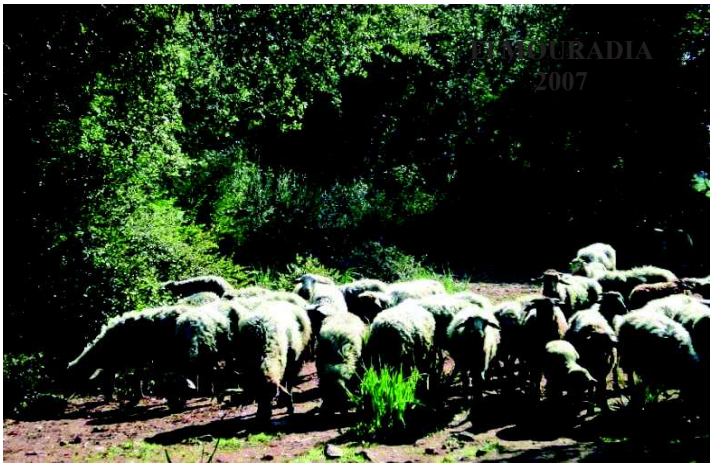


Photo 10. Surpâturage, Subéraie El Mouradia, 2007

Le pâturage est une activité fréquente en subéraie, parfois souhaitée, car le bétail participe au contrôle de la prolifération des strates arbustives et herbacées, hautement inflammables (LEHOUEROU, 1980) ; La présence de bétail dans le milieu forestier favorise le maintien d'une faune particulière inféodée aux bouses, crottins. En facilitant l'enfouissement et le recyclage des matières fécales, les animaux coprophages contribuent de façon importante à l'amélioration des sols des milieux pâturés (AOUINTY, 1990). Cependant, le surpâturage, causant un broutage excessif de la végétation et des jeunes semis, empêche toute régénération, épuise les ressources disponibles, dégrade les parcours en les exposant à l'érosion.

1.3. Le défrichement

Les défrichements existent depuis l'époque romaine et se sont accélérés durant la colonisation et continuent à se pratiquer. De 1893 à 1941, le domaine forestier a perdu 116000 ha de forêts au profit de l'extension des cultures coloniales (FOSA, 2000).

Actuellement, les populations riveraines, privées de terres agricoles ou voulant étendre leurs terrains situés à proximité des subéraies, procédant au labour dans les différents niveaux de la forêt en lisières et sur les clairières (Photo 11). Les déboisements sont effectués aussi pour satisfaire notamment les besoins croissants des riverains en matière de bois de chauffages.

Photo 11. Défrichement : forêt Ain KHIAR, EL TARF

1.4. Enrésinement

La présence abondante d'un sous-bois ou de résineux (Pin d'Alep, Pin Maritime) et d'Eucalyptus (Photo 12), représente l'un des Principaux facteurs qui a une répercussion spatio-temporelle étroite sur l'élimination du chêne-liège au Nord-est Algérien.

Photo 12. L'enrésinement : forêt Ain KHIAR, EL Tarf

Les principales essences dans le Parc National d'El Kala (plus de 40 000 ha) en concurrence avec le chêne-liège dans son aire naturelle sont synthétisées dans le tableau 7.

Tableau 7. Reboisement au cours du temps (1953 - 1993)

Forêts	**Périodes de reboisement**	**Superficies (ha)**	**Types de végétations**
El Tarf	1971-1974	4073	*Eucalyptus camadulensis*
Ain assel	1952-1972	2300	*Eucalyptus glubulus*
El Kala	1966-1968	4226	*Eucalyptus glubulus*
El Aioun	1958-1975	560	*Pinuspinaster, Pinusradiata, Eucalyptusglobulus, Eucalyptus camadulensis*
Boutheldja	1953-1993	4846	*Eucalyptus glubulus, Pinusmaritima, Fraxinus*
Total	**De 1952 à 1975**	**15 309 ha**	
Reboisement industriel			
Secteur Sud	1975-1981	12 500	*Pinuspinaster*, *Pinushalepensis*
Secteur Nord	1975-1981	12 500	*Eucalyptus globulus*, *Pinusmaritima*
Total	**De 1975 à 1981**	**25 000 ha**	

Source : Archive INRF, El Tarf

2. Facteurs biotiques

2.1. Défoliateurs

Les défoliations, souvent partielles causées par les chenilles des *Lymantria dispar* (Photo 13), sont limités dans le temps (gradation tous les 10-15 ans et durent 2 – 4 ans). Son apparition dans le Nord-est Algérien est signalée principalement dans le massif forestier d'El Ghora (secteur de Bougous) depuis 1984 ; cependant ces chenilles ont une incidence limitée sur l'état sanitaire actuel malgré la dernière gradation de l'année 2007 dans diverses subéraies du Nord de l'Algérie.

Photo 13. Chenille de *Lymantria dispar*

2.2. Xylophages : *Cerambyx cerdo* et *Platypus cylindrus*

A/ ***Cerambyx cerdo* :** Parmi les longicornes « *Cerambyx cerdo* » est espèce xylophage connue dans toute l'Afrique du Nord (Photo 14). Elle vit principalement dans notre subéraie aux dépends du chêne-liège et elle est considérée comme un agent complémentaire d'affaiblissement des arbres qui conduit à leur mortalité ; l'impact économique des mesures de gestion proposé doit être évalué localement dans les régions où *Cerambyx cerdo* a une répartition très localisée en relation avec sa stratégie d'occupation.

Photo 14. *Cerambyx cerdo*

D'après (VILLEMANT & FARVAL, 1993) : la Grand Capricorne est remarquable par sa taille, 30 à 55 mm de long. Il est de couleur marron uniforme, avec les élytres finement rugueux. La larve, apode, de couleur ivoire, mesure jusqu'à 70 mm de long. Les imagos, qui apparaissent au début de l'été, passent la journée immobile dans leur galerie et

entrent en activité dès le coucher du soleil. Ils circulent toute la nuit sur le liège où ils sucent les minuscules écoulements de sève épars sur les troncs. La femelle fécondée grimpe souvent en haut de l'arbre, puis elle dépose ses neufs isolément dans les petites fissures du liège. Le développement larvaire est très long : il dure de 2 à 3 ans. La loge nymphale, ovoïde, recouverte intérieurement d'une substance crayeuse, est caractéristique.

En Europe méridionale et en Afrique du Nord, le Grand Capricorne est parfois très nuisible au Chêne-liège. Signalons que ses larves sont activement recherchées (au prix de la cassure des branches) par les riverains des subéraies au sud de Rabat qui les consomment en brochettes. L'espèce, devenue rare en Europe, y est protégée (VILLEMANT & FARVAL, 1993).

B/ ***Platypus cylindrus* :** est considéré depuis fort longtemps comme l'un des xylophages les plus redoutables du genre *Quercus*. L'espèce *Platyu scylindrus* (Photo 15) est la cause principale de nombreux cas de mortalité duchêne-liège dans divers pays subéreux. C'est un ravageur connu par les forestiers sous le nom de «piqûres noires du chêne».

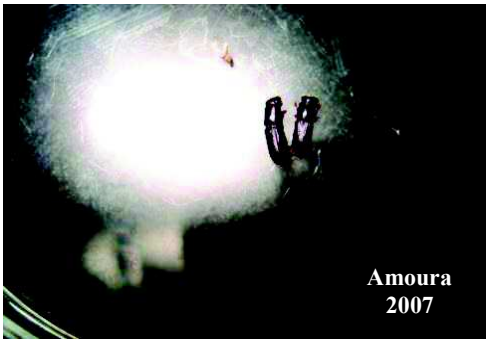


Photo 15. Le platype : *Platypus cylindrus*

D'après notre prospection, les dépérissements localisés sont la résultante de plusieurs facteurs de dégradations. L'installation secondaire des xylophages, *P. cylindrus*, prend récemment une extension à travers les subéraies de la région d'El Kala (Photo 16) et marque une agressivité par l'effet de groupe sous les conditions favorables du milieu.

Photo 16. Traces de reconnaissance de *Platypus cylindrus* sur tronc de chêne-liège (AMOURA & CHAKALI, 2008)

Des troncs de chêne-liège ont été découpés, à l'aide de monsieur DINE (INRF, El Tarf), et examinés minutieusement au laboratoire (Photo 17) ; des échantillons d'insectes de galeries ont été récoltés et déterminés.

Photo 17. Prélèvement des échantillons. **A :** sur terrain, **B :** au laboratoire

A travers nos prospections conduites dans diverses subéraies du Parc d'El-Kala, il ressort une dégradation localisé liée directement à la présence de *Platypus cylindrus* qui tant à se propager sur chêne-liège dans son aire naturelle. La synthèse des données recueillies sur l'état sanitaire des stations prospectées est reportée dans le tableau 8.

Tableau 8. Quantification des arbres dépéris dans les différents sites prospectés

N°	Stations	Altitudes	Effectifs total des arbres	Nombre des sujets dépéris	Pourcentage %
1	ZITOUNA	365	79	9	11,39
2	BOUGOUS	164	32	13	40
3	AL KALA	84	27	14	51,85
4	OUM EL TEBOUL	Pente	75	16	21,33
Total			**213**	**52**	**24,41%**

Dans la région méditerranéenne occidentale, le déclin de *Quercus suber* observé depuis les années 80 (DELATOUR, 1883), a été lié à une augmentation notable des populations de *P. cylindrus* (FERREIRA & FERREIRA, 1989). Ainsi, ce redoutable ravageur avec les champignons qu'il transporte ont été en partie impliqués dans des dépérissements signalés au Portugal (SOUSA *et al*., 1995), en Espagne (ESPAGNOL, 1964 ; SORIA *et al*., 1994), en France (D.S.F., 2001 ; DURAND, 2004) et au Maroc (BAKRY *et al*., 1999 ; SOUSA *et al*., 2005).

En Algérie, plusieurs subéraies ont été sujettes aux attaques par cet insecte et les premiers dégâts importants ont été observés dès le début du siècle dernier dans la région orientale (G.G.A., 1927). Depuis, on connait que des fragmentaires d'informations sur ce ravageur. Ce n'est qu'à partir des années 2000 que les travaux consacrés à ce problème ont fait l'objet de recherches (BOUHRAOUA *et al*., 2002 ; BOUHRAOUA & VILLEMENT, 2005 ; BELHOUCINE *et al*., 2011 a, b ; 2012 b ; BELHOUCINE & BOUHRAOUA, 2012 a).

Les données concernant les différents aspects de vie de l'insecte et les relations vis-à-vis de son arbre hôte sont peu abondantes surtout en Algérie, car ce ravageur a rarement fait l'objet jusqu'à présent de travaux de recherche plus approfondis. Il existe cependant des données biologiques relativement riches bien que succinctes comme celle d'ALGERNON-CHAPMAN (1870-1871), STROHMEYER (1907), HUSSON (1955), ceux de SOUSA (1996) et BOUHRAOUA (2003).

II. Distribution spatio-temporelle de *Platypus cylindrus* à l'échelle de peuplement et à l'échelle de l'arbre hôte

1. Evolution des attaques au niveau du peuplement

En utilisant les modalités (1, 2, 3, 4, 5) relatives au tableau 4 (ch. 3 ; p. 51), nous avons obtenu les résultats pour les variables considérées de la parcelle de DJABEL IDYR, présentés dans le tableau 9.

Tableau 9. Dénombrements des arbres sains (S) et attaqués (A) par *Platypus cylindrus* en relation avec les variables considérées

Modalités / Variables	1		2		3		4		5	
	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
Parcelle	69	31	00	10	00	10				
Géomorphologie	69	31	00	00						
Périmètre	00	00	08	04	50	21	11	06		
Hauteur troncs	43	20	26	10	00	01				
Type d'écorçage	06	00	63	31	00	00				
Hauteur d'écorçage	06	00	63	31	00	00				
Coefficient d'écorçage	06	00	59	31	04	00	00	00	00	00
Année d'écorçage	00	00	63	31	00	00				
Défoliation	14	07	26	13	13	07	14	04	02	00
Blessure	27	12	36	19						

Les résultats les plus conséquents dénombrés se résument comme suit :

1. Une hauteur totale des troncs variée de 1,30 à 4 mètres. Sur les 100 arbres retenus 6 n'ont pas subi de démasclage. L'opération du démasclage se caractérise par un coefficient d'écorçage ≤ 2,5 et les blessures effectuées aux cours de la mauvaise levée du liège touchent 55 arbres écorcés (58,5%).

2. Sur l'ensemble des échantillons examinés, *P. cylindrus* est présent dans 31 cas, soit un taux d'attaque de 33%. Une forte distribution est notée sur un effectif de 10 arbres.

L'analyse discriminante linéaire (GLM) pas à pas (stepwise) s'effectue, sur les attaques de l'insecte en fonction de l'ensemble des variables considérés, ont été représentés par le graphique suivant (Fig. 14). Nous avons pris en considération 50 individus aléatoires des arbres échantillonnés.

L'analyse a pu montrer que 74% des attaques ont été expliqué à la fois par la hauteur total des troncs d'arbre (HT) et le coefficient de démasclage (CD), ainsi 72% des attaques sont expliquer par (HT) seulement.

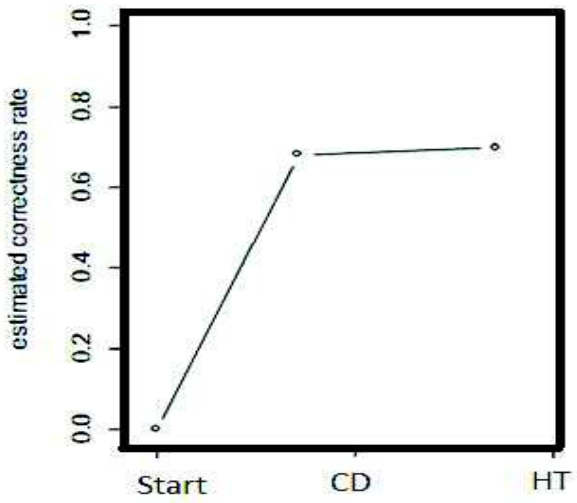


Figure 14. Evolution des performances de classification de l'analyse discriminante pas à pas

2. Distribution spatio-temporelle des attaques des arbres par *P. cylindrus* en relation avec leur état sanitaire

2.1. État sanitaire du peuplement de chêne-liège

La distribution spatiale des arbres de la subéraie de Djebel Idyr en 2009 selon les différentes classes sanitaires est présentée dans la figure 15. L'évolution sanitaire temporelle en classes de la parcelle prospectée de 2009 à 2011, est présentée dans le tableau 10.

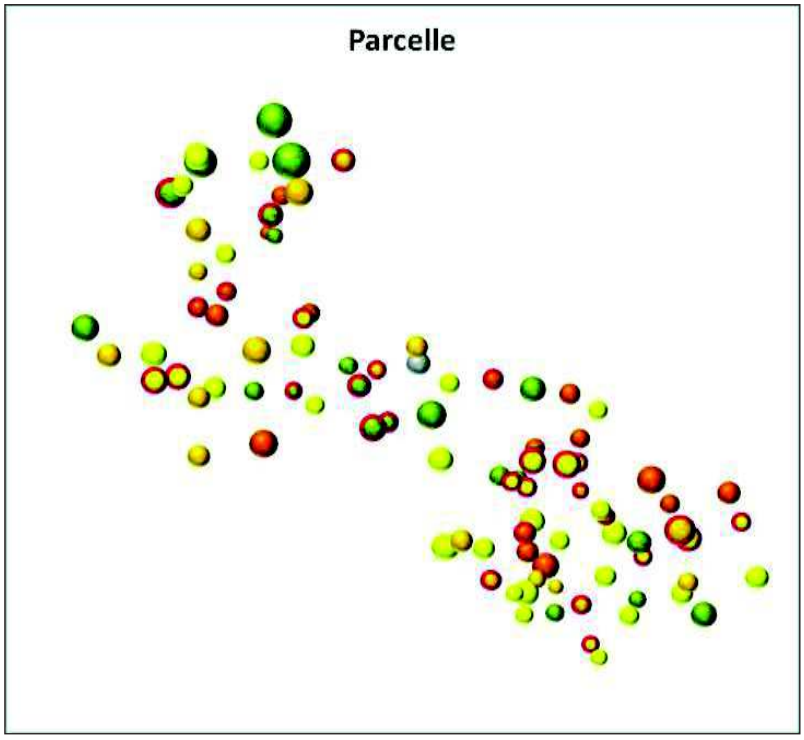


Figure 15. Répartition spatiale des arbres de la subéraie de Djebel Idyr selon les différentes classes sanitaires pour l'année 2009. Vert: Classe 1; Jaune: classe 2; Orangé: Classe 3; Orange foncé: Classe 4; Violet: Classe 5; Arbre entouré par le rouge: attaqué par *Platypus cylindrus*.

En 2009, plus de 50% relatifs aux arbres en bon état sanitaire sont regroupés dans la classe (1). La seconde moitié des arbres est distribuée entre les classes (2) et (3).

Tableau 10. Dénombrement des arbres de chêne-liège de la subéraie de Djebel Idyr en 2009 et 2011, en fonction des classes sanitaires

Années **Classes sanitaires**	**2009**	**2011**
0	20	12
1	32	23
2	29	41
3	13	18
Total	**94**	**94**

En 2011, nous avons noté le passage évolutif de beaucoup d'arbres démasclés (18,08%) vers les classes (2) et (3) qui ont été notés au paravent dans les classes (0) et

(1) en 2009. En effet, le test d'égalité des moyennes, pour tester l'évolution temporelle entre les deux années 2009 et 2011a montré une signification (χ^2 = 6,336; p = 0,096), révélateur d'une évolution temporelle vers les classes sanitaires plus affaiblies.

2.2. Corrélation entre les attaques de *P. cylindrus* et l'état sanitaire du peuplement étudié

Les données recueillies montrent une différence hautement significative (χ^2 = 35,46; p ≤ 0,001) de l'attaque par *P. cylindrus* en relation avec les différentes classes sanitaires des arbres démasclés de la parcelle de Djebel Idyr, étudiée en 2009 (tab. 11). Cela confirme que l'attaque de l'insecte, dans notre cas a été exécutée après le déliégeage du *Quercus suber*.

Tableau 11. Analyse descriptives des attaques et des classes sanitaire de la parcelle de Djebel Idyr, les moyennes sont comparés en utilisant le test χ^2 (Logiciel R, version 3.1.2).

	Moyenne	χ^2	Valeur de p
Attaque du Platype	6,20 ± 4,74	35,46	0,001
Etat sanitaire	18,80 ± 12,91		**

** (≤0,05): difference significative ; **(≤0,001): difference hautement significative ; **(≤0,001): difference très hautement significative ; NS.: non significative.*

En 2011, les prospections effectuées sur terrain ont montré des empreintes des anciens trous d'entrées du platype sur tronc démasclé en 2008. La formation des nouvelles couches de liège est très remarquable et les blessures sont remaniées avec le temps. Les arbres démasclés et attaqués par le platype, visiblement infestés en 2009 (31 arbres avec des trous et des sciures), sont notés en 2011 avec une absence de trou de pénétration. Malgré le retard de production qui peut être engendré au liège, les arbres ont apparemment pu se défendre au cours des deux années.

2.3. Corrélation entre blessures des arbres après démasclage et l'attaque de *P. cylindrus*

Les pourcentages des attaques par *P. cylindrus* et les blessures des troncs d'arbres après démasclage sont très corrélés (r= 0,98), et sont présentés dans la figure 16. L'analyse descriptive des moyennes des attaques observées par le platype (6,20 ± 4,74) et les blessures au niveau des troncs d'arbres après les mauvaises levées de liège (8,80 ± 5,17) dans la parcelle de Djebel Idyr en 2009, n'a pas présenté de différence significative (t-*Student* = 1,49 ; p = 0,211), sont présentés dans le tableau 12. La mauvaise levée de liège déclenche l'attaque du platype sur les arbres et conditionne son état sanitaire.

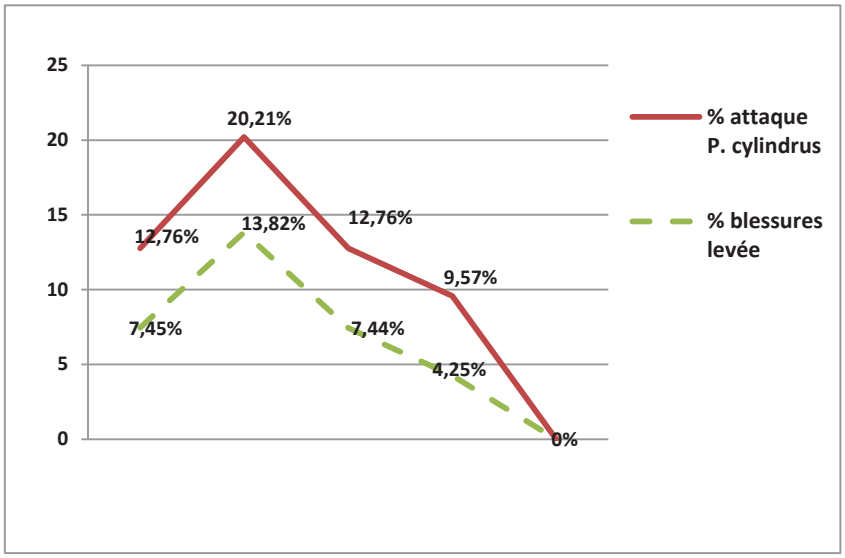


Figure 16. Distribution des attaques du platype et des blessures des troncs pendant le démasclage d'arbres, selon les différentes classes sanitaires.

Tableau 12. Analyse descriptive des attaques et des blessures observées des troncs d'arbres de chêne-liège dans la parcelle de Djebel Idyr, les moyennes sont comparés en utilisant le test t-*Student* par échantillon dépendant (DAGNELIE, 2009).

	Moyenne	*t-Student*	Valeur de p
Attaque du platype	6,20 ± 4,74	1,49	0,211
blessures	8,80 ± 5,17		NS.

** (≤0,05): difference significative ; **(≤0,001): difference hautement significative ; **(≤0,001): difference très hautement significative ; NS.: non significative.*

3. Distribution de *P. cylindrus* à l'échelle de l'arbre hôte

3.1. Distribution verticale sur la surface du tronc

Les 30 arbres contrôlés pendant la période allant du mois d'avril à juin de l'année 2009 représentent une faible densité en galeries de *P. cylindrus*. Sur l'ensemble des cas examinés il existe des infestations intermédiaires comprises entre 30 et 60 galeries/m^2 (Tab. 13). La hauteur maximale des attaques varie en relation avec l'arbre hôte, elle est environ de l'ordre de 2 m, sachant que les hauteurs des troncs examinés varient de 1,30 m à 2,42m.

Tableau 13. Distribution spatiale des trous de *P. cylindrus* sur les troncs d'arbres démasclés en 2008 pour les parcelles de Djebel Idyr et de Mouradia, et démasclés en 2007 pour la parcelle de Locrane.

Sites	Arbres	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total	Moy	Ecart-type
D. Idyr	N. Trous	18	30	33	24	27	16	24	10	30	18	230	23	7,33
	H. (cm)	70	200	110	110	70	30	30	40	110	50	820	82	52,45
Mouradia	N. Trous	0	32	03	07	03	18	24	21	17	03	128	12,8	11,01
	H. (cm)	0	60	10	10	10	50	80	90	50	10	370	37	33,02
Locrane	N. Trous	10	14	19	17	14	19	15	19	10	26	163	16,3	4,81
	H. (cm)	50	70	110	50	70	50	90	110	50	110	760	76	26,75

N. Trous : nombre des trous *H. : Hauteur maximale d'attaque*

3.2. Distribution des attaques selon les orientations

Compte tenu de la surface respective des quatre sections des 10 arbres observés pour chacune des trois parcelles étudiées, nous avons comparé le nombre des trous d'entrée de *P. cylindrus* observés par surface selon l'orientation (Tableau 14). Les résultats ont mis en évidence une différence très hautement significative entre les quatre expositions pour les arbres observés dans les sites Djebel Idyr et Locrane (p = 0,0001).

Tableau 14. Analyse descriptive des trous d'entrées du platype sur la surface des arbres observés selon les quatre orientations dans les trois sites; les données sont comparées en utilisant le test χ^2 (n=10 pour chaque site).

Sites & année de démasclage	Altitude	Expositions et nombre des trous sur tronc d'arbre		χ^2	P
Djebel Idyr 2008	700m	Sud	80	15,11	0,0001 ***
		Nord	61		
		Est	42		
		Ouest	47		
Mouradia 2008	420m	Sud	42	6,06	0,10 NS.
		Nord	35		
		Est	25		
		Ouest	26		
Loucrane 2007	400m	Sud	74	50,12	0,0001 ***
		Nord	49		
		Est	22		
		Ouest	18		

NS. : Non significative, *** : différence très hautement significative

La répartition du nombre des trous de *P. cylindrus* dénombrés par orientation dans les trois parcelles considérées (nombre des arbres= 30) a montré que les attaques sont notées davantage à l'orientation Sud des troncs d'arbres démasclés (196), suivie par le Nord (145), l'Est (91) et enfin l'Ouest (89).

4. Discussion

Le ravageur *P. cylindrus* a été considéré, durant les dernières années, comme un des plus importants agents biotiques directement impliqués dans le dépérissement du chêne-liège observé dans des nombreux pays du bassin méditerranéen. Les attaques de *P. cylindrus* sont corrélés à certains caractéristiques des arbres hôtes, notamment leur affaiblissement, leur exploitation et leur morphologie (SOUSA *et al*., 2005). Cet insecte s'attaque préférentiellement aux troncs démasclés (HUSSON, 1955; BALACHOWSKY, 1963). L'activité de ce xylomycétophage est très importante au Portugal (SOUSA & INÁCIO, 2005) et au Maroc (EL ANTRY, 1994) où il marque une agression conséquente en subéraie. En Algérie, les premiers dégâts par *P. cylindrus* ont été observés dans les subéraies de l'Ouest de l'Algérie, où le platype a été considéré comme le premier responsable du dépérissement d'une cinquantaine d'arbres (BOUHRAOUA, 2003).

Les observations effectuées dans la subéraie de Djebel Idyr ont montré que la distribution spatiale dans les peuplements de chêne-liège résulte d'un processus de choix des hôtes et est aussi corrélée avec deux groupes de caractéristiques liées aux arbres : croissance et déclin. Des résultats similaires sont déjà connus chez d'autres insectes par divers auteurs (JACOBS *et al*., 1992 ; MARÉCHAL *et al*., 1992).

L'analyse discriminante linéaire obtenue sur les variables dendrométriques du peuplement de chêne-liège étudié a montré que la hauteur totale de l'arbre et le coefficient de démasclage sont les variables qui favorisent l'attaque de l'insecte. Les travaux d'AMANDIER (2003) et de CHARLOTTE *et al*. (2004) sur la subéraie varoise, ont pu démontrer que la hauteur de la levée, le coefficient de démasclage et la qualité de la levée influencent la santé de l'arbre.

Les attaques de *P. cylindrus* au Maroc sont corrélées à la dimension des arbres, comme au Portugal : les arbres attaqués sont en moyenne plus gros que les arbres sains (SOUSA *et al*., 2005). Par contre, aucune relation n'a été décelée au Maroc entre l'intensité des attaques et les caractéristiques dimensionnelles (hauteur maximale) ou d'exploitation (année et importance d'écorçage). Les attaques de *P. cylindrus* dans ce pays sont cependant associées à certaines caractéristiques d'affaiblissement des arbres hôtes (SOUSA *et al*., 2005). D'après les résultats de BELHOUCINE (2013) sur le chêne-liège

dans l'Ouest de l'Algérie, deux principaux facteurs contribuent fortement à l'intensité des attaques des arbres: la qualité de l'exploitation du liège de l'année 2007 évaluée par le coefficient d'écorçage (Ce>2,5) et l'état sanitaire des arbres. RUIU (2005) note également que les chênes de productions les plus atteints par le dépérissement ont des coefficients de démasclage les plus élevés dépassent la norme de 2,5.

Les données recueillies indiquent l'existence d'une différence hautement significative entre l'attaque et l'état sanitaire de l'arbre, et qu'il n'y a pas une évolution temporelle des classes sanitaires entre 2009 à 2011, laissant envisager une stabilité de l'état sanitaire de la parcelle observée, ce qui justifie l'absence notée de l'insecte ravageur *P. cylindrus* en 2011.

A propos de l'étude statistique de la relation entre les blessures réalisées après les mauvaises levées du liège, dépassant les 50% dans la parcelle de Djebel Idyr, a montré que les blessures présentent un facteur déclenchant l'attaque du ravageur *P. cylindrus*. La récolte du liège est un stress pour l'arbre (OLIVEIRA & COSTA, 2012), qui occasionne souvent des blessures plus au moins importantes et quelques fois irréversibles, ainsi l'ouverture créée par la hache est une entrée certaine pour divers agents (CANTAT & PIZZETTA, 2005).

Le choix pour l'insecte des arbres les plus propices à la colonisation peut aussi dépendre d'autres caractéristiques liées à l'hôte tel un écorçage récent et important. L'insecte pourrait être attiré par les composés volatiles émis après l'extraction du liège (SOUSA, 1996). C'est le cas du peuplement de la station démasclé en été de l'année 2008. En effet, il ressort de cette analyse que le ravageur présente des préférences vis-à-vis de ses hôtes, notamment ceux traversant des situations physiologiques critiques (BELHOUCINE, 2008; BELLHOUCINE & BOUHRAOUA, 2012). L'installation d'un cortège de xylophages dans les arbres du chêne-liège peut affaiblir l'arbre ou accélérer sa mort. *P. cylindrus* n'a pas une activité majeure dans les subéraies de l'Est algérien et de la Tunisie mais il est à craindre (BENJAMÂA *et al.*, 2010). Les observations conduites dans cette étude confirment davantage cette hypothèse.

La détection de l'insecte dans l'arbre avec le temps reste le problème méthodologique majeur soulevé par cette étude. En effet, l'entrée du platype se caractérise

par la présence de sciure sur le tronc, mais passée la première pluie, toute trace évidente de sciure disparaît. Il est donc probable que le nombre d'arbres infestés ait été sous-estimé (DURAND *et al*., 2004). Après la colonisation de l'arbre, le mâle commence le forage d'un couloir d'entrée de quelques centimètres (BRIGHT & STARK, 1973; BOUHRAOUA & VILLEMENT, 2005; TILBURY, 2009). Après accouplement, la femelle continue à creuser la galerie utilisant ses fortes mandibules, servant à arracher et couper les fibres de bois que le mâle expulse à l'extérieure sous forme de sciure grâce à ses pattes plates et tranchantes. La galerie ainsi forée doit être tenue propre pour l'inoculation des champignons ambrosia, pour nourrir l'insecte et sa progéniture (BRIGHT & STARK, 1973; BOUHRAOUA & VILLEMENT, 2010; BELHOUCINE *et al*., 2011b; 2012). Les Ophiostomatales sont considérés comme des champignons ambrosia primaires jouant un rôle primordiale dans le suivie de l'insecte (BATRA, 1985; INÁCIO*,* 2011) mais aussi, pour la plupart, connues pour leur effet phytopathogène (INÁCIO *et al.,* 2012b).

Malgré que la formation de nouvelle couche de liège ferme toutes entrées pratiquées en 2011, nous avons pu observer la présence de quelques empreintes des trous anciens sur quelques troncs d'arbres infestés en 2009. Notant que les subéraies du Nord-est algérien appartiennent à la région la plus arrosée d'Algérie (1200 mm/an), ce facteur peut aider l'arbre à se défendre contre ce bio-agresseur, qui préfère des climats relativement plus secs. L'insecte n'a pas pu continuer son cycle de développement, c'est pour cela, une étude complémentaire sur la relation insecte-champignons-chêne-liège est intéressante pour tirer plus d'informations sur l'état sanitaire des subéraies dans l'Est de l'Algérie.

L'étude de la répartition verticale de *P. cylindrus* sur le tronc démasclé de chêne-liège a montré une hauteur maximale des attaques limitée à 2 mètres dans la parcelle de Djebel Idyr. A ce sujet SERVICE (1973) note que la densité d'attaque est maximale près du sol, lieu où se réalise l'accouplement et elle diminue progressivement à 3 mètres de hauteur. La distribution verticale des insectes en forêt est souvent conditionnée par le gradient thermique et l'humidité relative qui s'établit entre le sol et la canopée (DAJOZ, 1998).

L'exposition Sud du tronc démasclé reste la partie la plus recherchée par *P. cylindrus*. DAJOZ (1998) note que la température joue un rôle déterminant dans la localisation des insectes qui vivent dans les troncs d'arbres. A titre d'exemple, les

scolytides des pins, *Tomicus minor* et *Ips acuminatus* montrent, pour s'installer et creuser leurs galeries, les mêmes préférences en ce qui concerne l'épaisseur de l'écorce des arbres ; mais ils recherchent des expositions différentes en raison de leur exigence thermique. Ce choix de l'emplacement des galeries est favorable au scolyte *Ips acuminatus* qui exige pour son développement larvaire des températures plus élevées (BACKER, 1968).

Platypus cylindrus manifeste une préférence très nette pour les arbres nouvellement écorcés et sains, mais sa distribution spatio-temporelle a cessé son extension dans les subéraies prospectées.

III. Niveau de variabilité de *P. cylindrus* : structuration génétique des populations étudiée

1. Séquençage de la région COI

L'amplification de l'ADN pour le gène COI, en utilisant des amorces LCO 1490 et HCO 2198 a généré un fragment d'environ 0,7 Kb. Ces bandes ont été séquencées et analysées. La région COI amplifiée par PCR de l'ensemble des échantillons est présentée par la figure ci-dessous.

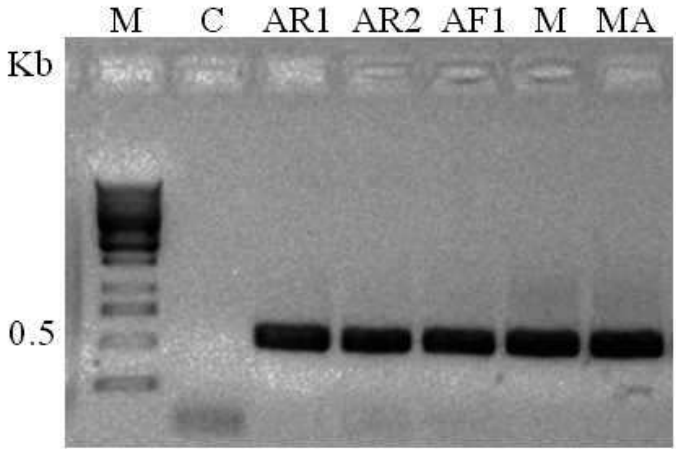


Figure 17. Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région COI. M : Marqueur d'ADN (GeneRuler 1kb DNA Ladder, Fermentas), C: Témoin.

Ces bandes ont été séquencées. Les séquences obtenues ont finalement été alignées avec le logiciel Genieous 2.5.2 (http://www.geneious.com). L'alignement des séquences COI a montré un pourcentage élevé de sites identiques (99,6%) indiquant une variation très faible de la composition nucléotidique (Fig. 18).

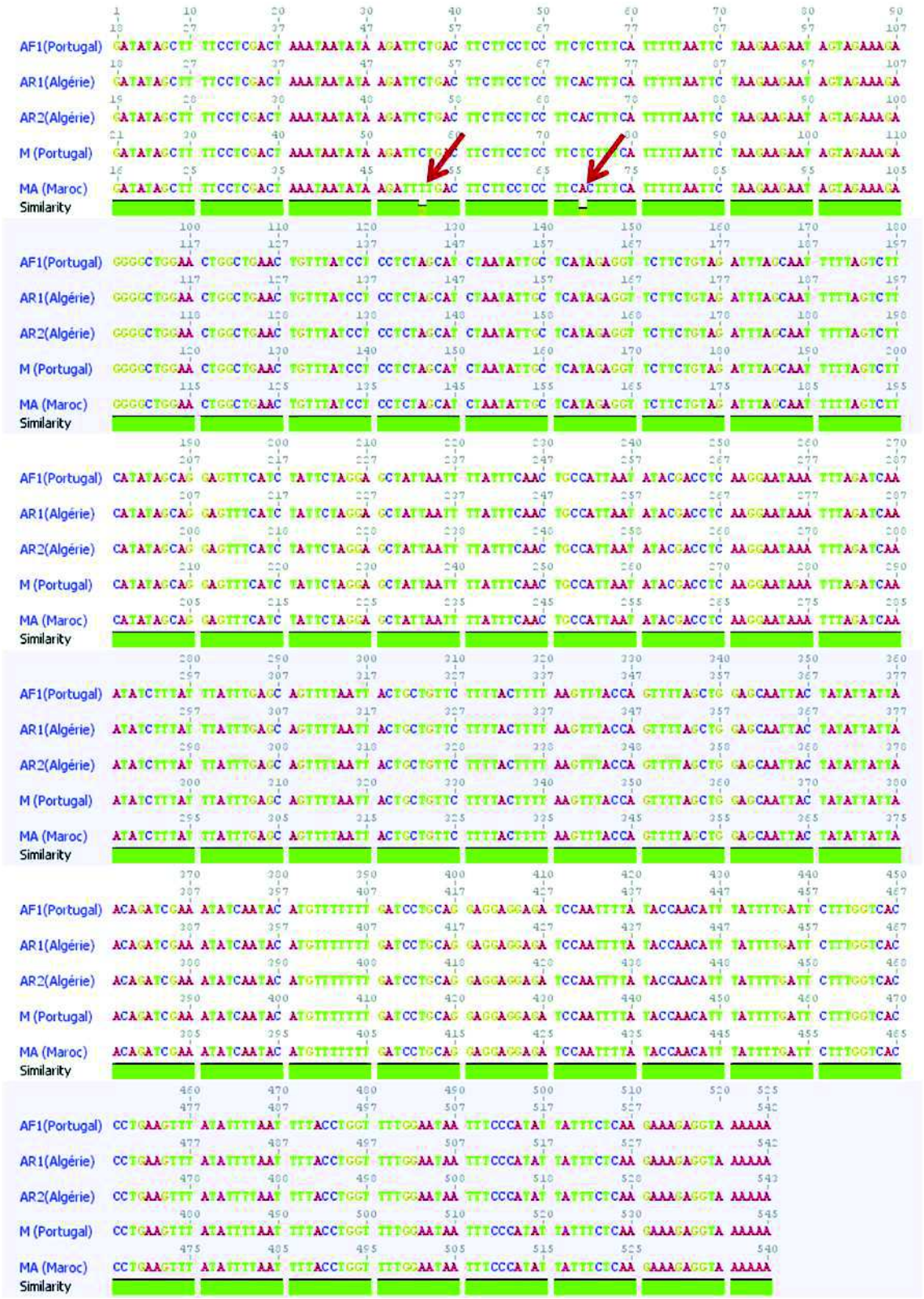


Figure 18. L'alignement des séquences COI avec le logiciel Genieous 2.5.2

L'analyse phylogénétique basée sur la région COI a confirmé la similarité des séquences (Fig. 19).

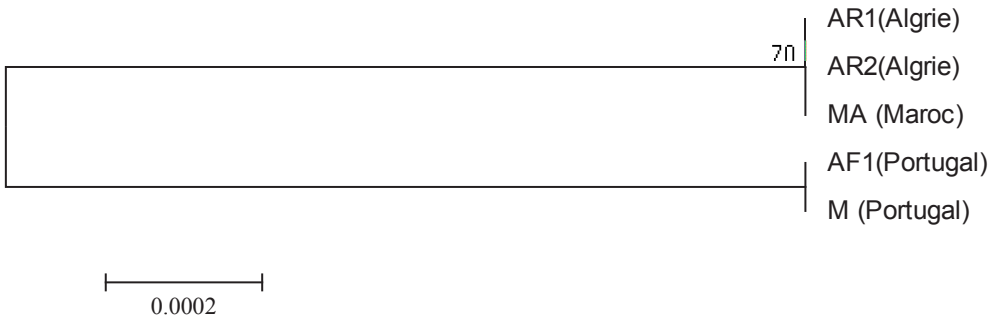


Figure 19. Arbre phylogénétique basé sur 5 séquences nucléotidiques de la région COI construit par la méthode du maximum de vraisemblance (ML) basé sur le modèle Tamura à 3 paramètres et supporté par 1000 réplicas de *bootstraps*. Les analyses évolutives ont été menées avec le logiciel MEGA 6 (TAMURA *et al*, 2013).

Cet arbre a souligné une division des individus et a donc a permis de détecter deux groupes. Un groupe phylogénétique englobant les individus du Nord de l'Afrique et un autre englobant les deux individus du Portugal.

2. Séquençage de la région COI-COII

Pour confirmer la similarité des individus, pour deux échantillons AR1 (Algérie) et M (Montargil - Portugal) la région COI-COII a été amplifiée par PCR. Les résultats sont présentés ci-dessous (Fig. 20).

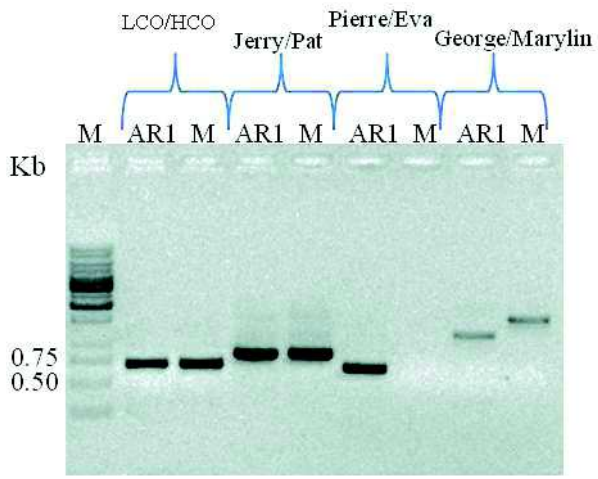


Figure 20. Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région COI-COII. M : Marqueur d'ADN (GeneRuler 1kb DNA Ladder, Fermentas).

Ces bandes ont été séquencées. Par la suite l'alignement des séquences trouvés, de la région COI-COII de l'ADN mt, avec le logiciel : Genieous 2.5.2 (http://www.geneious.com) a montré un pourcentage très élevé des sites identiques (Fig. 21), confirmant ainsi la faible variation de la composition nucléotidique déjà remarqué, résultante de l'alignement des séquences de la région COI entre les trois pays l'Algérie, le Maroc et le Portugal.

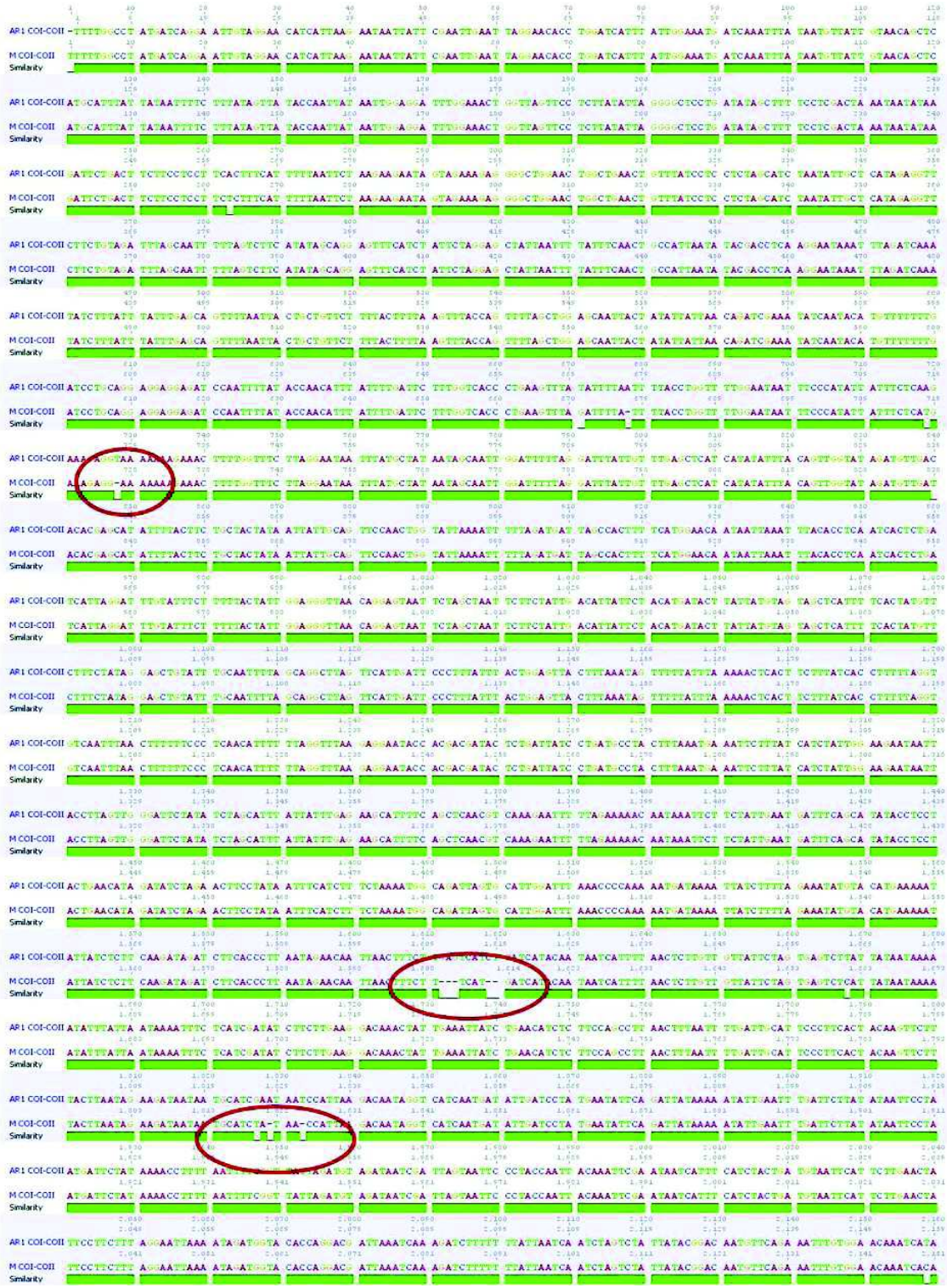


Figure 21. L'alignement des séquences COI-COII avec le logiciel Genieous 2.5.2

Cette étude comparative a montré une similarité très élevée entre les insectes prélevés des trois régions, du Portugal, du Maroc et de l'Algérie, ce qui nous permis de déduire que les capacités de dispersion sont très élevées chez cette espèce.

3. DISCUSSION

Il est important de rappeler que de la phylogéographie vise à étudier la distribution spatiale des lignées à l'intérieur d'une même espèce ou entre espèces très proches (Avise *et al.*, 1987). De nombreuses publications concernent ce champ disciplinaire. Les études étant majoritairement menées à l'aide de marqueurs cytoplasmiques (ADN mitochondrial ou chloroplastique), sur des organismes tempérés (Schmitt, 2007). L'ADN mitochondrial est transmis par les femelles, et permet de retracer l'histoire des lignées maternelles. Chez les insectes, ce marqueur est suffisamment polymorphe pour apporter des informations pertinentes au niveau intra-spécifique, tout en ayant des régions suffisamment conservées pour permettre l'utilisation d'amorces quasi-universelles et donc faciliter l'amplification et le séquençage de zones ciblées (SIMON *et al.*, 1994; SIMON *et al.*, 2006). Ce marqueur haploïde est donc techniquement simple à séquencer. Ces caractéristiques expliquent que des fragments d'ADN mitochondriaux, principalement les gènes du cytochrome oxydase 1 et 2 (COI et COII), mais aussi le cytochrome *b* ou la région de contrôle, aient été largement utilisés dans les études de phylogéographie. Parmi ces régions, COI, était le plus fréquemment utilisé et en particulier dans les analyse phytogénétique (SMITH, 2005).

Dans le cadre de cette investigation, il était important de connaître l'échelle à laquelle les populations du platypoides étaient différenciées, et de pouvoir estimer les flux de gènes entre populations plus ou moins distantes et qui montre une différence de comportement. C'est pour cela nous avons pu réaliser un échantillonnage de l'espèce *Platypus cylindrus* sur diverses aires de distribution des trois pays Portugal (Mantérial), Maroc (Mammora) et l'Algérie (Zitouna).

Les résultats obtenus grâce aux marqueurs mitochondriaux ont mis en évidence une faible diversité génétique qui indique une absence de structuration génétique sur l'ensemble des populations échantillonnées ; ces résultats préliminaires suggèrent que les capacités de dispersion sont très élevées chez cette espèce.

L'analyse phylogénétique basée sur la région COI de l'ADN mt a pu confirmer la similarité de séquences étudiées, ainsi, le dendrogramme réalisé suite a cette étude de l'ensemble des échantillons a souligné une division des individus, découvrant deux

groupes différents : un groupe phylogénétique englobant les individus du Nord de l'Afrique et un autre englobant les deux individus du Portugal, séparation nette en fonction de leur situation géographique, peut généralement expliquer la différence de comportement observés entre ces populations étudiées. Par la suite nous avons pu accompli ces résultats par l'amplification de la région intergénique COI-COII de l'ADN mt des individus prélevés seulement de l'Algérie et de Portugal afin de confirmer ou affirmer la similitude de la diversité génétique du Platype. Cependant, les résultats trouvés indiquent un pourcentage très élevé de similarité entre les échantillons, ce qui nous a permis de confirmer la faible diversité génétique des populations prélevés des trois régions, Portugal, Maroc et l'Algérie.

Peu de travaux ont fait l'objet de la structuration génétique de cette espèce, nos résultats concordent avec celle trouvés par BELLAHIRECH *et al*., 2014, utilisant des marqueurs différents, où l'amplification de 1420 pb de la région intergénique COI de l'ADN mt utilisant les deux amorces LCO 1490 et TL2-N-3014 des adultes prélevés à partir des cinq subéraies de la Tunisie et du Portugal, durant l'année 2012.

En plus, une étude des marqueurs microsatellites basée sur les profiles d'ISSR-PCR, utilisés par le même auteur (BELLAHIRECH *et al*., 2014), ont montré un niveau de similarité génétique de 56% interprété par l'obtention d'un dendrogramme qui sépare aussi les individus étudiés en deux groupes selon leurs situation géographique, la Tunisie et le Portugal, confirmant aussi nos résultats.

Globalement l'ensemble des résultats noté reste préliminaire. Un échantillonnage plus complet dans toute l'aire de distribution de *P. cylindrus* est nécessaire pour des résultats plus fiables sur la structure génétique de l'espèce.

Pour comprendre l'évolution et le fonctionnement des espèces et des populations naturelles, il est important de connaître les facteurs limitant ou favorisant les flux de gènes. Des barrières naturelles, telles que des massifs montagneux, des rivières, des mers peuvent séparer les individus d'une même espèce en populations ou en clades plus ou moins isolées. Des caractéristiques intrinsèques des organismes peuvent également jouer un rôle important dans la structuration de populations distinctes (capacités de dispersion, adaptation au milieu). La sélection naturelle et la dérive génétique sont alors les deux

forces principales qui pourront, avec le temps, amener à une différentiation génétique des populations (KERDELHUE, 2010).

Divers facteurs peuvent expliquer la différence de comportement de l'insecte ravageur *P. cylindrus* d'une région à l'autre :

1. La formation de la race hôte par rapport aux ravageurs ; chez les insectes phytophages par exemple la plante-hôte peut jouer un rôle déterminant dans l'isolement des populations. En effet, dans plusieurs cas d'espèces d'insectes inféodés à plusieurs espèces de plantes, il s'est avéré que les individus se développant sur une espèce de plante-hôte se reproduisaient préférentiellement entre eux. Ce phénomène entraîne alors la formation de "races d'hôtes" (BERLOCHER & FEDER, 2002 ; DRES & MALLET, 2002). Des analyses de la structuration génétique des populations ont démontré en pratique l'existence de races d'hôtes chez un certain nombre d'espèces polypahge ou oligophages, comme chez le complexe d'espèces *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) (XIE *et al.*, 2008), chez le puceron du pois *Acyrthosiphon pisum* (PECCOUD *et al.*, 2009). Comme exemple d'un insecte forestier, la tordeuse grise du mélèze *Zeiraphera dinianaqui* est également capable de se développer aux dépens des pins (*Pinus* spp.), mais il a été démontré que les individus associés aux pins étaient génétiquement différents des individus associés au mélèze (EMELIANOV *et al.*, 2001). La spécialisation en fonction de la plante-hôte peut être due à l'évolution des capacités de détoxification particulières, par l'optimisation de la détection de l'hôte (écologie chimique), mais aussi par des adaptations temporelles (décalages phénologiques permettant une meilleure synchronisation avec la ressource (FEDER & FILCHAK, 1999). Je signale qu'une étude sur la génétique de plusieurs populations de l'arbre hôte *Quercus suber* est en train de réaliser par l'équipe de recherche au sein de l'INIAV, a fin de retrouver des réponses par rapport à la différence de comportement des insectes ravageurs plus au moins distantes.

2. Adaptation de l'insecte aux conditions disponible ; il existe plusieurs cas où la date d'activité des adultes peut être très variable au sein d'une espèce ou d'une population (en fonction de différences physiologiques, d'adaptation aux conditions microclimatiques par exemple). Comme il a été signalé au sein de l'espèce *P. cylindrus* où le nombre des stades larvaires varie de 4 à 5 stades (BAKER, 1963 ; SOUSA *et al*., 2005 ; BOUHRAOUA, 2003 ; BOUHRAOUA & VILLEMANT, 2010 ; BELHOUCINE *et al*., 2011a).

L'émergence des adultes se fait en général durant la période estivale de juin à septembre. En France elle commence dès la fin juin (HUSSON, 1955), en Allemagne en juillet (STROHMEYER, 1907) au Portugal en juin et juillet (FERREIRA & FERREIRA, 1989, SOUSA, 1996 ; SOUSA & INACIO, 2005). Cependant, en Angleterre, il a été remarqué des sorties sporadiques du ravageur tout au long de l'année (BAKER, 1963 ; TILBURY, 2010). Au Maroc, les adultes apparaissent en fin mai début juin (CHADIGAN *et al*., 1991), tandis qu'en Algérie, BOUHRAOUA (2003) a remarqué que l'émergence des deux sexes commencent au printemps. D'après BAKER (1963), le comportement et la fécondité des femelles dépendent de plusieurs facteurs comme l'espace disponible pour l'extension de la galerie, la nourriture et le nombre de larve au développement.

3. La capacité de défense de l'arbre hôte ; Chez les arbres attaqués, la défense se manifeste par l'augmentation du bois ou chimique par la formation de composés répulsifs. Chaque arbre développe sa propre stratégie de défense en fonction des mécanismes fondamentaux de sa croissance, de son développement et de sa reproduction (CHRISTIANSEN *et al*., 1987). Un arbre déjà affaibli, consacre l'essentiel de son énergie aux mécanismes de survie et d'adaptation à de nouvelles conditions mais se consacre que très peu à sa défense face aux ravageurs et aux champignons (SOUSA, 1996). Les capacités de défense des arbres attaqués varient énormément avec certaines conditions comme l'espèce d'insecte, l'espèce forestière, son état sanitaire, le climat, la composition du sol, la période d'attaque, les caractéristique génétiques et sylvicoles, les dimensions des arbres et leurs taux de croissance et la durée de l'inoculation des champignons et leurs concentration (COOK et *al*., 1986 ; RAFFA & SMALLEY,1988 ; LIEUTIER, 1991 ; SOUSA, 1996).

C'est pour cela qu'il est très important de suivre cette étude par l'identification des champignons ambrosia associés à l'insecte mis en cause et les comparer avec les autres populations où *P. cylindrus* est considéré comme un insecte ravageur primaire face au déclin de chêne-liège.

VI. Morphologie des adultes de *P. cylindrus* et champignons associés

1. Caractéristiques morphologiques de l'insecte et les mycangia

Le dimorphisme sexuel chez l'insecte *P. cylindrus* est facilement observé à la loupe binoculaire (Fig. 22), Il se caractérise par la présence de deux dents inégales développées sur l'extrémité postérieure des élytres des mâles comme déjà mentionnés par BARBEY (1925), BALACHOWSKY (1963), VILLEMENT & FRAVAL (1991).

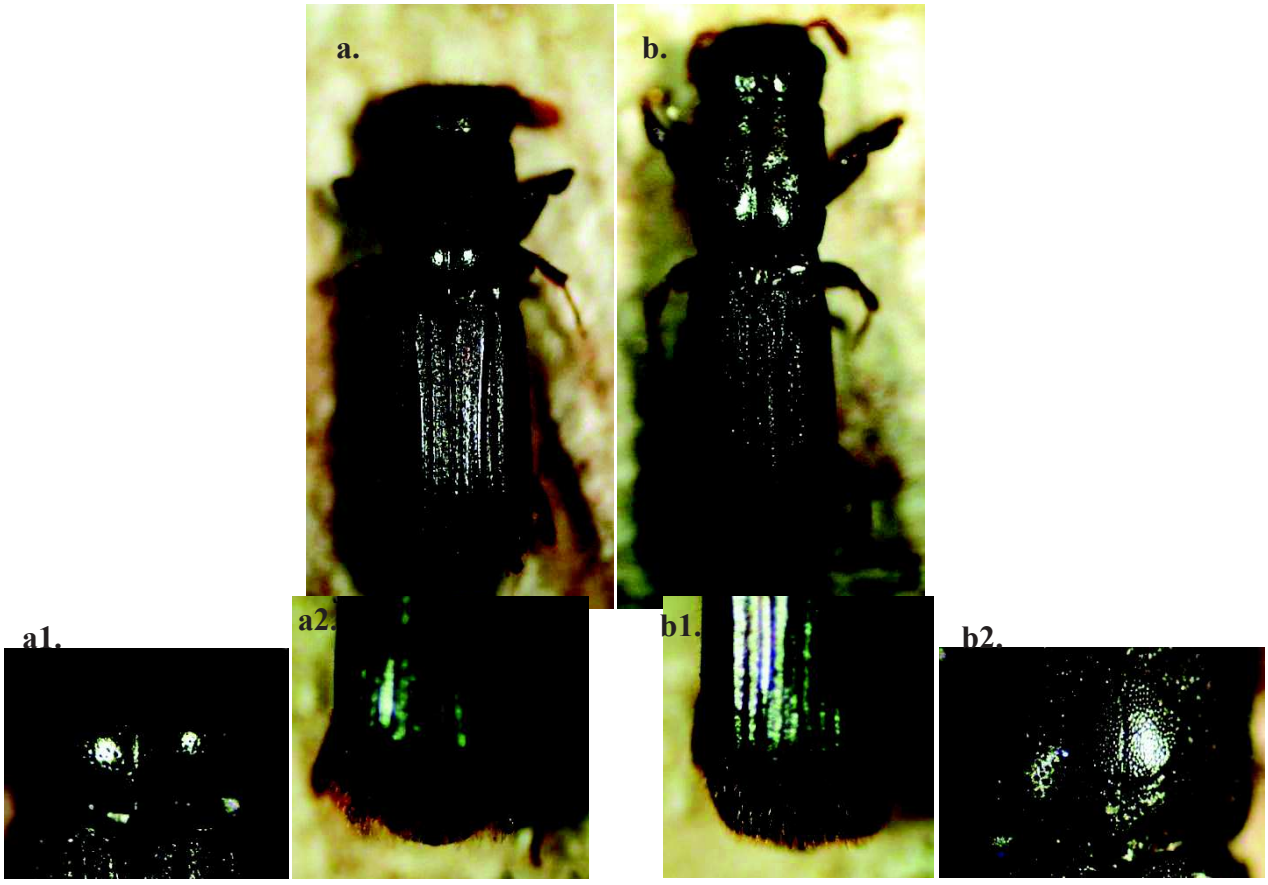


Figure 22. Dimorphisme sexuelle chez l'espèce *P. cylindrus* a. Adulte mâle, a1.Mycangia, a2. Elytre mâle, b. Adulte femelle, b1. Mycangia femelle, b2. Elytre femelle.

La distinction entre les mycangia, organe de transport des champignons, des deux sexes est décelable au microscope optique. Les observations par microscopie électronique à transmission des individus mâles et femelles de l'insecte échantillonné, confirme l'existence de cet organe spécifique au niveau du prothorax comme déjà signalé par de

nombreux auteurs (MORELET, 1998 ; SOUSA, 1996 ; HENERIQUES *et al*., 2006 ; HENERIQUES, 2007 ; BOUHRAOUA, 2003 ; BOUHRAOUA & VILLEMENT, 2010 ; BELHOUCINE *et al*., 2011a ; 2011b ; INACIO M.L., 2012 ; BELLAHIRECH *et al*., 2014). Les spores des symbiotes fongiques sont transportés dans des structures spécialisées appelées «mycanges» (BAKER, 1963; CASSIER *et al*., 1996) présents chez les deux sexes des adultes mais plus nombreux chez les femelles (INÁCIO *et al.*, 2011 ; BELHOUCINE *et al*., 2013). Les illustrations des diverses photos de la figure 24 illustrent la diversité des mycangia.

La forme, les dimensions et le nombre de trous est variable entre les deux sexes (HENERIQUES, 2007). La figure (23 -c- et -d-) ci-dessous confirme que le nombre de trous dans les mycangia femelle sont plus important que celui dans les mycangia mâle (0 trous chez le mâle choisi). D'après BELHOUCINE (2013), le nombre des trous dans les mycangia mâle, des individus prélevés de l'ouest de l'Algérie, ne dépasse guère 27 au total, alors que chez la femelle il dépasse parfois 400.

Au niveau des trous des mycangia de la femelle, des hyphes de champignons sont bien visibles (Fig. 23 -e-). Ces spores sont transférées dans les galeries creusées par les insectes au niveau du tronc des arbres, où sera cultivée la nourriture pour les larves (BEAVER, 1989). De même ils ont aussi un rôle dans la sélection des arbres à coloniser par les insectes (SOUSA *et al.*, 1995; INÁCIO *et al*., 2010 ; 2011). Parmi ces champignons, il existe ceux potentiellement pathogènes au chêne-liège ou à d'autres plantes (GLARE *et al*., 2002 ; HENRIQUES *et al*., 2009). D'autres sont entomopathogènes et cosmopolites.

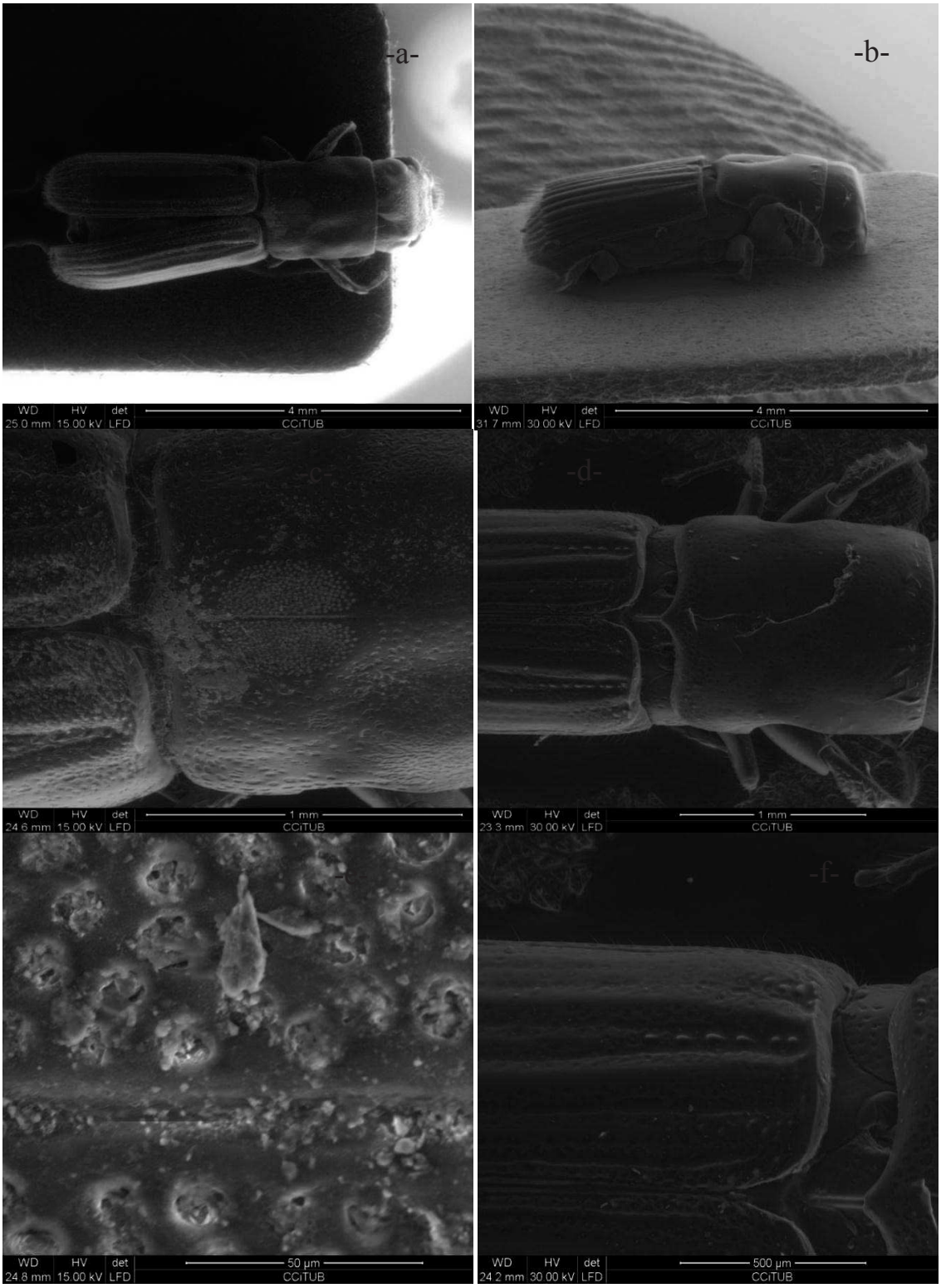


Figure 23. La structure de transport des champignons (mycangia) chez *P. cylindrus* : a : femelle ; b : mâle ; c : mycangia de la femelle ; d : mycangia du mâle ; e : hyphes de champignons chez la femelle; f : élytre du mâle.

2. Diversité des champignons associés à *P. cylindrus* et aux galeries du chêne-liège

Plusieurs champignons ont été isolés à partir des mycangia des adultes, de leurs contenus intestinaux et des galeries de bois. L'identification des champignons au niveau du genre a été basée sur les caractéristiques culturales et microscopiques. Toutes les souches fongiques ont été sélectionnées sur la base de la littérature consultée. Neuf genres ont été isolés, appartenant aux 07 ordres systématiques (Tab. 15), dont la plupart appartiennent à l'embranchement des Ascomycota sauf l'ordre Mucorale qui appartient aux Zygomycota ; et à l'exception du genre *Streptomyce* (ordre Actinomycetales) qui désigne des bactéries filamenteuses Gram-positif non pathogènes. Ce genre a été créé par SELMAN WAKSMAN (1943), longtemps considérées comme des champignons. Ces bactéries sont principalement localisées dans les couches superficielles des sols et sont utilisés pour la production d'antibiotiques. Ce genre est déjà signalé avec les champignons en relation avec *P. cylindrus* au Portugal (HENRIQUE *et al*., 2006 ; INAÇIO *et al*., 2010).

Tableau 15. Champignons isolés à partir de *Platypus cylindrus* et du bois du *Quercus suber*.

Caractères taxonomiques des espèces identifiées		**Origines**		
Ordres	**Genres**	**Mycangia**	**Contenu Intestinal**	**Galerie**
Botryosphaeriales	***Botryosphaeria***	–	–	X
Eurotiales	***Penicellium***	–	X	X
	Aspargillus	–	X	X
Hypocreales	***Trichoderma***	–	–	X
Mucorales	***Mucora***	–	–	X
Ophiostomatales	***Ophiostoma***	X	X	X
	***Raffaelea* (*Raffaeleamontetyi*)**	X	X	X
Xylariales	***Biscogniauxia* (*Biscogniauxiamediterranea*)**	–	–	X
Actinomycetales*	***Streptomyce****	–	–	X

* *Streptomyce* (ordre Actinomycetales), des actinomycètes non pathogènes.

Tous les genres fongiques isolés des mycangia des adultes et de leurs contenus intestinaux se trouvent cultivés sur les parois des galeries creusées par l'insecte dans le bois du chêne-liège. Ces résultats montrent clairement la présence des Ophiostomatales dans l'ensemble des sources d'isolement avec 02 espèces d'*Ophiostoma sp.* et l'espèce *Raffaelea montetyi*, et aussi les Eurotiales présentées par les 02 genres *Penicellium* et *Aspargillus*, qui se trouvent au sein du contenus intestinaux des adultes. Ces espèces sont considérées comme des champignons à intérêt nutritionnel (champignons ambrosia) déjà mentionnés et présentés par plusieurs auteurs (HENERIQUE *et al*., 2006 ; HENERIQUE, 2007 ; HENERIQUE *et al*., 2009 ; INAÇIO *et al*., 2008 ; 2010 ; 2012 ; BELHOUCINE *et al*., 2011 ; BELHOUCINE, 2013).

Les plus importants champignons pathogènes sont les Ophiostomatales présentés par *Raffaelea montetyi* et *Ophiostoma sp.* ainsi les Xylariales présentés par *Biscogniauxia mediterranea* (= *Nodulisporium* sp.) déjà isolés à partir des galeries et mycangia de *P. cylindrus* au Portugal (SOUSA & DEBOUZI, 1993, SANTOS, 2003, SOUSA *et al*., 2005 ; HENRIQUE *et al*., 2006, 2009 et 2015 ; INAÇIO *et al*., 2008 ; 2010 ; 2012), en Algérie par BELHOUCINE *et al*.,(2011), et en Tunisie par BELLAHIRECH *et al*.,(2014). C'est un champignon responsable du stroma charbonneux des troncs et branches des chênes tout en ayant un effet particulier sur le chêne-liège (MAZZAGLIA *et al*., 2001). Il a été déclaré responsable du dépérissement de *Quercus* suber en Sardaigne (EVIDENTE et *al*., 2005) et il a été signalé à M'Sila (Ouest de l'Algérie) pour la première fois au début des années 80 sur les rameaux et troncs des arbres morts sur pieds (LANIER *et al*., 1986).

Parmi les champignons pathogènes, les espèces des *Botryosphaeria* de l'ordre Botryosphaeriales, qui ont une distribution mondiale causant le dépérissement, les chancres, les brûlures des pousses, des taches foliaires, des fruits et la pourriture des semences ainsi que les balais des sorcières chez une large gamme de plantes hôtes agricoles et forestières d'importance économique et écologique (ALVES *et al*., 2004 ; 2005 ; DEWET *et al*., 2008 ; BARBER *et al*., 2005 ; ERBILGIN *et al*., 2008). Certaines espèces sont saprophytes tandis que d'autres sont endophytes (BARR, 1987 ; SANCHEZ *et al.*, 2003).

Également, nous avons pu identifier le genre *Trichoderma* (*Hypocrea*) appartenant aux Hypocreales, qui sont des champignons très répondu dans la nature. Les espèces de ce genre ont la capacité d'élaborer certains produits qui incluent les enzymes comme les cellulases et chitinases, les antibiotiques tels la gliotoxines et gliovirines et des substances volatiles. Certaines espèces du genre *Trichoderma* exercent une forte action antagoniste sur d'autres champignons comme *Fusarium oxysporium.* Elles sont de ce fait utilisées dans le biocontrôle des maladies provoquées par ces germes (SAMUELS, 1996 ; HERMOSA *et al*., 2000). En plus de l'exploitation industrielle de leurs enzymes notamment les cellulases, elles sont utilisées donc dans la dégradation de matériels cellulosiques (SAMUELS, 1996).

En plus, et comme c'est déjà a été signalé la présence des champignons ambrosia à intérêt nutritionnels, l'ordre Eurotiales du genre *Pinicillium*, des champignons du sol, cosmopolites, très communs, saprophytes ou pathogènes de plusieurs substrats. Ils peuvent

produire de dangereuses mycotoxines et certains antibiotiques et être pour cela des germes antagonistes (HAWSWORTH *et al*., 1995 ; KIFFER & MORELET, 1997). Certains représentants de ce genre ont été isolés de *P. cylindrus*, de chêne-liège et d'autres hôtes (BAKER, 1963 ; CASSIER *et al*., 1996 ; SOUSA, 1996 ; HENRIQUE et *al*., 2006 ; HENRIQUE, 2007 ; INAÇIO *et al*., 2008). De même des espèces du genre *Aspergillus* ont été identifiées incluant des champignons du sol, des cosmopolites communs, des saprophytes, des parasites de plusieurs substrat et des toxinogènes (BOTTON *et al*., 1990 ; HAWKSWORTH *et al*., 1995 ; KIFFER & MORELET, 1997).

Le groupe des Mucorales forment un ordre de champignons généralement saprophytes appartenant à la sous-division des Mucoromycotina. Ce sont des moisissures très courantes, qui peuvent dégrader les sucres, et pour certaines l'amidon, mais qui sont incapables de dégrader la cellulose. Cependant, certaines espèces peuvent être pathogènes. Cet ordre est déjà mentionné en relation avec *P. cylindrus* en Portugal (HENRIQUE *et al*., 2006. Cependant plusieurs auteurs ne considèrent l'isolement de *Mucora* et d'autres espèces telles *Trichoderma*, *Pinicillium*, *Aspergillus*, que seulement pour étudier ces relations commensalisme avec leurs hôtes (HENRIQUE, 2007).

Enfin, les Ophiostomatales, ce groupe de champignons appartenant aux Ascomycètes se compose d'environ 200 espèces réparties entre plusieurs genres dont *Ophiostoma*, *Raffaelea*, *Ceratocystis*, *Grosmannia*, *Leptographium* et *Sporothrix*. La majorité de ces champignons est liée à des insectes ambrosia dont nombreuses espèces forment des associations étroites avec leurs insectes vecteurs (WINGFIELD *et al*., 1993). Les champignons transportés et inoculés par *P. cylindrus* sont très nombreux : *Raffaelea ambrosia* et *R. montetyi* sont cependant des champignons *ambrosia* primaires spécifiques au platype (MORELET, 1998 ; BELHOUCINE *et al*., 2012 ; INAÇIO *et al*., 2012 ; BELHAIRECH *et al*., 2014). Ces champignons, sont isolés à partir des galeries de l'insecte, directement des mycangia, du contenu intestinal et de l'exosquelette. Ils assurent les fonctions indispensables comme la bonne colonisation de l'hôte, l'alimentation des insectes et l'altération physiologique de l'arbre. Ceci facilite le processus d'ouverture des galeries et assure par conséquent la gestion équilibrée des colonies de champignons à l'intérieur (SOUSA & INAÇIO, 2005 ; HENRIQUES *et al.*, 2006 ; HENRIQUES, 2009 ; BELHOUCINE *et al*., 2011b, 2012b).

Ces genres, bien que phylogénétiquement distincts, ils ont clairement évolué d'une façon similaire sur le plan morphologique en réponse à des niches écologiques semblables et à des stratégies de survie qu'ils se sont adaptés (HAUSNER *et al*., 1992 ; WINGFIELD *et al*., 1993 ; BLACKWELL & JONES, 1997 ; KIRK *et al*., 2001 ; ZIPFEL *et al*., 2006). Ils sont caractérisés tant chez les téleomorphes que chez les anamorphes par des périthèces avec un long cou, les ascospores mucilagineuses hyalines unicellulaires avec différentes formes, et des asques évanescentes (MASUYA *et al*., 2009 ; LINNAKOSKI, 2011). Ces caractéristiques morphologiques sont censées être liées à leur biologie de dispersion. En effet, la dispersion de nombreuses espèces Ophiostomatales dépend fortement des espèces d'insectes (MALLOCH & BLACKWELL, 1993). Ces champignons ont une variété de différents anamorphes, dont la plupart produisent aussi leurs conidies sous forme de gouttelettes visqueuses. Les gouttelettes des spores collantes peuvent se fixer aux organes des insectes et faciliter ainsi leur dispersion. La similitude morphologique des champignons Ophiostomatales est probablement le résultat d'une évolution convergente, comme des adaptations à la dispersion des insectes (SPATAFORA & BLACKWELL, 1994).

3. Caractérisation morphologique des Ophiostomatales

Les champignons d'ordre Ophiostomatales, présentent le groupe le plus associé au *Platypus cylindrus*, à cause de leur effet phytopathogènes.

3.1. Sensibilité à la Cyclohexamide

Toutes les espèces appartenant au groupe des Ophiostomatales cultivées à des concentrations différentes de Cyclohexamide, ont présenté une même croissance à 1000 ppm. Une diminution de la croissance a été notée avec l'augmentation de la concentration de l'antibiotique. La Cyclohexamide est un antibiotique qui inhibe la synthèse protéique dans la majorité des organismes eucaryotes. Cependant, la structure unique de la paroi cellulaire des membres du groupe *Ophiostoma*, en l'occurrence les espèces d'*Ophiostoma* et *Raffeale*a, peut être responsable de la tolérance à la Cyclohexamide. HARRINGTON (1981) a lié la tolérance à cet antibiotique à la structure de la paroi cellulaire de ces espèces composée de cellulose et de rhamnose qui se lient à la Cyclohexamide empêchant ainsi

l'entrée de la molécule d'antibiotique à l'intérieure de la cellule. (HENRIQUES, 2007, INAÇIO, 2012 ; BELHOUCINE, 2013)

L'ensemble de souches Ophiostomatales obtenus, présentent une grande variabilité macro et microscopique, correspondant à des espèces différentes : *Raffaelea montetyi* et *Ophiostoma* spp. « Déjà étudier et présenter par HENRIQUE *et al.* (2006) ; INAÇIO *et al.* (2008) ; BELHOUCINE (2013).

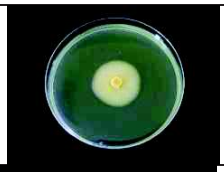
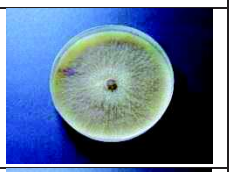
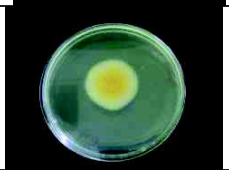
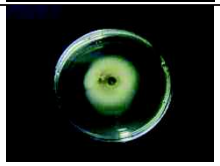
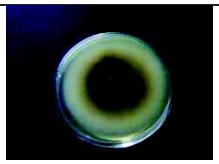
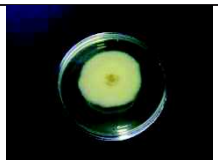
3.2. Sur le plan morphologique : sur milieux synthétiques, les espèces ont poussé sous forme de levures (Yeast-like) au début de la culture pour se différencier au bout de quelques jours. L'aspect de la colonie effuse, certaines avec un mycélium feutré dans le centre de la colonie. Leur croissance est lente et peux atteindre jusqu'à 3 à 4 semaines parfois plus, sauf pour *Raffaelea montetyi* qui se développe plus ou moins rapidement.

3.3. Sur le plan microscopique : ce groupe produit des hyphes hyalines et cloisonnés qui se lient ensemble pour former des cordes d'hyphes compactes. Les sporodochies (regroupement d'un agrégat de filaments et des cnidiophores le tout ayant une forme de coussin) superficielles, effuses, blancs à brunâtres. Les conidiophores sont macronematous (morphologiquement différent de ceux des Hyphes végétatives) et mononematous (le trait d'union du groupe est la production de conidies à partir des cellules condiogènes superficielles exposées découlant séparément des hyphes végétatives), dressés, cloisonnées, minces avec un sommet conique, produisant des conidies simpodulosporiqueuses qui laissent des cicatrices dans les cellules conidiogènes en se détachant. Les conidies sont unicellulaires et hyalines, avec des formes (triangulaires, ovale, allantoide, fusiforme calviforme tronquée) et des dimensions variables.

La caractérisation culturale des souches d'ordre Ophiostomatales isolés des mycangia et des contenus intestinaux des adultes, basant sur les observations macroscopiques de la face supérieure et inférieure des échantillons dans leur milieu de culture, pendant la 1ère, la 2ème semaine et après 21 jours, présentent un aspect type levure à farineux avec de longs filaments, mycélium vigoureux et aérien avec une colonie centrale. La description des caractéristiques macroscopiques est récapitulée dans le tableau 16.

Les souches sélectionnées correspondent à quatre boites de pétri regroupées en deux genres : *Raffealea* (*Raffaelea montetyi*) présenté par la boite n° 4 et *Ophiostoma* (*Ophiostomas pp.*) présenté par la boite 1, 2 et 3.

Tableau 16. Aspect cultural des faces supérieures et inférieures des genres de champignons cultivés en PDA, pendant la 1ère semaine, la 2ème semaine et après 21 jours des genres *Ophiostoma* spp. et *R. montetyi*.

Champignons / Colonies		***Ophiostomasp.*** **boite 1**	***Ophiostomasp.*** **boite 2**	***Ophiostomasp.*** **boite 3**	***Raffaeleamontetyi*** **boite 4**
1ère semaine	*Face supérieure*				
	Face inférieure				
2ème semaine	*Face supérieure*				
	Face inférieure				
Après 21 jours	*Face supérieure*				
	Face inférieure				

Des observations microscopiques des conidies et conidiophores des champignons du genre *Ophiostoma* isolés des mycangia et contenus intestinaux des adultes *P. cylindrus* ont été par la suite réalisées à l'aide d'un microscope photonique (Olympus, BX41TF). Les photos prises sont illustrés dans la figure 24.

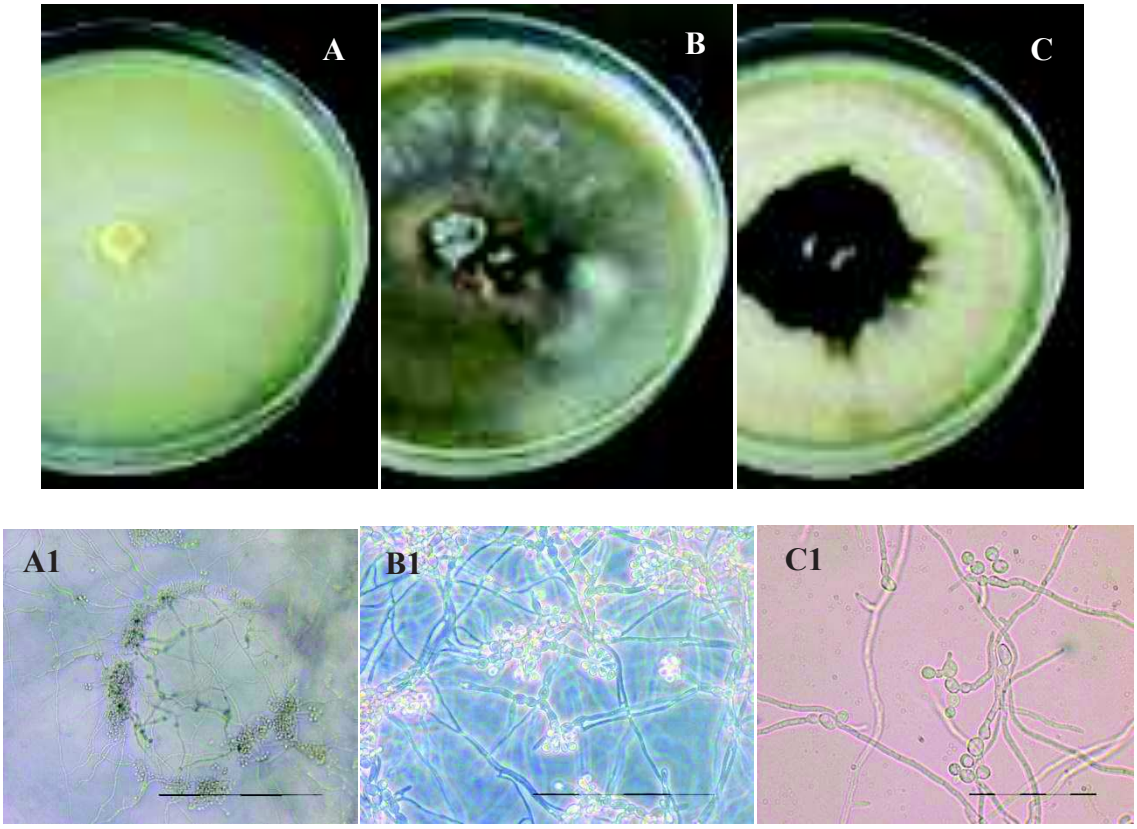


Figure 24. Conidies et conidiophores des champignons *Ophiostoma spp.* isolés à partir de *P. cylindrus* par microscope photonique **: A, B, C** : morphologie des colonie après 21 jours en PDA**; A1.** Boite 1 (Gr. X200) ; **B1.** Boite 2 (Gr. X600) ; **C1.**Boite 3 (Gr. X600).

Par la suite ces souches d'*Ophiostoma* isolées ont été séquencées afin de l'identifier génétiquement, en utilisant les séquences LSU (Large Sub-Unit).

4. Analyse moléculaire des espèces d'*Ophiostoma* spp.

L'objectif de cette partie de l'étude est d'identifier les espèces de champignons du genre *Ophiostoma* isolés à partir des mycangia et des continus intestinaux de l'insecte *P. cylindrus* prélevés des arbres de chêne-liège du Nord-est de l'Algérie. L'amplification de la région ITS de l'ADN mitochondrial, en utilisant des amorces ITS5/ITS4 a généré un fragment d'environ 0.6 Kb pour les échantillons 2 et 3. Ces bandes ont été séquencées et analysées.

Concernant l'échantillon 1, et après l'amplification par PCR, plusieurs bandes ont été observées (d'après Dr. FILOMENA, les produits de PCR doit être cloné).

Les produits d'amplification par PCR spécifique à la région ITS des Ophiostomatales isolés sont illustrés par la figure 25.

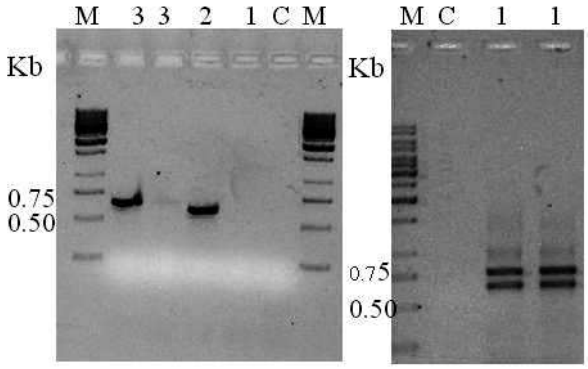


Figure 25. Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région ITS. M : Marqueur d'ADN (GeneRuler 1kb DNA Ladder, Fermentas); C: Témoin.

L'amplification de la région D1/D2 (LSU), en utilisant des amorces LROR et LR5 a généré un fragment d'environ 1.0 Kb (Fig. 26) pour tous les échantillons. Ces bandes ont été séquencées et analysées.

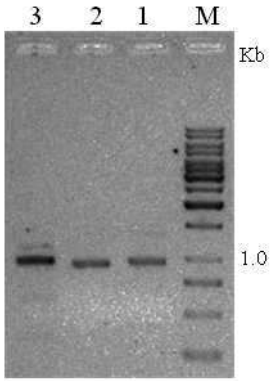


Figure 26. Révélation sur gel d'agarose des produits d'amplification par PCR spécifique à la région D1/D2 (LSU). M : Marqueur d'ADN (GeneRuler 1kb DNA Ladder, Fermentas).

Toutes les séquences obtenues ont été comparées avec la base de données GenBank (NCBI). Seulement les séquences correspondantes à l'amplification par PCR de la région D1/D2 (LSU) des deux échantillons 2 et 3, ont présenté une similarité présente dans le Tableau 17.

Tableau 17. Similarité des séquences avec des séquences puisées dans GenBank.

Échantillons	**LSU**	
	Accesion n.	Similarité
2	AF221010 - *Ophiostomapiliferum*	233/270(86%)
3	JF946765.1|- *Ophiostomasp.*	321/384 (84%)

Sur l'ensemble des isolats du genre *Ophiostoma*, nous avons pu identifier, à l'aide des amorces LROR et LR5 de la région D1/D2 (LSU), l'échantillon de la boite n° 2, présente l'espèce *Ophiostoma piliferum*, avec 86% de similarité. La 2ème espèce a montré une similarité faible confirme seulement l'appartenance au genre *Ophiostoma,*

Par rapport aux résultats des travaux réalisés sur les champignons associés au *Platypus cylindrus*, la présence de l'espèce *Ophiostoma piliferum*, n'est pas signaler auparavant. C'est l'un des champignons causant le bleuissement (coloration de l'aubier), ces champignons n'altèrent pas la structure du bois, mais affectent son esthétique. Pour l'industrie du sciage, les pertes associées à cette coloration peuvent être considérables. Les auteurs rapportent par exemple que des usines de sciage en Alberta ont déclaré des pertes de l'ordre de cinq millions de dollars par année (MORIN *et al*., 2006).

Le genre Ophiostoma caractérise l'ordre des Ophiostomatales (De BEER *et al*., 2013a). Les espèces de types *O. piliferum*, ont été décrites comme *Saphaeria pilifera* causant le bleuissement de bois des conifères en Suède (FRIES, 1823). A ce temps *Saphaeria* a inclut la plupart des champignons avec périthèce ou pycnide (WAKEFIELED, 1940). FRIES (1823) a listé 550 espèces sous *Saphaeria*. Il s'est basé sur l'apparence du périthèce in situ. L'étude génétique est plus performante présenté par plusieurs taxonomistes tel que Saccarado et Winter, d'abord en *Ceratostoma* (FUCKEL, 1869), ensuite en *Ceratostomella pilifera* (WINTER, 1887) (BISBY & MASON, 1940). En 1906, HEGCOCH, a retenu le nom *Ceratostmella pilifera* à cause de bleuissement répondue dans son étude sur les champignons causant la coloration du bois aux États-Unis. VON HOHNEL (1918) a transféré *Cs. Pilifera* à un nouveau genre, *Linostoma*. Cependant, *Linostoma* a été le dernier homonyme du genre des plantes fleurissantes (De BEER *et al*.,

2013a). Et par conséquent, SYDOW & SYDOW (1919) ont établi un nouveau genre d'*Ophiostoma*.

Récemment l'espèce *Ophiostoma piliferum* est utilisée comme un mutant albinos «méthode de lutte biologique » dont la formulation commerciale est connue sous le nom de «Cartapip97» ; Après avoir passé au crible 50 000 colonies obtenues à partir d'ascospores de *Ophiostoma piliferum*, les auteurs ont réussi à isoler un mutant albinos (MORIN *et al*., 2006). En laboratoire et au champ, Kasper « un autre champignon albinos » obtenue à partir *Ceratocystis resinifera*, un champignon causant ce genre de dommage s'est montré généralement plus efficace que Cartapip 97 pour prévenir la coloration causée par *C. resinifera* et *O. piliferum*, quoique les deux albinos limitaient moins efficacement le développement de *O. piliferum* (HAMANN, 2006 ; MORIN *et al*., 2006).

5. DISCUSSION

Raffaelea montetyi, est considérée comme l'espèce la plus fréquemment récupérées des insectes et des tissus nécrotiques entourant les galeries. Cette espèce, à la différence de la plupart des *Raffaelea* spp., se cultive très vite et son établissement très rapide dans l'hôte facilitant la colonisation par les insectes. *R. montetyi* avait été auparavant isolé de *P. cylindrus* (MORELET, 1998), mais la confirmation de son implication avec le dépérissement des chênes n'a pas été évaluée (INAÇIO *et al*., 2011b) ; Jusqu'à présent, seulement *Raffaelea. Lauricola* des Etats-Unis (FRAEDRICH *et al.,* 2008) et *Raffealea. Quercivora* du Japon (MATSUDA *et al.*, 2010) sont connues comme des espèces qui tuent leur arbre hôte.

Ophiostoma spp. est la seconde espèce fréquente. En plus, et d'après INAÇIO *et al*. (2011a), les *Ophiostoma* isolés ont été obtenus seulement à partir des subéraies de chêne-liège en déclins, infestés par les attaques visibles de *P. cylindrus*. Ainsi, même si les insectes n'ont pas réussi à coloniser l'arbre, ils sont capables d'inoculer des agents pathogènes dans un hôte susceptible. Sans *P. cylindrus,* insecte vecteur, il serait impossible pour ces espèces fongiques d'infecter de nouveaux hôtes. De plus, les champignons Ophiostomatales exigent des blessures préexistantes pour infecter leurs hôtes (NKUEKAM *et al*., 2012).

C'est une symbiose obligatoire, sans *P. cylindrus*, il ne serait pas possible pour les espèces fongiques de continuer leur cycle de vie, aussi, sans les champignons, les insectes ambrosia, auraient d'énormes difficultés de coloniser de nouveaux arbres. À l'intérieur de l'hôte, le champignon peut s'étendre rapidement sur plusieurs niveaux.

En effet, la survie des champignons dépend de la survie de l'insecte transporteur et de ces nouvelles générations (HENERIQUES, 2007). De même, les descendances de l'insecte dépendent étroitement de la croissance du champignon aussi lié à la survie de la femelle ancêtre et de l'insecte portant le mycangia (BEAVER, 1989).

On regroupe sous l'expression «Ophiostomatoïdes» plus d'une centaine de champignons ascomycètes et deutéromycètes caractérisés par la production des structures reproductrices sexuées (périthèces) ou asexuées (conidiophores) fortement mélanisées (WINGFIELD *et al*. 1993 ; JACOBS & WINGFIELD, 2001). Les champignons Ophiostomatoïdes sont pour la plupart des saprophytes du xylème des arbres, chez les quels ils provoquent une coloration appelée bleuissement. Par ailleurs, certains champignons Ophiostomatoïdes sont des agents phytopathogènes très agressifs associés à des maladies telles le flétrissement vasculaire et le développement de chancres. Une de ces espèces pathogènes est *Ophiostoma novo-ulmi*, agent responsable d'une pandémie de maladie hollandaise de l'orme ayant causé la mort de millions d'arbres adultes en Europe et en Amérique du Nord depuis 1960. Malgré les nombreuses recherches menées sur cet organisme, les mécanismes par lesquels il arrive à tuer ses hôtes sont ignorés. D'après les travaux de (INAÇIO *et al*., 2012), il est fort probablement que les champignons Ophiostomatoides, ont été transférés directement aux chêne-liège par l'insecte *P. cylindrus*, provoquant ainsi le déclin de ces arbres hôtes.

En plus, certains champignons Ophiostomatales sont des antagonistes d'insectes. L'exemple le plus largement étudié est *Ophiostoma minus* dont la présence réduit considérablement la reproduction du dendroctone du pin, *Dendroctonus frontalis* (BARRAS, 1970 ; FRANKLIN, 1970 ; LOMBARDERO *et al*., 2003 ; HOFSTETTER *et al*., 2005). Ce scolyte est généralement associé à trois champignons : deux mycangiaux *Ceratocystiopsis ranaculosa* et *Entomocorticium* sp., mutualistes nutritionnels (BARRAS, 1970 ; HOFSTTTER, *et al*., 2005). La troisième, *Ophiostoma minus*, est transportée sur

l'exosquelette de l'insecte, ou activement par des acariens phorétiques sur les Coléoptères (LOMBARDERO *et al*., 2000 ; 2003). Cette dernière est un mutualiste nutritionnel des acariens, et donc plus intimement liée avec les acariens que le dendroctone. Dans le bois, elle concurrence des mêmes sources avec les champignons mutualistes de l'insecte, les acariens et les champignons associés forment des chaines d'interactions très complexes influençables par les changements de températures (LOMBARDERO *et al*., 2000).

L'association champignon-insecte ne doit être prise indépendamment de l'arbre hôte où les deux êtres cohabitent. Pour la majorité des insectes ambrosia, l'arbre hôte est un intervenant essentiel, passif quand l'arbre est faible mais quand l'arbre est sain, il exerce une défense active contre l'attaque des insectes et celle des champignons (SOUSA, 1996). La capacité de défense des arbres attaqués varient énormément avec certaines conditions comme l'espèce d'insecte, l'essence forestière, son état sanitaire, le climat, la composition du sol, la période d'attaque, les caractéristiques génétique et sylvicoles, les dimensions des arbres et leurs taux de croissances et la durée de l'inoculation des champignons et leur concentration (COOK *et al*., 1986 ; RAFFA & SMALLEY, 1988 ; LEUTIER, 1991 ; SOUSA, 1996).

La colonisation de l'arbre hôte passe par quatre étapes fondamentales : la dispersion, la sélection de l'hôte, la concentration et l'établissement. Ainsi, les nouveaux émergents, ayant déjà complété leur cycle biologique dans un arbre, sortent, quand les conditions deviennent favorables, à la recherche d'un autre arbre transportant des spores de champignons dans leurs mycangia. Néanmoins, seules les spores des champignons symbiotiques restent vivantes dans ces structures de transport (BATRA, 1967). La détection se fait à l'aide de stimuli visuels et olfactifs (GRAHAM & WERNER, 1956). La colonisation vient après la sélection et dépends d'autres facteurs associés aux arbres comme les propriétés physique et chimiques du bois et celles des feuilles (SOUSA, 1996).

Au Portugal, les pratiques de direction inconvenantes, avec le labourage profond, l'enlèvement et l'épuisement de la production de récolte, la taille et la surexploitation de liège, couplé avec les périodes sévères de sécheresse, étaient notées comme les facteurs de gâchette pour l'attaque d'insectes nuisibles et de maladies (NATIVIDADE, 1950 ; KURZ-BENSON, 2006).

CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans le cadre d'évaluer l'état sanitaire des subéraies dans le Nord-est de l'Algérie, le présent travail a pour objectif, dans un premier volet, de connaître la corrélation entre la présence de l'insecte xylomycétophage, *P. cylindrus* et le dépérissement enregistré dans les subéraies prospectées. Dans un deuxième volet, une analyse explicative de la différence de comportement, de l'agressivité des populations de *P. cylindrus* Fab. (Platypodidae) et de leur effet sur le déclin de chêne-liège d'une région à une autre. Les résultats obtenus montrent :

1. Les subéraies du Nord-est de l'Algérie sont très menacées par les incendies qui sont le principal facteur abiotique déclenchant les attaques de diverses espèces de ravageurs particulièrement l'insecte *Platypus cylindrus*.

2. Une dégradation conséquente et significative du *Quercus suber* liée directement à la présence de l'insecte xylomycétophage *P. cylindrus* (24,41%).

3. Les premières attaques de cet insecte dans la subéraie de Djebel Idyr, région de Zitouna, dans le Nord-est de l'Algérie ont été notées sur 33% des arbres démasclés en 2009.

4. Un pourcentage de 74% des attaques sont expliquées à la fois par la hauteur totale des troncs d'arbres et le coefficient de démasclage, en utilisant l'analyse discriminante linéaire (G.L.M.) pas à pas effectuée sur les attaques de l'insecte en fonction de l'ensemble des variables dendrométriques considérées.

5. Un taux de (50%) des arbres examinés était dans de bonnes conditions sanitaires en 2009, mais associés à la présence de l'insecte *P. cylindrus*. La manifestation des attaques de l'insecte est liée aux pratiques de démasclage et à la mauvaise levée de liège (r=0,98).

6. Une différence hautement significative ($\chi2$= 35,46; p≤ 0,001) entre les attaques et les différentes classes sanitaires des arbres démasclés de la parcelle prospectée en 2009.

7. Les 30 arbres analysés montrent une faible densité d'attaque (<30 galeries/m 2). La hauteur maximale des attaques varie selon les arbres et se limite à environ 2 mètres de hauteur.

8. La valeur du test $\chi2$ montre une différence hautement significative (p=0,001) entre les quatre expositions pour les arbres observés dans les sites de Djebal Idyr et de Locrane, avec une préférence remarquable de la présence de l'insecte à l'exposition sud des arbres démasclés. Ceci rentre dans la stratégie d'occupation de *P. cylindrus*

9. L'étude moléculaire, basant sur l'ADN mt, la région COI, amplifiée par PCR a montré un pourcentage élevé des sites identiques (99, 6%) de l'ensemble des échantillons d'insecte *Platypus cylindrus* prélevés des trois pays Algérie – Maroc et Portugal, indiquant une variabilité très faible de la composition nucléotide. L'analyse phylogénétique utilisant la région COI a confirmé la similitude des séquences étudiées, présentant un groupe phylogénétique englobant les individus du Nord de l'Afrique et un autre englobant les individus en provenance du Portugal. Ces résultats sont confirmés par l'étude moléculaire conduite sur des échantillons prélevés de l'Algérie et de Portugal, utilisant l'ADN mt, la région COI-COII, amplifiée par PCR.

10. L'identification microscopique sur des champignons du genre Ambrosia a montré la présence des champignons Ophiostomatales (*Raffaelea* sp, *Ophiostoma s*p.) considérés comme des champignons pathogènes. L'ADN mt de ces derniers a été identifié, l'amplification de la région ITS et la région D1/D2 des trois échantillons, de genre *Ophiostoma,* prélevés du mycangia et du contenu intestinal des adultes a montré la présence de l'espèce *Ophiostoma piliferum*, un champignon *ambrosia* primaire jouant un rôle considérable dans l'alimentation de l'insecte, mais aussi connue par son effet phytopathogène. Sa présence en association avec *P. cylindrus* n'est pas signalée auparavant.

Les informations disponibles restent toujours limitées pour expliquer davantage les différences dans l'agressivité des populations de *P. cylindrus* et de leur effet sur le déclin de chêne-liège. Dans beaucoup de pays subéricoles, l'insecte se comporte comme un ravageur secondaire qui ne colonise que les arbres mourants ou profondément affaiblis. Ceci explique que le développement de ses infestations soit directement lié au dépérissement généralisé des peuplements que l'on observe en région méditerranéenne depuis plusieurs décennies (SOUSA *et al.*, 2005). Cette constatation nous conduit à penser qu'à l'heure actuelle, cet insecte présente une nocivité intrinsèque réelle limitée pour le chêne-liège dans les subéraies prospectées. Un suivi périodique de ses populations sur une période assez longue est impératif pour détecter l'apparition des premiers dégâts jugés importants. Ce ravageur est en effet considéré dans d'autres pays un véritable danger pour la subéraie. Cette tâche nécessite d'abord l'implantation d'un réseau de surveillance de la mise en œuvre d'une méthode à la fois fiable et facile d'estimation de ses populations et de quantification de ses dégâts. Diverses caractéristiques biologiques nécessitent d'autres investigations pour une application d'une stratégie de protection prometteuse des peuplements contre ses agressions dans les dégâts restent irréversibles.

La diversité des champignons notés en association avec *P. cylindrus* a un rôle fondamental dans le succès de la colonisation et le développement des populations de l'insecte. Nos résultats confirment la présence du champignon ambrosia *Raffaelea montytei*, qui survirait soit à la nourriture des larves, soit à la colonisation de nouveaux hôtes. Le genre *Ophiostoma,* est bien connu pour renfermer plusieurs espèces pathogènes (HOLLIDAY, 1989). De la même façon, l'association avec le champignon *Nodulosporium* sp. (Forme imparfaite de *Hypoxylon* sp.) noté dans l'ensemble des pays (Portugal, Maroc, Tunisie) porte à croire que ce type d'association fait partie d'une stratégie complexe d'attaque, dans laquelle le transport des champignons pathogènes est déterminant pour l'affaiblissement de l'hôte comme l'ont montré SOUSA *et al*., (1997 ; 2005).

En outre, nos résultats confirment ceux déjà exposés par SOUSA *et al*., (2005) au Portugal et au Maroc. *P. cylindrus* a établi des relations symbiotiques avec divers champignons potentiellement pathogènes pour le chêne-liège, ce qui augmenterait ses potentialités de survie. Il serait intéressant par ailleurs de mettre en place un programme de formation des gestionnaires forestiers leur indiquant la symptomatologie des dégâts de

l'insecte sur chêne-liège et les caractéristiques les plus importantes permettant d'évaluer périodiquement la densité de ses attaques au sein des subéraies.

Sa relation avec la plante-hôte et les dégâts qu'il peut occasionner dépendent étroitement de la qualité de l'exploitation du liège. Une mauvaise levée conduisant au dessèchement de la mère constitue l'un des facteurs les plus favorables à sa pullulation. Une mince couche de liège (3 à 5 mm d'épaisseur) facilite souvent l'émergence des imagos qui sont à l'origine d'une nouvelle génération numériquement plus importante. A l'inverse, une bonne exploitation couplée à une bonne amélioration sanitaire des arbres conduit à un meilleur accroissement du liège dans les premières années suivant sa levée. Ainsi, avant que le cycle de développement de l'insecte s'achève (au bout de 2 à 4 ans), l'épaisseur de la couche du liège peut atteindre environ 4 mm (NATIVIDADE, 1956), ce qui donne au total une écorce de l'ordre de 10 mm. Cette épaisseur de protection empêche souvent les imagos d'émerger ce qui réduit par conséquent le niveau de leur population.

Chez le chêne-liège par contre, des réactions de défense des arbres contre les attaques du *P. cylindrus* pourraient certainement se développées dans des conditions naturelles. Comme pour beaucoup d'autres essences, on peut faire l'hypothèse que les capacités de défense de l'arbre dépendent de sa vigueur (LIEUTIER, 1992). Les insectes s'installent en effet massivement et plus facilement dans les arbres très affaiblis que dans les arbres en pleine vigueur. Ce mécanisme d'installation pourrait s'expliquer par un comportement de défense active de l'arbre qui réside vraisemblablement dans la pression osmotique faible de la sève et le taux d'humidité élevé du bois. Ces conditions conduisent souvent à l'échec les pénétrations rares et isolées de l'insecte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdelghafour, H. (1974). Le développement de la forêt algérienne par le reboisement et son insertion dans l'économie national. *Mémoire : univ. Monpellier*.84p. In : Belhoucine, L. (2013).

Adjemi, Y., (2008). État sanitaire des subéraies du Nord-est Algérien. Études des facteurs de dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Essai insecticides contre les insectes du gland. *Thèse de magistère, Département de Biologie, Toxicologie Fondamentale et Appliquée. Uni. Annaba (Algérie)*. 116pp.

Agrios, G.N. (2005). *Plant Pathology*. 5ªed. *Elsevier Academic Press, USA*, 922 p.

Alatou, D., Kanouni, M. & Benderradji, M.E.H. (2005). Croissance rythmique du chêne-liège (*Quercus suber* L.) et tolérance au froid.

Alleg, O. (1986). Etude du Cerf de Barbarie- *Vervus elephatus* (Benett, 1833) dans le parc national d'El-Kala. *Thèse. Ing. INA. Alger*. 75p.

Alvarez, N., Hossaert-McKey, M., Rasplus, J.Y., Mckey, D., Mercier, L., Soldatt, L., Aebi, A., Shani, T., Benrey, B. (2005). Sibling species of bean bruchids: a morphological and phylogenetic study of Acanthoscelides obtectus Say and Acanthoscelides obvelatus Bridwell. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 43, 29-37.

Alves, A., Correia, A., Luque, J. & Phillips, A. (2004). *Botryosphaeria corticola*, sp. nov. on *Quercus* species, with notes and description of *Botryosphaeria stevensii* and its anamorph, *Diplodia mutila*. *Mycologia*. 96: 598-613.

Amandier, L., (2003). Santé des subéraies varoises et étiologie des attaques de *Platypus. Doc. interne CRPF* 36 p.

Amandier, L. (2005). Subéraie de l'Algarve fin 2005: une forêt en train de dépérir. *Compte rendu de mission en Algarve (Portugal), Nouvelles des forêts méditerranéennes, 15-16 décembre 2005*. 1: 3-7.

Amandier, L. (2006). Le dépérissement du chêne-liège résulte de multiples interactions. *Séminaire "Vitalité des peuplements de chênes liège et chênes verts : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre"*.

Amoura, M., & Chakali, G. (2008). Enquête sur le declin de chene-liege dans le Nord-est Algerien. Annales de la recherche forestière au Maroc 39: 227-233.

Amoura, M., Bonifácio, L., Inaçio, M.L., Chakali, G. & Sousa, E. (2014). Distribution spatio-temporelle de *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platypodinae) à l'échelle du peuplement *Quercus suber* et de l'arbre hôte à l'Est de l'Algérie du Nord. *Silva Lusitana, 22 (2)*: 185 - 205, *INIAV, Oeiras, Portugal.*

Aouinty, B. (1990). Ecologie des Coléoptères coprophages de 2 régions de la Méséta occidentale marocaine (Mohammedia et Ben Slimane). Dynamique et phénologie des populations. Intervention des coprophages fouisseurs dans la fertilisation du sol. *Mém.*

D.E.S., Fac. Sci. Rabat, 144 pp.

Atkinson, T.H. (2004). Ambrosia Beetles. Platypus spp. (Insecta: Coleoptera: Platypodidae) Univ. Florida, Gainsville, FL. (*available on line at* http://entomology.edis.ifas.ufl.edu/creatures. IN321. EENY174).

Avise, J.C., Arnold, J., Ball, R.M., Bermingham, E., Lamb, T., Neigel, J.E., Reeb, C.A. & Saunders, N.C. (1987). Intraspecific phylogeography: The mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 489–522.

Avise, J.C. (2000). Phylogeography: The History and Formation of Species. *Harvard University Press, Cambridge, MA*.

Avise, J.C. (2009). Phylogeography: retrospect and prospect. *Journal of Biogeography* **36**: 3-15.

Ayres, M.P. & Lombardero, M.J. (2000). Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *The science of the total Environment* 286: 262-263.

B.N.E.D.E.R. (1984). Etat actuel de la subéraie et ses perspectives de valorisation. *Rapport*. 28p.

Baker, J.M. (1963). Ambrosia beetle and their fungi, with particular reference to *Platypus cylindrus* Fab. *Symp. Soc. General Microbiol.*, 13: 323-354.

Baker, J.M. (1965). Aspects of the life history of the ambrosia beetle *Platypus cylindrus* F. *Proc 12th International Congress of Entomology.* 1964, 2, 694-695.

Baker, J.M. & Norris, D.M. (1968). A complex of fungi mutualistically involved in the nutrition of the Ambrosia beetle *Xyleborus ferrigineus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, **11**: 246-250.

Bakry, M., Abourouh, M., (1995). Dépérissement du chêne-liège au Maroc: Etats des connaissances et perspectives. *IOBC/wprs Bull.* 18: 50-56.

Bakry, M., El Antry, S., Satrani, B. & Oubrou, W. (1999). Les facteurs de dépérissements des subéraies marocaines. *Integrated Protection in Oak Forests OBC/WPRS Bull*. 22(3): 37-39pp.

Balachowsky, A.S. (1949). Faune de France Coléoptères Scolytides. 50, *Lechevalier (Ed.), Paris*, 320 pp.

Balachowsky, A.S., Chevalier, M., Cuillé, J., Grison, P., Hoffmann, A., Jourdheuil, P., Labeyrie, V., Remaudière, G., Steffan, J.R., Touzeau, J. & Vilardebo, A. (1963). Famille des Platypodidae. In Balachowsky AS, ed., *Entomologie appliquée à l'agriculture. Coleoptères. Ed. Masson et Cie*, *Paris,* 1289-1291.

Baliraine, F.N., Bonizzoni, M., Guglielmino, C.R., Osir, S.E., Lux, A., Mulaa, F.J., Gomulski, L.M., Zheng, L., Quilici, S., Gasperi, G. & Malacrida, A.R. (2004). Population genetics of the potentially invasive African fruit fly species, Ceratitis rosa and

Ceratitis fasciventris (Diptera: Tephritidae). *Molecular Ecology*, 13, 683-685.

Batra, L.R. (1963). Ecology of ambrosia fungi and their dissemination by beetles. *Trans. Kansas Acad. Sci.* 66: 213-236.

Batra, L.R. (1966). Ambrosia fungi: extent of specificity to ambrosia beetles. Science. 153: 193-195.

Batra, L.R. (1967). Ambrosia fungi: A taxonomic revision and nutritional studies of some species. *Mycol*. 59: 976-1017.

Batra, L.R. (1985). Ambrosia beetle and their associated fungi: Research trends and techniques. *Proc. Indian. Acad. Sci. Plant. Sci*. 49: 137-148.

Beaver, R.A. (1989). Insect-fungus relationships in the bark and ambrosia beetles. In : Insect-Fungus Interactions, N. Wilding, N.M. Collins; P.M. Hammond & J.F. Webber (Eds.), *Academic Press, London*, pp. 121-143.

Beaver, R.A., & Shih, T.H. (2003). Checklist of Platypodidae (Coleoptera: Curculionoidea) from Taiwan. Plant Prot. Bull. 44: 75-90, 2003.

Belhoucine, L. & Bouhraoua, R.T. (2012). Evolution spatio-temporelle des attaques de *Platypus cylindrus* (Coleoptera, Platypodidae) dans un jeune peuplement de cheneliege apres demasclage: cas de la suberaie de M'Sila (Nord Ouest Algerie). *IOBC-WPRS Bulletin*. 76: 201-204.

Belhoucine, L. & Bouhraoua, R.T. (2009). Aperçu biologique du *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Platypodidae) dans les galeries du bois de chêne-liège (*Quercus suber* L.). *Les actes du Med Suber 1 : 1ère Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaires-Industriels sur la Gestion des Subéraies et la Qualité du liège. Université de Tlemcen*, 146-159 pp.

Belhoucine, L. & Bouhraouia, R.T., (2012). Evolution spatio-temporelle des attaques de *Platypus cylindrus* (Coleoptera, Platypodidae) dans un jeune de peuplement de chêne liège après démasclage : cas de la subéraie de M'Sila (Nord Ouest Algérie). *Bull. IOBC/WPRS*. 76: 201-204.

Belhoucine, L. (2008). Etude bioécologique du *Platypus cylindrus* (Col., Platypodidae) dans la suberaie de M'Sila (Oran): Etude particulière des champignons qui lui sont associés. *Mémoire de Magister, Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen* : 120 p.

Belhoucine, L. (2013). Les champignons associés au Platypus cylindrus Fab. (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) dans un jeune peuplement de chêne-liège de la forêt de M'Sila (Oran, nord-ouest d'Algérie): Étude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. *Thèse de doctorat, Dep. Des Sci. D'Agronome et des Forets. Fac.Sci. Univ. Tlmcen*. 200 pp.

Belhoucine, L., Bouhraoua, R.T., Meijer, M., Houbraken, J., Harrak, M.J., Samson, R.A., Equihua-Martinez, A. & Pujade-Villar, J. (2011). Mycobiota associated with Platypus cylindrus (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of North West Algeria, Africa. *Afr. J. Microbiol. Res*. 5: 4411- 4423pp.

Belhoucine, L., Bouhraoua, R.T. & Dahanae, B. (2011a). Aperçu biologique du *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792) (Coleoptera, Curculionidae: Platypodinae) dans les galeries du bois de chêne-liège (Quercus suber L.). *Orsis*. 25: 105-120.

Belhoucine, L., Bouhraoua, R.T., Meijer, M., Houbraken, J., Harrak, M.J., Samson, R.A., Equihua-Martinez, A. & Pulade-Villar, J. (2011b). Micobiota associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of North West Algeria, Africa. *African Journal of Microbiology Reasearch* 5: 4411-4423.

Belhoucine, L., Bouhraoua, R.T., Harrak, M.J., Vinolas, A., Equihua-Martinez, A., Valdez-Carrasco, J. & Pulade-Villar, J. (2013). New contribution to knowledge of mycangia in *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792), and comments about the variation of some morphological structures in Mediterranean isolated populations (Col.: Curculionidae, Platypodinae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa.* 53:125–134.

Bellahirech, A., Inacio, M.L., Bonifacio, L., Noberga, F., Sousa, E., & Benjemaa, M.L. (2014). Comparison of fungi associated with *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera:Platypodidae) in Tunisian and Portuguese cork oak stands. *IOBC/wprs Bull*. 101: 149-156.

Bellahirech, A., Bonifácio, L., Inácio, M.L., Sousa, E. & Ben Jamâa, M.L. (2015). A Contribution to the Knowledge of *Platypus cylindrus* in Tunisian Cork Oak Forests. *Tun. J. Plant Prot*. 10 (2): 141-150.

Bellal, W. (2008). Inventaire de l'entomophone du chêne-liège dans la subéraies du Nord-est Algérien, *Mémoire de magister Univ*. *Annaba.* 77p.

Bellarosa, R., Simeone, M.C., & Schirone, B. (2004). Germplasm conservation of Mediterraneanoaks. In Saighi, L., (2013). Etude de l'état sanitaire de la subéraie de Ouled Bechih. Effet des facteurs biotiques. *Magister en Bio. Env. Univ. Souk-Ahras*: 127pp.

Belyagoum, I. (1998). Contribution à l'inventaire des lépidoptères dans le parc national d'El-Kala. *Thèse. Ingénieur*. 36 p.

Benabid, A. (2000). Flore et écosystème du Maroc: evaluation et preservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, 357 p.

Ben Jamâa, M.L. & Piazzetta, R. (2010). Impact de la gestion sur la vitalité du chêne-liège. *Bull. IOBC/WPRS*. 57: 179-186.

Ben Jamâa, M.L., Sghaier, T., Mnara, S., Nouri, M. & Selmi, H. (2005). Le dépérissement du chêne-liège dans la subéraie de Bellif (Tunisie): caractérisation et évaluation de son impact sur l'accroissement du liège. *Bull. IOBC/WPRS*. 28: 17-24.

Ben Jamâa, M.L., Nouri, M., Mnara, S., Selemi, H. & Othmeni, M. (2006). Caractérisation du dépérissement du chêne-liège dans la subéraie de Bellif (Nord-Ouest) de la Tunisie. *Annal. INRGREF*. 9: 137-149.

Ben Jamâa, M.L., Lieutier, F., Yart, A., Jerraya, A. & Khouja, M.L. (2007). The virulence of phytopathogenic fungi associated with the bark beetles *Tomicus piniperda* and *Orthotomicus erosus* in Tunisia. *For. Path*. 37: 51–63.

Ben Jamâa, M., Sousa, E. & M'nara, S. (2007). Observations sur le déterminisme des attaques et la bio-écologie de *Platypus cylindrus* F. Coléoptère : Platypodidae) dans les subéraies tunisiennes et portugaises. *5ème Meeting du Groupe de Travail de Lutte Intégrée des Forêts de Chênes. OILB/srop. Tlemcen (Algérie)*. 22 au 25 Octobre 2007.

Ben M'hamed, M., Abid, H. & Ben Jamaa, M.L. (2002). La subéraie tunisienne: Importance et orientations pour une gestion durable subéraie In La subéraie: Biodiversité et Paysage. *Colloque Vivexpo, Vivès –Pyrénées Orientales, 30 et 31 Mai 2002, France*. 32p.

Benyacoub, S. & Chabi, Y. (2000). Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, statut de répartition. *Synthèse*. N°.7, Juin 2000. *Revue des sciences et technologie, Univ. Annaba.*

Benyacoub, S. (1993). Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord- Est Algérien). *Thèse de Bourgogne, Dijon*.

Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Chalabi, B., Haou, F, Ziane, N., Rouag, R. (1998). Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe de zones humides. *Projet. G.E.F- Banque mondiale*. 220p + 28 cartes.

Berlocher, S.H., Feder, J.L. (2002). Sympatric speciation in phytophagous insects: moving beyond controversy? *Annual Review of Entomology* **47**: 773-815.

Berg, E.E., Henry, J.D., Fastie, C.L., De Veldor, A.D., & Matsuoka, S.M. (2006). Spruce beetle outbreaks on the kenai Peninsula, Alaska, and Kluane National Park and Reserve. Yukon Territory: relationship to summer temperatures and regional Differences in disturbance regimes. *Forest Ecology and Management*. 227: 219-232.

Blackwell, M. & Jones, K. (1997). Taxonomic diversity and interactions of insect-associated ascomycetes. *Biodiversity and Conservation*.6: 689-699.

Bogdanowicz, S.M., Wallner, W.E., Bell, J., ODell, T.M., and Harrison, R.G. (1993). Asian gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) inN orth America: evidence from molecular data. *Annals of the Entomological Society of America*. 86: 710-715.

Bonneau M. & Landmann, G. (1988). Dépérissement des forêts en Europe. *La recherche*, 205 (19). Décembre 1988. 1542-1556 pp.

Boudy, P. (1950). Economie forestière nord-africaine. Tome (1): Monographie et traitements des essences forestières. *Larose, Paris*: 525 p.

Boudy, P. (1951). Caractéristiques forestières et régénération du chêne-liège, 1416, 13-17 pp.

Boudy, P. (1952). Guide forestier en Afrique du Nord. *La Maison Rustique, Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Managère. 26, rue Jacob -Paris 6è*, 505 pp.

Bouhraoua, R.T. (2003). Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. *Doctorat de la Faculté des Sciences, Université de Tlemcen, Algérie*: 241 p.

Bouhraoua, R.T. & Villemant, C. (2010). Biologie de *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera,

Platypodidae) dans les galeries du bois de chêne-liège (*Quercus suber*) : cas d'une subéraie littorale nord ouest d'Algérie. *Actes de la CIFE VI, Travaux de l'institut scientifique, série zoologie, Rabat.* 47: 57-65.

Bouhraoua, R.T., Villemant, C., Khelil, M.A. & Bouchaour, S. (2002). Situation sanitaire de quelques subéraies de l'ouest algérien : impact des xylophages. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull*. 25: 85- 92 pp.

Boutte, B. & Oudard, E. (2012). Bilan de la santé des forêts en 2011: Résultats d'essais de traitements fongicides en post-levée du liege dan le Var. Prévention et lute contre l'agent pathogène Diplodia corticola et le platype du chêne-liège. Département de la santé des forêts France. Mai, 2012.

Brand, J.M. Bracke, J.W. Wood, D.L. Browne, L.E. (1975). Production of verbenol pheromone by a bacterium isolated from bark beetles. Nature, 254: 136-137.

Brasier, C.M. (1993). La mortalité du Chêne-liège dans la péninsule Ibérique" "Oak mortality in Iberica" In la lettre du DSF, 10 décembre 1992. 6.

Bright, D.E., Stark, R.W. (1973). The bark and ambrosia beetles of California. Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae. *Bulletin of California Insect Survey*. **16**: 169 p.

Brocherhoff, E.G., Knizek, M. & Bain, J. (2003). Cheklist of indigenous and adventives bark and tambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodidae) of news Zeland and interceptions of exotic species (1952-2000). Neuw Zealand Entomologist, 26: 29-44.

Browne, F. G. (1961). The biology of Malayan Scolitidae and Platypodidae. *Malayan For. Records.* 22: 1–255.

Browne, F.G. (1972). Larvae of the principal old world genera of the Platypodinae. (Coleoptera : Platypodidae). *Transactions of the Royal entomological Society London*. 124 : 167-190.

Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (1998). Biogeography, 2nd edn. *Sinauer Associates, Sunderland, MA*.

C.C.I.A. (1973). La forêt en Algérie. Alger : centre d'étude économique. N° 12. 52p.

Cabral, M.T. & Ferreira, M.C. (1999). Pragas dos Montados. *Estação Florestal Nacional, Lisboa*, 94 pp.

Camus, A., (1938). Les chênes : monographie du genre *Quercus*. *Paul Lechevalier, Paris, Tome I, section Cerris & Mesobalanu*s, 686p.

Cantat, R., Piazzetta, R. (2005). La levée du liège, l'exploitation du chêne-liège, guide téchnique et de vulgarisation. *Institut méditerranéen du liège*. 45 p.

Carrol, A.L., Taylor, S.W., Régnières, J. & Safranyik, I. (2003). Effectof climate change a range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. In: *Shore, T.i., Brooks, J.E., Stone, J.E., Stone, J.E., (eds.). Mountain pine beetle symposium: Challenges and solutions. Oct. 2003, Klowna, B.C. Natural Ressorces Cnada, Information Repot BC-X-399? Vectoria, B.C.,* USA. 223-232 PP.

Cassier, P., Lévieux, J., Morelet, M. & Rougon, D. (1996). The mycangia of *Platypus cylindrus* Fab. and *P. oxyurus* Dufour (Coleoptera: Platypodidae). Structure and associated fungi. *J. Insect Physiol*., 42: 171-179.

Cebeci, H.H. & Ayberk, H. (2010). Ambrosia beetles, hosts and distribution in Turkey with a study on the species of Istanbul province. *African Journal of Agricultural Research VOl.* 5: 1055-1059. Available online at: http://www.academicjournalorg/AJAR.ISSN 1991-637X.

Cecconi, G. (1924). Manuale di entomologia forestale. *Tipographia del Seminario, Pádova*, 680 pp.

Chabi, Y. (1998). Biologie de la reproduction des mésanges dans les chênaies du Nord- Est de l'Algérie. *Thèse de doctorat*. *Univ. Annaba*, 162p.

Chadigan, M., Fraval, A., Ramzi, H., & Villemant, C. (1991). Insectes xylophages. In: la faune du chêne-liège. Document scientifique et techniques. *Actes Editions, Rabat*, 129-156 pp.

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. entomol. Fr. (n.s.), 2007*. 43 (2): 129-137.

Chakali, G., Attal-Bedreddine, A. & Ouzani, H. (2002). Les insectes ravageurs des chênes, *Quercus suber* et *Q. ilex*, en Algérie. Integrated Protection in Oak Forests *IOBC/wprs Bull*. 25 (5), 93- 100 pp.

Chalabi, B. (1990). Contribution à l'étude des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune, cas du lac Tonga, Parc national d'El-Kala. *Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach.*

Chapuis, F. (1865). Monographie des Platypodes. *Imp. H. Dessain, Liège*. 344 pp.

Chararas, C. (1979). Écophysiologie des insectes parasites des forêts. *C. Chararas* (Ed.), Paris, 297 pp.

Charlotte, D., Manuella, B. & Mario, D. (2004). État sanitaire de la subéraie varoise, impact du démasclage et de la présence de l'insecte *Platypus cylindrus F. Universite Aix-Marseille* III. 13397 *Marseille*. **19**: 1-21.

Chollet, F. (1997). La régénération naturelle du Hêtre. *ONF -Bulletin techniques* n°32.

Choo, H.Y., Woo, K.S., & Kim, B.H. (1981). Classification of Scolytidae and Platypodidae interspected from imported timbers. *Korean J. PI. Protect*., 20: 110-118.

Chouial, A. (2004). La culture du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en pépinière hors-sol. *Bull Rech.For, Algérie* : pp 7.

Christiansen, E. & Horntvedt, R. (1983). Combined Ips/ Ceratocystis attack on Norway spruce, and defensive mechanisms of the trees. *Z. ang. Entomol*., 96: 110-118.

D.G.F. (2004). Statistiques des produits forestiers. *Min. Agri., Alger*, 1p.

D.G.F. (2009). Statistiques des produits forestiers. *Min. Agri., Alger*, 1p.

D.G.F. (2011). Rapport sur le dépérissement du chêne-liège. *Alger*, 4p.

Dagnélie, P. (2009). Statistique théorique et appliquée. *2ème éd. Universite De Boeck et Larcer (Belgique), 2 Vol*. 511+734 pp.

Dajoz, R. (1977). Coléoptères Colydiidae et Anommatidae paléactiques. Faune de l'Europe et du basin méditerranéen. *Ed. Masson*, 22-43p, 215p.

Dajoz, R. (1980). Ecologie des Insectes Forestières. Coll. Ecologie Fondamentale et Appliquée, *Gauthiers-Villars (Eds), Paris*, 489 p.

Dajoz, R. (1998). Les insectes et la forêt. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. *Ed. TEC & DOC, Paris*. 592 pp.

De Beauccorps, G. (1956). Le sol. Ses caractéristiques intrinsèques. A*nn Rech. For Maroc, tome 4, Fascicule 2*, 29-46 pp.

De Belaire, G. (1990). Structure et fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco complexes lacustres et marécageux (El-Kala), *Thèse Doct-Univ. U.S.T.L.Montpellier France.*

Dehane, B. (2012). Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies Oranaises : M'sila (W. Oran) et Zariffet (W. Tlemcen). *Thèse. Doc., Dep. Forst., Fac, Sci., Univ. Tlemcen*. 330p.

Dehane, B., Bouhraoua, R.T., Gonzalez-Adrados, J.R. & Belhoucine, L. (2011). Caractérisation de la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres par la méthode d'analyse d'image Cas des forêts de M'Sila et de Zarieffet (Nord-Ouest de l'Algérie). *Forêt méditerranéenne T.XXXII, n° 1* : pp 39-50.

Delatour, (1983). Le dépérissement des chênes en Europe. *R. F. F*., 35(4) : 255-281.

Delatour, C. (1983). Les dépérissement de chênes en Europe. *Revue forestière française. Vol. XXXV n° 4*, 265-282 pp.

Dessain, G. (1992). Histoire de l'utilisation du liège, In actes du colloque: Les subéraies méditerranéennes. *Direction départementale de l'agriculture et de la forêt des Pyrénées orientales et l'association Vivexpo (France)*. l 1-21 pp.

DGRF. (2006). Vitalité des peuplements de chêne-liège et chênes verts: situation actuelle, état des connaissances et actions a entreprendre. *Actes du colloque en Portugal. Association International Forêts Méditerranéennes*. 6 pp.

De Wet, J., Slippers, B., Preisig, O., Wingfield, B.D., & Wingfield, M.J. (2008). Phylogeny of the *Botrysphaeriaceae* reveals patterns of host association. *Mol. Phylogenet. Evol*. 46: 116-126.

Dres, M., Mallet, J. (2002). Host races in plant-feeding insects and their importance in

sympatric speciation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series BBiological Sciences* 357: 471-492.

Durant, C., Bellanger, M. & Decoust, M. (2004). État sanitaire de la subéraie varoise; impact du démasclage et de la présence de l'insecte Platypus cylindrus F. Travail d'étude et de recherche, maitrise des populations et des écosystèmes. *Université Aix-Marseille III. Cedex*. 21pp.

Dwight, P.W. (1917). A manual of dangerous insects likely to be introduced in the united states through importations. *Librairie specials agricole.Paris-V*. 150- 155 pp.

El Antry, S. (1994). Le grand capricorne du chêne-liège. In: ravageurs et maladies des forêts au Maroc, El Hassani, Graf, Harrachi, Messaoudi, Mzibri & Stiki (*eds*.) *D.P.V.C.T.R.F*.: 119-121

Ellis, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. CAB, England, 608 pp.

Ellis, M.B. (1976). *More Dematiaceous Hyphomycetes*. CAB, England, 507 pp.

Emberger, L. (1971). Travaux de Botanique et d'Ecologie. *Masson et Compagnie, Paris.*

Emelianov, I., Dres, M., Baltensweiler, W., Mallet, J. (2001). Host-induced assortative mating in host races of the larch budmoth. *Evolution*, 55, 2002-2010.

Erbilgin, N., McPherson, B.A., Bonello, P., Wood, D.L. & Nelson, A.S. (2008). New relationships among the sudden oak death pathogen, bark and ambrosia beetles, and fungi colonizing coast live oaks. 355-356 pp. In: Proceedings of the Sudden Oak Death Third Science Symposium, March 5- 9, 2007, *USDA-Forest Service, General Technical Report PSW-GTR-214*.

Escherich, K. (1923). Die Forstinsekten Mitteleuropas. 2. Kafer. Paul Parey, Berlin.

Español, F. (1964). Los Platipodidos de Cataluña (Col. Phytophagoidea). *Bol. Ser. Plagas For*., 7: 115-117.

Evidente, A., Andolfi, A., Maddau, L., Franceschinini, A. & Biscopyran, F.M. (2005). A phytotoxic Hexacubstitued Pyranopyram Produced by *Biscogniauxia mediterranea*, fugus Pathogen of Cork Oak. *J. Nat. Prod*., 68: 568-571, 2005.

Farrell, B.D., Sequeira, A.S., O'Meara, B.C., Normark, B.B., Chung, J.H. & Jordal, B.H. (2001). The evolution of agriculture in beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). *Evol*. 55: 2011-2027.

Favard, P. (1962). Contribution à l'étude de la faune entomulogique du chêne-vert en Provence. *Thèse Doct. Es Sc. Nat, Univ. Aix Marseille* : 132 p.

Feder, J.L., Filchak, K.E. (1999). It's about time: the evidence for host-mediated selection in the apple maggot fly, *Rhagoletis pomonella*, and its implications for fitness trade-offs in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **91**: 211-225.

Ferreira, M.C. & Ferreira, G.W.S. (1989). *Platypus cylindrus* F. (Coleóptera: Platipodidae) Plaga de *Quercus suber*. *Boletin de Sanidade Vegetal Plagas*, 4: 301-305.

Ferreira, M.C. & Ferreira, G.W.S. (1991). Pragas das folhosas. Publicações D.G.P.A., série Divulgação, 5, MAPA, Lisboa, 191 pp.

Ferreira, M.C. & Ferreira, G.W.S. (1991). Pragas das folhosas. *série Divulgação 5, MAPA, Lisboa*, 191p.

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome C oxidases ubunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol*. 3, 294–299.

FOSA. (2000). L'étude prospective du decteur forestier en Afrique. Algérie (en line). *Rome: FAO*, 60p. www.Fao.org/DOCREP/X6771F/X6771F02.htm

Franceshini, A., Corda, P., Maddau, L., Sechi, C. & Ruiu, P.A. (1999). Manifestations de dépérissement du chêne-liège en Sardaigne. *Integrated protection in oak forests. IOBC/wprs Bull*. 22: 1-3.

Francke-Grosmann, H. (1967). Ectosymbiosis in wood-inhabiting insects. Pages 141-203. In Symbiosis, its physical and biochemical significance, Henry, S.M. *Ed. Academic Press, New York, USA.*

Fries, (1823). Systema Mycologicum. 2 : 472-472. In : De Beer *el al*. (2013).

Gibbs, J.N. (1978). Intercontinental epidemiology of Dutch elm disease. *Annual review of Phytopathology* 16: 287-307.

G.G.A. (Gouvernement général d'Algérie), (1927). Instruction sur les travaux d'exploitation dans les forêts de chêne–liège. *Imp. Vve D. Braham, Constantine*, p.98.

Garolera, E. (1988). Problèmes et perspectives de la production du liège en Catalogne espagnole. *For. Médit*. 10(1), juillet 1988. 160- 161 pp.

Ghefar, M. (2014). Etat d'infestation des forêts de chêne liège (*Quercus suber*) de l'Oranie par *Platypus cylindrus* (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) et étude biologique de l'insecte dans le bois. *Magistère en Sciences forestières. Département des Sciences de L'agronomie et des Forêts univ. Tlmcen, Algérie*. 93p.

Gibbs, J.N. (1993). The biology of ophiostomatoid fungi causing sapstain in trees and freshly cut logs. Pages 153-160. In: *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, Taxonomy, Ecology and Pathogenicity. *Édité par Wingfield, M.J., Seifert, K..A. et Webber, J.F. Ed. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.*

Glare, T.R.; Placet, C.; Nelson, T.L. & Reay, S.D. (2002). Potencial of Beauveria and Metarhizium as control agents of pinhole borers (*Platypus* spp.). *New Zealand Plant Protection*, 55: 73-79.

Goettel, M.S., Koike, M., Kim, J.J., Aiuchi, D., Shinya, R. & Brodeur, J. (2008). Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. *J. Invertebr. Pathol*., 98: 256-261.

Graham, K. & Werner, A.E. (1956). Chemical aspects of log selection by ambrosia beetles. *Progr. rept. Can. Dept. agr. Forest boil. Div*., 12:3-4.

Graham, K. (1967). Fungal-insect mutualism in trees and timber. *Ann. Rev. Entomol*., 12: 105-126.

Graham, K. (1968). Anaerobic induction of primary chemical attractancy for ambrosia beetles. *Can. J. Zool*., 46: 905-908.

Grégoire, J.C. & Evans, H. (2004). Damage and control of BAWBILT organisms, an overview. In Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. (eds F. Lieutier, K. Day, A. Battisti, J.C. Gregoire & H. Evans). *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.*

Hall, T. (2007). BioEdit: Biological sequence allignement editor for Win95/98/NT/2K/XP. Available at: http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html.

Harrington, T.C. (1981). Cycloheximide sensitivity as a taxonomic character in *Ceratocystis*. *Mycol*. 73: 1123-1129.

Harrington, T.C. (2005). Ecology and evolution of mycophagous bark beetles and their fungal partners. Pages 257–292. In: Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution, Vega, F.E., Blackwell, M. Ed. *Oxford University Press, Inc. New York*.

Harrington, T.C., Aghayeva, D.A. & Fraedrich, S.W. (2010). New combinations in *Raffaelea*, *Ambrosiella* and *Hyalorhinocladiella*, and four new species from the red-bay ambrosia beetle, Xyleborus glabratus. *Mycotaxon*. 111: 337-361.

Hasnaoui, B. (1995). Déséquilibre de l'écosystème forestier et ses conséquences sur la faune sauvage en Tunisie : cas du sanglier et du cerf de Bérberie. *Forêt Méditerranéenne, Tome XVI, n°3*, 361-368 pp.

Hausner, G., Reid, J. & Klassen, G.R. (1992). Do galeate-ascospore members of the Cephaloascaceae, Endomycetacetaceae and Ophiostomatacaeae share a common phylogeny? *Mycologia* 84: 870-881.

Hawksworth, D.L., Kirk, P.M., Sutton, B.C. & Pegler, D.N. (1995). Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. *8ª ed., CAB International, UK,* 616 pp.

Henriques, J. (2007). Fungos associados a Platypus cylindrus Fab. (Coleoptera: Platypodidae e sua relação com o declínio do sobreiro em Portugal. *Tese de Mestrado em Protecção das Plantas. Universidade de Évora, Évora, Portugal*, 118 pp.

Henriques, J., Inácio, M.L. & Sousa, E. (2006). Ambrosia fungi in the insect-fungi symbiosis in relation to cork oak decline. *Rev. Iberoam. Micol*. 23: 185-188.

Henriques, J., Inácio, M.L. & Sousa, E. (2009). Fungi associated to *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera : Platypodidae) in *cork oak. Revista de Ciências Agrárias* 31, 96-104. 56-66 pp.

Hermosa, M.R., Grondona, I., Iturriaga, E.A., Diaz-Mangez, J.M., Castro, C., Monte, E. & Gracia-Acha, I. (2000). Molecular characterization and identification and biocontrôle isolates of *Trichoderma* spp. *Applied and Environnemental Microbiology*, 66: 1890-1898.

Hewitt, G.M. (1999). Post-glacial re-colonization of European biota. *Biological Journal of the*

Linnean Society, 68, 87–112.

Hickin, N.E. (1963). The insect factor in wood decay. *Rentokil Lybrary. Hutchinson, London*, 344p.

Hickerson, M.J., Carstens BC, Cavender-Bares J, Crandall KA, Graham CH, Johnson JB, Rissler L, Victoriano PF, Yoder AD (2010). Phylogeography's past, present, and future: 10 years after Avise, 2000. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 291-301.

Husson, R. (1955). Sur la biologie du coléoptère xylophage *Platypus cylindrus*. *Annales universitaire Saraviensis scientia.* 4: 348-356.

Igeta, Y., Esaki, K., Kalo, K. & Kamata, N. (2003). Influence of light conditions on the stand-level distribution and movement of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Entomol. Zool*. 38:167-1.

Inácio, M.L. (2011). Fungi associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae) and their relation to cork oak decline. *Doctorate de Universidade Técnica de Lisboa,Instituto Superior de Agronomia, Lisboa*,169p.

Inacio, M.L., Henriques, J., Lima, A. & Sousa, E. (2008). Fungi of *Raffaelea* genus (Ascomycota: Ophiostomatales) associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae) in Portugal. *Revista de Ciências Agrárias* 31 : 96-104.

Inacio, M.L., Henriques, J. & Sousa, E. (2010). Mycobiota associated with Platypus cylindrus Fab. (Coleoptera: Platypodidae) on cork oak in Portugal. *IOBC/wprs Bull*. 57:87-95.

Inacio, M.L., Henriques, J., Guimarães, L., Azinheira, H., Lima, A. & Sousa, E. (2010a). The symbiotic fungus Acremonium crotocinigenum causes canker on cork oak. In : *Proceedings of the 9th Conference of the European Foundation for Plant Pathology and VI Congresso da Sociedade Portuguesa de Fitopatologia. Évora, Portuga*l, 191.

Inácio, M.L., Henriques, J. & Sousa, E. (2011a). Contribution of symbiotic fungi to cork oak colonization by *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae). *Silva Lusitana. Numéro spécial*: 89-99.

Inacio, M.L., Henriques, J., Guimarães, L., Azinheira, H., Lima, A. & Sousa, E. (2011b). *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera: Platypodidae) transports *Biscogniauxia mediterranea*, agent of cork oak charcoal canker. *Bol. San. Veg. Plagas*. 37: 181-186.

Inacio, M.L., Henriques, J., Lima, A. & Sousa, E. (2012a). Ophiostomatoid fungi associated with cork oak mortality in Portugal. *IOBC/wprs Bull*. 76: 89-92.

Inacio, M.L., Henriques, J., Nobrega, F., Marcelino, J., & Sousa, E., (2012b). Ophiostomatoid fungi, a new threat to cork oak stands. In: *Present and Future of Cork Oak* In *: Portugal (Oliveira, M., Matos, J., Saibo, N., Miguel, C. & Gil, L. eds. ITQB, Oeras, Portugal)*: 87-92 pp.

Inoue, M., Nishigaki, S. & Nishimura, N. (1998). Attack density and seasonal prevalence of two Platypodid beetles, *Platypus quercivorus* and *Platypus calamus* (Coleoptera: Platypodidae) on live, dead and logged oak trees. *Appl. Forest Sci. Kansai*, 7: 121-126.

Ito, S. & Yamada, T. (1998). Distribution and spread of the mass mortality of oak trees. J. *Jpn. For. Soc*. 80: 229–232 (in : Japanese).

Jacobs, K.A., Alvares, I.F., Luque, J. (1992). Association of soil, site and stand factors with decline of *Quercus suber* in Catalonia, Spain. *Proceedings of Recent Advances in Studies on Oak Decline* pp. 193-203.

Jönsson, A.M., Harding, S., Bärring, L. & Ravn, H.P. (2007). Impact of climate change on the population dynamics of Ips typographus in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology* 146: 70-81.

Kamata, N., Esaki, K., Kato, K., Igeta, Y., & Wada, K. (2002). Potential impact of global warming on deciduous oak dieback caused by ambrosia fungus *Raffaelea* sp. carried by ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae) in : *Japan. Bull. Entomol. Res.* 92:119-126.

Kerdelhué, C. (2010). Génétique évolutive en entomologie forestière. *Habilitation à Diriger Recherches Univ. BordeauxI. CR1, INRA. UMR1202 Biodiversité, Gènes et Communautés*. 182p.

Kiffer, E. & Morelet, M. (1997). Les Deutèromycetes – classification et clés d´identification générique. *INRA Editions, Paris*, 306 pp.

King, H., Conlong, D.E. & Mitchell, A. (2002). Genetic differentiation in *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae): evidence from the mitochondrial cytochrome oxidase I and II genes. *Proceedings of the South African Sugar Technology Association*, 76, 321-328.

Kinuura, H. (2002). Relative dominance of the mold fungus, *Raffaelea* sp., in the mycangium and proventriculus in relation to adult stages of the oak platypodid beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera; Platypodidae). *J. For. Res*. 7: 7–12.

Kinuura, H., & Kobayashi, M. (2006). Death of *Quercus crispula* by inoculation with adult *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Entomol. Zool*. 41:123-128.

Kirisits, T. (2004). Fungal associates of European bark beetles with special emphasis on the ophiostomatoid fungi. Pages 181-235. In: Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Lieutier, F. Day, K.R., Batisti A. Grégoire, J.C. & Evans, H.F. *Ed. Kluwer, Dordrecht*.

Kirkendall, L.R.; Kent, D.S. & Raffa, K.F. (1997). Interactions among males, females, offspring in bark and ambrosia beetles: The significance of living in tunnels for the evolution of social behaviour. In *The evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids*. J.C. Choe, & B.J. Crespi (Eds.), *Cambridge University Press, Cambridge*, 181-215 pp. (cit in Külnholz *el al*., 2003).

Knížek, M. & Beaver, R. (2004). Taxonomy and systematic of bark and ambrosia beetles. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J-C. & Evans, H.F. (eds.). bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherland*s. 41-54 pp.

Kok, L.T. (1979). Lipids of ambrosia fungi in the life of the mutualistic beetles. Pages 33-52. In: Insect-Fungus symbioses, Batra, L.R. *Ed. Halsted Press, Sussex, UK*.

Kocher, L. (1961). Rhynchophores- Catalogue commenté des Coleoptères du Maroc, Fascicule 9. *Institut Scientifique Cherifien, Rabat, Morocco*.

Kronauer, D.J.C., Schöning, C., Pedersen, J.S., Boomsma, J.J. & Gadau, J. (2004). extreme queenmating frequency and colony fission in African army ants. *Molecular Ecology*, 13, 2381-2388.

Kubono, T. & Ito, S. (2002). Raffaelea quercivora sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43, 255-260.

Külnholz, S.; Borden, J.H. & Uzunovic, (2003). Secondary ambrosia beetles in : apparently healthy trees: Adaptations, potential causes and suggested research. *Integrated Pest Management Reviews*, 6: 209-219.

Kuroda, K. (2001). Responses of *Quercus sapwood* to infection with the pathogenic fungus of a new wilt disease vectored by the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*. *J. Wood Sci*. 47:425-429.

Lamotte, M., Villemant, C. & Fraval, A. (1991). La biocénose de *Quercus suber*. In : La faune du chêne-liège. Documents scientifiques et Techniques, *Actes Editions, Rabat*. 253-296p.

Landmann, G., Breoa, N., Houillier, F., Dreyer, E. & Flot, J.L. (2003) Secheresse et canicule de l'ete 2003 : Quelles consequences pour les forets francaises? Revue Forestiere Francaise, 55, 299-308

Långström, B., Lieutier, F., Hellqvist, C. & Vouland, G. (1995). North American pines as hosts for *Tomicus piniperda* L. (Col. Scolytidae) in France and in Sweden. In Behaviour, Population dynamics and Control of forest insects (eds F.P. Hain, S.M. Salom, W. Ravlin, T.L. Payne & K.F. Raffa), *Wooster, USA, Ohio State University, OARDC*.

Lanier, L., Joly, P., Bondoux, P. & Bellemère, A. (1978). *Mycologie et pathologie forestières*. Tome I - *Mycologie forestière. Masson, Paris*. 487 pp.

Lefbvre, H. (1900). Les forêts de l'Algérie. *Edit. Giralt. Alger*. 438p. In : Belhoucine, L. (2013).

Lehouérou, H.N. (1980). L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. Forêt *méditerranéenne, tome 2*, n°l, 31- 44 pp.

Lepoutre, B. (1965). Régénération artificielle du chêne liège et équilibre climatique de la subéraies en forêt de Mamora. *Ann. .Rech. For, Maroc*, 279 pp.

Lévieux, J., Cassier, P. (1994). Vection de champignons pathogènes des résineux par les xylophages forestiers. *Ann. Biol*. 33: 19-37.

Lieutier, F. & Levieux, J. (1985). Les relations conifères-scolytides: Importance et perspectives de recherches. *Ann. For. Sci*. 42: 259-370.

Lieutier, F. (1991). Les Coléoptères Scolytidae en France et les recherches menées par l'INRA. *Bull. Soc. Zool. Fr*., 11: 275-281.

Lieutier, F. (1992). Les réactions de défense des conifères et stratégies d'attaques de quelques Scolytides européens. *Mem. Soc. R. Belge Ent*. 35: 529-539.

Lieutier, F. (1993). Induces defense reaction of conifers to bark beetle and their associated *Ophiostoma* species. Pages 225-234. In: *Ceratocystis* and *Ophiostoma*, taxonomy ecology and pathogenicity, Wingfield, M.J., Seifert, K.A., et Webber, J.F. *Ed. APS Press, Minnesota.*

Lieutier, F. Yart, A. & Sallé, A. (2009). Stimulation of tree defenses by ophiostomatoid fungi can explain attack success of bark beetles on conifers. *Ann. For. Sci*. 66: 801p.

Lieutier, F., Yart, A., Gracia, J., Ham, M.C, Morelet, M. & Levieux J. (1989). Champignons phytopathogènes associés à deux coléoptères scolytidae du pin sylvestre (Pinus sylvestris L.) et étude préliminaire de leur agressivité envers l'hôte. *Ann. For. Sci*. 46: 201-216.

Linnakoski, R. (2011). Bark beetle-associated fungi in Fennoscandia with special emphasis on species *of Ophiostoma* and *Grosmannia. Disssertations Forestales* 119.74p.

Lucas, H., (1849). Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841 et 1842. Animaux articulés, 2ème partie. *Imprimerie Nationale, Paris*, 590 pp.

Luciano, P. & Prota, R. (1995). Insect pests in Sardinian cork-oak forests. Protection intégrée des forêts de chênes. *IOBC wprs Bull.* 18(6): pp 1-7.

Malloch, D. & Blackwell, M. (1993). Dispersal biology of the Ophiostomatoid fungi. In: Wingfield, M.J., Seifert, K.A. & Webber, J.F. (eds.). *Ceratocystis* and *Ophiostoma*. *Taxonomy, ecology and pathogenicity.*

Marchal, P., Weissen, N, F., Quevy, B. & André, E, P. (1992). Le dépiressement du chêne en Hainaut: premiers observations stationnelles. *Silva Belgica* **99**: 7-15.

Marion, J. (1951). La régénération naturelle du chêne-liège en Maamora. *Ann. Rech. For. Maroc. Rapport annuel*. 25-57 pp.

Marras, F., Franceschini, A. & Maddau, L. (1995). Principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne. Protection intégrée des forêts de chênes. *IOBC/wprs. Bull*. 18(6): 8-13.

Martin, M.M. (1979). Biochimical implications of insect mycophage. *Biol. Rev. Cambrige Philos. Soc*. 54: 1-21.

Matsuda, Y., Kimura, K., Ito, S. (2010). Genetic characterization of *Raffaelea quercivora* isolates collected from areas of oak wilt in Japan. Mycosc. 51: 310-316.

Maugard, F. (1992). L'action des pathogènes d'équilibre sur les jeunes peuplements en état de faiblesse. La santé des forêts (France) en 1992, *Min. Agri. Pêche (D E R F)*, Paris : 43-44 p.

Mazzaglia, A., Anselmi, N., Gasbarri, A. & Vannini, A. (2001). Development of Polymerase Chain Reaction (PCR) assay for the specific detection of *Biscogniauxia mediterranea* living as an endophyte in oak tissues. *Mycol. Res*., **105**: 952-956.

Menier, J.J., (1976). Existence d'appareils stridulatoires chez les Platypodidae (Coleoptera). *Ann. Soc. Ent. Fr*. (N°8) 12: 347-353 pp.

Messaoudene, M. (2000). Réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Algérie. *Revue forêt Algérienne*. 3: 5-9 pp.

Messaoudenne, M. (1996). Chêne zéen et chêne afares. *La forêt Algérienne*, N°l, 18 p.

Meyers, P., Espinosa, R., Parr, C.S., Jones, T., Hammond,G.S. & Dewey, T.A. (2012). The animal diversity web. Accessed at: http://animaldiversity.org.

Mezali, S. (2003). Le liège : histoire, transformation et utilisation. Alger: Ed. *Jijel Liège Etanchéité*. 7p. (Brochure).

Michel Sezonlin (2006). Phylogeographie et génétique des populations du foreur de tiges de céréales Busseola fusca (Fuller) (Lepidoptera, Noctuidae) en Afrique du sud saharienne, implcation pour la lutte biologique contre cet insecte. *Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale : Gènes, Génomes, Cellules, univ. Paris XI- Orsay*. 161pp.

Moon, M.J., Park, J.G. & Kim, K.H. (2008b). Fine Structure of the Mouth parts in the Ambrosia Beetle *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) *Anim. Cell. Syst*., 12: 101-108.

Moon, M.J., Park, J.G., Oh, E. & Kim, K.H. (2008a). External microstructure of the ambrosia beetle *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae). *Entomol. Res*., 38: 202-210.

Morelet, M. (1998). Une espèce nouvelle de *Raffaelea*, isolée de *Platypus cylindrus*, coléoptère xylomycétophage des chênes. *Extrait des Annales de la Societe des Sciences Naturelles.A.T.V.*, 50: 185-193.

Moreira, F., Duarte, I., Catry, F. & Acãcio, V. (2007). Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal. *For. Ecol. Manag*. 253: 30-37.

Morin, C., Tanguay, P., Breuil, C., Yong, D.Q., & Bernier, L. (2006). Bioprotection of spruce logs against sapstain using and albinos train of *Ceratocystis resinifera*. Phytopathology 96 : 526-533. *Soumis par Danny Riox, Srvice canadian des forêts, Québec (Québec)*.

Mueller, U.G. & Gerardo, N. (2002). Fungus-farming insects: Multiple origins and diverse evolutionary histories. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 99: 15247-49.

Murayama, J. (1925). Supplementary Notes on "the Platypodidae of Formnosa". *Journal of the college of Agriculture, Hokkaido Imperial University, Sappro, Japan*. 15: 229-236. In: Belhoucine, L. (2013).

Murayama, J. (1931). Supplementary notes on the Platypodidae of Formnosa III. *Journal of the College Of Agriculture, Hokkaido Imperial*. 30: 195-203. In: Belhoucine, L. (2013).

Nageleisen, L.M. & Hett, P. (1989). Les problèmes entomologiques, pathologiques et

physiologiques : Les feuillus. La Santé des Forêts [France] en 1989, *Min. Agri. Pêche* (DERF), Paris : 14-16.

Naggar, M. (1999). L'aménagement sylvo-pastoral : un outil pour un developpement durable des ressourses forestières. *IOBC/wprs Bull*. 22 (3) : 181p.

Nakashima, T. (1971). Note on the associated fungi and the mycetangia of the ambrosia beetles. *Crossotarsus niponicus* Blandford (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Ent. Zool*. 6: 131-137.

Nakashima, T. (1989). Observation on the ambrosia fungus, *ambrosiella* sp., growing in the gallery of *scolytoplatypus sffoaun* blanford (Coleoptera: Scolytidae) and on the concurrent damage of wood tissue. *J. Fac. Agr. Hokkaido Univ*., Vol. 64, Pt. 1: 99-105.

Natividade, J.V. (1950). Subericultura. 1ª ed. *Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa*. 520 p.

Natividade, J.V. (1956). Subericulture. *Edition Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, France*, 302p.

Naggar, M. (1999). L'aménagement sylvo-pastoral: un outil pour un développement durable des ressources forestières. *IOBC/wprs Bull*. 22 (3): 181p.

Nkuekam, G.K., De Beer, W.Z., Wingfield, M.J. et Roux, J. (2012). A diverse assemblage of *Ophiostoma* species, including two new taxa on eucalypt trees in South Africa. Mycol. Prog. 11: 515-533.

Oliveira, G. et Costa, A. 2012. How resilient is *Quercus suber* L. to cork harvesting? A review and identification of knowledge gaps. For. Ecol. Manag. 270: 257-272.

Ouakid, M.L. (1991). Etude d'un ravageur des forêts : *Lymantria dispar* (Lépidoptèra, Lymantriidae). Bioécologie dans la forêt de la Gourrah. Actiondes facteurs éccologiques et activité du Thuricide HP et du Dimilin. *Thèse de Magister, Université d'Annaba, Algérie*, 87p.

Ouelmouhoub, S. (2003). Contributionà l'étude des subéraies de la région d'El Kala : dynamique postincendie des successions végétales et leur biodiversité. *Thèse Magister INA Alger, 88 p.*

Ouldmouhoub, S. (2005). Gestion multi-usage et consevation du patrimoine forestier : cas du subéraies du Parc Nationl d'EL-Kala (Algérie). Série « master of science » *CHIEAM-IAMM* .n°78 : 129 p.

Oulmouhoub, S. & Laboudi, B. (1999). Etude synchronique et diachronique d'une subéraie incendiée dans la région d'El-Kala. Thèse. *ING. Gro. INA. Alger*.86 p.

Paine, T.D., Raffa, K.F. & Harrington, T.C. (1997). Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. *Annual Review of Entomology*, 42, 179 - 206.

Pausas, J.G. (1997). Resprouting of *Quercus suber* in North East Spain afte tire. *Journal of Vegetation Science*, n. 8, p. 703-706.

Pausas, J.G., Bradstock, R.A., keith, D.A., Keeley, J.E. & Gcte Fire Network. (2004). Plant functional traits in relation ti fire in crown-fire ecosystems. *Ecology* 85: 1085-1100.

Pausas, J.G., Verdu, M. (2005). Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean Basin: A phylogenetic approach. *Oikos* 109: 196-202.

Pausas, J.G., Pereira, J.S. & Aronson, J. (2009). The tree. Pp: 11-21. In: Aronson, J. Pereira, J.S., Pausas, J.G. (eds.). cork oak woodlands on the edge. Ecology, addaptative management and restoration. *Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK*.

Peccoud, J., Ollivier, A., Plantegenest, M., Simon, J-C. (2009). A continuum of genetic divergence from sympatric host races to species in the pea aphid complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* **106**: 7495-7500.

Peyerimhoff, P. (1919). Notes sur la biologie de quelques coléoptères phytophages du Nord-Africain. *Annal. Soc. Entomol. Fr*., 28: 257-258.

Peyssou M. (1960). Il faut encourager la culture de liège, *revue chêne liège* n°1582. *Costantine* (Algérie), 1960. In : Ghefar, M. (2014).

Piazzetta, R. (2005). Etat des lieux de la filière liège française .*Institut Méditerranéendu liège -Vivés*. 13-17 pp.

PNEK (Parc National d'El Kala). (1998). Notes sur la subéraie dans le Parc national d'El Kala.

Puyo, J.Y., (2006). Les premiers temps de la mise en valeur colonial des subéraies algériennes. Le triste episode de conservation. In: Belhoucine, L. (2013).

Raffa, K.F., Phillips, T.W., & Salom, S.M. (1993). Strategies and mechanisms of host colonization by bark beetles, 103–128 pp. In: Interactions Among Bark Beetles Pathogens and Conifers in North American Forests. *Ed. Schowalter, T. O., et Filip, G. Academic Press, New York.*

Rouag, R. (1999). Inventaire de l'écologie des Reptiles et Amphibiens du parc national d'El-Kala (Nord –Est Algérien). *Mem. Magister*. 64 p.

Rudolf-Tredl, Z.V. (1907). Nahrungspflanzen und Verbreitungsgebiete der Bborkenkäfer Europas. Entomologische Blätter 5 : 69-72. In : Belhoucine, L. (2013).

Ruiu, P., Sechi, C., Linaldeddu, B.T. & Franceschini, A. (2005). Variabilité de l'incidence de dépérissement sur les trois espèces de chênes présentant dans la subéraies de Sardaigne. *Bull. IOBC/WPRS*. 28: 53-58.

Saccardo, P.A. (1891). *Chromotaxia seu nomenclator colorum polyglottus adclitis speciminibus coloratis ad botanicorum et zoologorum*. Patavii, 22 pp. In Henriques, J. (2007).

Safranyik, L. & Carrol, A.L. (2006). The biology and epidemiology of the mountain pine beetle in lodgepole pine forests. In: Safranyik, L. & Wilson, B. (eds.). The mountain pine beetle. A synthesis of biology, management, and impact on lodgepole pine. Natural

Resources Canada, *Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC, Canada*. 3-66.

Safranyik, L. (1978). Effects of climate and weather on mountain pine beetle populations. In: Kibbee D.L., Berryman, A.A., Amman, G.D. & Stark, R.W. (eds.). *proceeding of Theory and Practice of Montain Pine Beetle Managements in Ledgepole Pine Forests*, 25-27. April 1978, *Moscow, Russia. University of Idaho Forest Wildlife and Range Experiments Station*. 7789.

Samson, R.A., Evans, H.C. & Latgé, J.P. (1988). Atlas of Entomopathogenic fungi.1 edition: *Springer- Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo, Wetenschapelijke uitgeverij Bunge, Utrecht*., p. 187.

Samuels, G.J. (1996). *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. *Mycol. Res*., 100(8): 923-935.

Schedl, K.E. (1972). Monographie der Famille Platypodidae, Coleoptera. *Verlag Dr. W. Junk, den Hague*. 322p.

Schmitt, T. (2007). Molecular biogeography of Europe: Pleistocene cycles and postglacial trends. *Frontiers in Zoology*, 4, 11.

Sechi, C.; Ruiu, P.A.; Franceschini, A. & Corda, P. (2002). Further researches on the distribution of declining cork oak stands in Sardinia (Italy). *IOBC/wprs Bulletin*, **25**(5): 5-12.

Seltezer, P. (1946). Le climat de l'Algérie. La typo. *Lith*. 220 p. In Boumezbeur, A. (1993). Caractérisation de l'avifaune aquatique nicheuse de la région d'Annaba, El-Kala. *Thèse de Magister, Univ. Annaba*. 56p.

Semadi, A. (1989). Effet de la pollution atmosphérique (fluorée et polombique) sur la végétation dans la zone d'Annaba. *Thèse de doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie. Paris.*

Service, M.W. (1973). Spatial and temporal distribution of aerial populations of woodlands tupilids (Diptera). *J. Anim. Ecol.* **42**: 295-303.

Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., Crespi, B., Liu, H., & Flook, P. (1994). Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Annals of Entomological Society of America* **87**, 651:701.

Simon, C., Buckley, T.R., Frati, F., Stewart, J.B., Beckenbach, A.T. (2006). Incorporating molecular evolution into phylogenetic analysis, and a new compilation of conserved polymerase chain reaction primers for animal mitochondrial DNA. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 545-579.

Smith, M.E. (2005). Mitochondrial DNAvariation among populations of the glassywinged sharpshooter, *Homalodisca coagulata*. J. Insect. Sci. 5: 1-8.

Smalley, E.B., Raffa, K.F., Proctor, R.H. & Klepzig, K.D. (1993). Tree responses to infection by species of *Ophiostoma* and *Ceratocystis*. In: *Ceatocystis* and *Ophiostoma*,

Taxonomy, Ecology and Pathogenicity. Wingfield, M.J. Seifert, K.A. & Webber (eds.). *APS PRESS, Minnesota*, 207-218 pp.

Solheim, H. (1992b). Ecological aspects of fungi associated with the spruce bark beetle Ips typographus in Norway. European Journal of Forest Pathology 22: 136-148.

Soné, K., Mori, T., & Ide, M. (1998). Life history of the oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Entomol. Zool*. 33: 67-75.

Soria, F.J. Villagran, M., Del Tio, R. & Ocete, M.E. (1994). Estudios prospectivos de los principales perforadores del alcanorque en la Sierra Norte de Sevilla. *Bol. Sanid. Veg. Plag*. 20 : 643-651.

Soria, F.J., Villagran, M., & Ocete, M. (1994). Studios prospectivos de los principales perforadores del alcornoque en la Sierra Norte de Sevilla. *Bol. San. Veg. Plagas*., 20: 643-651.

Sousa, E. & Debouzie, D. (1993). Contribution à la connaissance de quelques variables sylvicoles es écologiques au coléoptère *Platypus cylindrus* F., ravageur du chêne liège au Portugal. *Silva Lusitana*, 1(2): 183-197.

Sousa, E. & Débouzie, D. (2002). Caractéristiques bioécologiques de *Platypus cylindrus* au Portugal. IOBC/ wprs Bulletin, 25: 75-83.

Sousa, E. & Inácio, M.L. (2005). New Aspects of *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera: Platypodidae) Life History on Cork Oak Stands in Portugal. Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems. F. Lieutier & D. Ghaioule (Eds.), *INRA Editions*, 280 pp.

Sousa, E. & Kadiri, Z. (2005). Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. Bull IOBC/WPRS. 28(8): 9-16.

Sousa, E. (1996). Contribuition à l'étude de la biologie de populations de *Platypus cylindrus* (Coleóptera: Platypodidae) dans des peuplements de chênes liège au Portugal. *Thèse de Doctorat, Lyon, France*, 153 pp.

Sousa, E., Debouzie, D. & Pereira, H. (1995). Le rôle de l'insecte *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae) dans le processus de dépérissement des peuplements de chêne-liège au Portugal. *IOBC/ wprs Bulletin*, 18: 24-37.

Sousa, E., Tomaz, I.L., Moniz, F.A. & Basto, S. (1997). La répartition spatiale des champignons associés à *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera: Platypodidae). *Phytopath. Medit.* 36: 145-153.

Sousa, E., Inácio, M.L., El. Antry, S., Bakry, M. & Kadiri, Z.A. (2005). Comparaison de la bio-écologie et du comportement de l'insecte *Platypus cylindrus* Fab. (Coléoptère, Platypodidae) dans les subéraies Portugaises et Marocaines. *IOBC/wprs Bulletin*, 28: 137-144.

Spatafora, J.W. & Blackwell, M. (1994). The polyphyletic origins of ophiostomatoid fungi. Mycol. Res. 98: 1-9.

Staines, C.L. (1982). Distributional record of Platypodidae (Coleoptera) in Maryland. *Proc. Ent. Soc. Wash*. 84: 858-859. In : Atkinson, (2004).

Stiti, B., Sebei, H. et Khaldi, A. (2005). Evaluation de la régénération et analyse de la croissante de chêne liège (Quecus suber) dans la forêt de Ain Snoussi, Tunisie. Bull. IOBC/WPRS. 28 (8): 237-244.

Strohmeyer, V. F. (1907). Beiträge zur Kenntnis der Biologie von *Platypus* var. *cylindriformis* Reitter. *Entomologische Blätter*. 5: 67-69.

Švihra, P., & Kelly, M. (2004). Importance of oak ambrosia beetles in predisposing coast live oak trees to wood decay. *J. Arboric*., 30: 371- 376.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*. 30: 2725-2729.

Tedersoo, L. Suvi, T. Beaver, K. & Kõljalg, U. (2007). Ectomycorrhizal fungi of the Seychelles: diversity patterns and host shifts from the native *Vateriopsis seychellarum* (Dipterocarpaceae) and *Intsia bijuga* (Caesalpiniaceae) to the introduced *Eucalyptus robusta* (Myrtaceae), but not *Pinus caribea* (Pinaceae). *New Phytol* **175**: 321–333.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., De Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Philips, O.L. & Williams, S.E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*. 427:145-148.

Tiberi, R. & Battisti, A. (1998). Relationships between phytophagous insects and cypress canker. *Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali*. 47: 35-44.

Tilbury, C. (2007). Oak pinhole borer *Platypus cylindrus* (Coleoptera : Curculionidae). Health-Tree Division Pest, Advisory note- Forest Research. www.forestresearch.gov.uk.

Tilbury, D. (2009). A Global Monitoring and Evaluation Framework for the UN DESD. *Journal of Education for Sustainable Development. Invited paper*. 3(2): 92-101.

Tilbury, D. (2010). Change for a Better World: Assessing the contribution of the DESD. 146 - 149pp. In: Tomorrow Today Paris: *UNESCO: Tudor Rose. Publication released at the UN General Assembly in New York November (2010)*.

Tlili, N. (2003). Etude synchronique de la dynamique post-incendie dans les subéraies de plaine du parc national d'El-Kala (Wilaya d'El-Tarf). *Mémoire Ing. Agro. Univ d'El Tarf*. 53P.

Toubal, B.O. (1986). Phytoécologie, biogéographie et dynamique et principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord Prientale). Cartographie au 1/25000.US.T.M. *Univ. Grenoble. these. doct. 3ème cycle*.111p.

Tronquet, M. (2014). Catalogue des Coléoptères de France. . 650 [Statut pour la France

métropolitaine]*Revue de l'Association Roussillonnaise d'Entomologie*, 23 (Supplément): 1-1052.

Valette, A. (1992). La subéraie magrébine. *Acte du colloque «les subéraies méditerranéenne» Vives*. 90-97 pp.

Veillon, S. (1998). Guide technique de subériculture dans les Pyrénées-Orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. *Stage de fin d'étude, FIF-ENGREF*, France, 68pp.

Vilgalys, R. & Hester, M. (1990). Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several Cryptococcus species. *Journal of Bacteriology*. 172: 4239-4246.

Villemant, C. & Fraval, A. (1991). La faune de Chêne liège. *Institute Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc*, 360p.

Villemant, C. & Fraval, A. (1993). La faune entomologique du chêne-liège en forêt de la Mamora (Maroc). *Ecologia Mediterranea*, 19: 89-98.

White, T.J., Bruns, T., Lee, S. & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA gènes for phylogenetics. In: *PCR protocols : a guide to methods and applications*. Édité par Innis, A.M., Gelfand, D.H., Sninski, J.J. & White, T.J. *Académie Press, San Diego*. 315-322 pp.

Williams, D.W. & Liebhold, A.M. (2002). Climate change and the outbreak range of two North Americain bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 4: 87-99.

Wilhelm de Beer, Z., Michael, J., Wingfield, (2013). Emerging lineages in the *Ophiostomatales. Biodiversity Series* 12 :21-46.

Wingfield, M.J., Seifert, K.A. & Webber, J.F. (1993). *Ceratocystis* and *Ophiostoma*. Biology, Taxonomy and Ecology. *APS, St. Paul, Minnesota, USA*, 293p.

Wood, S.L. (1958). Some virtually unknown North American Platypodidae (Coleoptera). *Great Basin Natur*. 18: 37-40. In : Atkinson, (2004).

Wood, S.L. (1979). Family Platypodidae. *A Catalog of the Coleoptera of America north of Mexico, fasc.* 141. *U.S. Dept. Agric. Agric.Handbook*. 529-141. 5 p. In: Atkinson, (2004).

Yessad, S.A. (2000). Le Chêne-liège et le Liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. *Louvain_la-neuve, A.S.B.L. Forêt Wallone*.

Yessad, S.A. (2001). Le Chêne-liège et le Liège dans les pays de la Méditerranée occidentale, *Edit MRW*, 123 p.

Zani Filho, J., Kageyama P.Y., & Berti Filho, E. (1984). Avaliação de ataque de *Platypus* sp. em procedências e progênies de E. europhylla. *Piracicaba. São Paulo. Brasil. IPEF*. 28:33-39.

Zeraia, L. (1981). Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie. *Thèse de doctorat en Sciences, université d'Aix*

Marseille ,367p.

Zéraia, L. (1982). Le chêne-liège, phytosociologie, édaphologie, phénologie, régénération et productivit. *Extrait du travail de la recherche forestière en Algérie*, 152p.

Zine, M. (1992). Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie. *Actes du Colloque des Subéraies méditerranéennes". Vives*. 98-107 p.

Zipfel, R.D., De Beer, Z.W., Jacobs, K., Wingfield, B.D. & Wingfield, M.J. (2006). Multi-gene phylogenies define Ceratocystiopsis and Grosmannia distinct from Ophiostoma. *Stud. Mycol*. 55: 75-97.