

IOBC / WPRS

Study Group "Integrated Protection in *Quercus* spp. Forests"

OILB / SROP

Groupe d' Étude "Protection Intégrée des Forêts à *Quercus* spp."

**PROCEEDINGS of the MEETING**  
**COMPTES RENDUS de la RÉUNION**

at/à

**Rabat-Salé (Maroc)**  
**26 - 29 Octobre 1998**

Edited by C. Villemant

**IOBC wprs Bulletin**  
**Bulletin OILB srop**

**Vol. 22 (3) 1999**

The IOBC/WPRS Bulletin is published by the International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS)

Le Bulletin OILB/SROP est publié par l'Organisation Internationale de Lutte Biologique et Intégrée contre les Animaux et les Plantes Nuisibles, section Régionale Ouest Paléarctique (OILB/SROP)

Copyright IOBC/WPRS 1999

Address General Secretariat:  
INRA - Centre de Recherches de Dijon  
Laboratoire de Recherches sur la Flore Pathogène dans le Sol  
17, Rue Sully - BV 1540  
F-21034 DIJON CEDEX  
France

ISBN 92-9067-107-6

## Introduction

The study group “Integrated protection in *Quercus* spp. forests” was founded in 1993 by Pr. Luciano of the Sassari University. Presently, it includes 44 active members from 9 European and North African countries. It aims to promote contacts between scientists involved in oak decline research in order to encourage the application of collective management strategies and the elaboration of common research programs. .

The first meeting of the group was held in Sardinia in September 1994 (Luciano ed., 1995)<sup>1</sup>. It focused on cork oak forests which are one of the most endangered ecosystems because of their high anthropisation level. The entomologists and phytopathologists who participated were worried about the generalised worsening of the sanitary conditions of Mediterranean oak forests and the gravity of the widespread of oak decline process.

The second meeting was held in Morocco, from 26th to 29th October 1998, at the National Forestry School of Rabat-Salé. The location was chosen to increase North Africa’s involvement in the organisation, as part of the IOBC wprs, and also because North African countries are particularly concerned with the aggravation of the oak forest decline. The meeting aimed to assess the actual phytosanitary situation of the Mediterranean oak stands and to share the results of recent works.

Supported by the Ministre Délégué Chargé des Eaux et Forêts of Morocco, who presided the opening session, this meeting was attended by about sixty participants: study group members from 8 countries (Algeria, Austria, France, Italy, Morocco, Portugal, Switzerland, Tunisia), representatives of Moroccan research institutions and students from the National Forestry School. Twenty oral communications and 15 posters were presented during the 5 sessions concerning phytosanitary conditions, decline factors and management of the Mediterranean oak forests, problems of natural and artificial oak regeneration, phytopathogenous fungi, xylophagous insects, defoliator insects and biological control techniques used to prevent their infestations.

A guided excursion was organised in the Mamora forest on the last day. Scientists, forest technicians and managers, described the phytosanitary state of the forest and the measures taken to restrain its decline and to ensure its regeneration. A trip as far as the ex-royal hunting reserve of Aïn Johra, which was protected from human activities and grazing until several years ago, enabled the participants to discover the actual extent of forest degradation. Nevertheless, this forest was regarded (but for how much longer) as the widest cork oak forest in the world. The journey ended with a visit of a cork transformation factory in Témara.

Thanks are due to the Ministère chargé des Eaux et Forêts of Morocco as well as to the directors and the personnel of the Direction de la Conservation des Ressources Forestières of Rabat and of the National Forestry School of Salé for the logistic and financial support offered to the organisation of the meeting,. We are also grateful to MM. Assali and Benjelloun, from the Forestry Office for their role in making the meeting a success as well as to Mme Palczewski for corrections of the manuscripts in English.

Claire VILLEMANT  
Study group convener

---

<sup>1</sup> Luciano P. ed., 1995. Integrated protection in cork-oak forests. IOBC wprs Bulletin, 18 (6), 114 p.

## Introduction

Le groupe d'étude " Protection intégrée des forêts à *Quercus* spp. " a été fondé en 1993 par le Professeur Luciano de l'Université de Sassari. Il comprend actuellement 44 membres actifs venant de neuf pays d'Europe et d'Afrique du Nord. Il a pour objectif de favoriser les échanges entre les chercheurs qui s'intéressent au dépérissement des forêts de chênes afin de faciliter la mise en oeuvre de règles de gestion forestière et des projets de recherche communs.

Le premier meeting du groupe a eu lieu en Sardaigne en Septembre 1994 (Luciano ed., 1995). Il était centré sur les subéraies qui, du fait de leur forte anthropisation, sont l'un des écosystèmes forestiers méditerranéens les plus menacés. Les entomologistes et les phytopathologistes réunis à cette occasion avaient tous manifesté leur forte préoccupation face à l'aggravation générale de l'état sanitaire des chênaies méditerranéennes et à l'extension très préoccupante des phénomènes de dépérissement.

Le second meeting du groupe a eu lieu du 26 au 29 octobre 1998 à l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Rabat-Salé (Maroc). Deux raisons ont motivé le choix de ce pays d'accueil: la nécessité, d'une part, que les pays du Maghreb soient plus fortement impliqués dans les activités de l'OILB et le fait, d'autre part, qu'ils sont les plus gravement concernés par le problème du dépérissement forestier. L'objectif du meeting était de faire un nouveau bilan de l'état phytosanitaire des forêts de chênes et de présenter les résultats des travaux de recherche les plus récents.

Organisée sous le patronage du Ministre Délégué Chargé des Eaux et Forêts du Maroc, qui a présidé la séance d'ouverture, cette manifestation a rassemblé une soixantaine de personnes: membres du groupe venus de huit pays (Algérie, Autriche, France, Italie, Maroc, Portugal, Suisse, Tunisie), représentants des instituts de recherche marocains et élèves de l'Ecole Nationale Forestière. Vingt communications et quinze posters ont été présentés au cours de 5 sessions concernant: la situation phytosanitaire, les facteurs de dépérissement et l'aménagement des chênaies en région méditerranéenne; les problèmes de régénération naturelle et artificielle; la biologie et l'impact des champignons phytopatogènes; les insectes xylophages; les insectes défoliateurs et les techniques de lutte intégrée mises en oeuvre pour combattre leurs infestations.

Le dernier jour du meeting a été consacré à une excursion en forêt de la Mamora durant laquelle, chercheurs, techniciens et gestionnaires forestiers ont présenté la situation phytosanitaire du massif et les moyens employés pour tenter de freiner son dépérissement et assurer sa régénération. Un circuit jusqu'à l'ancienne réserve royale de chasse d'Aïn Johra, où pendant de longues années quelques parcelles de chêne-liège avaient été soustraites à l'action de l'homme et au pâturage, a permis aux participants de constater l'ampleur de la dégradation actuelle de la forêt, qui est pourtant considérée (mais pour combien de temps encore) comme la plus vaste subéraie du monde. La journée s'est terminée par la visite d'une usine de transformation de liège à Témara.

Nous tenons à remercier pour leur aide logistique et financière, le Ministère chargé des Eaux et Forêts du Maroc, le directeur et le personnel de la Direction de la Conservation des Ressources Forestières de Rabat, le directeur et le personnel de l'Ecole Nationale Forestière de Salé. Nous remercions en outre tout particulièrement MM. Assali et Benjelloun, du Ministère des Eaux et Forêts, pour leur contribution décisive à la réussite de la manifestation ainsi que Mme Palczewski pour la relecture de tous les textes en anglais de ce bulletin.

Claire VILLEMANT  
Responsable du groupe

## List of participants

- ABOUROUH Mohamed** Centre National de la Recherche Forestière. BP 763.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 11 51 *abourouh@acdim.net.ma*
- AGTAY Fatima** Ecole Normale Supérieure de Casablanca, Département de  
Biologie,  
BP 9172. Mers Sultan, MOROCCO  
fax: 212 298 53 26
- ASSALI Fouad** Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols,  
Ministère chargé des Eaux et Forêts, Cellule de la Protection  
Phytopathologique des forêts. Rabat-Chellah, MOROCCO  
fax: 212 776 44 46
- ATAY-KADIRI Zineb** Faculté des Sciences de Rabat, Département de Biologie. BP 1014.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 777 54 61 *atay@fsr.ac.ma*
- BAAZZI Naima** Centre National de la Recherche Forestière, Unité de Régénération  
du Chêne-liège. BP 763. 10050-Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 11 51
- BAKRY Mustapha** Centre National de la Recherche Forestière. BP 763.  
10050-Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 11 51 *mbak@fusion.net.ma*
- BEN JAMAÂ Mohamed L.** Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts,  
BP 10. 2080 Ariana-Tunis, TUNISIA  
fax: 216 1 717 951 *khaldi.abdelhamid@iresa.agrinet.tn*
- BENDAANOUN M'hamed** Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs  
Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Naturelles.  
BP 511. Tabriquet, 11000 Salé, MOROCCO  
fax: 212 786 11 49
- BENHALIMA Souad** Institut Scientifique. Département de Zoologie et Ecologie  
Animale.  
BP 703. 10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 7 77 45 40 *benhalima@israbat.ac.ma*
- BENHSAIN Noufissa** Faculté des Sciences de Rabat, Département de Biologie. BP 1014.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
212 777 54 61 *benhsain@insea.ac.ma*
- BENSAID Miloud** Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols.  
Rabat-Chellah, MOROCCO  
fax: 212 776 44 46

- BUFFONI Giuseppe E.N.E.A. Centro Ricerche Ambiente Marino. CP 316.  
I-19100 La Spezia, ITALY  
fax: 39 187 5362 13 *buffoni@est400.santateresa.enea.it*
- CERBONESCHI Anna Stazione Sperimentale del Sughero. Via Limbara 9.  
I-07029 Tempio Pausania, ITALY  
fax: 39 79 67 11 13 *sperimentalebiofor@tiscalinet.it*
- CORDA Piero Istituto di Patologia Vegetale, Università di Sassari.  
Via E. De Nicola 9. I-07100 Sassari, ITALY  
fax: 39 79 22 93 16 *pcorda@ssmain.uniss.it*
- DÉMOLIN Guy I.N.R.A. Laboratoire d'Ecologie du Mont Ventoux.  
Route de Vaux. F-84340 Malaucène, FRANCE  
fax: 33 490 65 14 89 *guy.demolin@wanadoo.fr*
- DE SOUSA Edmundo Departamento de Protecção Florestal, Estação Florestal Nacional,  
Quinta do Marques. P-2780 Oeiras, PORTUGAL  
fax: 351 1 441 87 82 *dpf.efn@mail.telepac.pt*
- EL ANTRY Salwa Centre National de la Recherche Forestière. BP 763.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 11 51
- EL AOUNY Abdelslam Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols,  
Service des Affaires foncières. Rabat-Chellah, MOROCCO  
fax: 212 776 44 46
- EL BADRY Nahima Ecole Pratique et Hautes Etudes (Sorbonne).  
Muséum National d'Histoire Naturelle,  
Laboratoire de Cryptogamie Ultrastructurale, 12 rue Buffon.  
F-75005 Paris, FRANCE  
fax: 33 140 79 31 80 *elnaima@yahoo.com*
- EL YOUSFI Mohamed Direction Provinciale de l'Agriculture de Chichaoua,  
Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Pêches  
maritimes. BP 71. Chichaoua, MOROCCO  
fax: 212 435 34 97
- FARNETI Rosa Università degli Studi della Basilicata, Dipartimento di Biologia,  
Difesa e Biotechnologie agro-forestali  
Via Nazaro Sauro 85. I-85100 Potenza, ITALY  
fax: 39 971 55 748 *fp076agr@pzuniv.unibas.it*
- FERREIRA Cid Departamento de Protecção Florestal, Estação Florestal Nacional,  
Quinta do Marques. P-2780 Oeiras, PORTUGAL  
fax: 351 1 441 87 82 *dpf.efn@mail.telepac.pt*
- FRANCESCHINI Antonio Istituto Patologia Vegetale, Università di Sassari.  
Via E. De Nicola 9. I-07100 - Sassari, ITALY  
fax: 39 79 22 93 16 *afran@ssmain.uniss.it*

- HADDAN Mohammed Centre National de la Recherche Forestière. BP 763.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 998 61 26
- KENIS Marc CABI Bioscience Centre. 1, chemin des Grillons.  
Ch-2800 Delémont, SWITZERLAND  
fax: 41 32 422 48 24 *M.KENIS@CABI.ORG*
- LENTINI Andrea Istituto Entomologia Agraria. Via E. De Nicola 9.  
I-07100 Sassari, ITALY  
fax: 39 79 22 93 29 *istent@ssmain.uniss.it*
- NAGGAR Mustapha Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols.  
Rabat-Chellah, MOROCCO  
fax: 212 776 44 46 *nagar@bam.net.ma*
- RACHDI Samir Centre National de la Recherche Forestière, Sylviculture. BP 763.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 998 61 26
- RAMZI Hassan D.P.V.C.T.R.F., C. G. L., Protection Phytosanitaire. BP 581.  
Tabriquet-Salé, MOROCCO  
fax: 212 786 38 95
- SANTOS Maria Natercia Departamento de Protecção Florestal, Estação Florestal National,  
Quinta do Marques. P-2780 Oeiras, PORTUGAL  
fax: 351 1 441 87 82 *dpf.efn@mail.telepac.pt*
- SBAY Hassan Centre National de la Recherche forestière. BP 763.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 11 51 *hsbay@mailcity.com*
- SCHOPF Axel University of Agricultural Sciences (BOKU), Institute of Forest  
Entomology, Forest Pathology and Forest Protection.  
A-1190 Vienna, AUSTRIA  
fax: 43 1 319 55 39 97 *schopf@ento.boku.ac.at*
- SECHI Clizia Stazione Sperimentale del Sughero. Via Limbara 9.  
I-07029 Tempio Pausania, ITALY  
fax: 39 79 67 11 13 *sperimentalebiofor@tiscalinet.it*
- SATRANY Badr Centre National de la Recherche Forestière, Pathologie Forestière.  
BP 763. 10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 11 51
- TITOLET Dominique Laboratoire des Sciences et la Vie et de la Terre, Lycée Descartes.  
10050 Rabat-Agdal, MOROCCO  
fax: 212 767 10 72 *titolet@yahpp.fr*
- VILLEMANT Claire Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Entomologie.  
45 rue Buffon. F-75005 Paris, FRANCE  
fax: 33 140 79 36 99 *villemant@mnhn.fr*

## Contents

Minutes of the IOBC Study Group Meeting “ Integrated protection in *Quercus* spp. forests ” held at Rabat-Salé, Morocco, October 26-29, 1998.

Introduction.....	i
List of participants .....	iii
Main aspects of cork oak decline in Sardinia. A. Franceschini, P. Corda, L. Maddau, C. Sechi & P. Angelo Ruiu .....	1
Observations on <i>Diplodia mutila</i> , cork oak pathogen in Sardinia. A. Franceschini, P. Corda, L. Maddau & F. Marras .....	5
Contribution to the ultrastructural study of <i>Diplodia mutila</i> (Fri.) Mont. implicated in the decline process of the cork oak <i>Quercus suber</i> L. in Morocco. N. El Badri & M. Abadie .....	13
Screening of different cork oak origins to the pathogen <i>Diplodia mutila</i> . M. Bakry, H. Sbay, Mohamed Abourouh & Badr Satrani.....	19
Mycoflora associated with cork oak ( <i>Quercus suber</i> L.) in Portugal. M. N. Santos, M. H. Machado, M. H. Bragança, H. Ramos, E. de Sousa & I. Tomaz .....	25
Cork oak acorns and their pathogenous fungi: attempts of conservation and control. A. Khaldi , M. L. Ben Jamaâ & B. Stiti.....	29
Biotic factors inducing tree decline in Moroccan cork oak forests. M. Bakry, S. El Antry, B. Satrani & W. Oubrou.....	37
Damage importance and species identification of the cockchafer grubs attacking cork oak seedlings in the Mamora forest (Morocco). S. Rachdi & M. Haddan.....	41
Spatio-temporal distribution of <i>Platypus cylindrus</i> F. (Coleoptera: Platypodidae) attacks in cork oak stands in Portugal. E. M. R. De Sousa & D. Debouzie .....	47
Biology and damage of <i>Cerambyx cerdo mirbecki</i> Lucas (Coléoptère, Cerambycidae) in the Mamora cork oak forest (Morocco). S. El Antry.....	59
Defoliator insects of <i>Quercus callyprinos</i> Webb. and <i>Quercus infectoria</i> Oliv. au Lebanon. G. Démolin & N. Nemer.....	65



Gypsy moth gradations in Europe and North Africa. C. Villemant & A. Fraval.....	71
Ecological statute of the gypsy moth, <i>Lymantria dispar</i> (Lep. Lymantriidae) in Atlantic Moroccan cork oak forests. H. Ramzi .....	81
Gypsy moth development on foliage of several oaks in Sardinia. P. Luciano, A. Lentini, C. Dettori, V. Solinas & G. S. Passino.....	89
Suitability of two oak species, <i>Quercus petraea</i> and <i>Q. cerris</i> , for development and growth of gypsy moth larvae A. Schopf, G. Hoch, A. Klaus & C. Schafellner.....	95
The diapause of gypsy moth, <i>Lymantria dispar</i> (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). N. Benhsain & Z. Atay-Kadiri.....	101
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) extract effect on gypsy moth, <i>Lymantria dispar</i> (L.) (Lepidoptera : Lymantriidae). N. Benhsain & Z. Atay-Kadiri.....	107
Effects of <i>Bacillus thuringiensis</i> and defoliation by gypsy moth on lepidopterous fauna in cork-oak forests. P. Luciano & A. Lentini.....	115
The gypsy moth and its natural enemies at different population densities in the oak forests of Eastern Austria. G. Hoch, T. Gschwantner & A. Schopf .....	121
Population density and parasitism rate of <i>Lymantria dispar</i> L. (Lepidoptera: Lymantriidae) during a five-years survey in a Sardinian cork oak forest. A. Cerboneschi .....	129
In vitro rearing of <i>Exorista larvarum</i> (L.) and <i>Brachymeria intermedia</i> (Nees), parasitoids of cork oak defoliators. R. Farneti & M. L. Dindo .....	137
Possibilities for classical biological control against forest pests through collaborative programs between Europe and North Africa. M. Kenis.....	145
Biodiversity of Ichneumonoidea (Hymenoptera) in the green oak forest of Fango (Corsica). M-C. Andrei-Ruiz & C. Villemant .....	151
The spiders of the Moroccan cork oak forests. S. Benhalima, C. Villemant & M. Mouna .....	157

Refuse impact of the cork oak forest at Ben Slimane (Morocco). F. Agtay.....	163
Impact of decline factors, socio-economic environment and forest planning on Moroccan oak forests. M. Bendaanoun.....	167
Protection strategy of the Mamora cork oak forest. M. El Yousfi.....	175
Sylvo-pastoral planning: an device for the sustainable development of the forest resources. M. Naggar .....	181
Patrimonial interest of temporary pools in the cork oak forestss: the left and right banks of the oued Cherrat. D. Titolet & L. Rhazi .....	189
Conclusions and recommandations.....	195

## Table des matières

Comptes-rendus du meeting du groupe d'étude " Protection intégrée des forêts à *Quercus* spp. " tenu à Rabat-Salé, Maroc, du 26 au 29 octobre 1998.

Introduction.....	ii
Liste des participants.....	iii
Manifestations de dépérissement du chêne-liège en Sardaigne. A. Franceschini, P. Corda, L. Maddau, C. Sechi & P. Angelo Ruiu .....	1
Observations sur <i>Diplodia mutila</i> , pathogène du chêne-liège en Sardaigne A. Franceschini, P. Corda, L. Maddau & F. Marras .....	5
Contribution à l'étude ultrastructurale du <i>Diplodia mutila</i> (Fri.) Mont. impliqué dans le processus de dépérissement du chêne-liège <i>Quercus suber</i> L., au Maroc. N. El Badri & M. Abadie .....	13
Réaction de différentes provenances de chêne-liège à l'action pathogène de <i>Diplodia mutila</i> M. Bakry, H. Sbay, Mohamed Abourouh & Badr Satrani.....	19
La mycoflore associée au chêne-liège ( <i>Quercus suber</i> L.) au Portugal M. N. Santos, M. H. Machado, M. H. Bragança, H. Ramos, E. de Sousa & I. Tomaz .....	25
Les glands de chêne-liège et leurs agents pathogènes: essais de conservation et de lutte A. Khaldi , M. L. Ben Jamaâ & B. Stiti .....	29
Les facteurs de dépérissement des subéraies marocaines M. Bakry, S. El Antry, B. Satrani & W. Oubrou .....	37
Importance des dégât et identification des vers blancs ravageurs des jeunes plants de chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc) S. Rachdi & M. Haddan .....	41
Distribution spatio-temporelle des attaques de <i>Platypus cylindrus</i> F. (Coleoptera: Platypodidae) dans des peuplements de chênes-lièges au Portugal E. M. R. De Sousa & D. Debouzie .....	47
Biologie et dégâts de <i>Cerambyx cerdo mirbecki</i> Lucas (Coléoptère, Cerambycidae) en subéraie de la Mamora (Maroc) S. El Antry.....	59

Insectes défoliateurs de <i>Quercus callyprinos</i> Webb. et de <i>Quercus infectoria</i> Oliv. au Liban G. Démolin & N. Nemer.....	65
Les gradations de <i>Lymantria dispar</i> en Europe et en Afrique du Nord C. Villemant & A. Fraval.....	71
Statut écologique de <i>Lymantria dispar</i> (L.) (Lep. Lymantriidae) en subéraies atlantiques marocaines. H. Ramzi .....	81
Developpement de <i>Lymantria dispar</i> sur le feuillage de différents chênes en Sardaigne. P. Luciano, A. Lentini, C. Dettori, V. Solinas & G. S. Passino.....	89
Influence de deux espèces de chênes, <i>Quercus petraea</i> and <i>Q. cerris</i> , sur le développement et la croissance des chenilles de <i>Lymantria dispar</i> . A. Schopf, G. Hoch, A. Klaus & C. Schafellner.....	95
La diapause de <i>Lymantria dispar</i> (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). N. Benhsain & Z. Atay-Kadiri.....	101
Effet de <i>Citrullus colocynthis</i> (L.) sur <i>Lymantria dispar</i> (L.) (Lepidoptera : Lymantriidae). N. Benhsain & Z. Atay-Kadiri.....	107
Impact de <i>Bacillus thuringiensis</i> et des défoliations provoquées par <i>Lymantria dispar</i> sur la faune des Lépidoptères de la subéraie. P. Luciano & A. Lentini.....	115
Les ennemis naturels de <i>Lymantria dispar</i> à différents niveaux de densité de population du ravageur dans les chênaies de l'Est autrichien. G. Hoch, T. Gschwantner & A. Schopf .....	121
Densité de population et taux de parasitisme de <i>Lymantria dispar</i> L. (Lepidoptera: Lymantriidae) durant cinq années d'observations dans une forêt à <i>Quercus suber</i> L. de Sardaigne A. Cerboneschi .....	129
Elevages in vitro rearing d' <i>Exorista larvarum</i> (L.) et <i>Brachymeria intermedia</i> (Nees), parasitoïdes des Lépidoptères défoliateurs du chêne-liège. R. Farneti & M. L. Dindo .....	137
Possibilités de lutte biologique contre les insectes ravageurs forestiers par des programmes de collaboration entre l'Europe et l'Afrique du Nord M. Kenis.....	145
Biodiversité des Hyménoptères Ichneumonoidea de la chênaie verte du Fango (Haute-Corse) M-C. Andreï-Ruiz & C. Villemant .....	151

Les araignées de la subéraie marocaine S. Benhalima, C. Villemant & M. Mouna .....	157
Impact des déchets ménagers sur la subéraie à Ben Slimane (Maroc) F. Agtay.....	163
Impact des facteurs de dégradation et de dépérissement, de l'environnement socio-économique et des aménagements sur les forêts de chênes marocaines. M. Bendaanoun .....	167
Stratégie de protection de la subéraie de la Mamora M. El Yousfi.....	175
L'aménagement sylvo-pastoral: un outil pour un développement durable des ressources forestières M. Naggar .....	181
Intérêt patrimonial d'un milieu associé aux subéraies : les mares temporaires des rives gauches et droites de l'oued Cherrat D. Titolet & L. Rhazi .....	189
Conclusions et recommandations .....	195

## Manifestations de dépérissement du chêne-liège en Sardaigne

<sup>1</sup>Antonio Franceschini, <sup>1</sup>Piero Corda, <sup>1</sup>Lucia Maddau, <sup>2</sup>Clizia Sechi, <sup>2</sup>Pino Angelo Ruiiu

<sup>1</sup>Istituto di Patologia vegetale, Università degli Studi, Via De Nicola, I-07100 Sassari, Italie

<sup>2</sup>Stazione Sperimentale del Sughero, I-07029 Tempio Pausania, Italie

**Résumé:** Dans le cadre de recherches systématiques visant à éclairer l'étiologie des dépérissements observés sur le chêne-liège en Sardaigne, on a caractérisé les manifestations symptomatologiques des plantes dépérissantes par rapport aux principaux champignons pathogènes repérés. Dans les formes de dépérissement chronique, on a trouvé des infections dues à *Armillaria mellea*, *Diplodia mutila*, *Hypoxyylon mediterraneum* et des agents de la pourriture du bois. Dans les formes de dépérissement aigu, on a mis en évidence l'infection par *D. mutila*.

**Mots-clés:** chêne-liège, dépérissement, symptomatologie, pathogènes.

### Introduction

Durant ces dernières années, caractérisées par des conditions de sécheresse récurrente, on a observé dans toutes les principales zones à suberaies de la Sardaigne un accroissement des cas de "dépérissement" entraînant la mort d'arbres, qu'ils soient adultes ou encore jeunes (Marras et al., 1995).

On sait que les "dépérissements" sont des maladies à étiologie complexe, qui se développent lorsque les végétaux ont subi un stress dû à l'interaction de plusieurs facteurs adverses, abiotiques et biotiques. Ils se manifestent de façon différente selon les caractéristiques du biotope, l'âge des plantes concernées et la nature des facteurs adverses impliqués. Leur gravité est étroitement liée à l'intensité et à la durée des tels facteurs, et surtout à l'infestation des plantes affaiblies par des parasites opportunistes, insectes et champignons pathogènes (Wargo, 1996). En particulier, les infections causées par ces derniers peuvent être si fortes qu'elles empêchent la reprise végétative des arbres atteints lorsque l'influence négative des facteurs de stress diminue.

Parmi les nombreuses espèces fongiques qui habitent sur le chêne-liège (Franceschini et al., 1993; Muñoz López et al., 1996), plusieurs peuvent avoir un rôle important dans les phénomènes de dépérissement (Brasier, 1993; Marras et al., 1993; Santos, 1995; Bakry & Abourouh, 1996). Des recherches systématiques ont été entreprises en Sardaigne afin de mieux connaître l'étiologie de ces phénomènes dans le cas du chêne-liège. Nous présentons ici brièvement les observations préliminaires effectuées en vue de caractériser les manifestations symptomatologiques des arbres dépérissants en relation avec les principaux champignons pathogènes repérés sur cette espèce.

### Matériel et méthodes

Dans les suberaies présentant des cas de dépérissement, on a relevé la distribution et les symptômes des plantes atteintes. La présence de pathogènes fongiques a été établie en

analysant au laboratoire des échantillons de différents organes des plantes sélectionnées en fonction de l'état sanitaire.

## Résultats et discussion

Des recherches réalisées jusqu'à présent, il ressort que les phénomènes de dépérissement du chêne-liège en Sardaigne peuvent se manifester de façon chronique ou aiguë. Pour chacune de ces typologies, on a pu caractériser:

### **des formes chroniques sur:**

a) des arbres isolés et clairsemés, dont une large partie de la frondaison est desséchée et/ou défoliée, avec des attaques d'*Armillaria mellea* (Vahl) Kummer au collet, souvent accompagnées de chancres charbonneux d'*Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Ces. et De Not. bien développés sur les branches et les rameaux desséchés;

b) des arbres, répartis presque uniformément dans les suberaies ayant subi des incendies, qui végètent péniblement et montrent différents degrés de dessèchement du feuillage, avec pourriture du bois au collet et dans les grosses racines causée par des champignons lignivores;

c) des groupes d'arbres sur des surfaces d'abord limitées, puis s'étendant progressivement, présentant des manifestations graduelles de chlorose et de nécrose foliaires, des défoliations et l'émission de gourmands sur le tronc; après le dessèchement des rameaux latéraux, des branches entières sont atteintes et enfin tout le feuillage. Sur le tronc et les branches on voit souvent des nécroses et des chancres causés par *Diplodia mutila* (Fr.) Mont. et *H. mediterraneum*;

### **des formes aiguës sur:**

a) de jeunes arbres présentant un dessèchement soudain et uniforme de toute la frondaison et qui conservent longtemps les feuilles attachées au rameaux. Le long du tronc, on observe souvent les centres d'infection par *D. mutila*;

b) des arbres adultes dont la mort est très rapide, parfois au bout de 2 ou 3 semaines après l'extraction du liège. Les arbres atteints montrent d'ordinaire plusieurs gourmands et différents degrés d'éclaircissement du feuillage et de décoloration foliaire. Sur les troncs déliégés, le phellogène mis à nu tend à se dessécher rapidement, de sorte qu'il peut être assez aisément détaché. Des tissus internes bruns, on isole plusieurs espèces fongiques, parmi lesquelles *D. mutila* est la plus fréquente.

Des études plus approfondies, toujours en cours, sur la nature du rapport hôte-parasite pourront nous éclairer sur le rôle effectif des pathogènes en nous permettant de caractériser le syndrome final de la maladie.

## Remerciements

Recherche financée par la Regione Autonoma della Sardegna.

## Références

- Bakry, M. & Abourouh, M. 1996: Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc, 29: 24-39.
- Brasier, C.M. 1993: *Phytophthora cinnamomi* as a contributory factor in European oak declines. In: Proc. Int. Congr. "Recent advances in studies on oak decline", Brindisi, Italy, September 13-18, 1992: 49-57.
- Franceschini, A., Marras, F. & Sechi, C. 1993: Funghi segnalati sulla quercia da sughero (*Quercus suber* L.). Collana biologica n. 3, Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania, Italy. 138 p.
- Marras, F., Franceschini, A., Maddau, L., Vagnoni, V., Angiolino, C., Sirigu, M.T. & Loche, P. 1993: Notes on cork oak decline in Sardinia (Italy). Occurrence and role of fungal pathogens. Proc. 6th Int. Congr. Plant Pathol., Montreal, July 28-August 6, 1993: 120.
- Marras, F., Franceschini, A. & Maddau, L. 1995: Les principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). Bull. OILB/SROP, 18: 8-13.
- Muñoz López, M.C., Cobos Suarez, P., Martinez Saavedra, G., Soldevilla Puga, C. & Díaz Llorente, M. 1996: Micoflora y patología del alcornoque (*Quercus suber* L.). M.A.P.A., Madrid. 328 p.
- Santos, M.N. 1995: Phytopathological situation of cork oak (*Quercus suber* L.) in Portugal. Bull. OILB/SROP, 18: 38-42.
- Wargo, P.M., 1996: Consequences of environmental stress on oak: predisposition to pathogens. Ann. Sci. For., 53: 359-368.

## Main aspects of cork oak decline in Sardinia (Italy)

**Abstract:** Within systematic surveys aimed to clarify the aetiology of cork oak decline in Sardinia, different symptomatological aspects of the declining plants related to fungal pathogens have been outlined. The chronic decline types were associated with infections of *Armillaria mellea*, *Diplodia mutila*, *Hypoxylon mediterraneum* and wood decaying fungi, while in the acute ones, attacks of *D. mutila* were evidenced.

**Key words:** cork oak, decline, symptomatology, pathogens.



## Observations sur *Diplodia mutila*, pathogène du chêne-liège en Sardaigne

Antonio Franceschini, Piero Corda, Lucia Maddau, Francesco Marras

Istituto di Patologia vegetale, Università degli Studi, Via De Nicola, I-07100 Sassari, Italie

**Résumé:** *Diplodia mutila* est un champignon endophyte fréquemment isolé des chênes dépérissants en région méditerranéenne; il se comporte d'ordinaire en parasite secondaire ou opportuniste, contribuant avec d'autres facteurs adverses à provoquer leur déclin végétatif progressif. Dans le cas du chêne-liège, et en particulier après son déliègeage, les infections du champignon peuvent provoquer un dépérissement irréversible de la plante-hôte.

En Sardaigne, des attaques très graves du champignon ont été observées même sur de très jeunes arbres. Elles se manifestent par un dessèchement total ou partiel de la frondaison. Sur le tronc et les branches apparaissent des taches nécrotiques corticales, parfois à peine visibles et fuligineuses, parfois creuses en lésions chancreuses, le plus souvent humides. Les tissus internes brunissent sur des portions plus ou moins étendues, tandis que les tissus vasculaires sont généralement envahis par les hyphes fongiques. Malgré l'émission de nouvelles pousses à la base ou le long du tronc, les plants atteints sont voués à la mort au bout d'une à deux saisons végétatives.

Le champignon est aisément isolé des tissus infectés et des fructifications présentes dans les taches nécrotiques. Sa pathogénicité a été démontrée par l'inoculation du mycelium dans la tige de petits plants de chêne vert et de chêne-liège: il provoque tout d'abord le collapsus et le brunissement des tissus corticaux autour du point d'inoculation, puis le flétrissement et le dessèchement de toute la partie aérienne située au-dessus. Les jeunes plants infectés meurent ou produisent de nouveaux rejets au dessous du point d'inoculation.

L'activité phytotoxique, due aux métabolites bioactifs, de la souche sarde de *D. mutila* est importante. Jusqu'à présent, on a obtenu, par purification des extraits organiques des filtrats de culture, trois groupes de fractions homogènes et actives, de polarités très différentes. La plus polaire, qui a été purifiée, a un poids moléculaire de 311 uma, en accord avec une formule brute  $C_{17}H_{27}O_3S$ . Ces résultats montrent que ce métabolite diffère de toutes les substances toxiques isolées jusqu'ici de ce même champignon.

**Mots clés:** chêne-liège, dépérissement, *Diplodia mutila*, phytotoxines.

### Introduction

*Diplodia mutila* (Fr.) Mont., anamorphe de *Botryosphaeria stevensii* Shoem., est un champignon endophyte fréquemment isolé de chênes dépérissants en région méditerranéenne (Ragazzi & Mesturino, 1987; Luque & Girbal, 1989; Fonseca, 1991; Granata & Agosteo, 1991; Luisi & Manicone, 1991; Marras et al., 1993; Bakry & Abourouh, 1995; Muñoz López et al., 1996). Sur de telles plantes, il se comporte d'ordinaire comme un parasite secondaire; mais sur le chêne-liège, et en particulier chez les arbres adultes dont on a prélevé le liège, ses infections peuvent rendre ce déclin végétatif irréversible.

En Sardaigne, dans une zone où de nombreux chênes-lièges sont dépérissants, le champignon a été isolé plusieurs fois d'arbres montrant un dépérissement chronique ou aigu, et même de jeunes plants dont le tronc atteignait à peine 3 cm de diamètre. La forme

chronique se manifeste par une défoliation et un dessèchement progressif qui atteint d'abord des rameaux clairsemés à la périphérie de la frondaison, puis des branches plus grosses et enfin la plante entière (fig. 1a). Dans les formes aiguës, au contraire, la partie aérienne dessèche brusquement et les feuilles, qui prennent une couleur tabac uniforme, restent attachées aux rameaux. Dans les deux cas, les plantes atteintes ont tendance à émettre de nouvelles pousses à la base ou le long du tronc, mais celles-ci se dessèchent à leur tour au bout d'une ou deux saisons végétatives.

Sur le tronc et les grosses branches, on observe des plaques presque circulaires, ponctuelles ou de quelques cm de diamètre, parfois à peine visibles et fuligineuses, d'autres fois plus marquées et de couleur brun-foncée. La couche corticale peut aussi se fissurer sur de plus grandes surfaces, pour donner des lésions chancreuses creuses, le plus souvent humides suite à l'émission d'exsudats brunâtres (fig. 1b). Dans ces zones, à la surface de l'écorce, on trouve les fructifications du champignon, quelquefois regroupées ou disposées en rang (fig. 1e). À l'intérieur, les tissus du périderme et les premières assises du bois apparaissent brunes sur des portions plus ou moins étendues dans le sens longitudinal (fig. 1c); dans certains cas, elles peuvent même s'étendre sur toute la circonférence de l'organe atteint. Des coupes faites dans les tissus internes montrent que les vaisseaux du xylème sont envahis par les hyphes du champignon (fig. 1d), parfois rares et linéaires, parfois serrés et entrecroisés.

Compte tenu de la gravité exceptionnelle des infections observées sur les jeunes plants de chêne-liège, il a paru utile d'effectuer des recherches plus approfondies pour établir la virulence de la souche de *D. mutila* isolée. De plus, puisque le tableau symptomatologique observé dans la nature rappelle de près celui d'une trachéomycose, on a aussi recherché l'éventuelle capacité du champignon à produire en culture des métabolites phytotoxiques.

## Matériel et méthodes

### *Isolement du champignon*

Des morceaux de bois, prélevés des zones infectées du tronc et des rameaux, ont été stérilisés et ensemencés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu agar-eau. Après 4 ou 5 jours d'incubation à 25°C, des fragments des colonies fongiques qui s'étaient développées ont été transférés dans des boîtes contenant un milieu PDA puis mis en incubation dans les mêmes conditions. Le champignon a aussi été isolé par ensemencement direct sur PDA de conidies extraites des fructifications présentes dans les tissus corticaux de l'hôte.

### *Essais d'infection artificielle*

La pathogénicité de l'isolat sarde de *D. mutila* a été testée sur des plants de deux ans de chêne-liège et de chêne vert (10 sujets pour chaque espèce), cultivés en pots dans une serre thermo-conditionnée. Après incision de l'écorce à l'aide d'un bistouri stérilisé, des fragments d'une culture du champignon sur agar âgée de 10 jours ont été ensemencés dans la tige des plantes. Les portions de tige inoculées ont été protégées pendant une semaine avec du parafilm. Les plantes témoins, inoculées uniquement avec de l'agar stérile, ont été traitées de la même façon.

### *Essais de phytotoxicité*

Dans le but de déterminer et caractériser les éventuels métabolites produits en culture, le champignon a été cultivé en boîtes de Roux contenant 150 ml de milieu liquide de Czapek à pH 6. Après un mois d'incubation en conditions statiques à 25°C et à l'obscurité, on a obtenu les filtrats de culture qui ont été concentrés au vaporisateur tournant à 50°C et puis extraits avec du méthanol. Le résidu huileux obtenu à la suite de l'ultime concentration de la solution

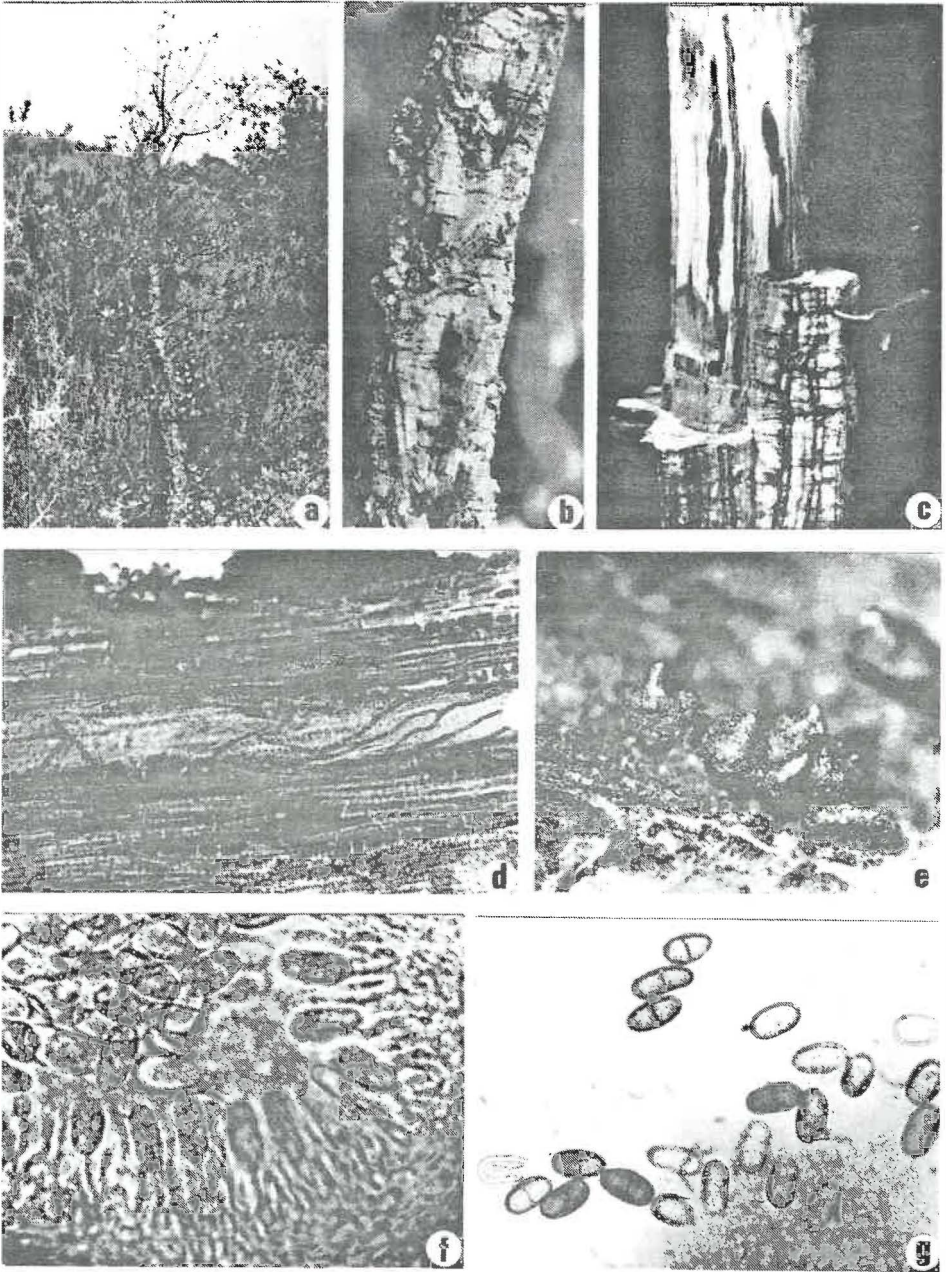


Figure 1: a) chêne-liège défolié; b) lésions nécrotiques sur le tronc; c) brunissements internes du bois; d) vaisseaux du xylème envahis par des hyphes; e) pycnides de *D. mutila*; f) couche conidiogène à l'intérieur du pycnide; g) macroconidies de *D. mutila*.

dans le méthanol, a été purifié sur une colonne de gel de silice et par HPLC semi-préparative. Toutes les fractions obtenues ont été analysées par TLC et les taches ont été détectées par exposition aux ultra-violettes et/ou par traitement avec du permanganate de potassium.

L'activité phytotoxique des filtrats de culture, des extraits organiques et des fractions obtenues au cours du procédé de purification a été évaluée sur des germes de tomate, selon la technique rapportée par Altomare & Bottalico (1992). La phytotoxicité des filtrats de culture a été testée aussi sur des plants coupés de tomate de 21 jours. Les symptômes ont été relevés après avoir plongé les coupes dans l'eau distillée, puis dans les filtrats et de nouveau dans l'eau distillée, et ceci toutes les 24 heures.

## Résultats

### *Caractères morphologiques et identification du champignon*

Les pycnides présents sur les zones corticales infectées sont de couleur noires, uniloculaires, globulaires et munies d'un col court à ostiole papillé. À l'intérieur, sur des conidiophores cylindriques se trouvent des conidies ellipsoïdales à paroi épaisse, d'abord hyalines, unicellulaires et guttulées, puis foncées et avec une cloison médiane; mesurant 23,5-33 x 9,5-15  $\mu\text{m}$  (fig. 1f et 1g). À côté, d'autres fructifications semblables contiennent des microconidies hyalines, ellipsoïdales et unicellulaires, de 3-5 x 0,5-1,5  $\mu\text{m}$ . Les macro- et les microconidies sont parfois contenues dans un même pycnide.

Les isolements du champignon des tissus du xylème et des pycnides produisent sur PDA des colonies semblables, caractérisées par une rapide croissance radiale (9-10 mm par jour), un aspect cotonneux, une couleur d'abord blanchâtre, puis grise et toujours plus foncée, et par la formation de nombreux pycnides après environ 20 jours d'incubation.

Bien que nous n'ayons pas trouvé la forme parfaite du champignon, une bonne correspondance entre les caractères décrits ci-dessus et ceux de la littérature (Shoemaker, 1964; Vajna, 1986; Ragazzi & Mesturino, 1987; Luque & Girbal, 1989; Luisi et al., 1993) permettent d'assimiler à *D. mutila* le mycète isolé des jeunes chênes-lièges dépérissants de Sardaigne. L'identification a par ailleurs été confirmée par l'International Mycological Institute de Egham (Grande Bretagne).

### *Essais de pathogénicité*

Tous les plants de chêne-liège et de chêne vert inoculés ont été infectés par le champignon. En deux semaines, des lésions creuses se forment sur la tige près du point d'inoculation, et après 3-4 semaines apparaissent les premiers symptômes de flétrissement sur les extrémités apicales des rameaux (fig. 2a). Au cours du mois suivant, on assiste au dessèchement progressif de toute la partie aérienne au-dessus du point d'inoculation et quelquefois à l'émission de nouvelles pousses au-dessous. Le champignon a pu être aisément isolé une nouvelle fois à partir de sections de tige pratiquées jusqu'à 2 cm au-dessus du point d'inoculation.

### *Activité phytotoxique*

Le filtrat de culture du champignon a montré une phytotoxicité beaucoup élevée: sur les plants coupés de tomate, il a provoqué un jaunissement et un flétrissement progressif des feuilles (fig. 2b). Dans les essais avec les germes de tomate, le filtrat comme l'extrait organique ont provoqué l'arrêt de l'élongation des radicelles et leur nécrose (fig. 2c).

La purification des extraits a permis de mettre en évidence trois groupes de fractions homogènes et actives, dont les polarités sont très différentes. La purification ultérieure de la fraction la plus polaire a permis d'obtenir une substance dont la toxicité a provoqué une

inhibition presque totale de l'élongation des radicelles de germes de tomate (fig. 2d). Son poids moléculaire, déterminé par spectrométrie FAB/MS, est égal à 311 uma, en accord avec la formule brute  $C_{17}H_{27}O_3S$ . Des recherches spectroscopiques sont en cours afin d'établir la structure de cette molécule.

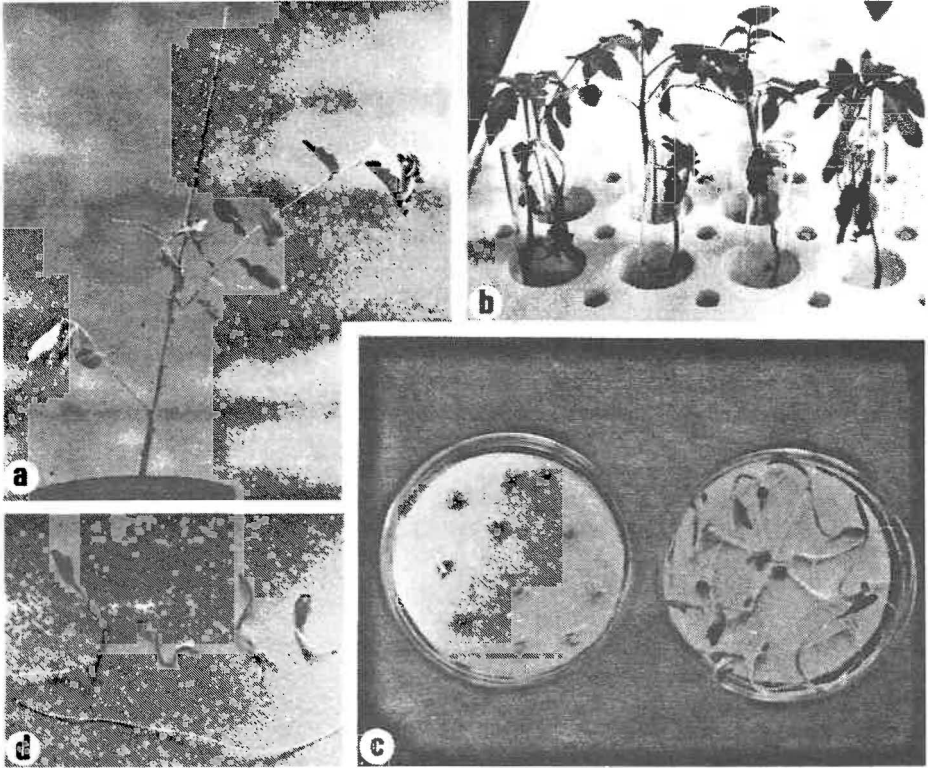


Figure 2: a) plant de chêne-liège infecté artificiellement; b) effet toxique du filtrat de culture de *D. mutila* sur plants coupés de tomate (témoins en arrière-plan); c) effet toxique du filtrat de culture et de l'extrait organique sur germes de tomate (témoins à droite); d) effet toxique de la substance purifiée de *D. mutila* sur germes de tomate (témoins à gauche).

## Discussion

Les résultats des essais d'infection artificielle montrent clairement la forte virulence de la souche de *D. mutila* isolée de *Q. suber* en Sardaigne. Les symptômes sont typiques d'une trachéomycose et concordent avec ceux obtenus expérimentalement par d'autres auteurs avec des isolats provenant de différentes espèces de *Quercus* (Vajna, 1986; Luque & Girbal, 1989; Ragazzi et al., 1991; Luisi et al., 1993; Bakry & Abourouh, 1995). Le tableau symptomatologique des plants infectés dans la nature rappelle celui d'une maladie vasculaire.

Par rapport aux phénomènes de dépérissement des chênes, *D. mutila* est considéré depuis longtemps comme un parasite endophytique opportuniste, c'est à dire capable d'exprimer sa pathogénicité seulement lorsque les plantes végètent en condition de stress. De fait, des infections mortelles causées par le champignon ont été trouvées en Sardaigne au cours d'années particulièrement sèches sur des arbres qui avaient subi de très graves défoliations par les insectes ou qui avaient été déliégés. Tout cela a altéré sensiblement l'état physiologique des arbres, baissé leur seuil de stress et les a prédisposés à une colonisation rapide par le champignon. Toutefois, le fait qu'il se montre très virulent même sur des jeunes plants n'ayant jamais été déliégés, confirme d'une part la capacité du champignon à pénétrer dans le tronc par des blessures ou par des solutions de continuité de l'écorce, et pourrait indiquer d'autre part que c'est son activité pathogénique qui rend les plantes plus sensibles aux effets négatifs d'autres facteurs adverses comme la sécheresse, et non le contraire. Il est vraisemblable, en effet, que les altérations vasculaires causées par le champignon compromettent la capacité des plantes à utiliser les maigres ressources hydriques du sol, qui sinon seraient suffisantes pour assurer leur survie.

En ce qui concerne les mécanismes de pathogénicité, d'autres auteurs ont établi que le *Diplodia* est capable de dégrader par voie enzymatique les parois cellulaires des tissus du xylème; de sorte que les gels pectiques qui se forment obstruent les vaisseaux et altèrent leur caractère fonctionnel (Muñoz Lopez et al., 1992).

De notre côté, nous avons voulu approfondir les recherches sur l'activité toxique du champignon. L'activité phytotoxique d'isolats de *D. mutila* d'autres espèces de chênes est de fait bien connue (Lerario et al., 1993 ; Luisi et al., 1996); on connaît déjà deux métabolites phytotoxiques - identifiés comme des sphéropsidines - produits par des isolats du même champignon provenant non seulement de chênes mais aussi d'autres plantes-hôtes (Sparapano et al., 1996; Evidente et al., 1997; Frisullo et al., 1997). Les recherches, encore préliminaires, nous ont permis d'obtenir une substance ayant une activité biologique remarquable, qui par sa polarité élevée et par la présence de soufre dans sa molécule se différencie des principes phytotoxiques déjà rapportés pour d'autres isolats du champignon.

La définition de la structure moléculaire du métabolite mis en évidence et sa production sous forme purifiée constitueront la base de recherches ultérieures visant à préciser non seulement le rôle effectif du pathogène sur les phénomènes de dépérissement des arbres, mais aussi la nature exacte des rapports qu'un champignon à habitus endophytique instaure avec son hôte.

## Remerciements

Recherche effectuée avec une contribution financière du M.U.R.S.T. (40%) et de la Regione Autonoma della Sardegna.

## Références

- Altomare, C. & Bottalico, A. 1992: A toxicological approach to the biocontrol of plant pathogens by *Trichoderma*. Bull. OILB/SROP 15: 88-90.
- Bakry, M. & Abourouh, M. 1995: Dépérissement du chêne-liège au Maroc: état des connaissances et perspectives. Bull. OILB/SROP 18: 50-55.
- Evidente, A., Sparapano, L., Fierro, O., Bruno, G., Giordano, F. & Motta, A. 1997: Sphaeropsidins B and C, phytotoxic pimarane diterpenes from *Sphaeropsis sapinea* f.sp. *cupressi* and *Diplodia mutila*. Phytochemistry 45: 705-713.

- Fonseca, N. 1991: Seca dos ramos ("Dieback") em sobreiro e azinheira. Notícia da *Botryosphaeria stevensii* como agente responsável. Floresta e Ambiente 12: 27.
- Frisullo, S., Bruno, G., Lops, F. & Sparapano, L. 1997: Morphological, physiological and pathogenic studies on *Sphaeropsis sapinea*, *Sphaeropsis sapinea* f.sp. *cupressi* and *Diplodia mutila*. Proc. 10th Congr. Mediterranean Phytopathological Union, Montpellier - Le Corum 1-5 June 1997: 201-205.
- Granata, G. & Agosteo, G.E. 1991: Funghi associati a deperimenti di piante del genere *Quercus* in Sicilia e Calabria. Atti Convegno "Problematiche fitopatologiche del genere *Quercus* in Italia", Firenze, 19-20 novembre 1990: 95-98.
- Lerario, P., Manicone, R.P. & Luisi, N. 1993: Preliminary results on the phytotoxic activity of culture filtrates of *Diplodia mutila* isolated from declining oaks. In: "Recent advances in studies on oak decline", eds. Luisi, Lerario and Vannini: 477-483.
- Luisi, N., Lerario, P. & Bianco, M.C. 1996: *Botryosphaeria stevensii*: patogenicità su querce e sua attività fitotossica. L'Italia Forestale e Montana 4: 250-263.
- Luisi, N. & Manicone, R.P. 1991: Aspetti epidemiologici di micromiceti associati al deperimento di querceti nell'Italia meridionale. Atti Convegno "Problematiche fitopatologiche del genere *Quercus* in Italia", Firenze, 19-20 novembre 1990: 110-121.
- Luisi, N., Manicone, R.P., Sicoli, G. & Lerario, P. 1993: Pathogenicity tests of fungi associated with oak decline on *Quercus* spp. seedlings grown at different water regimes. In: "Recent advances in studies on oak decline", eds. Luisi, Lerario and Vannini: 85-93.
- Luque, J. & Girbal, J. 1989: Dieback of cork oak (*Quercus suber*) in Catalonia (NE Spain) caused by *Botryosphaeria stevensii*. Eur. J. For. Path. 19: 7-13.
- Marras, F., Franceschini, A., Maddau, L., Vagnoni, V., Angiolino, C., Sirigu, M.T. & Loche, P. 1993: Notes on cork oak decline in Sardinia (Italy). Occurrence and role of fungal pathogens. Proc. 6th Int. Congr. Plant Pathol., Montreal, July 28-August 6, 1993: 120.
- Muñoz López, M.C., Cobos Suarez, P. & Martinez Saavedra, G. 1992: La traqueomicosis de *Diplodia* sp. sobre *Quercus* sp. Bol. San. Veg. Plagas 18: 641-657.
- Muñoz López, M.C., Cobos Suarez, P., Martinez Saavedra, G., Soldevilla Puga, C. & Díaz Llorente, M. 1996: Micoflora y patología del alcornoque (*Quercus suber* L.). M.A.P.A., Madrid, 328 pp.
- Ragazzi, A., Dellavalle, I., Moricca, S. & Vagniluca S., 1991: Patogenicità di *Diplodia mutila* su varie specie di quercia di differente età. Atti Convegno "Problematiche fitopatologiche del genere *Quercus* in Italia", Firenze, 19-20 novembre 1990: 367-372.
- Ragazzi, A. & Mesturino, L. 1987: *Diplodia mutila* in Italia: associata al "deperimento della quercia"? L'Italia Forestale e Montana 4: 264-274.
- Shoemaker, R.A. 1964: Conidial states of some *Botryosphaeria* species on *Vitis* and *Quercus*. Can. J. Botany 42: 1297-1301.
- Sparapano, L., Evidente, A., Frisullo, S., Fierro, O. & Bruno, G. 1996: Funghi tossigeni agenti di "cancro" di piante legnose. 9th Meet. "Aspetti molecolari e fisiologici delle interazioni pianta-patogeno", Ragusa 31/5-1/6 1996 (abstr.): 37.
- Vajna, L. 1986: Branch canker and dieback of sessil oak (*Quercus petraea*) in Hungary caused by *Diplodia mutila*. Eur. J. For. Path. 16: 223-229.

### Observations on *Diplodia mutila*, cork oak pathogen in Sardinia (Italy)

**Abstract:** *Diplodia mutila* (Fr.) Mont. (telomorph *Botryosphaeria stevensii* Shoem.) is an endophytic fungus frequently isolated from declining oak trees in the Mediterranean countries. Being generally a secondary or opportunist parasite, it contributes with other adverse factors to cause their progressive decline: but in the cork oak, and chiefly in adult trees after cork extraction, the infections may become a deciding factor in the irreversible worsening of the host decline.

Lethal attacks of *D. mutila* have been found in Sardinia even in very young cork oak plants. Affected ones show the top partially or entirely dried up. Necrotic areas, sometimes scarcely apparent and sooty, or sunken like canker lesions, but mostly humid, are present on the trunk and main branches. Under those areas inner tissues appear brown, and vascular bundles are invaded by fungal hyphae. Despite the sprouting of new shoots at the base or along the trunk, the plants die within one or two vegetative seasons.

*D. mutila* is easily isolated from infected tissues and from pycnidia formed on necrotic areas. Its pathogenicity has been demonstrated by inoculating culture mycelium into the stem of holm and cork oak seedlings: at first it causes collapse and browning of cortical tissues around the inoculum point, then wilting and drying up of the whole upper aerial part. Infected plants die or sprout below the inoculum wound.

As to the pathogenicity mechanisms, the studies concerning phytotoxic activity of the Sardinian isolate of *D. mutila* show the capacity to produce several bioactive metabolites in culture; among these, after purification only three fractions, homogenous, active and with a very different polarity have been obtained up to date. The most polar, further purified by silica-gel column, shows a molecular weight of 311 amu, in accordance to an empirical formula  $C_{17}H_{27}O_3S$ . As far as we know, this metabolite is different from the phytotoxic principles to date reported for other isolates of the same fungus.

**Key words:** cork oak, decline, *Diplodia mutila*, phytotoxins.



## Contribution à l'étude ultrastructurale du *Diplodia mutila* (Fri.) Mont. impliqué dans le processus de dépérissement du chêne-liège *Quercus suber* L., au Maroc.

Naïma El Badri, Michel Abadie

Ecole Pratique et Hautes Etudes (EPHE). Laboratoire de Cryptogamie Ultrastructurale au Muséum National d'Histoire Naturelle. 12, rue Buffon. 75005 Paris (France). e-mail : mabadie@mnhn.fr

**Résumé:** Le dépérissement du chêne-liège touche au Maroc l'ensemble des subéraies de plaine et de montagne. Il se caractérise par l'absence quasi totale de régénération naturelle et par un affaiblissement et une mortalité croissante des arbres, en particulier du fait de l'action de champignons parasites. L'un des plus communs, *Diplodia mutila* (Fri.) Mont. (groupe des Coelomycètes), est responsable de dessèchements et de chancres du tronc et des branches.

Une étude a été menée au laboratoire sur la pycnidioogénèse et la pycnidiosporogénèse au moyen de la microscopie électronique par transmission et à balayage. En permettant d'accéder à une connaissance plus approfondie du parasite en tant que tel et d'étudier expérimentalement la dynamique de son développement sur la plante-hôte, cette étude s'inscrit pleinement dans le cadre des recherches mises en œuvre en vue d'une meilleure protection des subéraies.

**Mots clés:** ultrastructure, maladies, *Diplodia mutila*, *Quercus suber* L., dépérissement.

### Introduction

Les forêts méditerranéennes de chêne-liège sont en voie de régression continue (Becker & Levay, 1982; Delatour, 1983; Buffet, 1983; Guillaumin et al., 1985). Au Maroc, la forêt de la Mamora, considérée comme la plus vaste subéraie du pays (et du monde), est menacée de disparition. On y observe l'absence totale de régénération naturelle et un important dépérissement qui conduit à la mort de nombreux arbres. Les causes de ce phénomène, complexes et multiples, sont le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs aussi bien abiotiques que biotiques. D'un côté, les conditions climatiques locales, déjà extrêmes pour le chêne-liège, évoluent vers une sécheresse accrue. De l'autre, le sol, essentiellement sableux, ne permet pas une bonne rétention de l'eau. Quant à la politique d'aménagement, elle est loin d'être parfaite : surexploitation, démasclage, incendies, surpâturage, etc., sont autant de facteurs qui accentuent le dépérissement de la forêt. En ce qui concerne le facteur biotique, on note principalement l'action d'insectes ravageurs et celle de champignons pathogènes (Fraval & Villemant, 1997).

A l'exception de quelques stations protégées, dotées de beaux spécimens vigoureux, on rencontre partout en forêt des chênes-lièges complètement défoliés, au tronc éclaté et aux pousses périphériques desséchées. Les jeunes plants des parcelles de régénération sont souvent réduits à des pousses naines dont le bourgeon apical ne s'est pas individualisé. Les premiers cas de dépérissement de chênes en Mamora ont été signalés dans les années 30, avec l'attaque du champignon parasite *Hypoxylon mediterraneum* (Dntrs.) Ces. & Dntrs, grand ennemi de la chênaie méditerranéenne. Ce parasite frappe les arbres de tout âge et de tout état

menaçant par là même l'existence de la forêt (Malençon & Marion, 1952). Par ailleurs, l'action des insectes ravageurs se fait fortement sentir. Le plus actif d'entre eux est *Lymantria dispar* L., dont les importantes défoliations sont signalées dès cette époque (Lépiney, 1927). Les arbres affaiblis par ces deux ravageurs, subissent l'attaque de champignons parasites secondaires dont les dégâts conduisent la forêt à un dépérissement irréversible. En forêt de la Mamora, l'un de ces parasites secondaires est le champignon *Diplodia mutila* (Fri.) Mont., qui a fait l'objet de cette étude. Il appartient au groupe des Coelomycètes; sa forme sexuée est *Botryosphaeria stevensii* (Shoemaker, 1964). Ce parasite, commun dans cette forêt (Bakry & Abourouh, 1995) est signalé dans d'autres subéraies européennes (Marras et al., 1995 ; Santos, 1995). Il est doté d'un grand pouvoir pathogène, provoquant un dessèchement des rameaux et des chancres sur les troncs.

Nos observations aux microscopes à transmission (MET) et à balayage (MEB), nous ont permis de mieux connaître la biologie de ce champignon et plus particulièrement le déroulement de sa pycnosporogénèse et de sa pycnidiogénèse. La relation spécifique qu'il instaure avec sa plante-hôte et son mode de développement au sein des tissus-hôtes ont été également étudiés.

## Matériel et méthodes

Le matériel provient de pustules de rameaux de chêne-liège infesté récoltés en forêt de la Mamora (région de Rabat). Les pustules prélevées sur les rameaux sont découpées en petits morceaux d'environ 1 mm<sup>2</sup>. Les échantillons sont hydratés en saïères dans un liquide physiologique et débarrassés des bulles d'air captives en surface. Ils sont ensuite plongés dans un mélange fixateur à base de glutaraldéhyde (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) à deux concentrations différentes (2,5% et 6%) ou de permanganate (KMnO<sub>4</sub>) à 1%. Dans le même temps, on opère un dégazage complet au moyen d'une pompe à vide. Après trois heures de fixation à température ambiante (20°C), les échantillons sont lavés avec un tampon cacodylate 0,1 M à pH 7,2. La postfixation à l'acide osmique (OsO<sub>4</sub>) est effectuée à 4°C pendant 18 heures suivie de deux lavages rapides au tampon cacodylate 0,1 M à pH 7,2.

Le matériel est ensuite déshydraté dans la série des alcools, puis passé dans l'oxyde de propylène avant d'être inclus dans des bains de résine (Agar ou Spurr). L'inclusion se fait à deux températures successives: 45°C pendant une heure et 68°C pendant 36 heures. Seules les coupes de couleur gris-argent (entre 600Å et 800Å d'épaisseur) sont récupérées sur des grilles en or ou en cuivre avec ou sans support de collodion. Les coupes sont ensuite traitées par des contrastants. On utilise en général successivement l'acétate d'uranyle et le citrate de plomb ultrabasique (Reynolds, 1963). Les grossissements directs normalement utilisés avec le microscope HITACHI HU11EF du laboratoire sont compris entre x 7000 et x 60 000, sous des tensions de 75 kV et 100 kV.

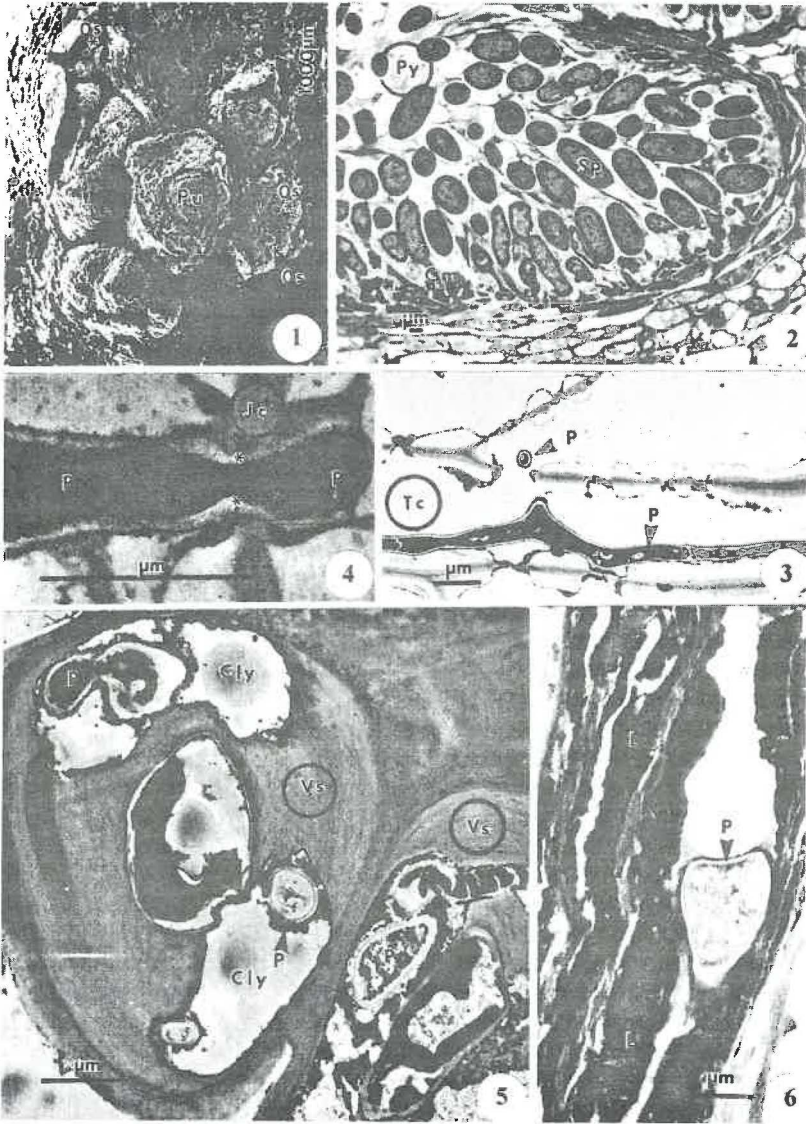
## Résultats et discussion

Le champignon se présente sur le bois sous forme de plaques surélevées (pustules) pouvant contenir une ou plusieurs pycnides noires charbonneuses, épaisses et dures, légèrement bombées et au contour arrondi ou piriforme ; elles sont de dimension variable selon le stade de développement, libres ou nombreuses et serrées les unes contre les autres. D'abord sous-corticales puis érupantes, elles s'ouvrent à maturité sous l'effet de la pression corticale faisant naître des fissures; les conidies de chaque pycnide sont alors libérées à travers un ostiole unique central circulaire, en forme de papille (fig. 1).

Une coupe longitudinale au niveau de la pycnide et passant par l'ostiole montre la présence d'une couche externe dure de cellules protectrices superficielles pseudoparenchymateuses, sous laquelle se trouve une assise de cellules génératrices de cellules mères de spores. A partir de cette assise se différencient les hyphes générateurs de conidiophores qui baignent dans un mucus épais au sein duquel mûrissent les spores. L'ensemble s'ouvre à l'extérieur par un ostiole bordé vers l'intérieur par un bouchon de cellules productrices de mucus. Les loges des pycnides sont séparées par une fine cloison longitudinale. Les sporophores hyalins, courts, septés à la base et au sommet, sont formés à partir de la couche de cellules de la paroi pycnidiale (fig. 2). La conidiogénèse est de type holoblastique (Sutton, 1980): une cellule mère donne naissance à une seule spore. Les jeunes spores sont elliptiques à ovoïdes, hyalines, unicellulaires, aseptées et à paroi lisse assez épaisse. A maturation, les spores hyalines se cloisonnent en deux, la paroi se charge de pigments bruns et présente une surface échinulée et irrégulièrement plissée.

L'observation au MET de jeunes rameaux printaniers en formation montre la présence du champignon parasite au sein des différents tissus de l'hôte, notamment au niveau des vaisseaux de soutien (fig. 3), des fibres lisses, des vaisseaux criblés et du phelloderme. On le distingue particulièrement bien au niveau des jonctions cellulaires où il s'attaque aux lamelles moyennes et aux formations callosiques (fig. 4). Il présente une activité lytique puissante qui lui permet de dégrader progressivement ces composés et, par voie de conséquence, de s'ouvrir d'un tissu à l'autre un passage favorisant sa propagation dans toutes les structures (fig. 5). Les hyphes mycéliennes évoluent en puisant dans la matière organique élaborée et transportée par les vaisseaux conducteurs. L'invasion des cellules du liège par ces hyphes aboutit à la phase de dissémination du champignon par formation de pycnides productrices de pycnospores (fig. 6). La plante-hôte réagit cependant à cette invasion en produisant des substances phénoliques qui s'accumulent en masse au voisinage des zones de progression du parasite ; ces observations donnent à penser que *Diplodia mutila* émet des substances toxiques lysogènes dont il serait souhaitable de connaître la nature chimique exacte (Evidente et al., 1997).

Cette étude montre clairement que le développement du *Diplodia mutila* à l'intérieur des tissus de *Quercus suber* L. est de type systémique. Bien que cette essence soit naturellement résistante aux maladies, l'état critique actuel de l'ensemble de la forêt de la Mamora contribue à rendre les chênes-lièges particulièrement sensibles aux ravageurs de faiblesse. C'est ainsi que *Diplodia mutila*, parasite secondaire, est devenu l'un des plus sérieux ennemis de la subéraie, en particulier du fait de sa grande virulence et des dommages graves qu'il cause aux jeunes rameaux en formation. Ses dégâts limitent gravement la régénération et le renouvellement naturel du bois et, par voie de conséquence, la production qualitative et quantitative du liège. Le caractère d'irréversibilité de ce type de parasitisme apparaît donc comme étant particulièrement dramatique pour la survie dans un futur proche de cette subéraie.



Figures 1 à 6. Développement du parasite *Diplodia mutila* dans les tissus du chêne-liège (voir page suivante)

1: Pustules (**Pu**) de *Diplodia mutila* sur un rameau avec des ostioles (**Os**) (MEB). 2: Coupe semi-fine à l'intérieur d'une pycnide (**Py**), cellule mère de spore (**Cm**) et spores (**Sp**) en cours de maturation (microscopie photonique). 3: Présence du parasite (**P**) dans les tissus conducteurs (**Tc**) (MET). 4: Perforation d'une jonction cellulaire (**Jc**) par le parasite (**P**) (MET). 5: Cellulolyse (**Cly**) des vaisseaux de soutien (**Vs**) (MET). 6: Présence du parasite (**P**) dans les cellules du liège (**L**) (MET).

## Remerciements

Nous tenons à remercier le Centre National de la Recherche Forestière à Rabat (Maroc) en la personne de son directeur M. El Abid et de M. M. Bakry, ingénieur forestier. Nous remercions également M. G. Mascarell (MEB) et Mme M. Dumont (clichés MET et MEB) du laboratoire de Cryptogamie au MNHN de PARIS.

## Références

- Bakry, M. & Abourouh, M. 1995: Dépérissement du chêne-liège au Maroc : état des connaissances et perspectives d'intervention. IOBC wprs Bull. 18: 50-55.
- Becker, M. & Levey, G. 1982: Le dépérissement du chêne-liège en forêt de Tronçais. Les causes écologiques. Ann. Sci. For. 39: 439-444.
- Buffet, M. 1983: Le dépérissement du chêne en forêt soumise. Rev For. Fr. 35: 199-204.
- Delatour, C. 1983: Le dépérissement de chênes en Europe. Rev. For. Fr. 35 : 265-282.
- Evidente, A., Sparapano, L., Fierro, O., Bruno, G., Giordano, F. & Motta, A. 1997: Sphaeropsidins B and C, phytotoxic pimarane diterpenes from *Sphaeropsis sapinea* f. sp. *cupressi* and *Diplodia mutila* (Fri.) Mont. Phytochemistry 45: 705-713.
- Fraval, A. & Villemant, C. 1997: La Mamora et ses ennemis. Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA 15: 133-146.
- Guillaumin, J. J., Bernard, Ch., Delatour, C. & Belgrand, M. 1985: Contribution à l'étude du dépérissement du chêne : pathologie racinaire en forêt de Tronçais. Ann. Sci. For. 42: 1-22.
- Lepiney, J. de 1927: Les insectes nuisibles du chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc). Ann. Epiphyt., Paris 13: 145-174.
- Malençon, G. & Marion, J. 1952: *L'Hypoxylon mediterraneum* (Dntrs.) Ces. & Dntrs. et son comportement épiphytique dans les chênaies nord-africaines. Rev. Mycol., Paris 17: 49-73.
- Marras, F., Franceschini, A. & Maddau, L. 1995: Les principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). IOBC wprs Bull. 18: 8-13.
- Reynolds, E. S. 1963: The use of lead citrate at high pH as an electron opaque stain in electron microscopy. J. Cell. Biol. 17: 208-212.
- Santos, M. N. S. 1995: Phytopathological situation of cork-oak (*Quercus suber* L. ) in Portugal. IOBC wprs Bull. 18: 38-42.
- Shoemaker, R. A. 1964: Conidial states of some *Botryosphaeria* species on *Vitis* and *Quercus*. Canad. J. Bot. 42: 1297-1302.
- Sutton, B. C. 1980: The *Coelomycetes* fungi imperfecti with pycnidia acervuli and stromata. Commonw. Mycol. Inst.: 74-78.

**Contribution to the ultrastructural study of *Diplodia mutila* (Fri.) Mont. implicated in the decline process of the cork oak *Quercus suber* L., in Morocco.**

**Abstract:** The Moroccan cork-oak decline affects both plain and mountain cork-oak forests. It is characterised by the absence of natural regeneration and by a general tree decline, due particularly to the action of parasitic fungi. One of the most common species is *Diplodia mutila* (Fri.) Mont. (group of Coelomycetes), which causes withering and cankers on trunks and branches.

The pycnidogenesis and pycnidiosporogenesis of *Diplodia mutila* was studied in the laboratory by TEM and SEM. By providing a better knowledge of this pathogen and its development dynamic on the host-plant, this study is a contribution to the research on cork-oak forest protection.

**Keys words:** ultrastructure, pathology, *Diplodia mutila* (Fri.) Mont., *Quercus suber* L., decline.

## Réaction de différentes provenances de chêne-liège à l'action pathogène de *Diplodia mutila*

Mustapha Bakry, Hassan Sbay, Mohamed Abourouh, Badr Satrani

Centre National de la Recherche Forestière. BP. 763, Agdal, Rabat, Maroc.

**Résumé:** La réponse à l'agression de l'agent pathogène *Diplodia mutila* a été testée sur 28 provenances de chêne-liège originaires de sept pays méditerranéens : Italie, France, Portugal, Espagne, Maroc, Algérie et Tunisie. Les inoculations sont réalisées par incision superficielle du bas de la tige des plants de 17 mois. Les résultats préliminaires montrent que les taux de survie entre les différentes provenances diffèrent significativement. Trois provenances de la Péninsule Ibérique à savoir « La Almoraima » et « Sierra Occidental » de l'Espagne et « Alcacer do Sol » du Portugal se sont montrées particulièrement résistantes. Les provenances les plus sensibles révélées par cette expérimentation sont : la provenance française « Le Rimbaut, Provence », une espagnole « Cataluna Littoral » et une tunisienne « Fernana ». Les provenances marocaines de plaine se sont montrées plus résistantes que celles d'altitude. De même parmi les 4 provenances italiennes, « Brindisi » apparaît comme la plus résistante à la maladie.

**Mots clés:** chêne-liège, *Diplodia mutila*, provenances, Italie, France, Portugal, Espagne, Maroc, Algérie, Tunisie, inoculation.

### Introduction

Le chêne-liège est une essence endémique du domaine atlantique du bassin méditerranéen où il couvre une superficie d'environ 2,4 millions d'hectares (Irvin, 1991). Cette ressource naturelle d'intérêt écologique et économique mondial, serait nettement en régression eu égard à l'aggravation générale de l'état sanitaire de ses forêts, provoquée par les perturbations intenses et continues infligées à ces écosystèmes et par l'extension du phénomène du dépérissement.

L'un des pathogènes les plus communs impliqués dans ce processus est *Diplodia mutila*. Ce champignon s'attaque à toutes les espèces du genre *Quercus*, mais c'est surtout sur *Quercus suber* qu'il cause les dégâts les plus importants dans le bassin méditerranéen. Ce pathogène est présent au Maroc dans toutes les subéraies exceptées celles de montagne (Bakry & Abourouh, 1995). Il est associé au dépérissement du chêne-liège en Italie (Ragazzi et al., 1989; Marras et al., 1995), au Portugal (Natércia Santos, 1995), en Espagne (Luque & Girbal, 1989; Munoz Lopez et al., 1992) et en France (DSF, 1991). Pour l'Algérie et la Tunisie, jusqu'à ce jour, on n'a trouvé aucune information disponible sur cette maladie.

*Diplodia mutila* provoque le chancre et le dessèchement des branches, l'altération des fruits, la nécrose des tissus sous corticaux, la régression et la transparence de la couronne. La mortalité des arbres attaqués survient au bout d'une à trois années selon l'intensité de l'infestation (Luque & Girbal, 1989). Les plants de chêne-liège inoculés artificiellement par ce pathogène flétrissent en l'espace de quelques semaines quel que soit leur régime hydrique (Luisi et al., 1993; Bakry, 1994; Bakry & Abourouh, 1996). La gravité de cette maladie réside dans la rapide dissémination aérienne des spores, l'omniprésence des infections latentes dans les écosystèmes de la subéraie, le développement endophytique du champignon et son

expression foudroyante à l'occasion de chaque affaiblissement des arbres. Les modalités d'infection par blessures superficielles rendent le chêne-liège particulièrement vulnérable à l'occasion de chaque opération de déliègeage.

Ce travail a pour objectif principal d'étudier la réaction de 28 provenances de chêne-liège à l'inoculation par ce pathogène, compte tenu de la répartition spatiale de la maladie et de l'importance des dégâts qu'elle occasionne.

## Matériel et méthode

### Matériel végétal

28 provenances de chêne-liège (tab. 1), issues de l'ensemble de l'aire de répartition de cette espèce, sont utilisées dans cette expérimentation. Les plants ont été élevés sur tourbe au Portugal, dans le cadre du projet EUFORGEN « *Quercus suber* L. ».

### Pathogène

L'isolement du pathogène *Diplodia mutila* est réalisé à partir des branches infestées récoltées en subéaraie de la Mamora, par transfert direct sur le milieu gélosé PDA, de conidies prélevées de manière aseptique à partir de pycnides disséquées.

Tableau 1. Les provenances utilisées

N°	Nom	Pays
1	Montes de Toledo-canamero	Espagne
2	Sierra Morena Oriental-Fuencaliente	
3	Sierra Morena Occidental-Jerez de los caballeros	
4	La Almoraima-Parque de los Alcornacoles	
5	Cataluna Littoral-santa coloma de Farnes	
6	Sierra de Guadarrama-El Pardo	
7	J.Alpujarras-Haza delino	
8	Le Rimbaut Provence	France
9	Puglia-Brindisi	Italie
10	Sicilia-Catania	
11	Sardegna-Cagliari	
12	Sardegna-Sassari	
13	Alcacer do sol	Portugal
14	Chamusca	
15	Ponte de Sor	
16	S Bras Alportel	
17	Evora / Azaruja	
18	Santiago de Cacem	
19	Azetao	
20	Besteiras-Sierra de San Pedro-la tojera (Commune)	Espagne + Portugal
21	Guerbes	Algérie
22	Bousafi	Maroc
23	Ain Rami	
24	Canton A et B (Maamora)	
25	Canton D – Ain johra	
26	Oulmes-Parcelle 65	
27	Makna	Tunisie
28	Fernana	



### ***Préparation de l'inoculum et technique d'inoculation***

L'inoculum végétatif est préparé sur le milieu gélosé PDA après purification des cultures pendant sept jours à la température de 24°C.

L'inoculation est faite par incision superficielle au bas de la tige. Un fragment de l'inoculum est placé sur la blessure et protégé par du papier aluminium pour éviter sa dessiccation. Les plants témoins sont incisés de la même façon et reçoivent un fragment du milieu de culture gélosé stérile.

### ***Dispositif expérimental***

L'expérimentation a été conduite dans la pépinière expérimentale du CNRF à Rabat selon un dispositif en blocs complets aléatoires avec cinq répétitions et cinq plants par parcelle unitaire.

Les plants ont été directement placés dans les planches de la pépinière. L'inoculation a eu lieu un mois plus tard (soit 17 mois après le semis). Un arrosage quotidien a été effectué tous les soirs pendant toute la durée de l'expérimentation.

### ***Paramètres mesurés et traitement des données***

La hauteur et le diamètre au collet des plants ont été mesurés trois fois : avant inoculation, un mois et deux mois après inoculation. L'état sanitaire des plants et l'apparition de rejets ont été notés deux fois par semaine. L'état des plants a été apprécié en fonction de l'évolution des symptômes sur la partie aérienne de la plante selon les 4 classes suivantes:

- (1) plants sains sans symptômes apparents;
- (2) mortalité de quelques branches basses près du point d'inoculation;
- (3) dessèchement plus au moins généralisé du plant avec un feuillage vert-jaunâtre;
- (4) dessèchement total du plant et brunissement du feuillage.

Le contrôle des inoculations et le réisolement du pathogène ont été opérés sur un échantillon de 29 plants pris au hasard dans chaque bloc. Le traitement des données a été effectué à l'aide du logiciel statistique GENSTAT.

### **Résultats et discussion**

Les essais de réisolement du pathogène se sont avérés positifs sur les échantillons analysés. Un développement important de pycnides noires a été constaté sur les plants morts. Les blessures des plants témoins se sont cicatrisées et la culture de leur tissu a donné des résultats négatifs.

Les données concernant l'évolution des symptômes aériens seront publiées ultérieurement. A ce stade de l'expérimentation (plants âgés de 19 mois) l'analyse de la variance pour les paramètres « accroissement du diamètre au collet » et « émission de rejets » n'a pas montré de différences significatives entre les différentes provenances. Les différences observées sur l'ensemble des 28 provenances sont par contre hautement significatives ( $p < 0,001$ ) pour les taux de survie (% de plants de classe 4) et l'accroissement en hauteur (tab. 2). Le taux de survie des témoins est de 100%.

Tableau 2. Analyse de la variance des différents paramètres mesurés sur les 28 provenances de chêne-liège inoculées avec *Diplodia mutila* (\*\*\*) :  $p < 0,001$ )

Paramètres	Taux de survie	Accroissement en hauteur	Accroissement en diamètre	Rejet
F	2,43***	2,47***	1,53	1,53
Moy. générale	55,7	3,19	3,16	93,38

Il a été donc possible de distinguer aisément quatre groupes de provenances (tab. 3).

- des provenances pouvant être classées comme résistantes et dont le taux de survie est supérieur à 75%
- des provenances tolérantes aux taux de survie compris entre 60 et 72%;
- des provenances à faible résistance dont le taux de survie est compris entre 40 et 56%;
- des provenances sensibles dont le taux de survie ne dépasse pas 32%.

Les résultats à ce stade de l'expérimentation montrent qu'il y a des différences significatives dans la réponse des provenances de chêne-liège à l'action pathogène de *Diplodia mutila*.

Luisi et al. (1993) ont montré par inoculation artificielle de 3 espèces de chênes, à savoir *Q. cerris*, *Q. pubescens* et *Q. trojana*, que *Diplodia mutila* possède un grand pouvoir pathogène, qui n'est influencé ni par le régime hydrique des plants ni par l'espèce du végétal-hôte. Ce travail a permis de mettre en évidence la grande variabilité intraspécifique de *Q. suber* au niveau de la résistance à ce champignon pathogène, ce qui ouvre la voie aux recherches en matière de sélection.

Les premiers traitements de données relatifs au taux de survie ont mis en évidence la supériorité de trois provenances appartenant toutes à la péninsule Ibérique à savoir : « La Almoraima- Parque de los Alcornacoles » et « Sierra Morena Occidental-Jerez de los Caballeros » pour l'Espagne et « Alcacer do Sol » pour le Portugal. Le taux de survie moyen de ces trois provenances dépassait 77% deux mois après l'inoculation.

Les provenances française « Le Rimbaut Provence » et espagnole « Catalunâ Litoral-Santa Coloma de Farnes » se sont montrées particulièrement sensibles à ce pathogène. Leur taux de mortalité a atteint 72% deux mois après inoculation. La provenance tunisienne « Fernana » peut être considérée dans ce test comme sensible avec un taux de survie de 32% pour la même période d'expérimentation. Les trois provenances marocaines de plaine à savoir : « Canton A et B », « Aïn Johra Canton D (Mamora) » et « Boussafi (Larache) », avec des taux de survie respectifs de 64, 64 et 60%, ont montré des résistances supérieures aux provenances d'altitude (« Aïn Rami » des montagnes du Rif et « Oulmes » du plateau central) dont les taux de survie respectifs sont de 52 et 48%.

Tableau 3. Taux de survie des plants de chêne-liège inoculés avec *Diplodia mutila* en fonction de leur provenance

N°	Provenances	Pays	Taux de survie
<b>Provenances résistantes</b>			
4	La Almoraima-Parque de los Alcornacoles	Espagne	80
3	Sierra Morena Occid.-Jerez de los Caballeros	Espagne	76
13	Alcacer do Sol	Portugal	76
<b>Provenances tolérantes</b>			
19	Azetao	Portugal	72
18	Santiago de Cacem	Portugal	68
6	Sierra de Guadarrama-El Pardo	Espagne	64
24	Mamora canton A et B	Maroc	64
25	Ain Johra canton D	Maroc	64
7	J. Alpujarras-Haza de Lino	Espagne	60
17	Evora/Azarujá	Portugal	60
22	Boussafi	Maroc	60
9	Puglia-Brindisi	Italie	60
<b>Provenances à faible résistance</b>			
10	Sicilia-Catania	Italie	56
12	Sardegna-Sassari	Italie	56
20	Besteiras-Sierra de San Pedro-La Tojera	Espagne et Portugal	52
1	Montes de Toledo-Canamero	Espagne	52
23	Ain Rami	Maroc	52
11	Sardegna-Cagliari	Italie	48
26	Oulmes-Parcelle 65	Maroc	48
16	S. Bras de Alportel	Espagne	48
15	Ponte de Sor	Portugal	48
21	Guerbes	Algerie	44
14	Chamusca	Portugal	40
2	Sierra Morena Oriental-Fuencaliente	Espagne	40
27	Mekna	Tunisie	40
<b>Provenances sensibles</b>			
28	Fernana	Tunisie	32
8	Le Rimbaut Provence	France	28
5	Catalunã Litoral-Santa Coloma de Farnes	Espagne	28

## Conclusion

Cette étude préliminaire montre l'intérêt de s'orienter vers la recherche de provenances de chêne-liège résistantes aux maladies.

Les résultats à ce stade pourront d'ores et déjà servir à définir des stratégies de sélection et de protection des ressources génétiques de l'espèce à l'échelle de la Méditerranée occidentale, seule région productrice de liège dans le monde. Les recherches doivent toutefois se poursuivre pour affiner les résultats obtenus. Il est nécessaire d'explorer l'ensemble de l'aire naturelle de cette essence, de standardiser les techniques et les méthodes dans les sept

pays subéricoles du bassin méditerranéen en vue de bien appréhender ce phénomène et de participer ainsi à la conservation des ressources génétiques du chêne-liège.

## Références

- Bakry, M., 1994: Dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) au Maroc : Symptômes et champignons pathogènes. Mémoire de 3ème cycle. Ecole Nationale forestière d'Ingénieurs, Salé, 136 p.
- Bakry, M. & Abourouh, M. 1995: Dépérissement du chêne-liège au Maroc : Etat des connaissances et perspective. IOBC wprs Bull. 18: 50-55.
- Bakry, M. et Abourouh, M. 1996: Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc. 29: 24-39.
- DSF Sud-Est 1991: Le dépérissement du chêne-liège. Bull. Doc Forêt méditerr. Incendie, Informations D.F.C.I. 22 : 1-3.
- Irvin, R. 1991: Le chêne-liège se meurt. Cèrès 127: 37-42.
- Luisi, N., Manicone, R. P. Sicoli, & G. Lerario, P. 1993: Pathogenicity tests of fungi associated with oak decline on *Quercus* spp. Seedlings grown at different water regimes; In: Recent advances in studies on oak decline, eds Luisi, Lerario and Vannini, Proceedings of an international congress (Brindisi), Italy, September 13-18: 85 - 93.
- Luque, J. & Girbal, J. 1989: Dieback of cork oak (*Quercus suber*) in Catalonia (NE Spain) caused by *Botryosphaeria stevensii*. Eur. J. For. Path. 19: 7-13.
- Marras, F., Franceschini, A. & Maddau, L. 1995: Les principales maladies de chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). IOBC wprs Bull. 18: 8-13
- Munoz Lopez, M. C., Cobos Suarez, P. & Martinez Saavedra, G. 1992: La traqueomicosis de *Diplodia* sp. sobre *Quercus* sp. Bol. San. Veg. Plagas, 18: 641-657.
- Natercia Santos, M. 1995. Phytopathological situation of cork oak (*Quercus suber* L.) in Portugal. IOBC wprs Bull. 18:38-42.
- Ragazzi, A., Dellavalle Fedi, I. & Mesturino L. 1989: The oak decline: a new problem in Italy. Eur. J. For. Path. 19: 105-110.

## Screening of different cork oak origins for resistance to the pathogen *Diplodia mutila*

**Abstract:** 28 origins of cork oak representing 7 Mediterranean countries: Italy, France, Portugal, Spain, Morocco, Algeria and Tunisia, were tested for resistance to the aggression of the pathogen *Diplodia mutila*. 17 month old seedlings were inoculated after a superficial incision of the low part of the stem. Preliminary results showed highly significant differences between survival rates of the different cork oak origins tested. Three Iberian origins, La Almoraima and Sierra Occidental from Spain and Alcacer do Sol from Portugal, are resistant. The most susceptible origins are Le Rimbaut Provence from France, Cataluna Litoral from Spain and Fernana from Tunisia. Moroccan Plain origins are more resistant than the mountain ones. Among the four Italian origins, Brindisi is the best with regard to the resistance to this disease.

**Key Words:** Cork oak, *Diplodia mutila*, origins, Italy, France, Portugal, Spain, Morocco, Algeria, Tunisia, inoculation.

## Mycoflora associated with cork oak (*Quercus suber* L.) in Portugal

Maria Natércia Santos, Maria Helena Machado, Maria Helena Bragança, Helena Ramos, Edmundo de Sousa, Ilídio Tomaz

*Estação Florestal Nacional, Departamento de Protecção Florestal, Quinta do Marquês, 2780 Oeiras, Portugal*

**Abstract:** Among the factors involved in cork oak mortality in the Mediterranean countries, secondary attacks by fungi have been frequently pointed out as strong contributors to this phenomenon. This paper is based on a compilation of the information concerning fungi associated with different cork oak organs. It constitutes a basis for the preparation of a document from which the mycologist can readily trace the fungi populations reported in Portuguese cork oak stands.

**Key-words:** micoflora, cork oak, Portugal

### Introduction

To attain a more precise explanation for cork oak mortality, several attempts to define the factors involved have been undertaken, mainly in Mediterranean countries, where this species is of considerable ecological, economical and social importance. Among these factors, secondary attacks by fungi have been frequently pointed out as strong contributors to this phenomenon since the end of the nineteen century.

Furthermore, a great number of parasitic, saprophytic and symbiotic fungi have been mentioned in numerous Portuguese papers over the last four decades. Accordingly, a compilation of the available information on fungus populations associated with different cork oak tree organs was conducted.

This paper constitutes the basis for the preparation of a more detailed document from which the mycologist can readily trace the fungus populations reported in Portuguese cork oak stands.

### Material and method

The data were collected in the books cited in the references as well as in papers published by several Portuguese reviews whose names are cited after the references.

### Results

#### **List of the fungi recorded on both cork oak tree organs and soil**

Alphabetical lists of the names of fungi detected on leaves, twigs, stem, branches, *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Platypodidae) galleries, cork, wood, roots and soil, are presented. In front of the names of the fungi, different number of asterisks are used to differentiate pathogenic or potential pathogenic fungi (\*) and symbiotic fungi (\*\*).

The systematic categories of the listed fungi are those accepted by the Dictionary of the Fungi, eighth edition (UK, University Press, Cambridge, 1995).

**LEAVES****Anamorph**

- Ascochyta irpina* Sacc. & Trott.  
*Cladosporium gracilis* Corda  
*Cladosporium herbarum* (Pers.: Fr.) Link.  
*Leptothyrium quercinum* (Fr.) Sacc.  
*Phyllosticta ilicicola* Pass.  
*Septoria ocellata* (Lev.) Sacc.

**Mitosporic**

- \**Oidium quercinum* (Mesn.) Thumen  
*Polychaeton quercinum* (Pers.) Kuntze

**TWIGS****Ascomycota**

- \**Botryosphaeria stevensii* Shoemaker  
 \**Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill.

**Anamorph**

- Alternaria alternata* (Fries) Keissler  
*Botrytis sylvatica* Malençon  
 \**Coryneum brachyurum* Link  
 \**Coryneum modomium* (Tull.) Griff. & Maubl.  
 \**Diplodia mutila* (Fr.: Fr.) Mont.

**Mitosporic**

- Epicoccum* sp.

**STEM AND BRANCHES****Ascomycota**

- \**Botryosphaeria berengeriana* De Not.  
 \**Botryosphaeria stevensii* Shoemaker  
*Diatrypella quercina* (Pers.: Fr.) Cooke  
 \**Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill.  
 \**Ophiostoma* sp.  
*Valsaria insitiva* (Tode: Fr.) Ces. & De Not.

**Anamorph**

- Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) Keissl.  
*Aspergillus* sp.  
 \**Botrytis sylvatica* Malençon  
 \**Coryneum brachyurum* Link  
 \**Coryneum disciforme* Kunze & Schm.  
 \**Coryneum modomium* (Sacc.) Griffon & Maubl.  
*Cytospora ceratophora* Sacc.  
*Cytospora epixyla* Sacc. & Roum.  
*Cytospora microspora* (Crd.) Rabenh.  
 \**Diplodia mutila* (Fr.: Fr.) Mont.  
 \**Endothiella gyrosa* Sacc.  
*Fusarium* sp. Link  
*Graphium* sp.  
*Graphium tectonae* Booth  
*Libertella quercina* (Sacc.) Grove  
*Paecilomyces* sp.  
*Penicillium* sp.  
*Phoma glomerata* (Cda.) Wolleuw & Hochap

**Mitosporic**

- Botryodiplodia gallea* (Schwein) Petrak & Syd.  
*Botryodiplodia ostiolata* Ell. & Ev.  
*Cephalosporium* sp.  
*Cytospora mendax* Sacc. & Roum.  
*Cytosporina quercus* Pass.  
*Trichotecium roseum* (Pers.: Fr.) Link

**GALERIES of *Platypus cylindrus* Fab.****Ascomycota**

- Ascoidea* sp.  
*Eurotium* sp.

**Anamorph**

- Aspergillus carbonarius* (Brainier) Thom.  
 \**Fusarium solani* (Mart.) Sacc.  
 \**Nodulisporium* sp.  
*Raffaella ambrosia* Arx & Henneb.  
*Trichoderma viride* Pers.: Fr.

**Mitosporic**

- Cephalosporium* sp.  
*Gliocladium roseum* Bainier  
*Gliocladium solani* (Hartig) Petch.  
*Trichothecium roseum* (Pers.: Fr.) Link

**CORK****Ascomycota**

- \**Botryosphaeria stevensii* Shoemaker

**Anamorph**

- Aspergillus niger* Tiegh.  
 \**Coryneum modomium* (Sacc.) Griff. & Maubl.  
 \**Diplodia mutila* (Fr.: Fr.) Mont.  
 \**Endothiella gyrosa* Sacc.  
*Libertella* sp.  
*Paecilomyces* sp.  
*Penicillium decumbens* Thom.  
*Penicillium frequentans* West.  
**Mitosporic**  
*Botryodiplodia ostiolata* Ell. & Ev.

**WOOD****Basidiomycetes**

- Auricularia auricularia-judae* (L.) Schroet.  
*Auricularia mesenterica* (Dicks.) Pers.  
*Clavulina cinerea* (Bull.: Fr.) Schroet.  
*Clavulina cristata* (Holmsk.: Fr.) Schroet.  
*Coniophora puteana* (Schum.: Fr.) P. Karst.  
*Coprinus micaceus* (Bull.: Fr.) Fr.  
*Corticium coeruleum* (Schrad.) Fr.  
*Corticium quercinum* (Kze.) Bres.  
 \**Daedalea quercina* (L.: Fr.) Fr.  
 \**Fistulina hepatica* (Schaeff.: Fr.) Sibth.  
 \**Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.

*Phoma quercicola* (Peck.) Sacc.  
*Gymnopilus spectabilis* (Fr.) A. H. Smith.  
*Hydnum viride* (Alb. & Schw.) Fr.  
*Hymenochaete ferruginea* (Bull.) Bres.  
*Hypholoma capnoides* (Fr.: Fr.) Kumm.  
*Hypholoma fasciculare* (Huds.: Fr.) Kumm.  
*Hypholoma sublateralium* (Fr.) Qué!.  
*Irpex decipiens* (Wild.) Sacc.  
*Irpex deformis* Fr.  
 \**Irpex pachiodon* (Pers.) Qué!.  
*Leptoporus adustus* (Willd.) Fr.  
*Leptoporus dichrous* (Fr.) Qué!.  
*Mycena pura* (Pers.: Fr.) Kumm. f. *rosea* Gill.  
*Odontia Barba -Jobis* (Bull.) Fr.  
*Odontia crustosa* Pers.  
*Odoncia transiens* Bres.  
*Polyporus floccopus* Rostk.  
*Stereum bicolor* Pers.  
*Stereum gausapantum* Fr.  
*Stereum rugosum* (Pers) Fr.  
*Trametes versicolor* (L.: Fr.) Pil.  
*Ungulina fraxinea* (Fr.) B. & G.  
*Ungulina ulmaria* (Sow.) Pat.  
*Xanthocrous cuticularis* (Bull.) Pat.  
 \**Xanthocrous hispidus* (Bull.) Pat.  
*Xilodon versiporus* (Pers.) Bond.

## ROOTS

### Ascomycota

\*\**Cenococcum geophilum* Fr.  
*Nectria* sp. Fries  
*Ophiostoma* sp. Sydow

### Oomycota

\**Phytophthora cambivora* (Petri) Buism.  
 \**Phytophthora cinnamomi* Rands.

### Anamorph

*Aspergillus* sp.

### Mitosporic

*Cephalosporium* sp.

### Basidiomycetes

\*\**Amanita caesarea* (Scop.: Fr.) Pers.  
 \*\**Amanita citrina* (Sch.) Pers.  
 \*\**Amanita citrina* (Sch.) Pers. f. *alba* Price  
*Amanita crocea* (Qué!) Melrez  
 \*\**Amanita curtipes* Gilb.  
 \*\**Amanita muscaria* (L.: Fr.) Hook.  
 \*\**Amanita pantherina* (D.C.: Fr.) Krombh.  
 \*\**Amanita phalloides* (Fr.) Link.  
 \*\**Amanita rubescens* Pers.: Fr.  
 \*\**Amanita vaginata* (Bull.: Fr.) Vitt.  
 \**Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kumm.  
*Armillaria tabescens* (Scop.) Emel.

*Ganoderma lucidum* (Curtis: Fr.) P. Karst.  
 \*\**Boletus aereus* Bull.: Fr.  
 \*\**Boletus aestivalis* (Paul.) Fr.  
 \*\**Boletus appendiculatus* Sch.  
 \*\**Boletus edulis* Bull.: Fr.  
 \*\**Boletus erythropus* Pers.: Fr.  
 \*\**Boletus mamorensis* Redevilh.  
 \*\**Boletus permagnificus* Poiles  
 \*\**Cantharellus cibarius* (Fr.: Fr.) Fr.  
*Cortinarius cinnamomeoluteus* Orton  
 \*\**Cortinarius claricolor* (Fr.) Fr.  
 \*\**Cortinarius elaticr* Fr.  
*Gyroporus castaneus* (Bull.: F.) Qué!.  
 \*\**Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Qué!.  
 \*\**Hebeloma mesophaeum* (Pers.: Fr.) Qué!.  
*Hygrophorus personii* Arnolds  
 \*\**Inocybe geophyla* (Bull.: Fr.) P. Karst.  
*Inocybe mixtilis* (Britz.) Sacc.  
 \*\**Laccaria bicolor* (Maire) Orton  
 \*\**Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Berk & Br.  
 \*\**Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr.  
 \*\**Lactarius chrysorrhoeus* (Fr.) Fr.  
*Lactarius cistophilus* Bon & Trimbach  
 \*\**Lactarius rufus* (Scop.: Fr.) Fr.  
*Lactarius subumbonatus* Lindgr.  
 \*\**Lactarius theiogalus* (Bull.: Fr.) S. F. Gray  
 \*\**Lactarius vellereus* (Fr.: Fr.) Fr.  
 \*\**Lactarius volemus* (Fr.: Fr.) Fr.  
 \*\**Morchella esculenta* (L.: Fr.) Pers.  
 \*\**Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch.  
 \*\**Rhizopogon obtectus* (Spreng.) Rausch.  
 \*\**Russula albonigra* (Kromb.) Fr.  
 \*\**Russula amoenicolor* Romagn.  
 \*\**Russula amoenolens* Romagn.  
 \*\**Russula cutefracta* Cooke  
 \*\**Russula cyanoxantha* (Schff.) Fr.  
 \*\**Russula delica* Fr.  
 \*\**Russula densifolia* Gill.  
 \*\**Russula emetica* (Sch.: Fr.) Pers.  
 \*\**Russula foetens* Pers.: Fr.  
 \*\**Russula fragilis* (Pers.: Fr.) Fr.  
 \*\**Russula krombolzii* Shaffer  
 \*\**Russula lilacea* Qué!.  
 \*\**Russula olivacea* Schff. Pers.  
 \*\**Russula pectinata* Fr.  
 \*\**Russula pectinatoides* Pers.  
 \*\**Russula rubra* (Lamk.: Fr.) Fr.  
 \*\**Russula vesca* Fr.  
 \*\**Russula violacea* Qué!.  
 \*\**Russula violeipes* Qué!.  
 \*\**Russula xerampelina* (Schff.) Fr.  
 \*\**Russula zvarea* Velenovisky

*Astraeus hygrometricus* (Pers.: Pers.) Morg.  
 \*\**Scleroderma citrinum* Pers.: Pers.  
 \*\**Scleroderma verrucosum* (Bull.: Pers.) Pers.  
 \*\**Thelephora terrestris* Ehrenb.: Fr.  
*Tricholoma acerbum* (Bull.: Fr.) Quél.  
 \*\**Tricholoma equestre* (L.: Fr.) Quél.  
*Tricholoma sulphureum* Kumm.  
 \*\**Xerocomus chrysenteron* (Bull.) Quél.  
 \*\**Xerocomus rubellus* (Krombh.) Quél.  
 \*\**Xerocomus subtomentosus* (L.: Fr.) Quél.

## SOIL

### Basidiomycetes

*Agaricus silvaticus* Sch.: Fr.  
*Clathrus ruber* Pers.: Pers.

\*\**Scleroderma bovista* Fr.  
*Clitocybe costata* Kuhn & Romag.  
*Clitocybe gibba* (Pers.: Fr.) Kumm.  
*Clitocybe vibecina* (Fr.) Quél.  
*Collybia dryophila* (Bull.: Fr.) Kumm.  
*Coltricia perennis* (L.: Fr.) Murr.  
*Entoloma lividum* (Bull.) Quél.  
*Lepista inversa* (Scop.) Pat.  
*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke  
*Leucoporus arcularis* (Batsch.:Fr.)  
*Lycoperdon perlatum* Pers.: Pers.  
*Macrolepiota excoriata* (Fr.: Fr.) Wasser  
*Macrolepiota procera* (Scop.: Fr.) Sing.  
*Phallus impudicus* L. Pers.

## References

- Azevedo, N.F.S. 1971: Forest Tree Diseases, Direc. Geral Serv Florest. Aquic., Lisboa, 101 p.  
 Camara, E.S. da 1956: Catalogus Systematicus, Fungorum Omnium Lusitaniae, Vol. I, ed. Direc. Geral .Serviç. Agric., Lisboa, 347 p.  
 Camara, E.S. da 1966: Catalogus Systematicus, Fungorum Omnium Lusitaniae, Vol. II, ed. Direc. Geral .Serviç. Agric., Lisboa, 378 p.  
 Franceschini, A.; Marras, F. & Sechi, C. 1993: Fungi Segnalati Sulla Quercia da Sughero (*Quercus suber* L.), Collana Biologica nº3, Stampacolor s.r.l., Sassari, Italy, 136 p.  
 Hawksworth, D.L.; Kirk, P.M.; Sutton, B.C. & Pegler, D.N. 1995: Dictionary of the Fungi, 8th edition, eds. Ainsworth & Bisby's, International Mycological Institute, University Press, Cambridge, 616 p.  
 Moura, A.M. & Pinto, C. 1983. Catálogo de Culturas de Fungos, Notas Técnico-científicas, Estação Florest. Nacional, Lisboa, 15 p.  
 Ramos, H.P. 1995: Contribuição para o Estudo da Micoflora do Sobreiro, (*Quercus suber* L.), Têse, Instit. Sup. Agron, Lisboa, 82 p.  
 Santos, M.N.S. 1992: Micoflora do entrecasco de sobreiros em declínio, 2º Encontro sobre os Montados de Sobro e Azinho, Évora, l: 211-216.  
 Report on project CAMAR, 1992, "Improvement and Quality of Cork Oak Ecosystem - Sub-Project F - Production of Edible Mushrooms in Cork Oak Stands", Estaç. Florest. Nacional, Lisboa.  
 Report on project PIDDAC 309, 1997 "Influência de Técnicas de Uso do Solo no Estado Vegetativo do Sobreiro e na Produção da Cortiça", Estaç. Florest. Nacional, Lisboa.

## Periodicals

- Agron. Lusitana (1939 -), Estação Agronómica Nacional, Oeiras, Portugal.  
 Ann. Inst. Sup. Agron. (1920 -), Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.  
 Anuár. Soc.e Broteriana (1935 -), Sociedade Broteriana, Universidade de Coimbra, Portugal.  
 Broteria (1932 -), Faculdade de Ciências de Coimbra, Portugal.  
 Contrib. Mycofloram Lusitaniae (1903 -), Estação Agronomica Nacional, Oeiras, Portugal.  
 Floresta e Ambiente (1985 -), Lisboa, Portugal.  
 Revista Agronómica (1903 -), Sociedade de Ciências Agronómicas, Lisboa, Portugal.  
 Rev. Fac. Ciênc. Lisboa (1950 -), Faculdade de Ciências de Lisboa, Portugal.  
 Silva Lusitana (1993 -), Estação Florestal Nacional, Lisboa, Portugal.



## Les glands de chêne-liège et leurs agents pathogènes: essais de conservation et de lutte

Abdelhamid Khaldi, Mohamed Lahbib Ben Jamaâ, Boutheïna Stiti

Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, B.P. N° 2, 2080 Ariana, Tunisie.

**Résumé:** Nombreux sont les problèmes qui entravent la régénération des forêts de chêne-liège en Tunisie. Citons parmi eux la non maîtrise des conditions de stockage des glands. Des expérimentations en vue d'améliorer les conditions de conservation des glands ont été réalisées à l'INRGREF en 1997 et 1998. Leur but est d'assurer une production constante de plants de chêne-liège de bonne qualité malgré les fluctuations des glandées et la présence de maladies. Les auteurs présentent dans cet article les agents pathogènes responsables de la pourriture noire des glands, ainsi que les résultats obtenus lors de différents essais de lutte préventive.

**Mots-clés:** chêne-liège, glands, *Ciboria*, champignon pathogène, conservation, Tunisie

### Introduction

Les productions du chêne-liège représentent un élément important de l'économie forestière tunisienne. Cependant, la régénération de cette essence connaît beaucoup de difficultés de nos jours. Le repeuplement des subéraies nécessite des quantités importantes de glands. L'irrégularité des glandées et la maîtrise des dates de semis en pépinière imposent un effort considérable pour assurer la conservation des glands. Sur les quantités importantes de semences récoltées, une grande partie est perdue ou altérée lors de l'entreposage et de l'utilisation en pépinière. Ces pertes sont dues à des causes multiples telles que le problème de viabilité des graines de *Quercus suber* qui appartiennent à la catégorie des semences « récalcitrantes » (semences qui ne résistent pas à une déshydratation même modérée et qui ne supportent ni une atmosphère confinée ni des températures fortement négatives) (Roberts in Hong & Ellis, 1996). Les champignons pathogènes jouent un rôle important dans ces pertes. En effet, le problème de la conservation des glands ne peut être dissocié de celui de la lutte et la prévention contre ces champignons (Muller & Bonnet-Masimbert, 1984).

Les études pathologiques sur les glands des chênes datent des années 1950 et ont été entreprises surtout en Europe de l'Est (Pologne, Roumanie, Tchécoslovaquie, ex-URSS). En France, les travaux ont commencé vers 1970 (Delatour & Morelet, 1979) et ont concerné principalement les glands des chênes sessile (*Quercus petraea* (M.): Liebl.) et pédonculé (*Quercus robur* L.). Les recherches se poursuivent de nos jours dans le laboratoire d'analyses des graines du Centre National de Recherches Forestières en collaboration avec le laboratoire de Pathologie Forestière. En Afrique du Nord, les travaux relatifs à la conservation des glands de chêne-liège et leurs champignons phytopathogènes sont très peu nombreux. A notre connaissance, un seul travail a été réalisé en Algérie par Yessad (1998).

Suite à ces travaux, de nombreux procédés de lutte ont été recherchés avec des degrés de succès divers, ils peuvent être divisés en deux groupes: les procédés chimiques d'une part et les procédés physiques d'autre part.

### **La lutte chimique**

Beaucoup de matières actives ont été essayées contre le champignon *Ciboria* s'attaquant aux glands des chênes. Parmi les meilleurs résultats obtenus, citons ceux utilisant le Benomyl et le Méthylthiophanate associés au Thirame (Bonnet-Masimbert et al., 1977). L'association Méthylthiophanate-Thirame a permis dans un cas de limiter le taux d'infection à 8 % après 12 mois de conservation à + 4°C, le témoin étant infecté à 100 %. Cependant, l'efficacité des produits chimiques est mise en échec si les cotylédons sont déjà atteints par le parasite. En effet, les substances chimiques empêchent, soit l'infection des glands à partir des spores déposées à leur surface, soit la propagation mycélienne de gland à gland (soit une action simultanée à ces deux niveaux). Delatour et al. (1976 in Delatour & Morelet, 1979), ont montré qu'au bout de 4 mois de conservation, pour un lot de glands traités, le pourcentage des glands attaqués n'avait pas augmenté bien que le parasite ait poursuivi son évolution à l'intérieur des glands infestés.

### **La lutte physique**

Le développement de *Ciboria* peut être stoppé par thermothérapie (Delatour & Morelet, 1979; Muller, 1986). La méthode consiste à tremper les glands dans de l'eau chaude à une température de 41°C pendant trois heures ou bien à 38°C pendant huit heures. Les glands sont ensuite ressuyés jusqu'à atteindre une teneur en eau de 42-45 %, puis conditionnés à une température négative.

Outre la lutte physique, les substrats de stockage peuvent jouer un rôle dans la conservation. Les glands doivent être couverts par un matériau qui permet la régulation du taux d'humidité environnante et comble les vides entre les glands pour éviter que les champignons s'installent ou se déplacent d'une couche de glands à l'autre. De plus, il semble que les champignons puissent être gênés par un milieu acide.

Dans cet article nous présentons une partie des résultats obtenus en Tunisie au cours des expérimentations réalisées en 1997 et 1998. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux champignons parasites et aux conditions de récolte et de stockage des glands.

## **Matériel et méthodes**

### **Identification des agents pathogènes**

L'identification des champignons a été réalisée au Laboratoire de Protection Phytosanitaire des Forêts de l'INRGREF et elle a été assurée par J. Colin, responsable de la Clinique des Plantes - Unité de Phytopathologie, UCL - Belgique.

L'étude a été effectuée sur des lots de semences, conservées dans du sable stérile, comprenant des glands fraîchement récoltés de plusieurs stations et des glands issus de semis de chêne-liège. Les glands ont fait l'objet d'analyses pathologiques. Un test à la coupe est effectué pour mettre en évidence l'état sanitaire de l'embryon et de ses cotylédons. Cette méthode consiste d'abord à sectionner transversalement l'extrémité du gland pour mettre en évidence la ligne de fracture des cotylédons, puis à sectionner longitudinalement le gland selon cette ligne de fracture. L'embryon de la semence apparaît ainsi intégralement. L'observation est faite sur les cotylédons auxquels l'axe est rattaché. L'identification des espèces de champignons est effectuée grâce aux observations microscopiques et aux travaux d'isolement sur milieu de culture artificiel.

### **Amélioration de la conservation des glands**

Dans le but d'améliorer les conditions de stockage des glands de chêne-liège, un protocole d'expérimentation a été élaboré et réalisé au sein du Laboratoire de Sylviculture de l'INRGREF. Ce protocole commence par la récolte des glands de *Quercus suber* et se termine par leur stockage. La récolte a été effectuée du 18 novembre au 18 décembre 1997 dans des stations différentes. Nous avons suivi deux techniques de récolte:

- une technique dite «traditionnelle» (R1) qui consiste en un ramassage au sol de semences qui peuvent théoriquement être contaminées.
- une technique dite «améliorée» (R2) où la collecte est faite directement sur les arbres en utilisant des bâches pour recueillir les semences; ces glands sont supposés ne pas être contaminés.

Les glands ont ensuite subi un « traitement substrat » qui consiste à les conserver dans deux types de substrats: de la tourbe (S1) à pH acide de 5 à 6 et à capacité de rétention de 35 à 50% et de la litière de pin (S2) à pH 5,6. Des couches de glands sont disposées en alternance avec des couches de tourbe (ou de litière) dans des caisses en plastique placées dans deux lieux de stockage:

- lieu de stockage 1 (L1) : chambre froide de l'INRGREF (T = 4-5°C, HR = 80%)
- lieu de stockage 2 (L2) : la chambre froide du service des graines de la DGF (T = 4-5°C et HR non contrôlée).

Au total, 4 lots d'au moins 800 glands chacun ont été placés dans chacune des deux chambres froides:

- un lot de la récolte traditionnelle dans des caisses contenant la tourbe
- un lot de la récolte améliorée dans des caisses contenant la tourbe.
- un lot de la récolte traditionnelle dans des caisses contenant de la litière de pin.
- un lot de la récolte améliorée dans des caisses contenant de la litière de pin.

Dans la chambre froide de l'INRGREF on a ajouté en outre 2 autres lots:

- un lot (P1) traité avec un fongicide en pulvérisation (Méthylthiophanate pelt 44).
- un lot (P2) traité avec un fongicide en poudrage (Bénomyl).

Le contrôle de l'état phytosanitaire et du pouvoir germinatif s'effectue par la mise en germination avec 4 répétitions de 25 glands chacune; ce contrôle est effectué une fois par mois. Les observations ont porté sur le taux de germination et la présence de champignon sur les cotylédons et les plantules.

Pour faciliter l'analyse, les taux de germination ont été regroupés en quatre classes:

- une classe de taux de germination supérieurs à 80%, considérés comme « excellents »;
- une classe de taux de germination compris entre 60 et 80%, considéré comme « bons »;
- une classe de taux de germination compris entre 40 et 60%, considérés comme « moyens »;
- une classe de taux de germination inférieurs à 40%, considérés comme « mauvais ».

De même, nous avons regroupé les teneurs en eau, évaluées périodiquement, en deux classes, sur la base des travaux de Rodimeder (in Hasnaoui, 1992).

- une classe correspondant à des teneurs en eau supérieures à 35%;
- et une classe correspondant à des teneurs en eau inférieures à 35%.

Nous présentons dans cet article les résultats du stockage des glands conservés dans des caisses avec différents traitements: substrats (S1 et S2), produits chimiques (P1 et P2), techniques de récolte (R1 et R2), lieu de stockage (L1 et L2) et pour une période de conservation de 8 mois (de janvier à août 1998). Une évaluation du taux d'infestation par les champignons a en outre été faite après 11 mois de conservation.

Par ailleurs, nous avons entamé une expérimentation visant à l'amélioration des conditions de conservation par la technique de thérapie, mais pour des considérations

pratiques et en raison de l'application des traitements dans des conditions difficiles (homogénéité de la température, séchage poussé de certains lots...), ces expérimentations ont été abandonnées.

### **Analyses statistiques**

Nous avons évalué les résultats obtenus par le test de  $\chi^2$  d'indépendance à 5%. Il est utilisé pour estimer l'indépendance des résultats obtenus sous différentes conditions expérimentales. Il permet de comparer deux distributions dans leur ensemble (Geller, 1979).

Par ailleurs, nous avons utilisé la variance standard  $S_{dq}$  qui permet de savoir si une différence entre deux pourcentages  $q_1$  et  $q_2$  est significative ou non. Nous avons calculé  $S_{dq}$  et vérifié si  $dq$  est supérieure ou non à  $2 S_{dq}$  au seuil de probabilité de 5% (Geller, 1979).

## **Résultats**

### **Isolement des champignons**

Divers lots de semences récoltés en 1997 directement sur l'arbre et conservés individuellement dans du sable stérile, développent des moisissures de surface. Les analyses ont montré la présence de *Myrioconium castanea* (forme sexuée: *Ciboria batshiana*), agent pathogène responsable de la pourriture noire des glands de chêne-liège.

Un lot de glands conservé en 1997 dans la chambre froide (4°C, 50 % d'humidité relative) a été examiné. Les glands sont conservés dans des caisses en bois. L'épaisseur de la couche des glands est d'environ 40 cm. Les glands qui sont en haut sont sains et dépourvus de symptômes d'infestation. Par contre, ceux qui sont à l'intérieur de la caisse sont infestés par les moisissures. De nombreux glands ont prégermé, mais leur pousse est dure et noircie. Des lésions sont présentes sur les cotylédons. Les examens au microscope ont montré la présence de champignons de conservation comme *Penicillium* et *Aspergillus*.

### ***Ciboria batshiana* responsable de la pourriture noire des glands de chêne-liège**

La menace la plus importante du point de vue phytopathologique pour la production de plants de chêne-liège est la pourriture noire des glands due à *Ciboria batshiana* (Zopf.) Buchwald (Ascomycète), *Myrioconium castanea* (Deutéromycète).

Description et biologie. Ce champignon provoque l'apparition d'une pourriture noire caractéristique (Morelet, 1974). La fructification peut être observée à l'automne sur les glands de chêne-liège contaminés durant les années précédentes. De couleur brune, elle se présente sous la forme d'un disque concave d'1 à 2 cm de diamètre, porté par un pédoncule pouvant atteindre 3 à 4 cm (Delatour & Morelet, 1979). Cette fructification libère des ascospores qui sont essentiellement dispersées dans le sol et qui pénètrent à l'intérieur des glands par le hile (poreux) ou l'ouverture du micropyle (Delatour et al, 1976 in Delatour & Morelet, 1979).

A ce stade, aucun symptôme n'est visible, et il est impossible de faire la distinction entre un gland contaminé et un qui ne l'est pas. Par contre, lorsque les conditions d'humidité sont favorables à la germination des spores, un grand nombre d'infections peuvent être déjà visibles dans les quelques jours qui suivent la chute des glands au sol.

Symptômes et dégâts. En éliminant les enveloppes de la graine, on peut observer à la surface des cotylédons les premiers symptômes qui apparaissent sous forme de tâches alvéolaires d'abord jaunâtres puis brunes, délimitées en périphérie par une auréole noirâtre (Delatour & Morelet, 1979). L'altération due à l'activité du champignon est superficielle, puis gagne en profondeur avec l'agrandissement des zones infestées. En outre, on peut détecter l'activité de *Ciboria* en coupant le gland transversalement. Au stade ultime de la maladie, après avoir

séjourné plusieurs mois, des points sombres apparaissent à la surface des glands et un mycélium blanc s'y développe et le transforme en pseudosclérote; les cotylédons sont complètement « momifiés », ils prennent l'aspect d'une masse carbonisée (Delatour & Morelet, 1979).

Il existe de grandes variations dans la qualité des récoltes suivant les années ou les lieux de récolte. Les récoltes réalisées en Tunisie en 1997 étaient extrêmement variables. Dans certaines stations, le taux d'infestation n'a pas dépassé 10 % alors que dans d'autres, ce taux a varié entre 20 et 30 % de glands infestés. Les pourcentages les plus élevés ont été observés dans les stations de Fernana et Amdoun avec respectivement 65 % et 48 % de glands pourris.

En régénération naturelle, la maladie a peu d'importance. Elle peut être conséquente dans le cas de conservation prolongée. La situation peut être particulièrement préoccupante au cours des années à faible glandées qui suivent des années à glandées abondantes car la pression d'infection est forte pour une faible quantité de semences. Le *Ciboria* persiste plusieurs années (pendant près de 10 ans) dans les glands attaqués laissés au sol, sur lesquels il peut fructifier chaque automne (Delatour, 1984).

### **Conservation des glands et lutte contre *Ciboria***

Il ressort de nos observations (tab. 1) que, dans la chambre froide de l'INRGREF, les glands récoltés selon la méthode dite améliorée (lot 2) se conservent mieux que les glands récoltés selon la méthode traditionnelle (lot 1) puisque leur taux de germination après huit mois de stockage est significativement supérieur ( $dq = 0,19 > 2 S_{dq} = 0,14$ ). Dans l'autre chambre froide, la conservation des glands ne diffère pas significativement selon le type de récolte. Par contre les glands stockés dans la tourbe (lots 3 et 4) se conservent beaucoup mieux que dans la litière de pin (lots 5 et 6) ( $P\chi^2 = 2 \cdot 10^{-25}$ ). En effet, la tourbe permet aux glands de garder une plus forte teneur en eau; celle-ci étant restée supérieure au seuil fixé (35%) jusqu'au huitième mois de stockage, alors que ce taux est descendu pour la litière de pin à 32% au sixième mois et à 24% au huitième mois de conservation (tab. 2).

Par ailleurs, les glands récoltés selon la méthode traditionnelle (lots 1 et 3) ont été plus infestés par les champignons ( $P\chi^2 = 10^{-4}$ ) que ceux récoltés par la méthode améliorée (lots 2 et 4) (tab. 3).

Tableau 1. Evolution des taux de germination des lots de glands de chêne-liège selon les conditions de stockage.

lot	Traitement conditions de stockage	Taux de germination					
		état initial	3 <sup>ème</sup> mois	4 <sup>ème</sup> mois	6 <sup>ème</sup> mois	7 <sup>ème</sup> mois	8 <sup>ème</sup> mois
1	R1 S1 L1	100	90	78	55	77	34
2	R2 S1 L1	100	90	96	54	97	53
3	R1 S1 L2	100	83	51	95	66	51
4	R2 S1 L2	100	91	87	97	59	46
5	R1 S2 L2	100	97	90	46	8	15
6	R2 S2 L2	100	73	86	96	18	18
7	R1 P1 L1	100	61	79	22	5	0
8	R1 P2 L1	100	65	77	30	1	0

Tableau 2. Evolution de la teneur en eau des glands de chêne-liège conservés dans de la tourbe (lot 2) et dans la litière de pin (lot 4).

Lot	Traitement	Teneur en eau (%)					
		état initial	3 <sup>ème</sup> mois	4 <sup>ème</sup> mois	6 <sup>ème</sup> mois	7 <sup>ème</sup> mois	8 <sup>ème</sup> mois
2	S1 R2 L1	41	46	46	42	41	47
4	S2 R2 L1	41	37	37	32	23	24

Enfin, en ce qui concerne l'effet du traitement chimique (tab. 1), les taux de germination des glands traités par le Méthylthiophanate (lot 7) n'ont pas été significativement différents ( $2S_{dq} = 0,064 > dq = 0,012$ ) de ceux des glands traités par Bénomyl (lot 8).

De plus, nous pouvons préciser, avec la classification que nous avons adoptée, que les glands traités chimiquement par ces deux produits sont bons au moins jusqu'au 4<sup>ème</sup> mois de stockage. Nous constatons que l'effet des deux produits a été remarquable au début de l'expérimentation, mais s'est estompé progressivement au bout de quelques mois. A la fin de l'expérimentation, on ne trouve plus aucun gland viable parmi ceux qui ont été traités chimiquement (tab. 1) et leurs taux d'infestation sont maximum (tab. 3).

Tableau 3. Taux de germination des glands après 7 mois de conservation et taux d'infestation des glands après 11 mois de conservation.

N°	Traitements	Taux de germination (%)	Taux d'infestation (%)
		(Juillet 1998)	(Octobre 1998)
1	R1 S1 L1	77	33
2	R2 S1 L1	97	12
3	R1 S1 L2	66	32
4	R2 S1 L2	59	0
5	R1 S2 L2	8	19
6	R2 S2 L2	18	18
7	R1 P1 L1	5	89
8	R1 P2 L1	1	91

#### ***Effet du lieu de stockage sur la conservation:***

En se référant au tableau 3, on remarque que les glands stockés dans la chambre froide de l'INRGREF (L1) paraissent se conserver mieux que ceux entreposés dans la chambre froide de la DGF (L2). Mais ce résultat nécessite de plus longues observations pour être confirmé.

#### **Discussion**

Nous avons constaté que, indépendamment de la technique de récolte et de la valeur de l'humidité relative du lieu de stockage, la tourbe permet une meilleure conservation des glands. Ceci est clair, aussi bien au niveau des forts taux de germination (variant de 59 à 97 %), que des faibles taux d'infestation (33 % au maximum) obtenus (tab. 3). De fait, Delatour & Morelet (1979) recommandent de conserver les glands des chênes sessile et pédonculé conformément aux recommandations de Bonnet-Masimbert et al. (1977): les glands mélangés

à de la tourbe sèche (35-40 % d'humidité relative) sont placés dans des bacs non hermétiquement fermés, stockés en chambre froide à -1 °C.

Les taux de germination des glands conservés sur litière de pin sont faibles (de 8 à 18 %) mais l'infestation est également faible (environ 18 %). Avec un pH acide (5,6) proche de celui de la tourbe (5 à 6), il y a moins d'infestation par les champignons mais la teneur en eau évolue différemment, la tourbe permettant une plus faible déperdition des glands en eau (tab. 2). Cette différence a été déterminante car la viabilité des glands chute au dessous d'un certain seuil de teneur en eau. Toutefois, une teneur élevée en eau peut être un facteur favorable au développement des champignons.

En ce qui concerne l'impact de produits chimiques sur la conservation des glands de chêne-liège, nous avons constaté que les matières actives utilisées dans nos expérimentations n'ont pas donné de résultats satisfaisants. En effet, les taux de germination enregistrés sont les plus faibles, 1 et 5 %, alors que les taux d'infestation sont les plus élevés, 89 et 91 %. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'efficacité des produits chimiques est mise en échec si les cotylédons sont déjà atteints par le parasite. En effet, les substances chimiques empêchent, soit l'infection des glands à partir des spores déposées à leur surface, soit la propagation mycélienne de gland à gland, soit enfin une action simultanée à ces deux niveaux (Delatour et al., 1976 in Delatour & Morelet, 1979).

Eu égard à l'agressivité de *Ciboria* dont les spores germent dans les glands contaminés et dont le mycélium peut s'étendre rapidement d'un gland à l'autre, un stockage prolongé des glands après récolte est souvent une opération risquée. Il ne peut être envisagé que dans des conditions rigoureusement contrôlées: température < 0°C (jusqu'à - 8 °C ) après une phase d'endurcissement par diminution progressive de la température, hygrométrie élevée (HR < 95 %) non déshydratante pour les glands, et couverture fongicide. Par ailleurs, la température de stockage influe beaucoup sur la lutte contre les champignons et sur la conservation des glands. Des températures comprises entre -1° et +1°C seraient les plus adéquates (Yessad, 1998). En effet, une humidité relative importante avec une température élevée provoquent le développement des champignons. Toutefois, une température fortement négative risque de causer un éclatement des glands, ce qui induit des dégâts irréversibles provoquant souvent leur mort.

## Conclusion

Nous avons présenté, ici, une partie des résultats de nos expérimentations, d'autres seront développés ultérieurement comme l'effet des enceintes de conditionnement et du calibre sur la conservation des glands.

La tourbe a donné des résultats satisfaisants pour la conservation des glands de chêne-liège sur une période de 8 mois. Cependant, ces résultats sont préliminaires et devront être confirmés par des essais de plus grande importance et surtout sur une plus longue période.

La récolte dite améliorée a considérablement influé sur l'infestation par les champignons; nous avons en effet enregistré plus d'attaques de champignons sur les glands ramassés par terre. La comparaison des coûts des deux opérations n'étant pas possible (faute de recueil de données spécifiques), il nous est difficile de pouvoir conseiller, dès à présent, d'opter pour ce type de récolte.

Les perspectives de recherches futures qu'ouvre ce premier travail sont essentiellement orientées vers l'abaissement de la température de stockage (+1 à -1°C), l'application de la thérapie, l'évaluation économique de la récolte améliorée et la combinaison de la tourbe avec des fongicides.

## Références

- Bonnet-Masimbert, M. Muller, C. & Morelet, M. 1977: De nouveaux espoirs pour la conservation des glands. Bull. techn. ONF, 9: 47-54.
- Delatour, C. 1984: Persistance du *Ciboria* dans les glands laissés au sol. Rev. For. Fr. 36: 248-249.
- Delatour, C. & Morelet, M. 1979: La pourriture noire des glands. Rev. For. Fr. 31: 101-115.
- Geller, S. 1979: Abrégé de statistique, 3ème édition, Masson: 113-136.
- Hasnaoui, B. 1992: Chênaies du nord de la Tunisie: Ecologie et régénération. Thèse Université de Provence, Marseille: 149-150.
- Hong, T.D. & Ellis, R.H. 1996: A protocol to determinate seed storage behaviour. IPGRI. Techn. Bull. 1: 38-47.
- Lacroix, Ph. 1986: Conservation et levée de dormance des graines feuillues. Rev. For. Fr. 38: 205-209.
- Muller, C. 1986: Le point sur la conservation des semences forestières et la levée de dormance. Rev. For. Fr. 38: 200-204.
- Muller, C. & Bonnet-Masimbert, M. 1984: La conservation des glands: bilan des essais de 1976 à 1982 - INRA/CNRF: 1-13.
- Peney, S., Bonvicini, M.P. & Conche, J. 1997: La récolte des glands de chêne pédonculé (*Quercus robur* L.) et de chêne sessile (*Quercus petraea* Liebl.) à l'Office National des Forêts. Bull. techn. ONF 33: 21-32.
- Yessad, S. 1998: La subériculture en Algérie. (sous presse): 24-28.

### Cork oak acorns and their pathogenous fungi: attempts of conservation and control

**Abstract:** Various problems limit acorn conservation in Tunisia, notably those concerning acorn storage conditions. In 1997 and 1998 experimentation was carried out in order to improve the conditions of acorn conservation. It aimed at obtaining a constant production of good quality seedlings of cork oak in spite of acorn production fluctuations and pathogenous fungi impact. In this paper we present the fungus species inducing the black acorn rot and the results of various experiments of control preventing this infection.

**Key words:** cork oak, acorns, *Ciboria*, pathogenous fungi, conservation, Tunisia



## Les facteurs de dépérissement des subéraies marocaines

Mustapha Bakry, Selwa El Antry, Badr Satrani, Widad Oubrou

Centre National de la Recherche Forestière, Service Sylviculture, BP 763, Agdal, Rabat, Maroc.

**Résumé:** Le dépérissement du chêne-liège au Maroc est une conséquence directe de la pression humaine sur les écosystèmes. Cette situation critique est aggravée par les sécheresses cycliques et intenses et par l'intervention des insectes ravageurs et des champignons pathogènes. Nos études montrent que 67% des glands sont parasités par les champignons et les insectes avant leur maturité, portant ainsi un coup fatal à la régénération naturelle. Parmi les ennemis des glands, citons de nombreux champignons saprophytes et des insectes comme les Lépidoptères Tortricidae *Cydia fagiglandana* et *Cydia* sp. et un Coléoptère Curculionidae. Les branches périphériques et les bourgeons sont attaqués par des champignons comme *Diplodia mutila* et *Coryneum* sp. et les bourgeons par des insectes tels que *Tortrix viridana* et *Cnephasia longana*. Les branches maîtresses et le tronc abritent plusieurs pathogènes latents, notamment le champignon *Hypoxylon mediterraneum*, et des insectes xylophages comme *Platypus cylindrus*, *Cerambyx cerdo* et *Cossus cossus* qui se développent même au niveau des grosses racines. Leurs dégâts sur les racines sont aggravés par la présence du pathogène *Armillaria mellea* dont l'attaque peut aussi altérer la base du tronc et provoquer le dépérissement de l'arbre entier. Les petites racines sont localement attaquées par *Phytophthora* sp.

**Mots clés :** Chêne-liège, dépérissement, champignons, insectes xylophages, Maroc

### Introduction

Les subéraies marocaines sont soumises à des contraintes d'ordre socio-économique intenses qui sont la cause principale de la dégradation de ces écosystèmes et de leur régression vertigineuse. L'emprise humaine sur ces peuplements naturels se traduit par des prélèvements exagérés en bois de feu et en fourrage qui dépassent d'au moins trois fois les potentialités des subéraies. Cette situation critique engendre la dégradation continue du couvert végétal, altère profondément le fonctionnement des écosystèmes et les poussent irrémédiablement vers le déclin.

Ces subéraies sont continuellement épuisées par les opérations de ramassage des glands doux propres à la consommation, l'écimage et l'émondage des arbres en vue de subvenir aux besoins d'un cheptel toujours croissant et par les erreurs de sylviculture et d'aménagement. Les défrichements et l'extension de l'urbanisation constituent également des facteurs importants de dégradation des subéraies.

Dans ce contexte hostile aggravé par l'ampleur des sécheresses et caractérisé par l'absence de régénération naturelle, les champignons et les insectes ravageurs jouent un rôle négatif de plus en plus important. Leur installation empêche l'amélioration de l'état sanitaire des arbres et conduit souvent à leur dépérissement. Certains de ces agents biotiques sont aussi pour une grande part la cause des échecs répétés de la régénération artificielle.

Nous présentons ici un inventaire récapitulatif des principaux facteurs biotiques intervenant dans le dépérissement du chêne-liège dans les forêts de la côte atlantique marocaine.

## **Les principaux facteurs de dépérissement**

### ***Pathogènes et insectes ravageurs des feuilles***

Les mycoses des feuilles dues à certains champignons tels que *Alternaria* sp., *Aureobasidium* sp., *Microsporella* sp. (Bakry & Abourou, 1995) et les défoliations dues principalement à *Lymantria dispar* (Lépidoptère, Lymantriidae) (Villemant & Fraval, 1991) sont les causes majeures de l'éclaircissement de la canopée et des facteurs importants de l'affaiblissement du chêne-liège au Maroc.

### ***Pathogènes et insectes ravageurs des branches terminales***

Le dessèchement des branches périphériques et la régression de la canopée sont essentiellement dus à l'infection par *Diplodia mutila*, *Stuartella formosa* (Bakry & Abourou, 1995; 1996) et les attaques de certains insectes xylophages tels *Xylopertha* sp. (Coléoptère, Bostrichidae) et *Agrilus bifasciatus* (Coléoptère, Buprestidae) (Chadigan, 1990).

### ***Pathogènes et insectes glandivores***

Les glands du chêne-liège sont attaqués par des champignons tels que *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Diplodia mutila*, *Ciboria* sp. et par des lépidoptères Tortricidae: *Cydia fagiglandana*, *Cnephasia* sp. et un coléoptère Curculionidae. Les déprédations de ces insectes atteignent 67 % dans certaines zones de la Mamora avant la maturité des fruits. La pourriture qui se développe dans les glands attaqués empêche, par son développement endophytique, la conservation des glands.

### ***Pathogènes et insectes ravageurs du tronc et des branches maîtresses.***

L'affaiblissement des arbres permet l'installation et la prolifération de la maladie du charbon du chêne-liège provoquée par *Hypoxylon mediterraneum*. Le tronc et les grosses branches sont également colonisés par de nombreux insectes xylophages *Cerambyx cerdo mirbecki* (Coléoptère, Cerambycidae), *Platypus cylindrus* (Coléoptère, Platypodidae), *Cossus cossus* (Lépidoptère, Cossidae). Ils causent des dégâts importants par leurs galeries larvaires qui traversent les faisceaux libéro-ligneux et entravent ainsi la circulation de la sève (Chadigan, 1990; Villemant & Fraval, 1991, El Antry, 1994).

### ***Pathogènes et insectes des semis***

Le développement et la croissance des semis dans les périmètres de régénération artificielle sont souvent compromis par les attaques de vers blancs au niveau des racines ou celles, précoces, du champignon *Coryneum* sp. sur les bourgeons apicaux. L'action de ce pathogène se traduit par un désordre architectural qui empêche l'individualisation des plants et prolonge de ce fait indéfiniment les périodes de mise en défens. L'échec de la régénération par rejet de souches est dû au vieillissement des arbres et à la colonisation des racines et de la souche par *Armillaria mellea*.

## Conclusion

Les champignons pathogènes et les insectes phytophages et xylophages tiennent une place de plus en plus importante dans le processus actuel de dépérissement des subéraies marocaines (Hartmann, 1989). Leur agressivité et leurs dégâts dépendent étroitement de l'état physiologique des arbres et de l'équilibre de leurs écosystèmes qui subissent d'une manière continue la pression humaine et la rigueur du climat méditerranéen.

Il serait donc opportun de considérer le problème dans sa globalité à l'échelle de la Méditerranée et d'élaborer en commun des stratégies de conservation et des actions concertées de recherche et de développement.

## Références

- Bakry, M. & Abourouh, M. 1995: Dépérissement du chêne liège au Maroc: état des connaissances et perspectives. IOBC wprs Bull. 18: 50-55.
- Bakry, M. & Abourouh, M. 1996. Nouvelles données sur le dépérissement du chêne liège (*Quercus suber* L.) au Maroc. Ann. Rech. for. Maroc. 29: 24-39.
- El Antry, S. 1994: Le Grand Capricorne du chêne-liège. In: Ravageurs et maladies des forêts au Maroc, eds El Hassani, Graf, Hamdaoui, Harrachi, Messaoudi, Mzibri et Stiki, Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts, D.P.V.C.T.R.F.: 119-121.
- Hartmann, G. 1989: Untersuchung aktueller Schäden an *Quercus suber* und *Pinus halepensis*. Auftraggeber, GTZ-Forstschutzprojekte Nr. 81 2005. 7-01 200 in Morokko, 23 p.
- Villemant, C. & Fraval A. 1991: La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat, 336 p.

## Biotic factors inducing tree decline in Moroccan cork oak forests

**Abstract:** Cork oak decline in Morocco is directly induced by human pressure on forest ecosystems. This critical situation is aggravated by cyclic and severe drought as well as by damage of xylophagous insect and pathogenous fungi. 67% of the acorns are damaged before their maturity by various fungi and insects whose action suppressed natural oak regeneration. Acorn pests are principally the Tortricidae *Cydia fagiglandana* and *Cydia* sp. and a Curculionidae. Twigs and buds are attacked by fungi like *Diplodia mutila* and *Coryneum* sp. and buds are damaged by Lepidoptera as *Tortrix viridana* and *Cnephasia longana*. Trunks and limbs sheltered various latent pathogenous fungi, *Hypoxylon mediterraneum* notably, and xylophagous insects like *Platypus cylindrus*, *Cerambyx cerdo* and *Cossus cossus*, which damage may also concern the main roots. Their action is aggravated by the presence of *Armillaria mellea*, whose infection often reaches the lower part of the trunk and induces the tree decline. Small roots are locally attacked by *Phytophthora* sp.

**Key words:** cork oak, forest decline, pathogenous fungi, xylophagous insects, Morocco

## Importance des dégâts et identification des vers blancs ravageurs des jeunes plants de chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc)

Samir Rachdi, Mohammed Haddan

Centre National de la Recherche Forestière. BP. 763., Agdal, Rabat, Maroc

**Résumé:** Une tentative d'évaluation des dégâts dus aux vers blancs et d'identification des espèces concernées a été entreprise dans les parcelles de régénération artificielle de la subéraie de la Mamora. L'examen de 12 000 plants d'un an dans 3 parcelles de régénération de chêne liège montre que 20 % des plants ont les racines sectionnées par les vers blancs en Mamora occidentale et 13 % en Mamora orientale. Les captures d'adultes de Scarabaeidae réalisées en forêt et en pépinière ainsi que les élevages de vers blancs récoltés dans les parcelles de régénération, sous les jeunes plants sectionnés, ont permis d'identifier 9 espèces: *Phyllognatus excavatus* Forst., *Aethissa floralis* Fab., *Anoxia emarginata* Coqu., *Thorectus distinctus* Marseul., *Oryctes nasicornis* Illig., *Scarabaeus cicatricosus* L., *Scarabaeus sacer* L., *Ceramida* sp., et *Polyphylla marocana* Peyer. Seules les larves de *P. marocana* sont responsables des dégâts occasionnés sur les racines des jeunes plants de chêne-liège dans les parcelles de régénération en Mamora.

**Mots clés:** *Quercus suber*, Scarabaeidae, cockchafer grub, regeneration, Morocco.

### Introduction

La famille des Scarabaeidae renferme plus de 19 000 espèces décrites. Si la plupart d'entre elles sont des saprophages de faible importance économique, certaines sont au contraire de redoutables ravageurs. Ces derniers sont nuisibles soit par les dégâts qu'occasionnent leurs larves (vers blancs) aux racines des plantes soit par les défoliations d'arbres forestiers ou fruitiers que provoquent leurs adultes. De nombreux pays à travers le monde souffrent des dégâts d'au moins une espèce de Scarabéide. En France, entre 1935 et 1962, les pullulations spectaculaires de *Melolontha melolontha* L. ont occasionné d'énormes dégâts dans les prairies herbagères (Hurpin, 1957). Abgral (1991) rapporte qu'en milieu forestier cet insecte a été considéré pendant une quinzaine d'années comme un véritable ravageur provoquant de nombreux dégâts dans les pépinières et les jeunes plantations de feuillus et de résineux (douglas, sapin, chêne, hêtre). Cet insecte est aussi l'un des ravageurs de la pomme de terre en France (Bedin, 1982).

En Espagne Duran et al. (1996) rapportent les importants dégâts causés par *Melolontha papposa* Illig. sur les plantations d'olivier probablement suite à l'adoption de nouvelles pratiques culturales visant à intensifier cette culture.

Les premières études taxinomiques de la famille des Scarabaeidae en Afrique du Nord remontent aux années 50, mais les études autoécologiques spécifiques sont plus récentes. Au Maroc, certains ravageurs des cultures ont fait l'objet d'études bioécologiques détaillées, souvent à la suite de l'intensification de leurs dégâts. En 1991 Abaha a inventorié les espèces de Scarabaeidae d'une dizaine de régions du Maroc (Casablanca, Mamora, Tiznit, Fès, Marrakech...); il a identifié 53 espèces dont 7 sont de véritables ravageurs de cultures (tournesol, tomate, cultures fruitières et forestières).

En milieu forestier, les vers blancs sont responsables de la mortalité de certains plants dans diverses pépinières et dans de jeunes plantations d'eucalyptus (région de Larache) et de pins. Les informations les plus nombreuses font références aux dégâts de ces insectes sur les jeunes plants de chêne-liège en forêt de la Mamora. Challot (1940 in Métro et al., 1951) étudiant les contraintes à la régénération naturelle assistée dans cette forêt, décrit successivement les dégâts causés par les lapins, sangliers, petits rongeurs, corbeaux, palombes et vers blancs dont il identifie 3 genres (*Oryctes*, *Phyllognatus* et *Rhizotrogus*). Marion (1953-1955) note que les dégâts des vers blancs sont plus nombreux sous les réserves et autour des souches mortes de vieux chênes-lièges, bien qu'ils soient visibles un peu partout dans cette forêt au sol sablonneux.

Actuellement, face aux dégradations que subit la Mamora et devant l'absence totale de régénération naturelle, le Ministère Délégué Chargé des Eaux et Forêts a adopté un programme ambitieux de régénération artificielle de cette forêt (environ 1 500 ha/an). Depuis la mise en route de ce programme, le problème des vers blancs s'est fait à nouveau sentir. Les rares informations alors disponibles étant insuffisantes pour concevoir une lutte raisonnée contre ces ravageurs, un programme de recherche sur ces insectes a donc été envisagé, dont nous présentons ici les deux premières étapes. La première consiste à évaluer l'importance des dégâts dus aux vers blancs et à les comparer aux autres causes de mortalité des plants en parcelles de régénération d'un an. La seconde étape a permis d'identifier les espèces d'insectes responsables de ces dégâts.

## **Matériel et méthodes**

### ***Evaluation des dégâts dus aux vers blancs***

Nous avons choisi 3 parcelles de régénération AI 2; BV 10 et DVIII 3 de la campagne 1994-95 (jeunes plants d'un an), localisées dans 3 cantons différents de la Mamora soumis à un gradient croissant de continentalité. Dans chaque parcelle, nous avons observé 1 000 potets ce qui représente un taux d'échantillonnage d'environ 3%. L'observation consistait à compter le nombre de plants levés dans chaque potet, sachant que 4 glands ont été plantés par potet. Les plants levés sont ensuite systématiquement sollicités par une traction modérée: les plants vivants non sectionnés s'accrochent au sol et restent en place tandis que les plants dont la racine est sectionnée cèdent facilement et sont arrachés du sol. Les plants morts desséchés sont systématiquement arrachés du sol pour vérifier si leurs racines ont été ou non sectionnées.

On comptabilise alors par parcelle et pour les 1 000 potets observés le nombre de glands mis en terre, le nombre de plants ayant levé (sur la base de 4 plants par potet), le nombre de plants vivants, le nombre de plants (morts ou vivants) à racines sectionnées et le nombre de plants morts à racines non sectionnées.

### ***Identification des Scarabaeidae***

L'absence de clés de détermination de l'ensemble des larves de Scarabéides, imposait l'obtention d'adultes en vue de leur identification. 4 dispositifs d'élevage ont été installés en forêt de la Mamora. Ils consistaient en des cages grillagées, de 1 x 1 m de base et de 1,80 m de hauteur, enfouies dans le sol jusqu'à 1,30 m (la partie aérienne atteignant donc 0,5 m de haut). Les larves mises en élevage, récoltées sous des plants sectionnés, provenaient soit des parcelles de régénération, soit de la pépinière du Centre National de la Recherche Forestière. Des élevages ont également été réalisés au laboratoire dans 40 pots en terre cuite remplis de terreau. Les larves en élevage, aussi bien en forêt qu'au laboratoire, ont été nourries de

morceaux de pomme de terre mais disposaient aussi de racines de plants installés artificiellement. Au laboratoire, les pots ont été arrosés 1 fois tous les 15 jours afin d'assurer l'humidité nécessaire à la survie des larves.

Les adultes de Scarabéides rencontrés en forêt, en surface ou à l'intérieur des profils d'observation, ont été récoltés. Deux pièges lumineux ont été utilisés, pendant 2 semaines au mois d'août 1996, pour tenter de capturer des adultes.

Les adultes obtenus ont été identifiés par comparaison aux collections de l'Institut Scientifique ou de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Dans certains cas ces identifications ont été confirmées par des spécialistes.

## Résultats et discussion

### *Importance des dégâts causés par les vers blancs*

Les tableaux de 1 à 6 donnent pour chacune des parcelles échantillonnées (AI 2, BV 10 et DVIII 3) le taux de levée des glands mis en terre, et parmi les plants levés, le nombre de plants vivants à racine non sectionnées, le nombre de plants (morts ou vivants) à racine sectionnée (dégâts de vers blancs) et le nombre de plants morts à racine non sectionnée (dégâts dus à d'autres causes que les vers blancs).

Tableau 1. Taux de levée des glands mis en terre dans chaque parcelle

Parcelle	Nombre de glands mis en terre	Nombre de plants ayant levé	Taux de levée
AI 2	4000	2709	67,72
BV 10	4000	2394	59,85
DVIII 3	4000	2178	67,72

Il en ressort que l'échec de la levée est la première cause de mortalité (tab. 1). Dans chaque parcelle, plus de 30% des glands n'ont pas levé; ce taux s'explique par le fait qu'il est la résultante de plusieurs facteurs de mortalité: champignons, rongeurs, oiseaux... L'effet partiel de chacun d'entre eux est difficilement quantifiable et sort du cadre de ce travail. L'examen à deux reprises des glands utilisés pour le semis a montré que leur état sanitaire est de qualité médiocre, présentant de nombreuses manifestations d'attaques par des champignons et/ou des insectes.

Tableau 2. Etat des plants de la parcelle AI 2

	Nombre de plants	Pourcentage
Plants vivants à racine non sectionnée	2253	83,16
Plants vivants et morts à racine sectionnée	385	14,21
Plants morts à racine non sectionnée	71	2,62
Total	2709	100,00

La mortalité due aux vers blancs 1 an après le semis est respectivement de 14%, 20% et 13% pour les parcelles AI 2, BV 10 et DVIII 3. Pendant la même période les autres causes représentent respectivement 3%, 6% et 13% de la mortalité (tab. 2, 3, 4).

Le ver blanc cause au bout d'un an la mortalité de 13 à 20% des plants ayant levé, mais nos observations sur des parcelles plus âgées ont montré que les plants sont sensibles à l'attaque de ce ravageur durant les 4 premières années de leur vie. Par ailleurs, Abgral (1991) a constaté que *M. melolontha* est nuisible en milieu forestier à des densités très faibles (de l'ordre de 10 larves au mètre carré) qui sont souvent considérées comme des densités de vers blancs tolérables en milieu agricole.

L'augmentation, avec la continentalité, de la mortalité des plants par des causes autres que les vers blancs laisse supposer que le déficit hydrique serait une contrainte non négligeable à la survie des plants.

Tableau 3. Etat des plants de la parcelle BV 10

	Nombre de plants	Pourcentage
Plants vivants à racine non sectionnée	1747	72,97
Plants morts et vivants à racine sectionnée	480	20,05
Plants morts à racine non sectionnée	167	6,97
Total	2394	100,00

Tableau 4. Etat des plants de la parcelle DVIII 3

	Nombre de plants	Pourcentage
Plants vivants à racines non sectionnées	1585	72,57
Plants morts et vivants à racines sectionnées	303	13,51
Plants morts à racines non sectionnées	290	13,31
Total	2178	100,00

#### *Espèces de Scarabaeidae identifiées*

L'élevage des larves récoltées dans la pépinière du CNRF a permis d'obtenir 3 espèces différentes: *Phyllognatus excavatus* Forst., *Anoxia emarginata* Coqu. et *Ceramida* sp. L'élevage des larves provenant des parcelles de régénération a donné une seule espèce identifiée comme *Polyphylla marocana* Peyer.

Les captures successives d'adultes de Scarabéides effectuées dans les parcelles de régénération de la forêt de la Mamora pendant environ un an nous ont permis d'obtenir les 9 espèces suivantes: *P. excavatus*, *A. emarginata*, *Ceramida* sp. *Aethissa floralis* Fab., *Thorectes distinctus* Marseul., *Oryctes nasicornis* Illig., *Scarabaeus cicatricosus* L., *Scarabaeus sacer* L., et *Polyphylla marocana* Peyer. 4 à 10 spécimens de chaque espèce sont conservés dans la collection du CNRF.

## Conclusion

L'échec de la levée et les dégâts des vers blancs constituent les deux principales causes de mortalité des plants de chêne-liège d'un an dans les parcelles de régénération de la forêt de la Mamora. La réussite de la plantation pourrait être significativement améliorée moyennant un premier tri des glands.

En Mamora, parmi les 9 espèces de Scarabéides identifiées au cours de notre étude, 3 sont impliquées dans la mortalité des plants en pépinière: *Phyllognathus excavatus*, *Anoxia emarginata* et *Ceramida* sp.) alors qu'une seule espèce, *Polyphylla marocana* est responsable des dégâts sur les jeunes plants de chêne liège dans les parcelles de régénération en forêt.

## Remerciements

Nous remercions Mme Claire Villemant du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris pour son aide précieuse à l'identification des espèces.

## Références

- Abaha, L. 1991: Ecologie des populations de *Phyllognathus silenus* Fab. (Coleoptera Scarabaeidae) : démographie et reproduction sur tomate au littoral atlantique. Mémoire Ingénieur Agronome, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 67 p.
- Abgrall, J.F. 1991: Observation biologiques et essais de lutte contre le hanneton commun dans les vergers à graines. Rev. for. Fr. 15: 489-500.
- Bedin, P. 1982. Les ennemis souterrains de la pomme de terre. Phytoma-Défense des cultures, Février, 1982: 20-44.
- Duran, J.M., Alvarado, M., Serrano, A. & De La Rosa, A. 1996: Contribution al conocimiento de *Melolontha paposa* Ill. (Coleoptera: Melolonthidae). Plaga de los olivares de la provincia de Sevilla. Bol. San. Veg. Plagas 5: 309-318.
- Hurpin, B. 1957: Sur la résistance des vers blancs aux conditions défavorables. Rev Soc sav Haute-Normandie (Sci.) 5: 99-118.
- Marion, J. 1953-1955: Observations sur la sylviculture du chêne-liège dans le massif forestier Zain-Zemmour ou plateau d'Oulmès (Maroc). Ann. Rech. for. Maroc. Rapports annuels, fasc. 2: 1-38.
- Marion, J. 1953-1955: Les repeuplements artificiels en chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc). Ann. Rech. for. Maroc. Rapports annuels, fasc. 2: 39-153.
- Métro, A., 1951: Rapport de mission au Portugal. Ann. Rech. for. Maroc. Rapport annuel: 59-72.



### Damage importance and species identification of the cockchafer grubs attacking cork oak seedlings in the Mamora forest (Morocco)

**Abstract:** Assessment of cockchafer grub damage and identification of the involved species were realised in parcels of artificial regeneration in the Mamora cork oak forest. 12 000 3 yr. old seedlings were examined in 3 cork oak regeneration parcels. Cut roots were observed on 20% of the seedlings in the Occidental part of the forest versus 13% in the Oriental one. 9 Scarabaeidae species were identified among the adults caught in the forest or in the nurseries, as well as those obtained by breeding the larvae collected below the cut seedlings. These species are: *Phyllognatus excavatus* Forst., *Aethissa floralis* Fab., *Anoxia emarginata* Coqu., *Thorectus distinctus* Marseul., *Oryctes nasicornis* Illig., *Scarabaeus cicatricosus* L., *Scarabaeus sacer* L., *Ceramida* sp., et *Polyphylla marocana* Peyer. Only *P. marocana* damages the roots of cork oak seedlings in the regeneration parcels of the Mamora forest.

**Key words:** *Quercus suber*, Scarabaeidae, cockchafer grubs, regeneration, Morocco.

## Distribution spatio-temporelle des attaques de *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platypodidae) dans des peuplements de chênes-lièges au Portugal

Edmundo M. R. De Sousa<sup>1</sup>, Domitien Debouzie<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estação Florestal Nacional, Departamento de Protecção Florestal; Quinta do Marquês, 2780 Oeiras, Portugal. <sup>2</sup> Université Claude-Bernard, UMR CNRS 5558; 43, Boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

**Résumé:** La répartition des attaques de *P. cylindrus* a été analysée à deux échelles : le peuplement et l'arbre. Des observations (1992-1994) ont été réalisées dans un peuplement de 8 ha (739 chênes-lièges); quatre catégories de variables ont été mesurées (localisation, croissance, exploitation, dépérissement). L'étude de la distribution spatiale des attaques à la surface du tronc (1992) a été effectuée sur 15 arbres, choisis parce qu'ils représentent par leurs caractéristiques et leur emplacement l'ensemble des chênes-lièges déjà attaqués. L'état sanitaire des arbres, leurs dimensions, l'année de démasclage et le coefficient de démasclage jouent un rôle très important dans le processus de colonisation des hôtes par l'insecte. Des équations de prédiction de la probabilité qu'un arbre soit infesté ont été établies. La répartition des attaques à la surface du tronc apparaît aussi très structurée, avec l'existence quasi-systématique d'un gradient vertical de densité des galeries (modèle non linéaire).

**Mots clés :** *Platypus cylindrus*, chêne-liège, attaques, distribution spatiale

### Introduction

Jusqu'à une période récente, *P. cylindrus* limitait ses dégâts aux arbres morts ou très affaiblis (Hickin, 1963; Espanõl, 1964), comme le font la majorité des xylo-mycétophages (Browne, 1963). Néanmoins dans certains pays, on a enregistré des attaques sporadiques sur des arbres apparemment sains, comme sur des châtaigniers en Corse (Balachowsky, 1949) ou des chênes en Afrique du Nord (Peyerimhoff, 1919). Au Maroc, ce ravageur est aujourd'hui considéré comme un xylophage primaire du chêne-liège (Villemant & Fraval, 1993). Au Portugal, cet insecte n'était pas considéré comme un ravageur important des peuplements forestiers (Seabra, 1939; Neves, 1950). Sa récente explosion, décelée surtout dans la partie méridionale du pays, suggère une liaison avec le processus de dépérissement actuel des peuplements de chêne-liège et de chêne vert (Ferreira & Ferreira, 1989).

La dynamique des populations des insectes forestiers dépend de plusieurs facteurs, en particulier du développement de mécanismes spécifiques à la colonisation des hôtes et de l'aptitude à résister aux substances de défense des arbres (Raffa & Berryman, 1987). Aucun mécanisme d'attraction n'est connu pour *P. cylindrus* (Bletchley, 1961). La seule attraction signalée serait celle, un peu anecdotique, due à la fermentation de petits tonneaux d'eau-de-vie (Boocock, 1960). Néanmoins, quelques mécanismes d'attraction par l'hôte ont été identifiés chez d'autres platypodes: détection par stimuli visuels (Browne, 1963; French & Roeper, 1975) ou olfactifs. L'attraction primaire chez le genre *Platypus* a en effet été associée à certaines odeurs des arbres (Elliot *et al.*, 1983; Shore & McLean, 1983). La colonisation dépend aussi d'autres facteurs comme les caractéristiques spécifiques (génétiques, dimensions,

localisation, etc) des arbres et la gestion de leurs ressources énergétiques selon les différents mécanismes physiologiques (Mattson et al., 1991). On sait déjà que certaines caractéristiques soit des feuilles soit du sol influencent la sélection des chênes-lièges par *P. cylindrus* (Sousa et al., 1995). Ce travail présente une analyse préliminaire de la distribution spatio-temporelle des attaques du ravageur à l'échelle d'un peuplement puis au niveau de l'arbre.

## Matériel et méthodes

Les observations ont été conduites dans l'aire écologique de *Quercus suber* L., dans la région de Coruche, dans un peuplement de régénération naturelle du chêne-liège. Deux parcelles (4 ha chacune) ont été définies selon l'état sanitaire des subéraies, apprécié à partir de photos aériennes infrarouge (vol 1991). La parcelle S (densité moyenne de 102 arbres/ha) a un degré de dépérissement très modéré. La parcelle A dont l'état sanitaire est nettement moins bon, a été divisée en deux sous-parcelles (A1 et A2), de même surface, qui diffèrent par leur densité moyenne (105 et 61 arbres/ha respectivement).

### Attaques à l'échelle d'un peuplement

Pour tous les arbres de circonférence supérieure ou égale à 30 cm dans les trois parcelles (A1: 211 arbres; A2: 122 arbres; S: 406 arbres), quatre catégories de variables ont été mesurées (de localisation, de croissance, d'exploitation et de dépérissement) pendant trois ans (1992 à 1994) à la fin du mois d'avril. Onze variables ont été retenues (tab. 1).

Deux analyses discriminantes ont déterminé quelles variables ou quelles variables composées, ont contribué à la distinction chaque année entre les arbres attaqués par *P. cylindrus* (effectif  $n_1$ ), et ceux restés sains (effectif  $n_2$ ). Le risque d'une mauvaise classification des arbres a été calculé à partir d'une relation simple entre analyse discriminante et régression multiple (Dagnélie, 1975), en considérant une variable factice  $Y (\Sigma y = 0)$ , égale à  $n_2 / (n_1 + n_2)$  pour le premier échantillon et  $-n_1 / (n_1 + n_2)$  pour le second. À partir de la distance généralisée de Mahalanobis ( $D^2 = (n_1 + n_2) (n_1 + n_2 - 2) R^2 / n_1 + n_2 (1 - R^2)$ ),  $R$  étant le coefficient de corrélation multiple, la probabilité de classement erroné ( $P$ ) a été calculée à l'aide des tables de la distribution normale réduite :  $P = 1 - P(D/2)$ . Cette méthode a permis de construire une équation potentielle de risque d'attaque des arbres selon les variables pertinentes, définies comme étant celles dont les coefficients diffèrent significativement de 0.

Le calcul d'une variable indicatrice binaire pour chacune des deux équations (Tomassone et al., 1983) a permis de savoir si les deux équations correspondant aux deux années peuvent être regroupées (égalité des variances résiduelles). Le test consiste à décider si le coefficient de cette variable dans la régression multiple est différent de zéro. Ce test est défini par le calcul de:

$$F_{n-p-1}^{p-q} = \left[ (R^2 p - R^2 q) / (p - q) \right] / \left[ (1 - R^2 p) / (n - p - 1) \right]$$

où  $p$  et  $q$  représentent le nombre de variables dans chaque équation (par année),  $n$  le nombre d'individus et  $R$  le coefficient de corrélation multiple de l'équation globale.

### La distribution spatio-temporelle des attaques à la surface du tronc et des branches

15 arbres ont été choisis en avril 1992 parce qu'ils représentent l'ensemble des chênes-lièges déjà attaqués. En mai 1992, pour chaque arbre, des unités d'observation ont été délimitées sur la surface attaquée, par des ficelles disposées longitudinalement et transversalement. Selon la distribution de la densité moyenne d'attaque par arbre on a réparti ces arbres en trois catégories : attaques faibles, infestations intermédiaires et attaques fortes. Pour chacune des

catégories l'étude de la distribution spatiale des attaques de l'insecte a été faite séparément selon la hauteur et l'orientation. La densité des attaques selon la hauteur est modélisée par un modèle non linéaire en fonction de la hauteur:  $densité = c_0 - c_1 * \log(hauteur)$ .

Tableau 1. Description des catégories de chaque variable considérée.

Catégorie	Variables	Modalité	Catégorie	Variables	Modalités
Localisation	Parcelle	1: A1 2: A2 3: S	Déclin**	Coefficient d'écorage*	1: aucun 2: < 1,25 3: 1,26-2,50 4: 2,51-3,75 5: > 3,75
	Géomorphologie	1: Vallée 2: Versant Nord 3: Versant Est 4: Versant Sud 5: Versant Ouest 6 Plateau		Année d'écorage	1: aucune 2: 1983 3: 1984 4: 1989
Croissance	Périmètre à 1 m 30	1: 30-69,9 cm 2: 70-129,9 cm 3: 130-189,9 cm 4: = 190 cm	Défoliation	Décoloration	1: 0-10 % 2: 11-25 % 3: 26-60 % 4: >60 % 5: mort
	Hauteur totale	1: < 6 m 2: 6-9,9 m 4: = 10 m			1: 0-10 % 2: 11-25 % 3: 26-60 % 4: > 60 % 5: mort
Exploitation	Type d'écorage	1: aucun 2: 1 en 9 ans 3: 2 en 9 ans	Attaque de <i>Platypus cylindrus</i>		1: présence 2: absence
	Hauteur d'écorage	1: aucun 2: 0-2,9 m 3: = 3 m			

\* Natividade 1950

\*\* Global Environment Monitoring System, 1989

## Résultats

### Attaques à l'échelle d'un peuplement

Trois ans d'inventaire ont permis de vérifier que 211 arbres ont été infestés par *P. cylindrus* (28,6 %). L'insecte a colonisé (fig. 1) surtout les arbres ayant déjà de graves perturbations physiologiques (catégories 4 et 5) qui ont fini par mourir à la suite de l'attaque. Seuls 13 % des arbres attaqués en 1992 ont survécu. Néanmoins, un pourcentage significatif d'arbres sont morts sans avoir subi d'attaque (28,0 % en 1992 ; 16,7 % en 1993 ; 26,6 % en 1994); il existe donc d'autres causes de mortalité des chênes-lièges.

La proportion moyenne des attaques a varié entre les parcelles pendant les 3 ans (fig. 2) ( $\chi^2 = 25,5$ ; 6 ddl,  $p < 0,001$ ). Avant 1992, la parcelle la plus atteinte est A2 (13,9 % d'arbres attaqués) mais, en 1993 et 1994, c'est A1 la plus attaquée (15,6 et 14,2 % respectivement). Les dimensions des arbres, périmètre (CAP) et hauteur (H) sont des caractéristiques importantes pour déterminer l'attaque de l'insecte (ANOVA à 2 facteurs CAP :  $F = 34,2$  ;  $p < 0,001$ ; H totale:  $F = 18,8$ ;  $p < 0,001$ ). Les arbres attaqués sont en moyenne plus grands (CAP moyen =  $139 \pm 14,8$  cm; H moyen =  $9,2 \pm 0,2$  m) que les sains (CAP moyen =  $102 \pm 2,0$  cm ; H moyen

= 7,9 ± 0,1 m). L'exploitation du liège intervient aussi, les arbres écorcés étant nettement plus attaqués (Chi<sup>2</sup> = 156,0; 9 ddl, p < 0,001). Ainsi 65 % en 1992 et 60 % en 1993 des arbres attaqués avaient été écorcés la même année. Le coefficient d'écorçage (CE) détermine aussi fortement le niveau d'attaque de l'insecte (ANOVA à un facteur: F = 20,1; p < 0,001), de même que la hauteur écorcée (HE) (ANOVA à un facteur: F = 40,2; p < 0,001). L'exploitation du liège a été plus sévère chez les arbres attaqués (CE = 2,4; HE = 3,3 ± 0,2 m) que chez les sains (CE = 1,8; HE = 2,1 ± 0,1 m).

La recherche d'une fonction discriminante a été effectuée par année. Les calculs avec les 43 variables utilisées (9 variables et 34 variables définies comme les combinaisons principales entre ces variables) montrent (tab. 2) qu'en 1992, 3 variables ou combinaisons de variables sont significatives (R<sup>2</sup> = 0,166; F = 44,59; p < 0,001). En 1993, ce sont 3 autres combinaisons de variables qui sont les plus importantes (R<sup>2</sup> = 0,129; F = 29,65; p < 0,001).

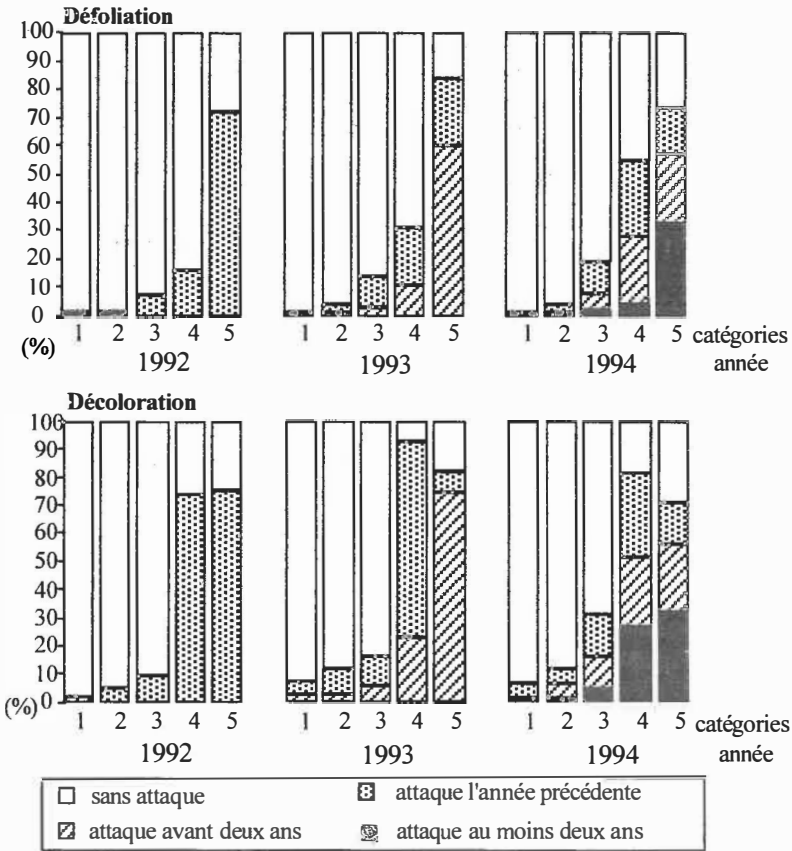


Figure 1. Représentation par fréquence relative des arbres attaqués selon l'année d'attaque pour chaque catégorie de défoliation et de décoloration.

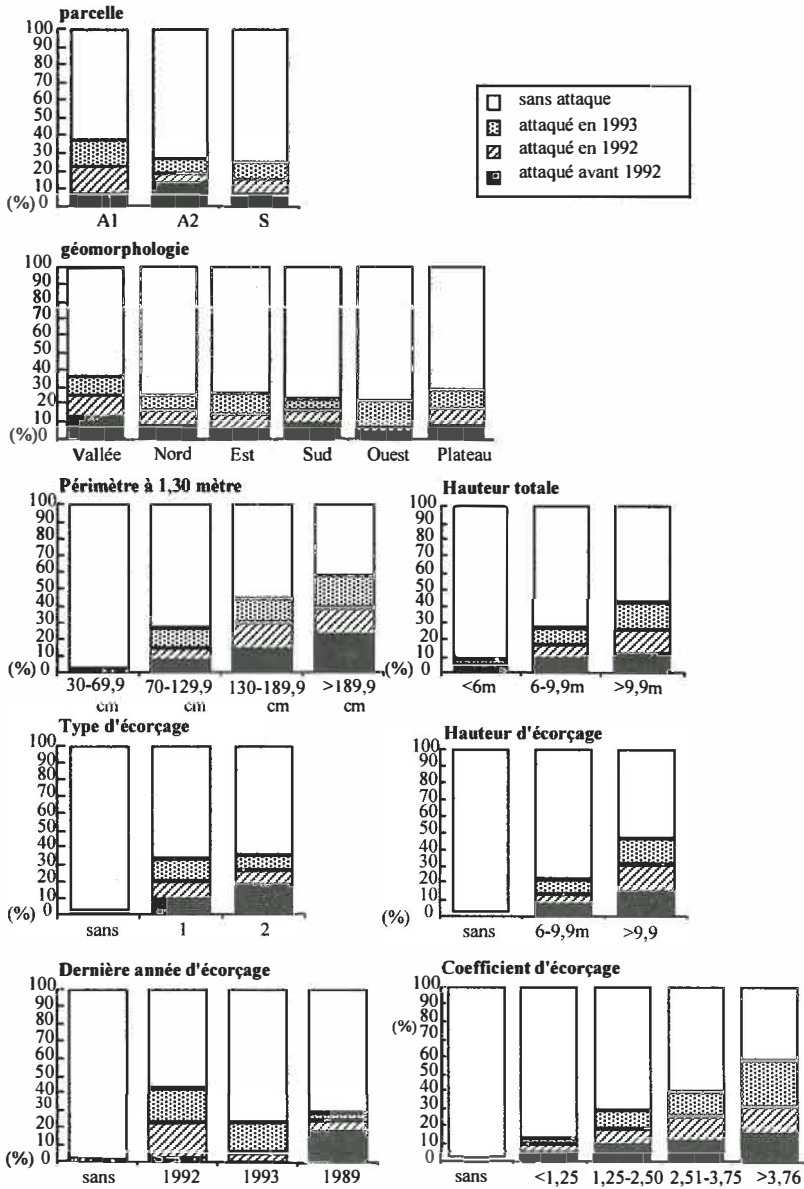


Figure 2. Évaluation temporelle des attaques de *P. cylindrus* selon les catégories de variables considérées.

Tableau 2. Variables ou combinaisons de variables permettant au mieux d'évaluer la probabilité qu'un arbre soit attaqué en 1992 et 1993.

Année	Variable (ou combinaison)	Coefficient	t-Student	Probabilité
1992	Constante	0,152		
	Périmètre	$1,586.10^{-3}$	3,59	< 0,004
	Périmètre * Défoliation	$-7,210.10^{-4}$	7,55	< 0,001
	Périmètre * Année d'écorçage	$-5,002.10^{-4}$	5,45	< 0,001
1993	Constante	0,128		
	Type d'écorç.e * Hauteur totale d'écorc.	0,062	5,65	< 0,001
		0,032	4,55	< 0,001
	Haut. totale d'écorc. * Coeff. d'écorc.	-0,071	7,66	< 0,001
	Haut. totale d'écorc.* Année d'écorc.			

Les variables explicatives du comportement de sélection des hôtes par l'insecte ont changé de 1992 à 1993. En 1992, les caractéristiques liées aux dimensions des arbres, au dépérissement (défoliation) et à l'exploitation (année d'écorçage) ont été les variables les plus significatives, tandis que pour 1993 seules les variables d'exploitation et de dépérissement ont contribué significativement à l'équation discriminante. Les statistiques élémentaires (tab. 3) permettent de vérifier qu'il existe des différences significatives entre arbres sains et attaqués. On vérifie que les valeurs de leur périmètre, de la hauteur d'écorçage et du coefficient d'écorçage diffèrent selon les deux catégories d'arbres.

Nous avons cherché à regrouper les résultats des deux années, en nous limitant aux trois variables les plus importantes, communes aux deux équations. Les coefficients de ces trois variables ont été recalculés par année, pour chaque fonction discriminante. Le test F qui juge de la possibilité de regrouper les résultats des deux années, est significatif ( $F = 3,33$ ;  $p = 0,001$ ). Il n'est donc pas possible de construire une équation commune.

La probabilité de mal classer un arbre est estimée à 27 % (1992: 26,3 %; 1993: 28,0 %) mais elle diffère fortement selon que l'arbre a été attaqué ou non. Ainsi seulement 15,3 % (11/72) et 20,8 % (16/77) des arbres attaqués ont été mal classés, respectivement en 1992 et 1993; en revanche, 34,2 % des arbres restés sains en 1992 (207/605) et 39,8 % en 1993 (210/528), présentent des caractéristiques favorables à une attaque par *P. cylindrus*.

#### *Les attaques de P. cylindrus à l'échelle de l'arbre*

Les 15 arbres ont été répartis en trois catégories selon leur densité moyenne en galeries/m<sup>2</sup>. La première catégorie (8 arbres) correspond à des attaques faibles, inférieures à 30 gal/m<sup>2</sup>; dans la seconde (3 arbres) les infestations sont intermédiaires, de 30 à 60 gal/m<sup>2</sup>, tandis que la troisième (4 arbres) est caractérisée par de fortes densités, supérieures à 60 gal/m<sup>2</sup>.

La densité des attaques a été représentée selon la hauteur pour chaque arbre, en regroupant les arbres par catégorie de densité (fig. 3, tab. 4). Une décroissance des attaques selon la hauteur est systématiquement observée pour les 7 arbres des catégories 2 et 3, correspondant à des attaques supérieures à 30 gal/m<sup>2</sup>. En revanche, dans la première catégorie, la décroissance n'est significative que pour la moitié des arbres. Pour les quatre arbres sans variations significatives, une analyse plus détaillée de leur surface a montré la présence sur les troncs de déformations provoquées par l'exploitation du liège, associées à de fortes concentrations d'attaque. La hauteur maximale des attaques varie aussi selon l'arbre: pour trois

arbres de la première catégorie les attaques s'arrêtent à 1,90 m tandis que pour deux autres, des catégories 2 et 3, on trouve des galeries à 3,90 m.

Des courbes moyennes par catégorie de densité ont été ajustées à un modèle non linéaire décroissant:  $densité = c_0 - c_1 * \log (hauteur)$ . (fig. 4). Les trois catégories d'arbres diffèrent surtout par les densités d'attaque au niveau de la base des troncs et jusqu'à 1,5 m, les arbres les plus attaqués ayant sur cette surface une densité moyenne nettement plus élevée. En revanche, les catégories 2 et 3 (densités supérieures à 30 gal/m<sup>2</sup>) ne diffèrent plus pour des hauteurs supérieures à 3 mètres.

Tableau 3. Moyenne et écart-type (entre parenthèses) de chaque variable pour les deux échantillons d'arbres sains (S) ou attaqués (P). Les moyennes sont comparées, par année, grâce à un test de Student.

Variable	1992		t-Student p	1993		t-Student p
	S	A		S	A	
Géomorphologie	1,93 (0,64)	1,86 (0,68)	0,828 (0,408)	1,94 (0,63)	1,87 (0,68)	0,843 (0,400)
Périmètre	106,16 (46,84)	143,00 (38,86)	6,410 (< 0,001)	98,31 (44,50)	123,24 (38,52)	4,670 (< 0,001)
Type d'écorçage	1,96 (0,52)	2,10 (0,32)	2,449 (0,015)	1,94 (0,54)	2,10 (0,32)	2,654 (0,008)
Hauteur totale d'écorçage	2,20 (1,50)	3,36 (1,22)	6,342 (< 0,001)	2,05 (1,46)	3,22 (1,36)	6,586 (< 0,001)
Hauteur d'écorçage de l'année	0,87 (1,38)	2,11 (1,54)	7,080 (< 0,001)	0,42 (0,88)	0,66 (1,25)	2,127 (0,034)
Coeff. d'écorçage de l'année	0,69 (1,05)	1,50 (1,11)	6,147 (< 0,001)	0,37 (2,53)	0,52 (1,02)	1,591 (0,112)
Année d'écorçage	2,51 (1,11)	3,47 (0,89)	7,116 (< 0,001)	2,53 (1,02)	3,14 (0,62)	5,167 (0,112)
Défoliation	2,12 (0,96)	2,82 (1,10)	5,743 (0,112)	2,53 (0,88)	2,97 (0,81)	4,195 (0,112)
Décoloration	1,59 (0,72)	1,76 (0,88)	1,879 (0,609)	2,11 (0,13)	2,35 (0,79)	2,387 (0,017)

## Discussion

La distribution spatio-temporelle des attaques dans les peuplements de chêne-liège n'est pas aléatoire. En effet, nos observations ont montré qu'elle résulte d'un processus de choix plus ou moins complexe des hôtes, lequel est aussi corrélé avec trois groupes de caractéristiques des arbres (affaiblissement, exploitation et dimensions). L'insecte préfère effectivement les arbres déjà dépérissants. Des relations similaires sont déjà connues chez d'autres espèces forestières et d'autres insectes (Jacobs et al., 1992; Maréchal et al., 1992). On a aussi constaté que l'écorçage (année et hauteur d'écorçage) a déclenché des conditions favorables à l'attaque de l'insecte surtout si les arbres sont déjà affaiblis.



*P. cylindrus* a par ailleurs manifesté une préférence très nette pour les arbres ayant les plus fortes dimensions (hauteur, circonférence), surtout ceux qui poussent dans la vallée.

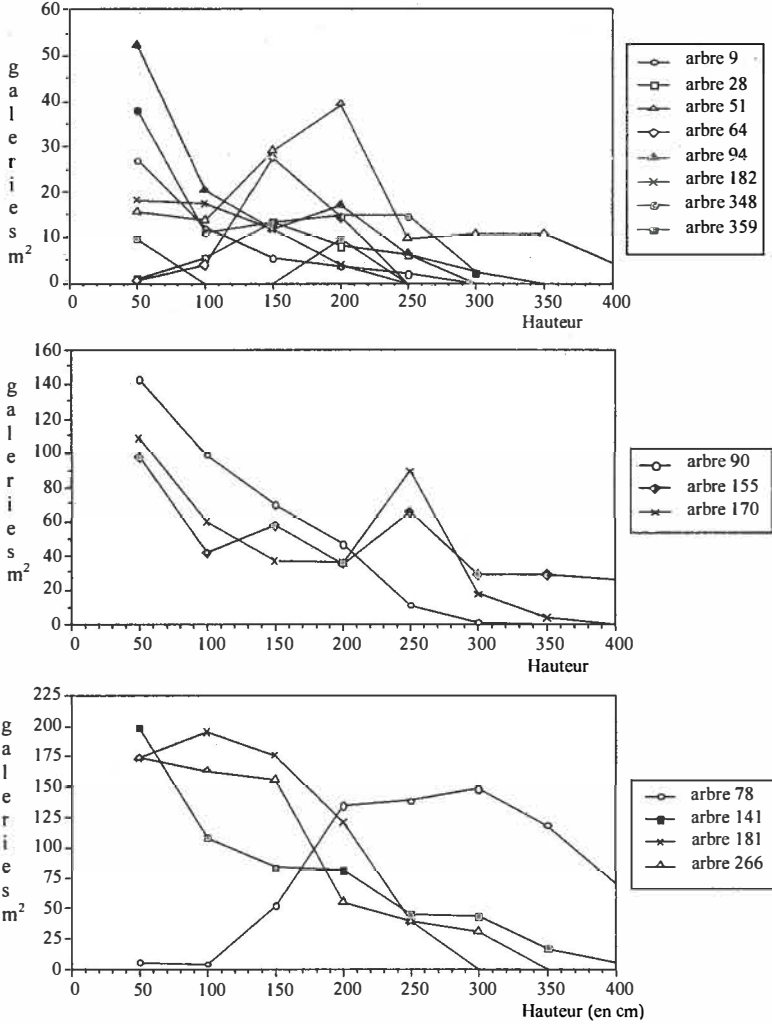


Figure 3. Répartition spatiale de la densité des attaques en fonction de la hauteur. Les arbres sont groupés par catégorie selon la densité moyenne des attaques (gal./m<sup>2</sup>)

Tableau 4. Ajustements linéaires, par arbre, des densités des attaques (en gal/m<sup>2</sup>) en fonction de la hauteur. Les arbres sont regroupés par catégorie. En gras, valeurs significatives du test F.

Catégorie	Arbre	Constante	Pente	Valeur-F	Probabilité
1	9	20,468	-0,063	<b>17,061</b>	< 0,001
1	28	8,231	-0,016	2,180	0,150
1	51	26,298	-0,043	1,335	0,257
1	64	12,462	-0,029	1,225	0,277
1	94	41,058	-0,123	<b>33,888</b>	< 0,001
1	182	20,097	-0,061	<b>16,390</b>	< 0,001
1	348	30,755	-0,085	<b>7,022</b>	0,013
1	359	6,617	-0,019	3,712	0,064
2	90	139,500	-0,414	<b>55,150</b>	< 0,001
2	155	82,599	-0,149	<b>10,240</b>	0,003
2	170	100,793	-0,250	<b>10,522</b>	0,003
3	78	14,484	0,311	<b>7,921</b>	0,009
3	141	178,962	-0,470	<b>31,674</b>	< 0,001
3	181	238,277	-0,667	<b>99,384</b>	< 0,001
3	266	207,375	-0,578	<b>68,029</b>	< 0,001

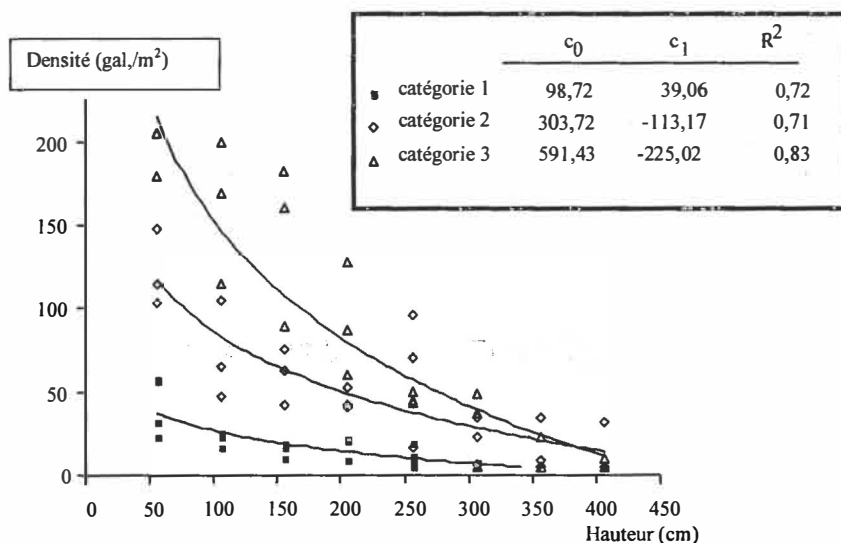


Figure 4. Modélisation de la répartition verticale de la densité moyenne des attaques de *P. cylindrus* pour trois catégories de densité (< à 30 gal/m<sup>2</sup> ; de 30 à 60 ; >60). Les arbres sont utilisés comme des répétitions. Equation de la forme : densité =  $c_0 - c_1 * \log(\text{hauteur})$

Des relations similaires avec les caractéristiques de croissance des arbres-hôtes (hauteur, diamètre, épaisseur de l'écorce,) ont déjà été constatées pour différentes espèces de coléoptères xylophages forestiers (Miller & Keen, 1960; Rudinsky, 1962; Amman, 1969). Mais les corrélations ainsi trouvées ne signifient qu'il y ait relation de causalité; le choix par l'insecte des hôtes les plus propices à une infestation obéit probablement à des stimuli, en particulier olfactifs, plus complexes que la seule vue de la silhouette des arbres (Chararas, 1979; Byers et al., 1985). Ainsi, il a été montré que l'attraction primaire et/ou secondaire de nombreux coléoptères xylophages peut être expliquée par la composition chimique des hôtes et/ou par des phéromones émises par les ravageurs (Brader, 1964; Pajares & Lanier, 1990).

Après la sélection des hôtes plus favorables, a lieu l'installation des insectes. L'étude effectuée sur la distribution des attaques de *P. cylindrus* au niveau de l'arbre a montré que ses attaques présentent globalement un gradient vertical de densité, celle-ci diminuant de la base vers la hauteur. La distribution spatiale des trous d'entrée sur les troncs traduit donc la forte structuration des attaques en fonction de la hauteur comme cela a déjà été mis en évidence chez d'autres coléoptères (Amman et Cole, 1983; Bouhot, 1990).

Le gradient vertical de répartition des attaques de *P. cylindrus* à la surface des hôtes n'est pas toujours homogène, car il dépend aussi de la densité moyenne des attaques par arbre. On vérifie chez les arbres dont la densité moyenne des attaques est élevée que celles-ci sont concentrées à la base des troncs et diminuent rapidement en nombre avec la hauteur. En revanche, chez les arbres plus faiblement infestés, la densité des attaques est plus faible à la base des troncs et diminue faiblement avec la hauteur. Des résultats similaires ont été déjà obtenus pour le Scolytidae *Dendroctonus ponderosae* Hopk (Shepherd, 1965).

## Conclusion

L'état sanitaire des arbres, leurs dimensions, l'année et le coefficient d'écorçage, jouent un rôle très important dans tout le processus de choix des hôtes les plus favorables par *P. cylindrus*. Une équation permet de prédire la probabilité qu'un chêne-liège soit infesté par l'insecte.

La répartition spatiale des attaques apparaît très structurée à l'échelle de l'arbre, avec l'existence quasi-systématique d'un gradient vertical de densité des galeries. Cette structure devra être considérée pour l'élaboration de méthodes d'échantillonnage.

## Références

- Amman, G. D. 1969: Mountain pine beetle emergence in relation to depth of lodgepole pine bark. USDA For. Ser. Res. Note INT-96: 1-8.
- Amman, G. D. & Cole, W. E. 1983: Mountain pine beetle dynamics in lodgepole pine forests. Part II, Population Dynamics. U.S. Dep. Agric., For. Serv., Intern. For. Range Exp. Stn. General Techn. Rep., INT-145: 1-59.
- Balachowsky, A. S. 1949: Faune de France : Coléoptères Scolytides. 50, Lechevalier, Paris: 320 p.
- Bletchley, J. D. 1961: A review of factors affecting ambrosia beetle attack in trees and felled logs. Emp. For. Rev. 40: 13-18.
- Boocock, D. 1960: The behaviour and treatment of the oak pinhole borer. Timber Technology 68: 73-74.
- Bouhot, L. 1990: Distribution spatio-temporelle et stratégies d'échantillonnage des attaques de *Tomicus piniperda* L. et *Ips sexdentatus* Boern. (Coleoptera: Scolytidae) sur le Pin Sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) en Forêt D'Orléans. Thèse Doctorat, Univ. Lyon I: 273 p.

- Brader, L. 1964: Étude de la relation entre le scolyte des rameaux du caféier, *Xyleborus compactus* Eichh. (*X. morstatti* Hag.) et sa plante hôte. Dissert.s Wageningen: 109 p.
- Browne, F. G. 1963: Notes on the habits and distribution of some Ghanaian bark beetles and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). Bull. entomol. Res. 54: 229-266.
- Byers, J. A. Lanne, B.S. Löfqvist, J. Schlyter, F. & Bergström, G. 1985: Olfactory recognition of host-tree susceptibility by pine shoot beetles. Naturwissensch. 72: 324-326.
- Chararas, C. 1979: Écophysiologie des insectes parasites des forêts. Paris: 297 p.
- Dagnélie, P. 1975: Analyse statistique à plusieurs variables. Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux: 361 pp.
- Elliot, H. J. Madden, J. L. & Bashford, R. 1983: The association of ethanol in the attack behaviour of the mountain pinhole borer *Platypus subgranosus* Schedl (Coleoptera: Curculionidae: Platypodidae). Aust. entomol. Soc. 22: 299-302.
- Español, F. 1964: Los Platipodidos de Cataluña (Col. Phytophagoidea). Bol. Ser. Plagas For. 7: 115-117.
- Ferreira, M. C. & Ferreira, G. W. S. 1989: Mais Uma Praga da Azinheira (Coleoptera: Platypodidae). Gazeta das Aldeias 2961: 23-23.
- Ferreira, M. C. & Ferreira, G. W. S. 1989: *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae), Plaga de *Quercus suber* L.. Bol. San. Veg. Plagas 4: 301-306.
- French, J. R. & Roeper, R. A. 1972: In vitro culture of the ambrosia beetle *Xyleborus dispar* (Coleoptera : Scolytidae) with its symbiotic fungus, *Ambrosiella hartigii*. Ann. entomol. Soc. Am. 65: 719-721.
- Global Environment monitoring System 1989: Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Geneva, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: 89 pp.
- Hickin, N. E. 1963: The Insect factor in wood decay. Rentokil Library, Hutckinson & Co, Londres: 344 p.
- Jacobs, K. A. Alvarez, 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: 193-203.
- Maréchal, P., Weissen, F., Quévy, B. & André, P. 1992: Le dépérissement du chêne en Hainaut: premiers observations stationnelles. Silva Belgica 99: 7-15.
- Mattson, W. J. Haack, R. A. Lawrence, R. K. & Slocum, S. S. 1991: Considering the nutritional ecology of the spruce budworm in its management. Forest Ecol. Manag. 39: 183-210.
- Miller, J. M. & Keen, F. P. 1960: Biology and control of the western pine beetle. USDA Forest Serv. Misc. Publ. 800, USDA Forest Serv., Washington DC: 381 p.
- Natividade, J. V. 1950: Subericultura. Lisboa, Ministério de Economia, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. Lisboa: 520 p.
- Neves, C. M. B. 1950: Introdução à entomologia florestal portuguesa. A Serra e o Homem. coleção Livros Agrícolas. Lisboa: 120 p.
- Pajares, J.A. & Lanier, G. N. 1990: Biosystematics of the turpentine beetles *Dendroctonus terebans* and *D. valens* (Coleoptera : Scolytidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 83: 171-188.
- Peyerimhoff, P. 1919: Notes sur la biologie de quelques coléoptères phytophages du Nord-Africain. Annal. Soc. entomol. Fr. 28: 257-258.
- Raffa, K. F. & Berryman, A. A. 1987: Interacting selective pressures in conifer-bark beetle systems: a basis for reciprocal adaptations? Am. Nat. 129: 234-262.
- Rudinsky, J. A. 1962: Ecology of Scolytidae. Ann. Rev. Entomol. 7: 327-348.

- Seabra, A.F. 1939: Contribuição para a história de entomologia em Portugal. Publicações D.G.S.F.A. 6: 1-20.
- Shepherd, R. F. 1965: Distribution of attacks by *Dendroctonus ponderosae* Hopk. on *Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm. Can. Entomol. 97: 207-215.
- Shore, T. L. & McLean, J. A. 1983: Attraction of *Platypus wilsoni* Swaine (Coleoptera: Platypodidae) to traps baited with sulcatol, ethanol and  $\alpha$ -pinene. Can. For. Serv. Bi-Mon. res. Notes 3: 24-25.
- Sousa, E.M.R. 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 18: 24-37.
- Tomassone, R. Esquicy, E. & Millier, C. 1983: La régression. Nouveaux regards sur une ancienne méthode statistique. INRA Actualités Scientifiques et Agronomiques, 13, Masson, Paris: 177 p.
- Villemant, C. & Fraval, A. 1993: La faune entomologique du chêne-liège en forêt de la Mamora (Maroc). Ecol. Mediterr. 19: 89-98.

**Spatio-temporal distribution of *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platypodidae) attacks in cork oak stands in Portugal**

**Abstract:** Distribution of *P. cylindrus* attacks was studied at two (stand and tree) levels. Observations (1992-1994) were undertaken in a 8 ha stand (739 cork oaks). Four classes of variables were measured (location, growth, exploitation, decline). Spatial distribution of attacks on the lower part of the trunks was studied in 1992 on 15 trees, chosen because their characteristics and location are representative of all the attacked cork oaks. The sanitary conditions and the dimensions of the trees as well as the date and the coefficient of cork removal, play a very important role in the settlement process. Prediction equations were calculated to evaluate the probability of a tree being infested by *P. cylindrus*. Attack distribution on the trunk seems to be very structured, almost always showing a vertical gradient gallerie density (non-linear equation).

**Key words :** *Platypus cylindrus*, cork oak, attack, spatial distribution

## Biologie et dégâts de *Cerambyx cerdo mirbecki* Lucas (Coléoptère, Cerambycidae) en subéraie de la Mamora (Maroc)

Salwa El Antry

Centre National de la Recherche Forestière. Service Sylviculture. BP 763 Agdal, Rabat, Maroc.

**Résumé:** Différents aspects de la biologie de *Cerambyx cerdo* L. var. *mirbecki* Lucas (Coléoptère, Cerambycidae) sont présentés. Le cycle biologique dure environ trois ans : l'oeuf éclôt après 10 jours d'incubation en moyenne. Le développement larvaire, qui s'effectue en 5 stades, dure 28 mois et la nymphose 32 jours. L'adulte immature demeure en hibernation pendant 7 mois. En Mars, il quitte sa logette d'hibernation pour s'accoupler. La sex-ratio est déséquilibrée en faveur des mâles (61,75%). La fécondité maximale atteint 305 œufs. L'adulte émergeant, d'une longévité de 13 jours, est de mœurs crépusculaires et nocturnes. Les larves du Grand Capricorne occasionnent des dégâts considérables au niveau du tronc et des grosses branches de *Quercus suber*. Un parasite oophage *Oobius rudnewi* Novicky (Hyménoptère, Encyrtidae) a été mis en évidence au cours de cette étude.

**Mots clés:** *Cerambyx cerdo*, *Quercus suber*, Mamora, Maroc, cycle biologique, longévité, fécondité, dégâts, parasite oophage.

### Introduction

A l'instar d'autres subéraies de plaine ou de montagne, la forêt de la Mamora est en régression. Certains auteurs prévoient sa disparition prochaine, du fait de son âge, du manque de régénération et des attaques de divers ravageurs. Ces derniers temps, des mortalités spectaculaires ont été constatées; elles étaient accompagnées le plus souvent par les symptômes d'une mycose à *Hypoxyton mediterraneum* et d'une infestation par divers xylophages. Ces derniers sont considérés comme des ravageurs secondaires car leurs attaques et leur multiplication dépendent du mauvais état physiologique de l'arbre-hôte; ils peuvent cependant occasionner des dégâts d'une importance économique considérable. Ces ravageurs sont essentiellement des représentants des coléoptères Cerambycidae, Platypodidae, Scolytidae et Buprestidae. L'inventaire des espèces et l'observation de leurs dégâts sur le terrain a permis de les classer par ordre de primarité relative (De Lépiney & Mimeur, 1932; Questienne, 1975, Chadigan, 1990; Villemant & Fraval, 1991). Le Grand Capricorne *Cerambyx cerdo* var. *mirbecki* (Cerambycidae) est considéré comme ravageur "quasi primaire" d'où l'intérêt de son étude.

Connu depuis longtemps au Maroc (De Peyerimhoff, 1927), le Grand Capricorne a toujours été considéré comme un ravageur du chêne-liège. Au cours de la dernière décennie, suite à l'action négative de nombreux facteurs biotiques et abiotiques, l'affaiblissement des arbres a favorisé sa multiplication et son développement. Des études préliminaires sur sa biologie ont permis de connaître le nombre de ses stades larvaires (El Antry, 1987, 1994). Ce travail a été complété par l'étude d'autres aspects de sa biologie: cycle de développement, sex-ratio, influence du régime alimentaire sur la longévité et la fécondité des adultes, durée d'incubation des œufs, évaluation des dégâts causés par les larves.

## Matériel et méthodes

L'étude est conduite en forêt de la Mamora et en particulier dans le secteur d'El Menzeh où l'infestation par *C. cerdo* est très importante. Un élevage de larves au laboratoire a permis de connaître les différentes étapes du développement du ravageur. D'autre part, des tronçons attaqués, prélevés sur le terrain, ont été mis en éclosiers pour suivre la sortie des imagos au laboratoire. Les adultes émergents sont dénombrés par sexe afin d'évaluer la sex-ratio. Au total 523 individus mâles et femelles ont fait l'objet d'observations concernant les modalités d'accouplement, leur longévité et leur fécondité.

Les individus collectés sont isolés à raison d'un couple par boîte d'élevage. Une partie est laissée à jeun et l'autre nourrie de miel toutes fleurs afin de déterminer lequel de ces régimes assure les longévité et fécondité les plus élevées. Deux lots d'individus ont été distingués : les adultes néo-émergés au laboratoire et ceux capturés en forêt au crépuscule. La ponte a été suivie au laboratoire car la femelle dépose ses œufs isolément dans les fissures du liège et il est particulièrement difficile de retrouver dans la nature un œuf inséré dans l'écorce d'un chêne-liège. Les femelles en élevage déposent leurs œufs sur les morceaux de liège disposés à cet effet et qui sont remplacés quotidiennement; les œufs sont comptés puis datés afin de permettre le suivi de leur incubation. La température et l'hygrométrie ambiantes sont enregistrées grâce à un thermo-hygrographe. Après la mort des femelles, on procède à la dissection de leur appareil reproducteur pour examiner l'état de leurs ovaires.

## Résultats et discussion

### *Cycle biologique* (fig. 1)

En forêt, l'accouplement se déroule la nuit sur le tronc et les grosses branches de chêne-liège. Le mâle introduit son organe copulateur et étire fortement l'oviscape de la femelle qui pond ensuite quelques œufs. Les accouplements suivis de ponte partielle peuvent se renouveler plusieurs fois par nuit. La femelle tâte la surface de l'écorce avec son oviscape avant de déposer son œuf qui sera soigneusement inséré dans les fentes de l'écorce. Ce même comportement a été observé au laboratoire même pendant la journée, dès que le mâle est mis en présence d'une femelle. Selon Picard (1929) les tractions que le mâle fait subir à l'oviducte, excitent mécaniquement la descente des œufs. De même, la ponte paraît être déterminée par une sensation tactile ressentie au niveau de l'oviscape. Les femelles vont déposer leurs œufs dans les fissures de l'écorce entre mars et juillet : ils sont de couleur jaune et mesurent 2,5 à 3 mm de grand diamètre sur 1 mm de petit diamètre.

La larve néonate a une capsule céphalique de 0,87 mm de large. Longue d'environ 5 mm et pesant 0,009 g, elle est charnue, de forme quasi cylindrique et de couleur blanchâtre. Dès son éclosion, elle pénètre le liège et commence à forer une galerie au niveau du phloème. Après 4 mues, la larve du dernier stade atteint en moyenne 6 à 7 cm de long et sa capsule céphalique 11 mm (poids: 9 g). Elle creuse alors deux galeries, l'une vers l'extérieur qui permettra au futur adulte de sortir, l'autre vers l'intérieur où sera aménagée une logette nymphale constituée de sciure mélangée à une sécrétion calcaire dégorgée par la larve. Au début du mois d'août, la larve se nymphose donnant une nymphe ayant les proportions et l'aspect extérieur de l'adulte. Cette écophase dure en moyenne 32 jours après lesquels apparaît un adulte immature à la cuticule molle. Dix jours plus tard, il se sclérifie pour donner un adulte ténéral de couleur acajou. Il reste ainsi en hibernation dans sa logette jusqu'au printemps où a lieu l'émergence. L'apparition des adultes s'échelonne sur 4 mois, d'avril à fin juillet; c'est durant cette période que l'on peut effectuer leur collecte.

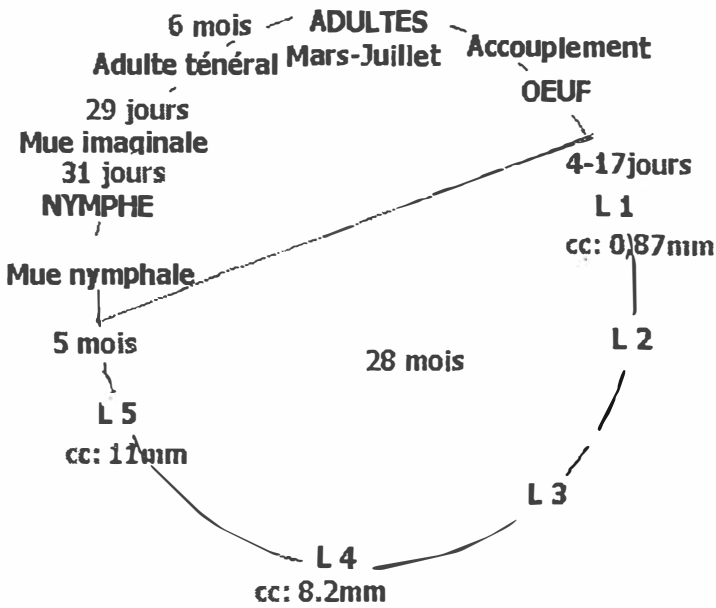


Figure 1. Cycle biologique de *Cerambyx cerdo*

### **Sex ratio**

Chez *Cerambyx cerdo*, le dimorphisme sexuel apparaît au niveau des antennes qui dépassent largement l'extrémité de l'abdomen chez le mâle. Nos résultats montrent que la sex-ratio est déséquilibrée en faveur des mâles. Sur un total de 523 spécimens collectés, on a trouvé 323 mâles et 200 femelles soit respectivement 61,75% et 38,25%. Ceci confirme les pourcentages obtenus par Strojny (1977) qui a trouvé 247 mâles (soit 60,24%) et 133 femelles (soit 39,76%) parmi 410 adultes issus de *Quercus robur*.

### **Longévité des adultes**

Chez les imagos provenant du terrain, la longévité moyenne des individus nourris au miel est d'environ 14 jours pour les mâles et 11 pour les femelles au lieu de 9 et 8 jours respectivement pour les individus laissés à jeun (tab. 1). Les individus nourris au miel semblent donc vivre plus longtemps que ceux restés à jeun. D'autre part, l'espérance moyenne de vie des mâles apparaît supérieure à celle des femelles. Il faut rappeler toutefois qu'on ne connaît pas l'âge exact de ces insectes car on ignore combien de jours se sont écoulés entre leur émergence et leur capture. La durée de vie des mâles néo-émergés au laboratoire apparaît de fait légèrement supérieure à celle des précédents.



Tableau 1. Longévité des adultes de *Cerambyx cerdo* en fonction du régime alimentaire.

Sexe	Provenance	Régime alimentaire	Effectif	Longévité			
				max.	min.	moy.	s. d.
Femelle	Terrain	A jeun	83	42	2	8,2	6,7
		Miel	84	50	1	10,5	8,3
Mâle	Terrain	A jeun	39	42	2	9,2	8,0
		Miel	33	50	2	13,9	9,7
	Laboratoire	A jeun	12	56	1	17,6	15,8
		Miel	9	53	1	13,9	11,1

### Fécondité

L'appareil reproducteur femelle présente deux ovaires comprenant un nombre très variable d'ovarioles. Les œufs parvenus à maturité descendent dans l'oviducte puis dans le vagin. Il existe à ce niveau un réceptacle séminif, qui stocke les spermatozoïdes, et des glandes collatérales qui déversent dans le vagin un produit destiné à la protection des œufs. Ces derniers sont fécondés à leur passage au niveau du réceptacle séminif. Les œufs de couleur jaune (2 à 3 mm de grand diamètre) sont entourés d'un chorion extrêmement rigide. Lors de la ponte, ce chorion est lui-même recouvert d'une substance qui permet à l'œuf de mieux adhérer à son substrat.

Tableau 2. Fécondité des femelles de *Cerambyx cerdo* en fonction du régime alimentaire.

Provenance	Régime alimentaire	Effectif	Fécondité		
			max.	moy.	s.d.
Terrain	A jeun	55	191	53,6	43,1
	Miel	52	305	67,7	58,1
Laboratoire	A jeun	14	31	10,3	10,4
	Miel	21	57	17,8	18,4

Chez les adultes ramenés du terrain, la fécondité moyenne est de 67,7 œufs pour les femelles nourries au miel contre 53,6 œufs pour celles restées à jeun. Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des deux populations (tab. 2). Le régime semble donc n'avoir aucune influence sur la fécondité des femelles. Chez les femelles néo-émergées au laboratoire la fécondité moyenne demeure très faible par rapport aux femelles collectées sur le terrain, le nombre moyen d'œufs pondus variant entre un minimum de 10,3 et un maximum de 17,8. Les adultes obtenus au laboratoire ont probablement souffert des conditions d'élevage et sont plus ou moins déficients.

### Incubation des œufs

La durée d'incubation, à une humidité relative moyenne de 62%, passe de 17 jours à 21°C à 4 jours à 28°C. Plus la température est élevée, plus le temps d'incubation est réduit (tab. 3). Les

hautes température favorisent en effet, dans certaines limites, l'accélération du développement embryonnaire par stimulation du métabolisme.

Tableau 3. Durée d'incubation des œufs de *Cerambyx cerdo* à différentes températures ambiantes

T°C	21.9	22	22.3	22.4	23.5	24.5	25	26	27	27.5	28.5
Durée (j.)	17	16	13	14	11.5	7	6.5	5	4.5	4	4
Effectif	111	141	110	113	98	122	73	118	104	61	136

### **Evaluation des dégâts de *Cerambyx cerdo***

Nous nous sommes essentiellement intéressés aux larves des deux derniers stades. Ce sont elles qui causent les dégâts les plus spectaculaires; leurs galeries, de section elliptique, peuvent atteindre 60 cm de longueur et 5 cm de grand diamètre. Chaque larve de ce stade consomme en moyenne 10 grammes de bois par mois, or un arbre affaibli peut héberger jusqu'à une quarantaine de larves. Ceci donne une idée de l'étendue des dégâts causés par cet insecte sur les arbres dépérissants. Et ceci d'autant plus que l'altération par les larves des faisceaux libéro-ligneux provoque la mort des tissus, ce qui entraîne un décollement de l'écorce et accélère la mort de nombreux arbres.

### **Conclusion**

*C. cerdo* est un ravageur qui cause des dégâts considérables dans les subéraies marocaines. Mais comme de nombreux autres insectes xylophages, c'est un xylophage secondaire qui s'attaque donc à des arbres en état de faiblesse. Pour éviter la pullulation de tels ravageurs, il est nécessaire de placer les peuplements forestiers dans les meilleures conditions de défense grâce à des opérations sylvicoles appropriées.

Cette étude préliminaire nous a permis de définir certains paramètres relatifs à la biologie de *C. cerdo*. C'est un endophage dont l'échelonnement des émergences sur 4 mois rend difficile tout moyen de lutte chimique. L'œuf reste le stade le plus sensible. En effet, au cours de notre étude, le seul ennemi naturel que nous ayons mis en évidence en Mamora est un parasite oophage: *Oobius rudnewi* Novicky (Hyménoptère, Encyrtidae) qui pourrait éventuellement être utilisé comme agent de lutte biologique.

### **Références**

- Chadigan, M. 1990: Etude des facteurs du dépérissement du chêne-liège associés à l'installation des xylophages en forêt de la Mamora. Mémoire D.E.S. Ecologie Animale, Faculté des Sciences, Rabat, 145 p.
- De Lépiney, J. 1928: Les insectes nuisibles du chêne-liège dans la forêt de la Mamora. Ann Epiphyt: 313-321.
- De Lépiney, J. & Mimeur, J.M. 1932: Notes d'entomologie agricole et forestière du Maroc. Mem. Soc. Sci. nat., Maroc, 195 p.
- De Peyerimhoff, M.P. 1927: Introduction sur les travaux d'exploitation dans les forêts de chêne-liège. Constantine, Braham, 96 p.

- El Antry, S. 1987: Contribution à l'étude des insectes xylophages associés au dépérissement du chêne-liège notamment du Grand Capricorne, *Cerambyx cerdo* var. *mirbeckii* (Vil.) (Col., Cerambycidae). Mém. C.E.A. de Biologie, Faculté des Sciences, Rabat, doc. DREF, 39 p.
- El Antry, S. 1994: Le Grand Capricorne du chêne-liège. In: Ravageurs et maladies des forêts au Maroc, eds El Hassani, Graf, Hamdaoui, Harrachi, Messaoudi, Mzibri et Stiki, Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts, D.P.V.C.T.R.F.: 119-121.
- Questienne, P. 1975: Notions d'entomologie forestière. Doc. ENFI Salé, 89 p.
- Picard, F. 1929: Coléoptères Cerambycidae. Faune de France, Paul le Chevalier, Paris, 20, 166 p.
- Schwenke, W. 1961: Walddüngung und Schadinsekten. Anz. Schädlingsk., 34: 161-163.
- Strojny, W. 1977: Studies on the biology of the Great Capricorn beetle *Cerambyx cerdo* L. (Coleoptera, Cerambycidae) living on pedunculate oaks. *Quercus robur* L., in Swojec and Wilczyce near Worclaw in 1973-1976. Polskie Pismo Entomol. (Worclaw) 47: 727-746.
- Villemant, C. & Fraval, A. 1991: La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat, 336 p.
- Villiers, A. 1946: Coléoptères Cerambycidae de l'Afrique du Nord. Faune de l'Empire français, Paris, 5, 153 p.

#### **Biology and damage of *Cerambyx cerdo* var. *mirbeckii* (Coleoptera, Cerambycidae) in the Mamora cork oak forest (Morocco)**

**Abstract:** Different aspects of the biology of *Cerambyx cerdo* L. var. *mirbeckii* Lucas (Coleoptera, Cerambycidae) are presented. The life cycle lasts three years: 10 days after the egg-laying the first instar larva starts its development which lasts 28 months with 5 larval instars. Pupal stage lasts 32 days. The immature adult remains inactive in the cork excavation during 7 months before emerging in March to mate. The sex-ratio is 61,75% males and 38,25% females. The average longevity of the imago is 13 days and the maximum fecundity reaches 305 eggs. The damage of the last instar larvae which was evaluated on cork oak trunks and limbs in the Mamora forest is considerable. An egg parasitoid of the Great Capricorn was identified : *Oobius rudnewi* Novicky (Hymenoptera, Encyrtidae).

**Key words:** *Cerambyx cerdo*, *Quercus suber*, Mamora forest, Morocco, life cycle, longevity, fecundity, damage, egg parasite.

## Insectes défoliateurs de *Quercus calllyprinos* Webb. et de *Quercus infectoria* Oliv. au Liban

Guy Démolin<sup>1</sup>, Nabil Nemer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA, Laboratoire d'écologie forestière du Mont Ventoux, Route de Vaux. F- 84340 Malaucène, France. <sup>2</sup> Université américaine de Beyrouth, Liban.

**Résumé:** Lors de l'étude d'une nouvelle Tenthredo ravageuse de la cédraie, diverses forêts du Liban ont été prospectées systématiquement d'avril à octobre 1998. Dans les chênaies, constituées essentiellement de *Quercus calllyprinos* et *Q. infectoria*, de nouveaux ravageurs potentiels ou réels ont été recensés: *Lymantria dispar*, *Eriogaster philippsi* et *Thaumetopoea* sp., variété ou espèce très voisine de *T. processionea*, nouvelle pour le Liban. Ces observations devraient permettre d'approfondir la réflexion sur la situation des ravageurs forestiers, et de *L. dispar* en particulier, à l'est du Bassin méditerranéen.

**Mots-clés:** *Quercus calllyprinos*, *Q. infectoria*, *Lymantria dispar*, *Eriogaster philippsi*, *Thaumetopoea* sp., *T. processionea*, nouveaux ravageurs

### Introduction

Un programme de recherche, concernant deux ravageurs commettant d'énormes dégâts sur *Cedrus libani* Barel en cédraie de Tannourine, a été mis en place au Liban en avril 1998. Ces deux insectes, inconnus au niveau international, appartiennent, l'un au genre *Cephalcia* (Hym. Pamphiliidae) et l'autre, au genre *Ernobius* (Col. Anobiidae). Dans le cadre de cette étude, nous avons eu l'occasion de nous intéresser à une petite partie des nombreux défoliateurs présents dans les chênaies à *Quercus calllyprinos* Webb. et *Q. infectoria* Oliv. Trois espèces, découvertes ou redécouvertes, qui commettent ou sont susceptibles de commettre à terme d'importants dégâts, *Lymantria dispar* L., *Eriogaster philippsi* Bart. et *Thaumetopoea* sp., sont présentées ici.

### La spongieuse *Lymantria dispar* L.

#### *Infestations*

La spongieuse ne vient pas d'être découverte au Liban; cette espèce y est en effet signalée depuis 1950 (Talhok, 1950). Par contre, aucune défoliation importante due à ce ravageur n'avait encore été remarquée dans ce pays. De même, personne n'avait jusqu'ici entrepris un inventaire de ses ennemis naturels. En juin 1998, deux importantes invasions de *L. dispar* sur plus de deux cents hectares de peuplements de *Q. infectoria* et *Q. calllyprinos* ont été observées: la première, très importante, sur les versants nord du Djabal Moussa (Yatchouch) et l'autre sur les versants nord des montagnes de Tourza (barrage). Les modes d'invasion depuis les foyers primaires jusqu'aux zones d'altitude (plus de 1 000 mètres) nous ont paru très semblables à ceux déjà observés en montagne, en Kroumirie (Ain Draham -Tunisie) (Rabasse & Babault, 1975) ou dans le Djurjura (Algérie) (Démolin, 1986; Khou, 1993).

En juin 1998, lors de la découverte des infestations, les individus de la population avaient atteint le cinquième stade larvaire ou s'étaient nymphosés. Des larves de *Calosoma* sp. (*sycophanta* ?), prédateur bien connu de *L. dispar*, manifestaient une grande activité, attaquant les chenilles au sol et dans les arbres, ou dévorant les chrysalides regroupées dans leurs soies d'arrimage. De toute évidence, la population du ravageur était dans la phase de rétrogradation d'une pullulation ayant débuté depuis plus de trois ans.

A la fin juin, malgré l'action des calosomes, des adultes mâles de *L. dispar* volaient dans les biotopes et ont été capturés en très grand nombre au piège à phéromone. Compte tenu de l'importance de ces vols, et en vue d'évaluer le niveau d'infestation possible pour 1999, nous avons recherché des pontes dans les chênaies, en juillet, août et octobre. Le faible nombre trouvé (une vingtaine, sur des parcours de plusieurs centaines de mètres) nous ont démontré, que les populations au Djabal Moussa et à Tourza étaient de fait extrêmement réduites. Les œufs ont commencé à éclore au laboratoire le 20 février 1999.

Pour compléter ce chapitre, nous pouvons signaler que plusieurs sondages effectués par pièges à phéromone dans plusieurs localités proches de Beyrouth et dans la vallée de la Bekaa indiqueraient que *L. dispar* est présente sur pratiquement tout le territoire libanais. La prospection à la recherche de pontes, nous a permis par la suite de localiser une petite infestation près de Hadath el Joubbé (chênaie de Qnat).

### **Ennemis naturels**

Les espèces obtenues sont un prédateur et trois espèces de parasites:

- *Calosoma* sp. (Col. Carabidae) est prédateur de tous les stades larvaires et des chrysalides de *L. dispar*. Les adultes issus des larves observées en juin 1998 ne sortiront qu'au début de l'été 1999, ou les années suivantes (diapause à l'état adulte).
- *Blepharipa* sp. (*pratensis* ?) (Dipt. Tachinidae), parasite obtenu de chenilles et de chrysalides, demeure en diapause dans sa puppe. Rappelons ici que cette tachinaire dépose des œufs microtypes sur le feuillage attaqué par l'hôte. Ce dernier se trouve parasité lorsque les chenilles ingurgitent les œufs du parasite en consommant des feuilles. Proportionnellement, les plus grosses chenilles, souvent des femelles, se trouvent davantage parasitées que les mâles. La tachinaire, qui n'empêche pas la nymphose de son hôte, émerge généralement des chrysalides.
- *Brachymeria intermedia* (Ness) (Hym. Chalcididae) est une espèce polyphage; il a été obtenu de chrysalides de *L. dispar*.
- *Ooencyrtus kuvanae* (Howard) (Hym. Encyrtidae) parasite les oeufs du ravageur.

### **Position génétique de *L. dispar* au Liban : Tests ADN**

Quelques adultes et quelques pontes récoltés dans les biotopes libanais ont été transmis à l'USDA; les analyses DNA (par FSI RAPID, microsatellite et 198 marqueurs) donnent des résultats très proches de ceux obtenus pour des populations appartenant aux aires de répartition de l'ouest et du sud de l'Europe (Asie 3/5 et Amérique du nord 2/5).

Il serait intéressant de comparer ces résultats à ceux signalés sur d'autres populations du Moyen Orient. Il faudrait également, compte tenu du caractère très fermé des vallées du Liban, reprendre dans le détail l'inventaire et la biologie des ennemis naturels. Il serait intéressant, par exemple, de savoir si *O. kuvanae* aurait pu parvenir au Liban à la suite d'une introduction accidentelle de pontes de *L. dispar* en provenance d'un des nombreux pays du bassin méditerranéen, notamment du Maghreb, où ce parasite, originaire du Japon, a été introduit dans les années 20 via les Etats-Unis (Crossman, 1925, De Lépiney, 1928).

### **Le Lasiocampidae *Eriogaster phillipsi* Bart.**

Ce Lépidoptère de la famille des Lasiocampidae est voisin d'*E. rimicola* (Denis et Schiff.). Il est connu depuis longtemps au Liban (in Talhouk, 1969). Dans la pratique forestière, cet insecte défoliateur de *Q. infectoria* est connu sous le nom erroné de “processionnaire du chêne”. Cette erreur s’explique par le fait que les chenilles, très urticantes, vivent en société jusqu’à leur maturité et qu’elles construisent un nid de soie très blanche. La taille de ce dernier équivaut à celle de la processionnaire du pin du Liban, *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, identifiée de l’île de Chypre qui est, rappelons le, une espèce très proche de *T. pityocampa* Denis et Schiffermüller (Démolin et al., 1994)

### **La processionnaire du chêne du Liban *Thaumetopoea* sp.**

Dans le sud du Liban (Sud est du Djabal El Barouk, (Kefraia)) et au centre (sud du Djabal Moussa), les ingénieurs de “Papcvl”\*\*\* ont découvert début mai 1998, sur *Q. callyprinos*, de très belles colonies de chenilles processionnaires qui ressemblaient beaucoup à celles de *T. processionea* L., ravageur du chêne bien connu en Europe depuis Réaumur (1736).

Les chenilles, particulièrement celles ayant atteint les derniers stades de leur développement, possèdent de longues soies d’ornementation blanches sur un tégument à dominance gris clair; elles vivent et mangent ensemble et restent regroupées à l’ombre sur le dessous des branches ou à la base des troncs durant la journée. Comme de bonnes processionnaires, elles se déplacent en troupeaux ou en processions. Elles se distinguent toutefois par la présence sur l’abdomen de “trapézoïdaux” de couleur orangé rouge, alors qu’ils sont noirs ou marron chez *T. processionea*. Les “trapézoïdaux” sont les parties tégumentaires fortement sclérifiées qui bordent les dispositifs de défense, miroirs remplis de poils urticants noirs, et de longues soies sensorielles ou d’ornementation blanches.

Les adultes ont émergé au mois d’août 1998 de chenilles récoltées à la fin juin, peu de temps avant leur maturité, et qui se sont chrysalidées au laboratoire. La principale différence entre les chenilles de la processionnaire du chêne libanaise et celles de la forme européenne, réside dans le comportement de nymphose. Au Liban, la nymphose se passe certainement sous terre à proximité des arbres attaqués, et non dans des tissages placés à la base des troncs ou sous les branches maîtresses comme c’est le cas en général pour les populations européennes, une exception ayant été toutefois signalée en Roumanie (Dissescu & Ceianu, 1968).

Nous pensons, à l’observation des adultes et suite une première analyse rapide des genitalia, que cette espèce pourrait être une variété, sinon une nouvelle espèce très proche de *T. processionea* L. Mais cette dernière n’ayant jamais été signalée sur le continent asiatique et a fortiori au Liban, nous ne pouvons apporter plus de précisions sans avoir terminé les comparaisons avec des adultes de populations européennes. La présence, au Moyen Orient, de plusieurs espèces du genre *Thaumetopoea*, telles *T. solitaria* qui vit sur *Pistacia* sp., *T. libanotica* qui vit sur cèdre, *T. wilkinsoni* qui vit sur pin et peut-être *T. jordana* qui vit sur *Rhus tripartita* Ucr., dont les positions exactes dans le genre *Thaumetopoea* sont encore controversées, nous incite à beaucoup de prudence (Démolin et al., 1994).

Nous n’avons par ailleurs trouvé aucun parasite de cette processionnaire du chêne.

## Remerciements

Nous remercions chaleureusement:

Pour les prospections et l'appui biologique et logistique au Liban : Monsieur le Professeur N. Kawar et Madame le docteur Hefat Abou Fakhr de l'Université américaine de Beyrouth, Mlle Jenny Nasr, étudiante en entomologie à l'Université américaine de Beyrouth et les ingénieurs du Ministère de l'Agriculture du Liban et ceux du projet UE \*\*\*\* "Programme d'Assistance à la Protection de la Couverture Végétale du Liban" (Papcv1)

Pour son aide à la détermination des parasites et l'apport d'informations biologiques complémentaires sur *L. dispar*: Franck Hérard, de l'European Biological Control Laboratory, USDA/ARS. Montpellier (France)

Pour la réalisation des tests ADN de *Lymantria* : Melody Keena et Marie-Jose Cote, USDA-Forest Service du Northeastern Center for Forest Health Research, 51 Mill Pond road, Hamden CT 06514.

Et pour l'aide financière aux missions: la Société Yves Rocher France "division nature", l'INRA France et le Ministère des Affaires Etrangères (France).

## Références

- Crossman, S.S. 1925: Two imported egg parasites of the gypsy moth populations : *Anastatus bifasciatus* Fonsc. and *Schedius kuwanae* Howard. J. Agri. Res. 30: 643-675.
- De Lépiney, J. 1928: Les insectes nuisibles du chêne liège dans les forêts du Maroc, (Deuxième étude). Ann. Epiphyt. 14: 313-321.
- Démolin, G. 1986: Intensification de la protection phytosanitaire des forêts en Algérie. Rapport scientifique - projet F.A.O. n° DP-FO-ALG/83/013: 27 p., 30 planches.
- Démolin, G., Frérot, B., Chambon, J.P. & Martin, J.C. 1994: Réflexions biosystématiques sur toutes les processionnaires du genre *Thaumetopoea*, Lepidoptera Thaumetopoeidae, considérées comme ravageurs importants des cèdres *Cedrus libani* Barel et *Cedrus atlantica* Manetti sur le pourtour du Bassin Méditerranéen. Ann. Rech. For. Maroc, 27: 578-591.
- Dissescu, G. & Ceianu, I. 1968: Cercetari asupra bioecologiei omizii procesionare a stejarului. (*Thaumetopoea processionea* L.). Centrul de documentare tehnica pentru economia forestiera, 119 p.
- Khous, M.G. 1993: Etude de l'écologie et du contrôle naturel du *L. dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) en chênaie verte du Djurjura. Thèse de Magister, Université d'Alger, 132 p.
- Rabasse, J.M. & Babault, M. 1975: Etude d'une pullulation de *Lymantria dispar* L. (Lep. ; Lymantriidae) dans les conditions méditerranéennes. Sci. agron. Rennes: 143-160
- Réaumur, de R.A.F. 1736: Mémoires pour servir l'histoire des insectes, 2, mém. 3 et 4, Paris: 208-211.
- Talhouk, A.S, B.A., F.R.E.S., M.A.A.A.S. 1950: A list of insects observed on economically important plants and plant products in Lebanon. Bull. Soc. Fouad 1<sup>er</sup> Entomol.: 133-141.
- Talhouk, A.S. 1969: Insects and mites injurious to crops in Middle Eastern countries. Monogr. angew. Entomol., 21, Paul Parey, Hamburg und Berlin, 239 p.

### Defoliator insects of *Quercus callyprinos* Webb. and *Quercus infectoria* Oliv. in Lebanon

**Abstract:** During a study concerning the cedar pest belonging to the genus *Cephalcia* in Lebanon, various forests were systematically prospected from April to October 1998. In the oak forests, essentially constituted of *Quercus callyprinos* and *Q. infectoria*, new potential or current pests were recorded: *Lymantria dispar*, *Eriogaster philippsi* and *Thaumetopoea* sp., a variety of or a species close to *T. processionea*, which is a new record for the Middle East. These observations enable us to extend the reflection concerning the forest pest, *Lymantria dispar* particularly, situation in the eastern part of the Mediterranean Basin.

**Key words:** *Quercus callyprinos*, *Q. infectoria*, *Lymantria dispar*, *Eriogaster philippsi*, *Thaumetopoea* sp., *T. processionea*, new pests.



## Les gradations de *Lymantria dispar* en Europe et en Afrique du Nord

Claire Villemant<sup>1</sup>, Alain Fraval<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Entomologie, UPRES A 8043 du CNRS, 45, rue Buffon, F-75005 Paris. <sup>2</sup> I.N.R.A., Mission Environnement-Société, 147, rue de l'Université, F-75338 Paris cedex 07

**Résumé :** Un questionnaire envoyé en 1995 et 1996 à des chercheurs et gestionnaires forestiers a permis de réaliser un bilan de la situation actuelle de *L. dispar* dans 23 pays d'Europe et d'Afrique du Nord. Les informations demandées concernaient les dates, lieux et importances des deux dernières gradations, ainsi que la liste des plantes attaquées. Des données sur les gradations précédentes ont été tirées en outre de la littérature. L'ensemble est présenté pays par pays et sous forme de tableaux dans un document internet (<http://www.inra.fr/dpenv/ld-eafn1.htm>) dont cet article constitue la synthèse.

**Mots-clés :** *Lymantria dispar*, Europe, Afrique du Nord, gradations, bilan

### Introduction

Le Bombyx disparate, *Lymantria dispar* (L.) (Lep. Lymantridae) est un ravageur des feuillus et des conifères mais aussi d'arbres fruitiers et de plantes basses, dans tout l'Hémisphère nord. L'espèce est originaire du Japon et de Corée. Au XIX<sup>e</sup> siècle, elle est présente en Russie, Chine du Nord, Europe balkanique et de l'Ouest. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, ses pullulations inquiètent déjà les forestiers d'Algérie et du Maroc.

Depuis quelques années, les dépérissements dans les forêts européennes et nord-africaines suscitent beaucoup d'inquiétudes. Leurs causes, lorsqu'on les connaît, sont multiples et aucune perte d'arbres n'est imputée à *L. dispar* seul. Toutefois l'évolution actuelle du climat et des écosystèmes forestiers sous l'effet de l'activité humaine influence la dynamique des populations et le rythme de ses gradations. Les risques d'affaiblissement des peuplements augmentent en effet avec la répétition des défoliations. Bien que connaissant la grande disparité des régimes des populations locales de *L. dispar*, il a paru intéressant de faire une étude comparative de ses gradations en Europe et en Afrique du Nord, en se basant sur la bibliographie mais aussi sur des données récentes fournies par près d'une cinquantaine d'informateurs dans 23 pays.

### Matériel et méthodes

En 1995 et 1996, un questionnaire a été envoyé à une centaine de chercheurs et gestionnaires forestiers d'Europe et d'Afrique du Nord. La plupart appartenaient au groupe d'étude de l'OILB « Protection intégrée des forêts de chênes » (Luciano ed., 1995) ou étaient cités dans l'annuaire de Killing & Batzer (1995). Les informations demandées concernaient les dates, lieux et importances des deux dernières gradations, ainsi que la liste des plantes attaquées par les chenilles. On a tiré en outre de la littérature des données sur les gradations antérieures.

## Résultats et discussion

Le Bombyx disparate est présent en Europe de la côte Ouest jusqu'à l'Oural. Sa limite Nord va du centre de la Suède à Moscou. Au Sud, on le rencontre dans tous les pays d'Europe méditerranéenne, y compris la Corse, la Sardaigne et la Silice, ainsi qu'en Afrique du Nord. Sa limite en altitude correspond à celle des peuplements de chênes. Les informations fournies sur ses gradations récentes concernent 23 pays et 94 forêts ou localités. Présentées sous forme de tableaux, accompagnés d'un commentaire pays par pays et de 150 références bibliographiques, elles sont publiées dans un document internet (<http://www.inra.fr/dpenv/ld-eafn1.htm>) dont nous livrons ici une synthèse.

### *Les pullulations récentes*

Les sites des pullulations signalées depuis 1990 apparaissent sur la carte de la figure 1. On distingue plusieurs grandes zones de gradation, souvent à cheval sur plusieurs pays: sud-ouest de la France; nord-ouest de la France; Alsace / sud de l'Allemagne; sud-est de la Pologne / Brandebourg et Saxe / Moldavie; Moravie / Bassin des Carpates / ouest de la Slovaquie / est de l'Autriche; Serbie; sud-ouest de la Roumanie; Nord-Constantinois (Algérie) / Kroumirie (Tunisie); Corse / Sardaigne. La gradation d'ampleur exceptionnelle qui se développe en Europe centrale, fait suite à une succession d'années chaudes et sèches (Roy et al., 1995). En Alsace, l'infestation est maximale en 1994; 23 500 ha sont défoliés, dont 6 000 totalement (Landmann & Barthod, 1996).

En Allemagne, les plus fortes défoliations ont lieu en Bavière, Hesse, Saxe mais aussi en Bade-Wurtemberg et Rhénanie-Palatinat où le ravageur n'avait jusqu'ici jamais fait de dégâts importants. Il pullule en outre pour la première fois en Basse Saxe, Thuringe et Saxe-Anhalt. Sur l'ensemble du pays, les surfaces défoliées en 1993 et 1994 atteignent respectivement, 47 000 et 80 000 ha. En 1995, du fait de la sécheresse mais aussi des attaques de l'oïdium, une forte mortalité est observée dans les stations très hydromorphes sur les chênes pédonculés et sessiles totalement défoliés en 1994. (Wulff & Graser, 1996). L'influence de la pollution est également évoquée mais demeure difficile à apprécier.

En Pologne, la pullulation de 1992 est brutale: dans la forêt de Trzcianne, près de 7 000 ha sont infestés d'un seul coup (Lipa & Kolk, 1995). Au sud ouest de la Slovaquie, l'infestation s'étend sur 15 400 ha en 1993 et 12 600 ha en 1994; chaque année, plus de 8 000 ha sont totalement défoliés. En Hongrie, les attaques dans le bassin des Carpates concernent 34 000 ha de chênaies en 1994. Dans le centre de la Serbie, 80 000 ha sont attaqués en 1996, 500 000 en 1997 et 400 000 en 1998 (Mihajlovic et al., 1998).

De fortes défoliations ont lieu aussi dans les subéraies à l'ouest de la Méditerranée, 22 000 ha sont envahis en 1992 en Tunisie, 28 000 ha la même année dans l'est de l'Algérie, et 12 000 ha en Corse en 1994. Au Maroc, avant les traitements, on estime à 34 000 ha les surfaces susceptibles d'être défoliées par *L. dispar* en 1994.

### *Fréquence des gradations*

Les dégâts dus au Bombyx disparate augmentent d'Ouest en Est et du Nord au Sud de l'Europe (tab. 1). Une des zones les plus atteintes est la péninsule des Balkans où les gradations surviennent environ tous les 7-8 ans et durent en moyenne 4 ans (2 ans de prolifération suivis de 2 ans d'effondrement). Dans cette région, le climat est optimal pour le ravageur, avec des températures suffisamment élevées et une humidité du sol faible; la fréquence des gradations est limitée par des facteurs biotiques (Roy et al, 1995).



Figure 1. Pullulations de *Lymantria dispar* enregistrées en Europe et en Afrique du Nord entre 1990 et 1996. Les sites où l'insecte n'avait jamais causé de défoliations sont indiqués par une étoile blanche.

En région méditerranéenne où les conditions climatiques lui sont aussi favorables, le ravageur pullule pendant de longues périodes, provoquant des dégâts considérables, surtout sur le chêne-liège. Les défoliations totales se succèdent rarement plus de 2 ans sur un même site. En forêt de la Mamora au Maroc, les infestations qui durent une dizaine d'années surviennent tous les 12-15 ans comme dans deux autres petites subéraies plus au Nord (Fraval, 1989). En Kroumirie, au nord-ouest de la Tunisie, les gradations débutent tous les 20-25 ans et durent environ 10 ans. En Espagne et au Portugal, elles se succèdent au même rythme mais peuvent se prolonger durant 10 à 24 ans. En Algérie, où elles sont plus fréquentes (tous les 10 ans environ), les infestations durent en général 3 ou 4 ans dans les subéraies littorales et 2 ans seulement dans les chênaies de montagne. Les attaques débutent vers 800 m d'altitude dans la chênaie verte pure et s'arrêtent vers 1300 m, au niveau de la cédraie pure (Khou, com. pers.). Absent d'Irlande, *L. dispar* était considéré comme disparu du Royaume-Uni depuis 1907. En 1995-96, le ravageur pullule pour la première fois dans des jardins au nord-est de Londres.

Dans le reste de l'Europe, les conditions climatiques sont rarement aussi favorables au ravageur et l'intervalle entre deux gradations augmente, notamment dans les pays de montagnes. *L. dispar* n'est pas considéré comme un ravageur en Finlande et en Scandinavie. Il est absent de la Norvège. Durant les périodes chaudes, quelques adultes, entraînés par le vent, traversent la mer et sont capturés dans le sud du Danemark ou de la Finlande (Mikkola, 1971). L'origine de son introduction demeure toutefois inconnue (Roy et al., 1995).

Tableau 1. Durée et fréquence moyenne des gradations de *Lymantria dispar*

Pays, régions	Durée moyenne des gradations	Intervalle moyen entre deux gradations
Bosnie, Bulgarie, Sardaigne, Roumanie, Yougoslavie	3-6	4-7
Algérie, Corse, Crimée France Sud, Hongrie, Italie (péninsule), Lituanie, Pays-Bas, Russie Sud, Sicile, Slovaquie,	2-4	8-10
Allemagne, Autriche, France Nord, Pologne, Suisse, Tchéquie	2-4	11-15
Maroc (Mamora)	10	2-5
Espagne, Portugal, Tunisie	10-24	10-15

Les changements climatiques récents semblent entraîner une succession plus rapide des gradations dans de nombreux pays. Depuis 1970, dans 3 districts forestiers du sud de l'Allemagne, les pullulations de *L. dispar* se succèdent tous les 7-8 ans, comme dans le sud de l'Europe (Lipa & Kolk, 1995; Wulff & Graser, 1996). Le même phénomène s'observe dans le sud-est des Pays-Bas (Moraal, 1996). Depuis 20 ans, le ravageur pullule de façon chronique en Hongrie, dans le bassin des Carpates, et en Serbie (Lesko et al, 1994; Mihajlovic et al., 1998).

#### **Foyers de pullulation**

Dans beaucoup de pays existent des foyers traditionnels de pullulation où les conditions sont constamment favorables au développement de gradations. C'est le cas notamment dans les subéraies littorales d'Afrique du Nord (Mamora, forêts du nord Constantinois, Kroumirie), de Corse (région de Porto-Vecchio) et les régions granitiques de basse altitude de Logudoro et Marghine en Sardaigne. En France, la région d'Uzès est régulièrement le point de départ de gradations comme la forêt de Bouconne, chênaie dégradée située au sud-ouest de Toulouse.

En Yougoslavie, les infestations démarrent toujours dans les chênaies et forêts mélangées du sud du pays puis se développent vers le nord et en altitude, atteignant parfois les forêts de bouleaux. En Crimée, les gradations débutent dans la partie sud de la péninsule puis s'étendent vers le Nord. En Pologne, un des principaux foyers d'infestation est localisé au nord-est du pays, dans la forêt marécageuse de Trzcianne près de la frontière biélorusse.

#### **Facteurs de pullulation**

La coïncidence entre le débourrement des arbres et l'éclosion des oeufs à une grande importance sur le développement des pullulations. Les chênes-lièges défoliés refont ainsi un

feuillage après quelques semaines mais ne débourent pas l'année suivante. Les chenilles nourries de feuillage âgé ne survivent pas ou donnent des papillons déficients, ce qui conduit à un effondrement rapide des populations l'année qui suit la défoliation (Fraval, 1989).

Les étés chauds et secs, en raccourcissant la durée du développement larvaire et en déséquilibrant le sex-ratio des adultes en faveur des femelles, favorisent l'explosion des populations (Gripjma, 1989). Ainsi les dernières gradations en Europe centrale font-elles suite à une succession d'années exceptionnellement chaudes et sèches. L'influence des conditions climatiques sur ces infestations est confirmé par la pullulation simultanée de *Lymantria monacha* et *Dendrolimus pini* (Wulff & Graser, 1996). L'influence de la sécheresse sur les gradations été constaté dans de nombreux pays, comme en Bulgarie ou en Roumanie. En 1906-1907, la forte infestation du mélèze dans le Bas-Vaïais a fait suite à une sécheresse anormale. La gradation a été brusquement interrompue par une forte gelée au printemps 1908. Au Maroc, les coups de chergui (vent d'est chaud et sec) printaniers peuvent tuer un grand nombre de chenilles s'il souffle au moment de leur éclosion.

La nature de la plante-hôte intervient également. Les essences forestières les plus favorables au développement de *L. dispar* sont les chênes méditerranéens, et surtout le chêne-liège. Des pullulations étendues et prolongées s'observent dans les subéraies pures de Kroumirie et du Maroc atlantique. En Sardaigne, les risques de défoliations sont beaucoup plus fréquents dans les subéraies de la moitié nord du pays que dans celles du sud qui avoisinent de vastes peuplements de chênes verts et pubescents.

L'ouverture et le mauvais état sanitaire des peuplements ont aussi un rôle important. De fait, les pullulations du ravageur sont plus fréquentes dans les forêts dégradées et éclaircies par le pâturage intensif ou par les activités humaines (Keremidchiev, 1972; Luciano & Prota, 1995). Dans la région Midi-Pyrénées, les infestations débutent tous les 6-7 ans dans la chênaie dégradée de Bouconne. En Corse, la subéraie de Porto-Vecchio, très fortement anthropisée, subit des attaques environ tous les dix ans.

### *Plantes attaquées*

En relation avec sa vaste aire de distribution, *L. dispar* s'attaque à un très large éventail de végétaux (environ 300). Il préfère toutefois les chênes, puis d'autres Fagaceae comme le charme, le hêtre et le châtaignier. Il consomme aussi les saules, peupliers, robiniers, bouleaux, érables et tilleuls, et des conifères comme le mélèze, l'épicéa, et surtout le douglas. En Alsace ce sont les chênes pédonculés qui sont défoliés en premier. Dans les peuplements mélangés, le frêne et le robinier sont souvent délaissés. Parmi les essences jamais attaquées, citons le figuier. Les pins (*P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*), le cèdre et le genévrier oxcèdre ne sont attaqués qu'après défoliation totale des feuillus; les dégâts qu'ils subissent sont généralement sans conséquence sauf pour les jeunes plantations. D'autres pins (*P. radiata* en Espagne et au Portugal et *P. insignis* en Tunisie) meurent souvent après une défoliation totale. En Croatie, dans l'île de Hvar, on trouve aussi le ravageur sur pin d'Alep et Tamaris.

Lorsque les arbres sont totalement défoliés, les chenilles dévorent les feuilles d'un grand nombre de plantes du sous-bois, notamment les arbustes du maquis méditerranéen (arbousier, cistes...), les fougères ou encore les myrtilles dans les peuplements de conifères d'Europe centrale. Elles consomment aussi le feuillage des arbres fruitiers, et même des eucalyptus. En Grèce, où il est commun partout, le ravageur s'attaque d'abord aux buissons du chêne kermès, *Q. coccifera*, puis, après leur défoliation totale, aux peupliers et aux arbres fruitiers.

### Défoliateurs secondaires

Le Bombyx disparate pullule souvent avec d'autres défoliateurs comme *Malacosoma neustria* et *Tortrix viridana* (Espagne, Sardaigne) ou *Orgyia trigotephra* (Maroc). Dans le nord de la Sardaigne, les populations de *M. neustria* et *L. dispar* fluctuent de façon synchrone (Luciano & Prota, 1995). En Yougoslavie les infestations du ravageur sont suivies de celles de *M. neustria*, de Geometridae ou de Tortricidae. En 1954-56, *L. dispar*, *Euproctis chrysorrhoea* et *M. neustria* pullulent simultanément dans les vergers et les chênaies de Pologne (Lipa & Kolk, 1995). En 1983-85, la forêt de Benon est envahie par le Bombyx disparate, la processionnaire, *Thaumetopoea processionea*, et des Geometridae. Lors de sa dernière gradation, *L. dispar* est associé à *T. viridana* dans diverses régions du Sud de la France, en Corse et en Alsace, à *M. neustria* et *Euproctis chrysorrhoea* dans le Nord-Ouest, et à une noctuelle en Alsace; en Autriche, on le trouve avec la processionnaire du chêne.

### Facteurs de régulation

Après une défoliation, les modifications chimiques du feuillage de la plante-hôte ont un impact négatif sur les chenilles de la génération suivante et, combinées à d'autres facteurs antagonistes, accélèrent la rétrogradation dans les peuplements infestés. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les subéraies méditerranéennes lorsque les chênes-lièges ne débourent pas l'année qui suit leur défoliation. Au Maroc, au cours des deux dernières décennies, au moins 3 modes de régulation des populations de *L. dispar* sont intervenus. Le principal est basé sur la réaction du chêne-liège à la défoliation, les deux autres font intervenir les ennemis naturels, à l'exclusion de tout virus (Villemant & Fraval, 1995).

Dans de nombreux cas, les ennemis naturels jouent un rôle important et l'infestation s'achève sans qu'aucun traitement ne soit nécessaire (Krehan, 1994; Villemant & Legay, 1995). A chaque phase de la gradation, un riche complexe d'antagonistes, parasitoïdes, prédateurs, nématodes et virus, assure la régulation naturelle des populations de *L. dispar* (Mihalache et al., 1994; Hoch & Schopf, 1995). Leur action, maximale en culmination, se manifeste souvent après les premières défoliations. Les prédateurs oophages sont actifs notamment en Sardaigne, au Maroc, en Yougoslavie, en Roumanie et en Ukraine. Le Calosome, *Calosoma sycophanta*, joue parfois un rôle décisif, comme à Fontainebleau en 1901, en Corse en 1954 et 1974, dans la vallée du Rhône en 1975, en Rhénanie en 1994. Les Tachinaires (*Blepharipa pratensis* en région méditerranéenne et *Parasetigena sylvestris* en Europe centrale) ont souvent un très fort impact sur les chenilles âgées. Le chalcidien *Brachymeria intermedia* est le parasitoïde nymphal le plus actif dans de nombreux pays. En Sardaigne, le rythme des infestations est plus rapide dans les subéraies fortement anthropisées. La disparition de certains hôtes secondaires, consécutive à la dégradation de l'écosystème, entraînerait une raréfaction des parasites polyphages de *L. dispar* (Luciano & Prota, 1995).

Dans la plupart des pays, à l'exception du Maroc, les chenilles affaiblies par la famine provoquée par la défoliation totale sont attaquées par le *Baculovirus*. Le développement de la polyédrose nucléaire entraîne l'achèvement brutal des pullulations. En Roumanie et en Yougoslavie, les épizooties virales interrompent la gradation dans les forêts de robiniers avant que les arbres aient subi de fortes défoliations, tandis que leur action répressive n'intervient qu'après la culmination dans les chênaies (Sidor et al., 1992; Mihalache et al., 1994).

### Lutte

Au début du siècle, la lutte contre le ravageur se faisait par destruction des pontes (ramassage ou badigeonnage au pétrole) et des chenilles (bandes engluées, pulvérisations d'arséniate de

plomb, ramassage après secouement des branches). A Poitiers en 1840, on lâche pour la première fois des Calosomes contre les chenilles de *L. dispar* défoliant les peupliers.

Depuis les années 20 et pendant plusieurs décennies, le DDT est utilisé dans la plupart des pays sur de très larges surfaces. L'ampleur des traitements conduit parfois à un grave déséquilibre des écosystèmes. Au Portugal, des pullulations de la tordeuse verte font ainsi suite à plusieurs années consécutives de traitement (Ferreira, 1992).

L'application de méthodes de lutte biologique contre le ravageur s'est faite d'abord en région méditerranéenne. Le parasite oophage, *Ooencyrtus kuvanae*, a été introduit avec succès en forêt de la Mamora en 1924, et dix ans après en Sicile. *O. kuvanae* est actuellement récolté dans diverses chênaies d'Italie et multiplié au laboratoire en vue de nouveaux lâchés dans cette île. En 1925, dans le Nord Constantinois, les populations d'auxiliaires (Calosomes notamment) sont renforcées par l'introduction de spécimens importés d'Espagne. Dans ce pays, les essais de multiplication de parasites oophages et d'entomopathogènes ont débuté en 1958. En Yougoslavie, l'introduction de pontes du ravageur dans des régions où il était en latence a entraîné un accroissement du parasitisme et permis ainsi d'éviter le développement d'une gradation (Maksimovic & Sivcev, 1980). Actuellement, l'European Biological Control Laboratory (USDA) de Montpellier poursuit la collecte d'auxiliaires pour lutter contre le Gypsy moth aux Etats-Unis; il a orienté son effort vers les parasites de phase de latence, comme la Tachinaire *Ceranthia samarensis* (Mills & Nealis, 1992.)

Depuis une trentaine d'années, la lutte biologique est activement mise en oeuvre pour limiter l'extension des gradations partout où le ravageur provoque régulièrement la défoliation de vastes surfaces forestières. La plupart des traitements sont faits à l'aide du *Bacillus thuringiensis* (Bt) ou d'inhibiteurs de la synthèse de la chitine (Diflubenzuron) et, plus localement, à l'aide du virus de la polyédrose nucléaire. Souvent, les interventions ne sont ni nécessaires ni souhaitables. Elle ne sont pratiquées que pour protéger les peuplements les plus sensibles (plantations, semis) ou les forêts périurbaines, afin d'éviter au public les nuisances consécutives à la divagation de hordes de chenilles. En Grande Bretagne en 1995-96, le Gypsy moth présent dans les vergers a été éradiqué par piégeage des mâles au disparlure, grattage des pontes et traitement au Bt des jardins infestés.

### **L'Asian Gypsy moth**

En 1869, le Bombyx disparate est introduit sur la côte Est des Etats-Unis, pays où il est devenu le ravageur forestier le plus coûteux. En 1991, l'Asian Gypsy Moth (AGM), venu par cargo de Russie orientale, est introduit sur la côte Ouest du Canada, près de Vancouver. Cette population diffère de la population américaine par sa voracité supérieure et la capacité qu'ont les papillons femelles de voler (Savotikov et al., 1995). En 1994, en Europe centrale, on constate que les défoliations par *L. dispar* touchent des forêts où le ravageur n'avait jamais pullulé auparavant: la crainte d'une invasion de l'AGM en provenance de l'Est accélère les recherches sur la caractérisation et la différenciation des races (Graser et al., 1995). Une hypothèse récente suggère que l'Europe héberge des populations de *L. dispar* d'identité génétique variable avec, à l'est, une plus forte proportion de gènes « asiatiques » qu'à l'ouest; certains gènes s'exprimeraient plus en période de culmination, et c'est pourquoi on verrait alors des femelles voler. Ce phénomène n'est pas nouveau puisque des femelles volantes ont été jadis signalées en Europe orientale (Mikkola, 1971). Les chenilles et les papillons aux caractéristiques inhabituelles vus lors des gradations récentes en Europe ne viennent pas de Russie mais exprimeraient des variantes du patrimoine génétique des populations locales. Les pays européens n'ont donc pas à instaurer de mesures pour empêcher l'introduction d'éléments asiatiques de l'espèce (Roy et al., 1995; Wulff & Graser, 1996). Aux Etats-Unis en

revanche, deux types de population sont présents: le type européen introduit à l'est des USA, qui s'est répandu depuis jusqu'à la côte ouest, et le type asiatique introduit à l'ouest (Bog.*et al.*, 1993). Tous deux sont issus d'un tout petit nombre d'individus, et l'effet de goulot d'étranglement confère à la génétique de leurs populations des caractéristiques particulières.

## Références

- Bogdanowicz, S.M., Wallner, W.E., Bell, J., O'Dell, T.M. & Bierl, B.A. 1993: Asian gypsy moth in North America: evidence from molecular data. *Ann. entomol. Soc. Am.* 86: 710-715.
- Höch, G. & Schopf, A. 1995: Der Parasitoidenkomplex des Schwammspinners *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) in Populationen hoher, mittlerer und niederer Dichte im Burgenland. *Mitt. deutsch. Gesellsch. allgem. angew. Entomol.* 10: 195-198
- Ferreira, M.C. 1992: Pragas e doenças do sobreiro importancia no estado actual do montado. Breve referencia a dispersao dos agentes nocivos. *Via rural* 11: 1-8.
- Fraval, A. ed. 1989: *Lymantria dispar*. Rabat, Actes Editions: 220 p.
- Graser, E., Wulf, A. & Burgermeister, W. 1995: Intraspecific variation of gypsy moth (*Lymantria dispar*) revealed by RAPD-PCR patterns. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 47: 25-27.
- Grijpma, P. 1989: Overview of research on Lymantriids in eastern and western Europe. In: *Proceedings Lymantriidae : a comparison of features of new and old world tussock moths*, eds Wallner & McManus, New Haven, 1988 June 26: 21-49.
- Keremidchiev, M.T. 1972: Dynamics of outbreaks of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in the People's Republic of Bulgaria. In: *Proc. 13th Intl. Congress of Entomology, 1968*, Vol. 3. Leningrad, Nauk: 51-54.
- Krehan, 1994: Schwammspinner-Bekämpfung : Ist sie in Österreich möglich, ist sie notwendig? *Forstschutz Aktuell*, Wien 15: 13.
- Landmann, G. & Barthod, C. 1996: La santé des forêts françaises en 1994. *Rev. for. fr.* 48: 101.
- Lesko, K., Sventkiralyi, F. & Kadar, F. 1994: Fluctuation patterns of gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) populations between 1963 and 1993 in Hungary. *Proc. For. Res. Inst.* 84: 163-176.
- Lipa, J.J. & Kolk, A. 1995: The recent situation of the gypsy moth (*Lymantria dispar*) and other Lymantriids in Poland. *Bull. OEPP/EPPPO Bull.* 25: 623-629.
- Luciano, P. ed. 1995: Integrated protection in cork-oak forests. *IOBC WPRS Bull.* 18: 114 p.
- Luciano, P. & Prota, R. 1995: Insect pests in Sardinian cork-oak forests. *IOBC wprs Bull.* 18: 1-7.
- Mihajlovic L., Grbic, P. & Vandic, D., 1998: The latest outbreak of gypsy moth *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) in the region of Serbia in the period 1995-1998. *Acta entomol. Serbica, Suppl.* 81-94.
- Mihalache, G., Cionei, C. & Tomescu, R. 1994: The role of parasitoid and predatory insects in limiting the outbreak of gypsy moth (*Lymantria dispar*) in the oak stands of Romania. Biological and integrated forest protection. In: *Proceedings of the international Symposium, September 12-16, Sekocin, Pologne: 157-170.*
- Mikkola, K. 1971: The migratory habit of *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) adults of continental Eurasia in the light of a flight to Finland. *Acta entomol. Fennica* 28: 107-120.



- Mills, N.J. & Nealis, V.G. 1992: European field collections and Canadian releases of *Ceranthia samarensis* (Diptera: Tachinidae), a parasitoid of the gypsy moth. *Entomophaga* 37: 181-191.
- Moraal, L.G. 1996: 50 jaar monitoring van insectenplagen op bomen en struiken. In bossen, natuurgebieden en wegbeplantigen. *Nederlands bosbouw Tijdschr.* 68: 194-203.
- Roy, A.S., McNamara, D.G. & Smith, I.M. 1995. Situation of *Lymantria dispar* in Europe. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 25: 611-616.
- Savotikov, I.F., Smetnik, A.I. & Orlinski, D. 1995: Situation of the Asian form of gypsy moth (*Lymantria dispar*) in Russia and in the world. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 25: 617-622.
- Sidor, C. Jodal, I. & Dusanic, 1992. Microbial disease of gypsy moth (*Porthetria dispar* L.) in black locust forest. *Zast. Bilja* 43: 15-25.
- Skilling, D.D. & Batzer, H.O. 1995: World directory of forest pathologists and entomologists. IUFRO, USDA Forest Service: 210 p.
- Villemant, C. & Fraval, A. 1995: Le Bombyx disparate *Porthetria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) dans la subéraie de la Mamora (Maroc): trois modes successifs de régulation des populations. *IOBC wprs Bull.* 18: 60-65.
- Villemant, C. & Legay, M. 1995. Le Bombyx disparate (*Lymantria dispar*) à Fontainebleau. *Bull. Ass. Natur. Vallée Loing* 71: 85-94.
- Villemant, C. & Ramzi, H. 1995. Predators of *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) egg masses : spatio-temporal variation of their impact during the 1988-89 pest generation in the Mamora cork oak forest (Morocco). *Entomophaga* 40: 1-15.
- Wulff A. & Graser E., 1996. Gypsy moth outbreaks in Germany and neighboring countries. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 48: 265-269.

### Gypsy moth gradations in Europe and North Africa

**Abstract:** A questionnaire sent to scientists and forest managers in 1995 and 1996 enabled the evaluation of actual situation of *L. dispar* in 23 European and North African countries. Requested information included the dates, localities and importance of the two last gradations as well as attacked plants. Data concerning the previous gradations was collected from the literature. Results, presented by each country and in tabular form in an internet document (<http://www.inra.fr/dpenv/ld-eafn1.htm>), are synthesised in this paper.

**Key words :** *Lymantria dispar*, Europe, North Africa, gradations, overview

## Statut écologique de *Lymantria dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) en subéraies atlantiques marocaines

Hassan Ramzi

D.P.V.C.T.R.F., Section Protection Phytosanitaire des Forêts, Centre des Grandes Luites.  
B.P. 580, Salé - Tabriquet, Maroc.

**Résumé:** Les observations conduites assez régulièrement dans les forêts de chêne-liège (*Quercus suber* L., Fagaceae) de la bordure atlantique marocaine ont révélé que les populations de *Lymantria dispar* sont gouvernées par des mécanismes de régulation différant dans le temps et dans l'espace. L'étonnante plasticité de cet insecte liée à ses capacités biologiques (fort potentiel biotique, capacité de dispersion, grande polyphagie) fait de lui un ravageur forestier relativement imprévisible. La régulation de ses populations est, selon le cas, dominée par le facteur trophique (régime cyclique) ou par la faune antagoniste (régime permanent).

**Mots clés:** *Lymantria dispar*, *Quercus suber*, Maroc atlantique, dynamique des populations, variations spatio-temporelles.

### Introduction

Au Maroc, *L. dispar* sévit dans toutes les forêts de chêne-liège (Fraval, 1989). Bien que son introduction soit récente, son installation semble désormais bien établie: sa répartition actuelle n'était pas celle du début du siècle et son cortège d'ennemis naturels s'est enrichi (Fraval, 1989; Ramzi, 1991; Villemant, 1993). Dans certaines de ces subéraies, *L. dispar* se perpétue en effectifs faibles (Zaërs, Ben Slimane), par contre, on assiste à des pullulations cycliques dans les subéraies de la bordure atlantique (Mamora, Khémis Sahel). Ces dernières se répartissent sur des dunes consolidées et des terrains plats du quaternaire. Ce sont des forêts-parcs à peuplements équiennes de *Q. suber* quasi-pur accompagné de sous-bois très variable en densité et en espèces végétales. Ces forêts sont très anthropisées et leur déclin dans plusieurs zones est évident.

Dans la subéraie de la Mamora, où il a été le plus étudié, l'insecte se manifeste par des défoliations très notables pouvant affecter des dizaines de milliers d'hectares en période de pullulation (fig. 1). Nous présenterons ici une synthèse des observations faites sur ce ravageur en Mamora.

### Fluctuations d'effectifs

L'analyse des cartes des superficies attaquées établies assez régulièrement depuis 1924, a permis de mettre en évidence une succession de périodes de près de dix ans où l'insecte provoque des défoliations (sur des superficies d'ailleurs variables d'une année à l'autre) alternant avec des périodes de latence plus courtes. A la lecture de ces cartes, il apparaît des "fronts d'infestation" qui prennent naissance à l'ouest du massif au niveau de foyers permanents puis déferlent vers l'est et régressent ensuite vers l'ouest (fig. 1). Ces "vagues" d'invasions s'expliqueraient plutôt par un diachronisme de l'évolution des gradations locales que par des mouvements propres à l'insecte (Fraval et Lhaloui, 1980). A l'échelle locale,

l'étude de plusieurs ensembles d'arbres contigus confirme l'hypothèse d'une juxtaposition de populations du ravageur d'étendues géographiquement diverses (Fraval, 1989).

Notons par ailleurs un synchronisme de défoliations entre la Mamora et des forêts situées plus au nord (Khémis Sahel et Aïn Felfel). Le facteur agissant ainsi sur le déclenchement de pullulations dans des forêts distantes les unes des autres ne peut être que d'ordre climatique; il agirait indirectement sur *L. dispar* par le biais du chêne dont la phénologie est modulée dans un sens favorable à l'insecte (Fraval, loc. Cit.).

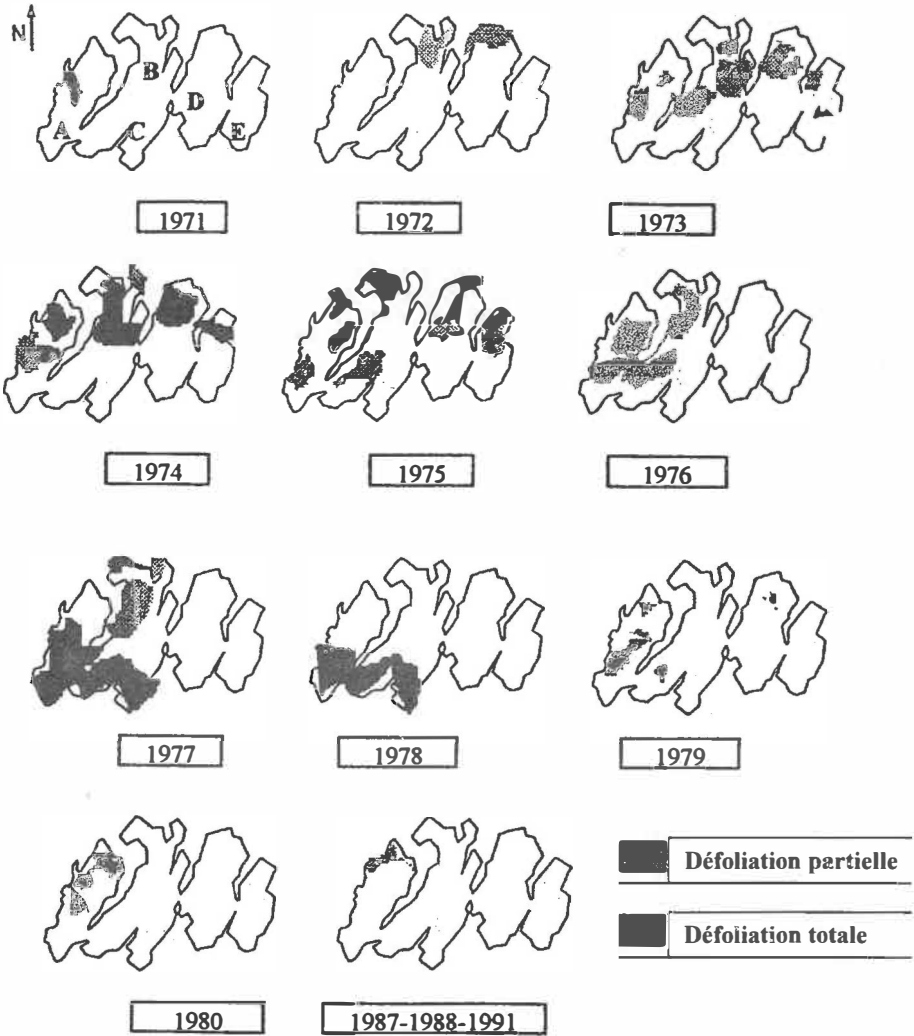


Figure 1. Cartographie des défoliations provoquées par *Lymantria dispar* en forêt de la Mamora (D'après Fraval et al., 1978; Fraval & Lahloui, 1980; Ramzi, 1991).

La dernière gradation remonte à 1972-1982 et plus de 20 000 hectares ont été défoliés. Après une période de latence anormalement longue, à partir de 1987, des pullulations localisées et réduites géographiquement se sont déclenchées au nord du canton A de la Mamora et, ce n'est qu'en 1994 que le défoliateur s'est fortement manifesté, puisque, compte tenu des prévisions concernant les risques de défoliation, des traitements aériens ont été effectués sur une superficie de 18 400 hectares.

### **Facteur climatique**

Bien que considéré comme facteur primordial dans la dynamique des populations de plusieurs ravageurs forestiers, l'influence du climat sur *L. dispar* ne semble pas jouer un rôle important en tant que facteur adverse, au moins dans la subéraie atlantique. Ceci s'expliquerait par la grande élasticité des réponses des différents stades de développement de l'insecte aux conditions extrêmes des composantes du climat (Fraval, 1986). Dans les subéraies atlantiques, c'est le Chergui (vent d'est chaud et sec) qui induit les plus fortes mortalités: à l'éclosion œuf, la proportion d'œufs desséchés augmente, les chenilles périssent en masse d'inanition et les chrysalides se déshydratent. Cette mortalité s'opère de manière sélective selon la disponibilité des abris (Sammah, 1982; Hérard, 1984; Fraval, 1986).

Les variations du climat influencent également directement l'échelonnement des éclosions, phénomène primordial dans la dynamique des populations de l'insecte. Toutefois, l'influence la plus importante du climat se fait indirectement par le biais de l'hôte (Mabsoute, 1981). Le climat conditionne le débourrement, la vigueur et la survie du chêne-liège. Cette influence se distingue nettement au cours des années de sécheresse durant lesquelles le débourrement est très limité (en 1995, des populations du ravageur ont été décimées sur une superficie de 500 ha dans le canton A de la Mamora, parce que le chêne-liège n'avait presque pas débourré).

### **Facteur trophique**

Au Maroc, beaucoup de subéraies sont des peuplements quasi purs. Elles offrent à *L. dispar* du chêne-liège, seule plante-hôte favorable et d'autres végétaux incapables d'assurer le développement complet de l'insecte. De ce fait, les variations qualitatives et quantitatives de l'alimentation offerte par *Q. suber* constituent un facteur important dans les fluctuations locales d'effectifs du ravageur (Hérard, 1984; Fraval, 1984; 1989).

Sachant ensuite que le développement optimal de *L. dispar* n'est assuré que par du jeune feuillage issu, au printemps, du débourrement du chêne-liège, les concordances et discordances phénologiques sont décisives dans la régulation des populations de l'insecte. La concordance phénologique entre le débourrement du feuillage et l'éclosion des pontes crée pour le ravageur une situation trophique optimale qui lui assure un potentiel de reproduction très élevé. Toutefois, la surpopulation provoque une défoliation totale précoce qui entraîne une mortalité importante par famine et une baisse des performances biologiques des survivants. La discordance phénologique résultant d'un débourrement tardif par rapport aux éclosions des œufs est limitante car les jeunes chenilles délaissent le feuillage ancien, trop coriace. Cette situation peut s'observer à la suite d'une défoliation complète; le chêne-liège, qui a refait son feuillage quelques semaines après avoir été défeuillé, ne débourre pas ou le fait partiellement et tardivement au printemps suivant. L'action du facteur trophique est donc basée sur une autorégulation avec rétroaction négative due à l'arbre. Le chêne-liège peut en

outre débouurrer de façon très hétérogène, ce qui rend cette action difficile à mettre en évidence dans la nature sauf en cas de surpopulation du défoliateur (Fraval, 1984).

Les particularités des caractéristiques physiques et chimiques du feuillage, qui influencent qualitativement l'alimentation du ravageur, n'ont pas été étudiées au Maroc. La composition des feuilles en polyphénols, alcaloïdes et azote jouerait un rôle important en assurant leur "protection" contre l'attaque des phytophages (Feeny, 1976; Barbosa & Krischik, 1987). L'état physiologique de l'arbre lié à son âge, aux conditions pédo-climatiques, à l'anthropisation et à l'évolution de la forêt intervient aussi dans les conditions d'alimentation du ravageur. *L. dispar* se développe très bien, en particulier, sur le feuillage d'arbres malvenants et abimés (Patocka, 1973).

### **Les ennemis naturels**

Les travaux de DeLépiney (1930) en Mamora avaient montré que les différentes écophases de *L. dispar* subissaient l'action d'un cortège d'antagonistes peu diversifié par rapport à ce qu'on connaissait du reste de l'aire de répartition du ravageur. Les études menées depuis 1987 ont mis en évidence la grande diversité spécifique actuelle du cortège des prédateurs oophages, qui n'a d'équivalent qu'en Yougoslavie et au Portugal (Ramzi, 1991; Villemant, 1993, Villemant & Ramzi, 1995). Cet enrichissement récent du complexe entomophage s'expliquerait en partie par le fait que l'introduction du ravageur au Maroc est relativement récente. Parmi ces antagonistes et selon l'écophase de l'insecte, on distingue:

#### ***Prédateurs et parasites oophages***

Le seul parasitoïde oophage existant est un hyménoptère Encyrtidae, *Ooencyrtus kuvanae* (Howard). Il a été introduit comme auxiliaire de lutte biologique en 1924 et semble bien acclimaté, bien que son impact demeure limité et concerne rarement plus de 30 % des oeufs (Hérard & Fraval, 1980; Chakir & Fraval, 1985). L'impact du parasitoïde est très dépendant de l'action des prédateurs-démanteleurs. Les prédateurs-démanteleurs sont essentiellement des coléoptères Dermestidae appartenant aux genres *Dermestes*, *Trogoderma*, et *Anthrenus*, un Trogossitidae ainsi que des lépidoptères Pyralidae et Tineidae. Leurs larves creusent des galeries dans les pontes, dévorant poils et œufs, et provoquent leur dislocation. L'impact de ces antagonistes dépend beaucoup plus de l'effet de démantèlement que de la prédation elle-même. Le démantèlement des pontes favorise même l'action d'*O. kuvanae* en rendant les œufs des couches internes accessibles aux femelles (Villemant & Andreï-Ruiz, 1999).

#### ***Parasites et prédateurs des chenilles et chrysalides***

Les premiers stades larvaires sont parasités par des Braconides solitaires, *Apanteles* spp. et *Meteorus* spp. Les chenilles âgées sont attaquées par des Tachinaires, et les chrysalides par un Chalcidien, *Brachymeria intermedia* et plus rarement par des Ichneumonides Pimplinae. Les prédateurs, surtout des oiseaux, des coléoptères Carabidae et des fourmis, sont plus rares.

### **L'action de l'Homme**

Partout de nos jours, y compris dans la réserve d'Aïn Johra, une des rares zones demeurée intacte jusqu'au début des années 90, la subéraie atlantique s'écarte manifestement de son aspect naturel. Les riverains surexploitent cette forêt (surpâturage, écimage, gaulage, démasclage...), et les arbres dans de nombreux secteurs se trouvent réduits au seul tronc

porteur de quelques gourmands (Lomri, 1987). En l'absence de toute régénération naturelle, un climat de désolation règne actuellement dans cette forêt et son déclin progresse.

Tableau 1. Superficies traitées contre *L. dispar* en Mamora

Année	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Superficie traitée (ha)	282	640	18380	900	200	1030	1530

L'impact de cette anthropisation sur *L. dispar* intervient par la modification de la qualité du feuillage d'accueil. Divers auteurs rapportent que le développement de l'insecte est favorisé sur des arbres abîmés (écimés, malvenants) qui en outre débourent massivement et entièrement au printemps. La lutte contre le ravageur se fait depuis 1992 par des traitements phytosanitaires qui, après l'instauration d'un système de surveillance (Ramzi, 1987; 1991), sont organisés annuellement dans les zones à risque de défoliation. Les produits phytosanitaires utilisés sont essentiellement à base de *Bacillus thuringiensis* Berl. et d'inhibiteurs de croissance (tab. 1).

## Conclusion

A la lumière des investigations conduites assez régulièrement depuis 1972, on a pu distinguer en subéraie marocaine trois types de régimes de régulation des populations de *L. dispar* (Ramzi, 1991; Villemant & Fraval, 1995):

- un régime latent avec des effectifs du ravageur perpétuellement faibles (forêts de Temara, Zaÿers, Ben Slimane): le feuillage d'accueil est toujours peu favorable à cause de son débourement partiel et tardif, les ennemis des chenilles sont actifs;
- un régime cyclique (forêts de la Mamora, Khemis Sahel, Aïn Fefel) caractérisé par l'impact réduit des ennemis naturels qui se heurtent au rythme très fluctuant du ravageur et par la très forte influence des facteurs trophiques;
- un régime "permanent" rencontré en Mamora assez récemment et dans lequel les ennemis naturels jugulent les pullulations et bloquent le rythme cyclique du ravageur.

## Références

- Barbosa, P. & Krischik, V.A. 1987: Influence of alcaloids on feeding preferences of eastern deciduous forest trees by the gypsy moth, *Lymantria dispar* L. Am. Nat. 130: 53-69.
- Chakir, S. & Fraval, A. 1985: Les ennemis naturels de *Lymantria dispar* (L.) (Lép. *Lymantriidae*) en forêt de la Mamora (Maroc); étude le long d'un transect: 1976-1982. Actes Inst. agron. vét. (Maroc) 5: 27-36.
- De Lépiney, J. 1930: Contribution à l'étude du complexe biologique de *Lymantria dispar* L. Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, 23, 66 p.
- Feeny, P. 1976: Plant apparency and chemical defense. Res. Adv. Phytochem. 10:1-40.
- Fraval, A. 1984: Influence de la qualité et de la quantité de l'alimentation sur les fluctuations des populations de *Lymantria dispar* (L.) en forêt de la Mamora (Maroc). Agronomie 4: 819-828.

- Fraval, A. 1986: La régulation des populations de *Lymantria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) en subéraie marocaine atlantique: effet du climat, des entomophages et des facteurs anthropiques. *Z. angew. Entomol.* 102: 38-52.
- Fraval, A. (ed.) 1989: *Lymantria dispar*. Rabat, Actes Editions, 220 p.
- Fraval, A., Hérard, F. & Jarry, M. 1978: Méthodes d'échantillonnage des populations de pontes de *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) en Mamora (Maroc). *Ann. Zool. Ecol. anim.* 10: 267-279.
- Fraval, A. & Lhaloui, S. 1980: La surveillance des attaques de *Lymantria dispar* en forêt de la Mamora (canton A) 1980. *Ann. Rech. for. Maroc* 20: 351-386.
- Hérard, F. 1984: Etudes des relations trophiques entre *Lymantria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) et *Quercus suber* (L.) (Fagaceae), dans les conditions simulées en laboratoire de la forêt de la Mamora (Maroc): 1. Enoncé des résultats. *Actes Inst. agron. vét. Hassan II* 4: 147-155.
- Hérard, F. & Fraval, A. 1980: La répartition et les ennemis naturels de *Lymantria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) au Maroc; 1973-1975. *Acta Oecol., Oecol. appl.* 1: 35-48.
- Lomri, A. 1987: Tentative d'estimation de la fréquentation de la forêt par l'Homme, le bétail et le gibier (subéraie de la Mamora, Maroc). *Mémoire d'Ingénieur Agronome, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat*, 45 p.
- Mabsoute L., 1981: Influence de l'état de l'arbre de chêne-liège sur les performances de croissance et de reproduction de *Lymantria dispar* L. *Mémoire d'Ingénieur Phytiate, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat*, 34 p.
- Patocka J., 1973. Einfluss der Nahrung und Standortes auf die Mortalität einiger an Eichen lebenden schädlichen Lepidopteren. *Vestnik. Ceskosl. Spolecnosti Zool.* 37: 282-292.
- Ramzi, H. 1987: Surveillance des ravageurs de la subéraie dans la forêt de la Mamora (canton A, 1986-1987). *Diplôme C.E.A., Faculté des Sciences, Rabat*, 49 p.
- Ramzi, H. 1991: Dynamique des populations de *Lymantria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae); Canton A de la Mamora, 1987-88-89. *D.E.S., Faculté des Sciences, Rabat*, 180 p.
- Sammah S., 1982: Effets des facteurs climatiques catastrophiques sur *Lymantria dispar*. *Diplôme Ingénieur Phytiate, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II*, 33 p.
- Villemant C., 1993: Les prédateurs-démanteleurs des pontes de *Porthetria dispar* dans les subéraies marocaines. *Thèse de Doctorat, Université d'Orléans. Vol. 1*, 267 p.
- Villemant C. & Fraval A., 1995: Le Bombyx disparate, *Porthetria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) dans la subéraie de la Mamora (Maroc): Trois modes successifs de régulation des populations. *IOBC wprs Bull.* 18: 60-65.
- Villemant, C. & Ramzi, H. 1995: Predators of *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) egg masses: Spatio-temporal variations of their impact during the 1988-89 pest generation in the Mamora cork oak forest (Morocco). *Entomophaga*, 40: 441-456.
- Villemant, C. & Andreï-Ruiz, M.-C. 1999. Life-cycle and biological features of egg predators of *Lymantria dispar* (Lepidoptera : Lymantriidae) in the Mamora cork oak forest, Morocco. *Eur. J. Entomol.* 96: 29-36.

### **Ecological statute of the gypsy moth (Lep. Lymantriidae) in Atlantic Moroccan cork oak forests**

**Abstract:** The observations regularly undertaken in Atlantic Moroccan cork oak (*Quercus suber* L., Fagaceae) forests showed that gypsy moth populations are regulated by several mechanisms which vary according to space and time. The amazing plasticity of this insect is related to its biological capacities (great biotic potential, wide dispersal ability and broad polyphagy) which make it a relatively unpredictable forest pest. According to the cases the regulation factors are dominated by the trophic factor (cyclic regime) or by natural enemies (permanent regime).

**Key words:** *L. dispar*, *Quercus suber*, Morocco, population dynamics, spatio-temporal variations.



## Gypsy moth development on foliage of several oaks in Sardinia

Pietro Luciano<sup>1</sup>, Andrea Lentini<sup>1</sup>, Carlo Dettori<sup>1</sup>, Vincenzo Solinas<sup>2</sup>, Giovanni Sanna Passino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto di Entomologia agraria, <sup>2</sup> Dipartimento Scienze Ambientali e Biotecnologie Agro-Alimentari, Università di Sassari, Via E. de Nicola, 07100, Sassari Italy

**Abstract:** Gypsy moth larvae obtained from egg-clusters collected in two sub-populations at different gradation phases (culmination and latency) were fed in laboratory, at temperatures from 25 to 29 °C, on leaves of cork-oak, holm-oak, and pubescent-oak. Cork-oak produced greatest survival rate, fastest development, heaviest pupae, and the highest fecundity. Pubescent-oak produced lowest biological performances, while holm-oak had intermediate effects. Chemical analyses of foliage demonstrated a higher content of sugar and phenols and a lower content of Ca, Mg, Fe and Mn in cork-oak than in pubescent-oak. These results can partially explain the best biological performances and preferences that gypsy moth showed for cork-oak foliage.

**Key words:** *Lymantria dispar*, biological performances, oak foliage quality.

### Introduction

The gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera Lymantriidae), is among the most harmful oak forest pests in the West Palearctic Region. Nevertheless, among the oaks there is considerable variation in foliage quality which influences larval performances and forest stand susceptibility to gypsy moth damage (Kegg, 1973; Houston & Valentine 1977; Hough & Pimentel, 1978; Kleiner & Montgomery, 1994). In Sardinia the cork-oak (*Quercus suber* L.) forests are more frequently and heavily defoliated than the holm-oak (*Q. ilex* L.) and pubescent-oak (*Q. pubescens* Willd.) forests (Luciano & Prota, 1995).

To study the influence on gypsy moth development of the foliage quality of the three widespread oak species in Sardinia, laboratory rearing of larvae and preliminary chemical analyses of foliage were carried out in 1995.

### Materials and methods

In laboratory, at temperatures from 25 to 29 °C, 200 larvae, obtained from egg-clusters collected in two sub-populations at different gradation phases (culmination and latency), were fed ad libitum on leaves of three oak species. Larvae were reared in plastic boxes (18 x 18 x 18 cm), in groups of 50/box during their 1st and 2nd instars, and in groups of 20-25/box thereafter. Experiments were initiated during the period of natural gypsy moth hatching. Thus, the quality of the foliage was similar to the one eaten by the larvae in forests. Larvae were checked daily for mortality. Larval development time, pupal weight and survivorship to adult eclosion were recorded. After emergence, each female was placed in a box with males grown on the same diet. Every egg mass was placed in a 200 ml container until the embryonic development was completed. Then, after 3 months, the egg-masses were dehaired and all the

eggs were counted and viable and sterile eggs estimated. Dividing the pupal weight of a female by her fecundity provided a reproductive index.

Foliage for chemical analyses was collected i) at the start of larval rearing, ii) when the larvae were at III instar, and iii) at V-VI instars. Samples of leaves were immediately frozen and stored at - 20°C until analysed. The fibrous fractions were determined following the method of Goering and Van Soest, leaves were oven dried at 105° C and ash was obtained in oven at 550 °C. Total phenols were estimated colorimetrically by the Folin-Denis method and by HPLC. Glucose, fructose, and sucrose were determined by an enzymatic method. Nitrogen was analysed using a semi-micro Kjeldhal method, Ca, Na, K, Mg, Cu, Zn, Fe and Mn by atomic absorption spectrophotometry. P was measured colorimetrically using the ammonium molybdate-hydroquinone method.

## Results

Gypsy moth survival, development rate, pupal weight, fecundity, and reproduction index were all affected by host oak species, whereas there were no difference in the performances of the two sub-populations. Cork-oak produced the greatest survival rate (85% and 75%, respectively for sub-populations in culmination and latency phases), the fastest development (ca. 30 days for males and 35 for females in both sub-populations), the heaviest pupae (0.54 and 0.57 g for males; 1.28 and 1.45 g for females), and the highest fecundity (304 and 396 eggs/female). Pubescent-oak produced the lowest survival (56.5% and 42.5% in the two populations), the longest development (38 days for males and ca. 43 for females), the lightest pupae (0.36 and 0.31 g for male; 0.66 and 0.57 g for females), and the lowest fecundity (128 and 66 eggs/female). Holm-oak was intermediate in its effects (tab. 1). The reproductive index, that measures the efficiency of the utilisation of ingested food for reproduction, was lower for insects reared on cork-oak suggesting a greater efficiency on this diet.

Table 1. Biological parameters (mean  $\pm$  S.D.) recorded in gypsy moth laboratory rearing.

Oak species	Cork-oak		Holm-oak		Pubescent-oak	
	Culmination	Latency	Culmination	Latency	Culmination	Latency
Larval mortality (%):						
	14.5 $\pm$ 5.7	25.0 $\pm$ 8.1	32.0 $\pm$ 15.2	49.5 $\pm$ 22.9	43.5 $\pm$ 9.4	57.5 $\pm$ 20.3
Larval development time (days):						
Males	29.6 $\pm$ 0.6	30.7 $\pm$ 0.3	32.9 $\pm$ 1.5	37.6 $\pm$ 1.9	38.9 $\pm$ 2.5	37.8 $\pm$ 3.8
females	35.4 $\pm$ 1.1	35.1 $\pm$ 1.3	37.1 $\pm$ 0.7	39.5 $\pm$ 2.3	42.7 $\pm$ 2.9	41.6 $\pm$ 1.9
Pupal weight (grams):						
Males	0.54 $\pm$ 0.1	0.57 $\pm$ 0.1	0.49 $\pm$ 0.1	0.33 $\pm$ 0.1	0.36 $\pm$ 0.1	0.31 $\pm$ 0.1
Females	1.28 $\pm$ 0.3	1.45 $\pm$ 0.1	0.99 $\pm$ 0.3	0.93 $\pm$ 0.2	0.66 $\pm$ 0.1	0.57 $\pm$ 0.1
Fecundity (N. of eggs/female):						
viable	291 $\pm$ 98	364 $\pm$ 89	186 $\pm$ 95	210 $\pm$ 80	116 $\pm$ 29	57 $\pm$ 43
sterile	13 $\pm$ 5	32 $\pm$ 20	22 $\pm$ 7	25 $\pm$ 8	12 $\pm$ 5	9 $\pm$ 3
Reproductive index (pupal weight in mg / total egg number):						
	4.2	3.6	4.7	3.9	5.1	8.6

Table 2. Average concentration of foliar constituents.

	Dry weight	Emicellulose	Cellulose	Lignin	Phenols	Total free sugars	Glucose	Fructose	Sucrose	N	P	K	Ca	Mg	Mn
	(%)	Percent dry weight													mg/kg
Cork-oak <sup>1</sup>	34.7	14.9	12.1	9.5	11.4	3.1	1.2	0.5	1.4	2.5	0.4	1.2	0.3	0.1	193
Cork-oak <sup>2</sup>	36.1	14.8	14.0	13.7	12.1	5.1	1.7	0.9	2.5	1.3	0.2	0.9	0.3	0.1	140
Cork-oak <sup>3</sup>	48.0	15.6	21.4	20.4	3.9	7.1	2.5	1.9	2.8	1.5	0.2	0.6	0.4	0.1	281
Holm-oak <sup>1</sup>	29.0	13.7	18.5	7.4	11.5	3.0	0.9	0.5	1.6	2.3	0.3	1.1	0.4	0.1	325
Holm-oak <sup>2</sup>	30.4	13.2	15.3	10.9	11.7	2.7	0.9	0.4	1.4	2.1	0.3	0.9	0.3	0.1	401
Holm-oak <sup>3</sup>	41.5	16.7	23.3	19.8	1.5	3.0	1.6	1.0	0.3	1.2	0.2	0.6	0.4	0.1	684
Pubescent-oak <sup>1</sup>	38.5	17.9	23.1	14.6	6.1	7.2	3.3	2.7	1.2	2.3	0.3	0.8	0.6	0.3	466
Pubescent-oak <sup>2</sup>	43.7	17.4	21.6	17.5	7.1	6.5	3.1	2.5	0.9	2.0	0.2	0.7	0.8	0.3	514
Pubescent-oak <sup>3</sup>	44.0	18.7	20.5	18.1	4.4	4.0	1.7	1.6	0.7	2.1	0.2	0.6	0.8	0.3	513

<sup>1</sup> start of larval rearing; <sup>2</sup> when the larvae was at III instar; <sup>3</sup> when the larvae was at V-VI instar.

Chemical analyses of foliage demonstrated lower emicellulose, cellulose and lignin contents in cork-oak and holm-oak in the 1<sup>st</sup> and in 2<sup>nd</sup> sampling. Quantitative and qualitative differences were also found in phenol components. In particular, the phenols were about 2-times higher in cork-oak and holm-oak than in pubescent-oak in the 1<sup>st</sup> and in 2<sup>nd</sup> sampling (tab. 2).

Gallic, p-cumaric and ferulic acids were predominant in cork and holm-oaks, gallic and p-hydroxybenzoic acids in pubescent-oak. The total amount of free sugars at the 1<sup>st</sup> sampling was highest in pubescent-oak, but it decreased progressively thereafter. On the other hand, total free-sugars increased progressively and reached a maximum at the 3<sup>rd</sup> sampling in cork-oak. In holm-oak the free-sugars kept a constant low level at all samplings. Nitrogen content was generally highest at the 1<sup>st</sup> sampling and, except for pubescent-oak, declined to a relatively low value at the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> sampling date. The Ca and Mg concentrations were always higher in pubescent-oak while the Mn concentration was lower in cork-oak. There were no differences among oak species in P, K, Na, Cu, Zn and Fe contents.

### Discussion and conclusions

The rearing results show that the three Sardinian oak species have a significant influence on gypsy moth population quality. The cork-oak foliage is more suitable for larvae than the other two species as indicated by shorter larval development times and greater pupal weights and fecundities observed in the two reared sub-populations. These results could be correlated with the lower contents of emicellulose, cellulose, lignin, Ca, Mg, and Mn in the cork-oak foliage. The highest free-sugar content in cork-oak leaves at the 3<sup>rd</sup> sampling date, when larvae were at the V-VI instar, may have influenced pupal weight positively in accordance with the findings of Valentine et al. (1983) in black-oak (*Q. velutina* Lam.). The higher phenol quantity observed in cork-oak foliage did not negatively influence pupal weight and fecundity in contrast to the results obtained by Rossiter et al. (1988) in red-oak (*Q. rubra* L.).

The qualitative differences observed in the oak foliage can partially explain the different gypsy moth density variations in the principal Sardinian forest regions. Cork-oaks are susceptible to periodic defoliation occurring every 5-6 years in forests interspersed with pastureland, and every 8-9 years in forests with typical Mediterranean undergrowth. On the contrary, gypsy moth populations remain sparse and rarely cause severe defoliation in holm and pubescent-oak forests.

### References

- Hough, J. A. & Pimentel, D. 1978: Influence of host foliage on development, survival, and fecundity of the gypsy moth. *Environ. Entomol.* 7: 97-102.
- Houston, D. R. & Valentine, H. T. 1977: Comparing and predicting forest stand susceptibility to gypsy moth. *Can. J. For. Res.* 7: 447-461.
- Kegg, J. D. 1973: Oak mortality caused by repeated gypsy moth defoliations in New Jersey. *J. econ. Entomol.* 66: 639-641.
- Kleiner, K. W. & Montgomery, M. E. 1994: Forest stand susceptibility to the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae): species and site effects on foliage quality to larvae. *Environ. Entomol.* 23: 699-711.
- Luciano, P. & Prota, R. 1995. Insect pests in Sardinian cork-oak forests. *IOBC wprs Bull.* Vol. 18: 1 - 7.

- Valentine, H.T., Wallner, W.E. & Wargo, P.M. 1983: Nutritional changes in host foliage during and after defoliation, and their relation to the weight of gypsy moth pupae. *Oecologia* 57: 298-302.
- Rossiter, M.C., Schultz, J.C. & Baldwin, I.T. 1988: Relationships among defoliation, red-oak phenolics, and gypsy moth growth and reproduction. *Ecology* 69: 267-277.

## Suitability of two oak species, *Quercus petraea* and *Q. cerris*, for development and growth of gypsy moth larvae

Axel Schopf, Gernot Hoch, Alexandra Klaus, Christa Schafellner

University of Agricultural Sciences Vienna, Institute of Forest Entomology, Forest Pathology, and Forest Protection, A-1190 Vienna, Austria

**Abstract:** The oak species, *Quercus petraea* and *Q. cerris*, are two of the main host plants of gypsy moth larvae in areas of frequent outbreaks in middle and eastern Europe. Although gypsy moth larvae are well known as highly polyphagous herbivores, we found significant differences in growth and development caused by feeding on these two oak species. To reduce the variability in food quality, gypsy moth larvae were reared on a leaf powder diet prepared from lyophilized leaves of both oak species. The leaves were collected four times during the natural feeding period of gypsy moth larvae in the field. Corresponding to the age of the larvae we fed a diet made from leaves of the respective sampling date.

The results show that larval performance and nutritional indices (e.g. growth rate and efficiency of conversion of ingested food) were reduced on *Q. petraea*-diet compared to *Q. cerris*. The mortality and percentage of abnormal development during metamorphosis, however, was higher on *Q. cerris*-diet vs. *Q. petraea*-diet.

Biochemical analyses of leaves of the two oak species confirmed the results of our experiments. In order to study the food utilization of gypsy moth larvae on both oak species, we compared the nutrient content (protein, amino acids, carbohydrates, starch) and possible allelochemicals (phenolic compounds, condensed tannins, organic acids) in the diet and the corresponding feces.

**Key words:** host plant-herbivore interaction, *Quercus* sp., *Lymantria dispar*, food quality, nutrient absorption

### Introduction

In Austria outbreaks of gypsy moth mainly occur in mixed oak forests, where *Quercus petraea* and *Q. cerris* are the dominant tree species. In these forests, hatching of the gypsy moth larvae coincides well with budbreak of *Q. petraea* during late April, while leaves of *Q. cerris* begin to develop about 2 weeks later. Thus, only late-hatching gypsy moth larvae may feed on *Q. cerris* from the beginning of their development. In the present study we addressed two questions:

a) To what extent does food quality of the two oak species differ in its influence on gypsy moth performance?

b) What are the nutrient components that are responsible for the difference in food quality? Since leaf quality can vary enormously among tree individuals of the same species, and even between branches of the same tree, we tried to minimize this effect by incorporating lyophilized foliage into a semi-artificial diet. The use of this artificial diet should enable us to find any component which may be responsible for the different suitability of the two host species for our tested insects. Based on the method reported from Sheppard & Friedman (1992), we replaced all nutrients of the gypsy moth high wheat germ diet (Bell et al., 1981) by leaf material. Leaves were collected at four time points during gypsy moth feeding period

from the beginning of May until the end of June. Due to the later flushing of *Quercus cerris*, first sampling occurred one week after that of *Q. petraea*.

## Material and methods

Development and growth of gypsy moth larvae on the leaf powder diet of both oak species were determined individually in rearing experiments.

For preparation of semi-artificial diet, lyophilized, powdered foliage was mixed with agar, water, and sorbic acid as well as methylparaben for preservation. Corresponding to the age of the larvae in the field, we fed diet prepared from leaves of the respective collecting date.

The nutritional quality of the leaf powder diet was analyzed concerning the content of carbohydrates, nitrogen, organic acids, and phenolics. To evaluate the resorption rate of 4<sup>th</sup> instars the same compounds were also determined in the feces.

Soluble carbohydrates (sugars, cyclitols) were measured by GLC (Richter, 1992). Starch (after enzymatic degradation) as well as organic acids (quinic acid, shikimic acid) were determined by HPLC (Winter et al., 1997). The extractable phenolic content of the foliage was determined with the Folin-Denis assay (Martin & Martin, 1982) and results were expressed as tannic acid equivalents (mg TAE). The condensed tannins were assayed using the method of Govindarajan and Mathew (1965) which is based on the hydrolytic conversion of proanthocyanidins to anthocyanidins. Results were calculated in terms of mg quebrachotannin equivalents (mg QUE). The concentration of free amino acids was measured by HPLC (Kedenburg, 1971) and the total protein content was determined after Peterson (1977).

## Results

### *Growth and development of larvae reared on leaf powder diet*

While all tested males on *Q. cerris* (n=19) developed through 5 instars, 60% of male larvae on *Q. petraea* (n=25) showed a prolonged development through 6 instars. A similar developmental pattern was found in females: 90% on *Q. cerris*-diet (n=30) had 6 instars, while 42% on *Q. petraea* (n=22) developed through a supernumerary 7<sup>th</sup> instar, and 1 larva even needed 8 instars to pupate (tab. 1).

Table 1. Percentage of pupation after 5<sup>th</sup> to 8<sup>th</sup> development instar and mean pupal weight (mg fresh weight, measured at the 3<sup>rd</sup> day after pupation) of male (m) and female (f) gypsy moth which were fed with leaf powder diet of *Quercus cerris* or *Q. petraea*.

	Sex	5 <sup>th</sup> instar (%)	pupal weight (mg)	6 <sup>th</sup> instar (%)	pupal weight (mg)	7 <sup>th</sup> instar (%)	pupal weight (mg)	8 <sup>th</sup> instar (%)	pupal weight (mg)
<i>Q. cerris</i>	m	100	534	0		0		0	
	f	6.6	714	90	1622	3.4	2337	0	
<i>Q. petraea</i>	m	40	379	60	490	0		0	
	f	0		54	1250	42	1728	4	1281

The mean pupal mass of 5-instar males on *Q. petraea* was only two-thirds of that of *Q. cerris*-larvae. However, those males with a prolonged development through 6 instars (in total 5 days longer than 5-instar males) gained similar pupal masses like the pupae on *Q. cerris*. Females on *Q. petraea* which developed synchronously with those on *Q. cerris*-diet gained only 77% of the pupal masses, while females with a supernumerary 7<sup>th</sup> instar did not differ from *Q. cerris* – 6-instar females

Corresponding to the development we found markedly higher nutritional indices (growth rate, efficiency with which ingested food was converted to biomass [ECI]) for 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> instars reared on *Q. cerris* vs. those on *Q. petraea*-diet (fig. 1a, b).

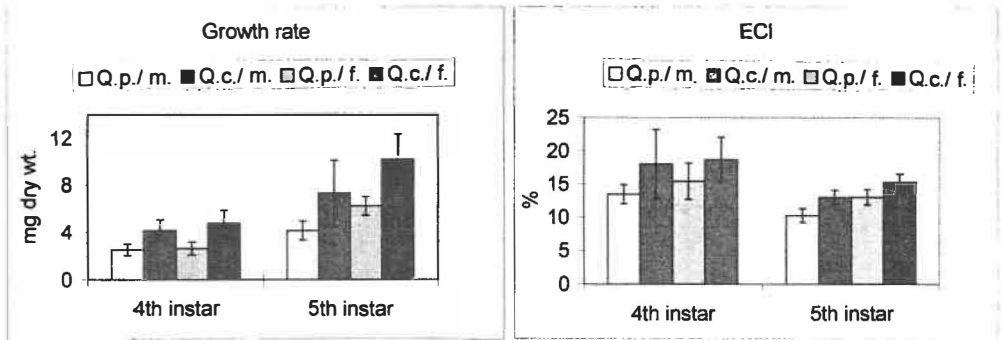


Figure 1 a, b: Growth rate and efficiency of converting ingested food into biomass (ECI) (means  $\pm$  s.d.) of gypsy moth male (m) and female (f) larvae on leaf powder diet of *Q. petraea* (Q.p.) and *Q. cerris* (Q.c.), respectively.

Although the condition for gypsy moth development seemed to be more favorable on *Q. cerris*, we observed a higher rate of mortality and abnormal pupal development during metamorphosis and eclosion of the moths on this diet (Fig. 2). Mortality did not occur on either one of the diets during the larval stadia from the 3<sup>rd</sup> instar onwards.

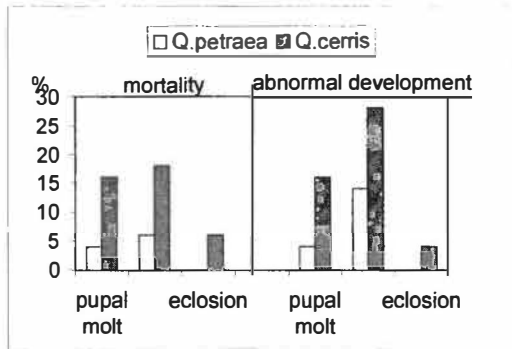


Figure 2. Rate of mortality and abnormal pupal development during metamorphosis and emergence of gypsy moths on *Q. petraea* and *Q. cerris* leaf powder diet, respectively.



### ***Variation in nutrient compounds of oak leaves and resorption during gypsy moth larval development***

#### **Carbohydrate**

The oak species mainly differed in the content of sucrose and fructose of young leaves, which was twice as much in *Q. petraea* than in *Q. cerris* (tab. 2). Likewise, young leaves of both oak species contained high levels of cyclitols, especially quercitol. The concentration of starch, however, did not differ much between the species and was generally low in young developing leaves. Gypsy moth larvae absorbed all of the sucrose present in both oak species, whereas glucose and fructose were more utilized by larvae fed on *Q. petraea*- than on *Q. cerris*. Nearly 60% of the quercitol and almost 80% of the starch content was absorbed by 4<sup>th</sup> instars on both oak species (tab. 2).

#### **Free amino acids and protein content**

The concentration of free amino acids as well as the protein content were highest in young leaves and again higher in *Q. petraea* than in *Q. cerris*. Arginine and asparagine were the dominating soluble amino acids. During leaf maturation the concentration of free amino acids and the protein content declined markedly stronger in *Q. petraea* than in *Q. cerris*. With the exception of the late May sample, leaves from *Q. cerris* had almost constant protein levels (tab. 2). On *Q. cerris* 4<sup>th</sup> instars used more of the protein-bound nitrogen, while larvae on *Q. petraea* assimilated more nitrogen from free amino acids (tab. 2).

#### **Organic acids**

Quinic acid content was markedly higher in young leaves of *Q. cerris* than in *Q. petraea*, on the other hand, the level of shikimic acid in young *Q. petraea*-leaves exceeded that of *Q. cerris*. The decreasing rate with time correlated to the corresponding initial amount of both acids (tab. 2).

Quinic acid does not seem to be metabolized by gypsy moth larvae, whereas the resorption rate of shikimic acid was significantly higher in 4<sup>th</sup> instars on *Q. cerris*-leaves (tab. 2).

#### **Phenolics**

Total phenolic content was always higher in *Q. cerris*, especially in young leaves; the condensed tannin levels increased with time from low levels in young leaves and were higher in *Q. petraea* than in *Q. cerris*-leaves on the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> sampling date (tab. 2).

Phenolic compounds were excreted by gypsy moth larvae to nearly the same amount as they were ingested (tab. 2).

### **Conclusion**

Gypsy moth larval performance on *Q. petraea* is obviously reduced compared to *Q. cerris*. This is indicated by either a prolonged development or by a reduced gain in biomass. All nutritional indices measured were lower in gypsy moth larvae on *Q. petraea*. Mortality and rate of abnormal development during metamorphosis, however, was higher on *Q. cerris*.

The causes of this failed metamorphosis cannot be explained by the results of the biochemical analyses. Likewise, the higher content of the major nutrients in young *Q. petraea* leaves contradicts the more favored developmental conditions for gypsy moth larvae on *Q. cerris*. The reason for the reduced larval performance on *Q. petraea* leaves might be due to

a faster decline in food quality of this oak species and thus, leaf quality seems to be more important for pupal masses during late larval development.

Table 2. Dynamics in leaf biochemistry of *Quercus petraea* (Q.p.) and *Q. cerris* (Q.c.) during gypsy moth larval feeding and percentage of resorption by 4<sup>th</sup> instars (res. % L4) feeding on *Quercus petraea* and *Q. cerris* diet, respectively. TAE = tannic acid equivalents, QUE = quebracho-tannin equivalents.

	8./14.5.		24.5.		10.6.		21.6.		abs. % L4	
	Q.p.	Q.c.	Q.p.	Q.c.	Q.p.	Q.c.	Q.p.	Q.c.	Q.p.	Q.c.
<b>Carbohydrates mg/g dry wt.</b>										
Glucose	8.33	6.6	7.02	9.49	11.68	7.64	6.55	8.74	67	28
Fructose	7.27	3.09	6.33	6.93	10.36	6.15	5.36	8.83	58	36
Sucrose	23.31	9.99	36.43	35.28	31.35	37.45	19.51	31.87	100	100
Quercitol	34.66	40.38	22.64	30.42	31.94	33.25	15.53	30.32	59	63
Starch	4.71	11.3	37.75	42.61	32.63	28.26	31.71	38.79	78	85
<b>N-Compounds</b>										
Protein mg/g dry wt.	124.0	92.92	86.15	63.76	66.25	91.31	92.38	87.04	71	80
Amino acids $\mu$ moles/g dry wt.										
Asp	3.40	5.35	2.40	4.73	0.78	0.93	0.67	1.31	100	77
Asn	17.71	12.86	1.56	15.89	n.d.	1.15	n.d.	n.d.		55
Glu	5.29	8.69	3.24	6.71	2.83	2.70	1.18	2.13	74	50
Thr	0.58	1.15	0.19	0.55	0.51	0.35	n.d.	n.d.	100	-17
Ser	2.33	1.37	0.72	1.57	1.61	0.73	0.41	0.52	71	15
Ala	1.66	1.97	0.76	1.17	1.79	1.96	0.52	0.82	75	59
Arg	25.79	17.48	0.69	10.11	3.23	2.03	trace s	1.14	91	100
<b>Organic acids mg/g dry wt.</b>										
Quinic acid	43.03	69.43	49.47	34.87	15.12	22.67	28.47	20.29	8	12
Shikimic acid	13.46	7.43	4.05	6.20	1.94	3.76	1.52	2.65	32	60
<b>Phenolic compounds mg TAE (QUE)/g dry wt.</b>										
Total phenolics	127	160	107	124	117	123	107	122	8	21
Condensed tannins	6	7	38	13	64	55	59	75	37	31

## References

- Bell, R.A., Owens, C.D., Shapiro, M. & Tardif, J.R. 1981: Development of mass-rearing technology. In: The gypsy moth: research toward integrated pest management, eds Doane and McManus, Washington, DC. US Dept. Agric. Tech. Bull. 1584: 599-633.
- Govindarajan, V.S. & Mathew, A.G. 1965: Anthocyanidins from leucanthocyanidins. *Phytochemistry* 4: 985-988.
- Kedenburg, C.P. 1971: A lithium buffer system for accelerated single-column amino acid analysis in physiological fluids. *Analyt. Biochem.* 40: 35-42.

- Martin, J.S. & Martin, M.M. 1982: Tannin assays in ecological studies: Lack of correlation between phenolics, proanthocyanidins and protein-precipitating constituents in mature foliage of six oak species. *Oecologia* 54: 205-211.
- Peterson, G.L. 1977: A simplification of the protein assay method of lowry et al. which is more generally applicable. *Analyt. Biochem.* 83: 346-356.
- Richter, A. 1992: Viscumitol, a dimethyl-ether of muco-inositol from *Viscum album*. *Phytochemistry* 11: 3925-3927.
- Sheppard, C.A. & Friedman, S. 1992: Effect of dietary nitrogen on gypsy moth larval nutritional indices, development and lipid content. *Entomol.exp.appl.* 64: 269-280.
- Winter, K., Richter, A., Engelbrecht, B., Posada, J., Virgo, A. & Popp, M. 1997: Effect of elevated CO<sub>2</sub> on growth and crassulacean-acid-metabolism activity of *Kalanchoe pinnata* under tropical conditions. *Planta*. 201: 389-396.

## La diapause de *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae)

Noufissa Benhsain<sup>1</sup>, Zineb Atay-Kadiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> École Normale Supérieure Takaddoum, Département de Biologie, Laboratoire de Physiologie Animale, Rabat, Maroc. <sup>2</sup> Faculté des Sciences, Département de Biologie, Laboratoire de Zoologie et de Biologie Générale, - BP1014 - 10050 Rabat -Agdal, Maroc.

**Résumé:** Le cycle de développement de *Lymantria dispar* est interrompu par une diapause embryonnaire obligatoire et le seul signe visible de la levée de cette diapause est l'apparition des jeunes larves au moment des éclosions. Le contrôle endocrinien de cette diapause est encore mal connu. Le but de ce travail est de connaître les fluctuations du taux des ecdystéroïdes du début jusqu'à la fin de la diapause et d'étudier l'effet de l'ecdystérone exogène sur ce phénomène. Le niveau des ecdystéroïdes augmente progressivement au moment de l'installation de la diapause, il est relativement élevé en pleine diapause, puis diminue au moment de la rupture de celle-ci, de plus l'application de l'ecdystérone aux oeufs en diapause est sans effet sur le déroulement de cette dernière. Les ecdystéroïdes semblent impliqués dans l'induction et le maintien de la diapause de *Lymantria dispar* et une baisse de leur niveau est donc essentielle pour sa rupture.

**Mots-clés:** *Lymantria dispar*, diapause, ecdystéroïdes, dosages.

### Introduction

La diapause, considérée d'une manière générale comme un arrêt de développement, intervient à différents stades du cycle de vie des insectes; elle leur permet de survivre en dépit des conditions climatiques défavorables. Le contrôle hormonal de la diapause a été largement étudié pendant le développement post-embryonnaire; en revanche, très peu de travaux ont été consacrés à l'étude des mécanismes endocrines de la diapause chez l'embryon, à l'exception de *Bombyx mori*.

Le développement peut être interrompu par la diapause, soit au début de l'embryogenèse comme chez *B. mori*, soit à un stade plus tardif, notamment après la formation complète de la larve comme chez *Lymantria dispar* et *Antheraea yamamai*. Les diapauses larvaires et nymphales sont généralement induites par une insuffisance de production d'ecdysone (Chippendale, 1977; Denlinger, 1985) alors que la diapause embryonnaire chez *B. mori* est sous le contrôle d'une hormone de diapause (Fukuda, 1951; Hasegawa, 1951). Au stade de prélarve (fin du développement embryonnaire), le contrôle de la diapause a été étudié chez *Antheraea yamamai* (Suzuki et al., 1989, 1990, 1991; Kuwano et al., 1991) et chez *L. dispar* (Bell et al., 1990, 1994; Bell, 1996; Suzuki et al., 1993; Lee & Denlinger, 1996, 1997).

En nous basant sur les résultats de ces auteurs et pour mieux comprendre le contrôle de la diapause chez *L. dispar*, nous avons réalisé des dosages des ecdystéroïdes contenus dans les œufs à différents stades et étudié l'effet de l'ecdystérone exogène sur les œufs en cours de diapause.

## Matériel et méthodes

Des œufs ont été récoltés en forêt de la Mamora (région de Rabat). Après l'éclosion, l'élevage massif de *L. dispar* a été réalisé au laboratoire, à température ambiante (18 à 22°C) et sous photopériode naturelle. Les chenilles, placées dans des boîtes (en matière plastique) transparentes et aérées, sont nourries avec des feuilles de chêne-liège, renouvelées tous les jours. Pour éviter le dessèchement des rameaux, le plancher des boîtes a été perforé pour laisser passer les tiges qui sont introduites dans des récipients remplis d'eau. Les boîtes sont nettoyées régulièrement afin d'éviter toute contamination. Les œufs utilisés dans ce travail proviennent des pontes issues de cet élevage.

### Dosage des ecdystéroïdes

Nous avons préparé dix lots d'œufs par stade, à raison de 30 œufs par lot. Les œufs proviennent d'une même ooplaque, puis quand cette ponte est épuisée, d'une autre ooplaque pondue le même jour que la précédente (même âge, même stade et mêmes conditions). Les œufs placés dans des tubes à hémolyse enfoncés dans de la glace pilée, sont homogénéisés à l'aide d'un broyeur à ultrasons dans 0.5 ml de méthanol 60%. Les extraits sont centrifugés pendant 10 minutes à 10000 trs/min, les culots sont repris dans 0.5 ml de méthanol 60%, les deux surnageants sont rassemblés et lyophilisés, puis sont conservés à -18°C. Le dosage des ecdystéroïdes totaux a été effectué par radio-immuno-assay (R.I.A.) au Laboratoire de Neuroendocrinologie de l'Université de Bordeaux I (France). Les stades embryonnaires retenus pour notre étude ont été identifiés, sous loupe binoculaire, par les critères morphologiques établis par Semlali (1986). Ces stades sont codés de la façon suivante : fermeture dorsale (F. D.), stemmates colorés (St.), mandibules colorées (Md.). Après l'achèvement du développement embryonnaire, des dosages ont également été fait pour des œufs en début de diapause (D.d.), en milieu de diapause (d.) et en fin de diapause (F. d.).

### Exposition des œufs à l'ecdystérone

Nous avons préparé 6 lots d'œufs d'âge différent, respectivement de 20, 25, 30, 60, 90 et 120 jours après la ponte (début et pleine diapause). Chaque lot a été divisé en 4 séries de 300 œufs chacune: la première série "normale" n'a subi aucun traitement, la deuxième série "témoin" a subi un traitement d'éthanol 5%, la troisième série a été exposée à une solution alcoolique (éthanol 5%) d'ecdystérone d'environ  $0.8 \cdot 10^{-3}$  M, la quatrième série a été exposée 2 fois à la solution d'ecdystérone, la deuxième exposition étant à 1 mois d'intervalle après la première. Signalons que pour les œufs de 25 jours, nous avons exposé deux autres séries à des solutions d'ecdystérone plus concentrées, l'une à  $1.2 \cdot 10^{-3}$  M et l'autre à  $1.6 \cdot 10^{-3}$  M. Les œufs, hormis ceux de la première série, sont plongés préalablement dans une solution d'hypochlorite de sodium (1/40) pendant quinze minutes afin de perméabiliser le chorion et favoriser ainsi la pénétration de l'ecdystérone.

## Résultats

Les résultats des radio-immunosdosages montrent que le taux des ecdystéroïdes varie au cours de l'embryogenèse. Ainsi, durant la fermeture dorsale, ce taux est de 0.0718 pmol/mg d'œuf, lors de la coloration des stemmates il passe à 0.1716 pmol/mg d'œuf (fig. 1 A) et devient relativement faible lors de la coloration des mandibules; il est alors de 0.0424 pmol/mg d'œuf (fig. 1 C), puis diminue à 0.0229 pmol/mg d'œuf (fig. 1 E). Dès le début de la diapause, on observe une élévation progressive de la quantité des ecdystéroïdes (fig. 1 D, E et F). Au milieu de la diapause, (4 mois après la ponte) ce taux est plus élevé; il atteint 0.9392 pmol/mg d'œuf (fig. 1 D). En fin diapause, on observe une nette diminution de celui-ci (fig. 1 H).

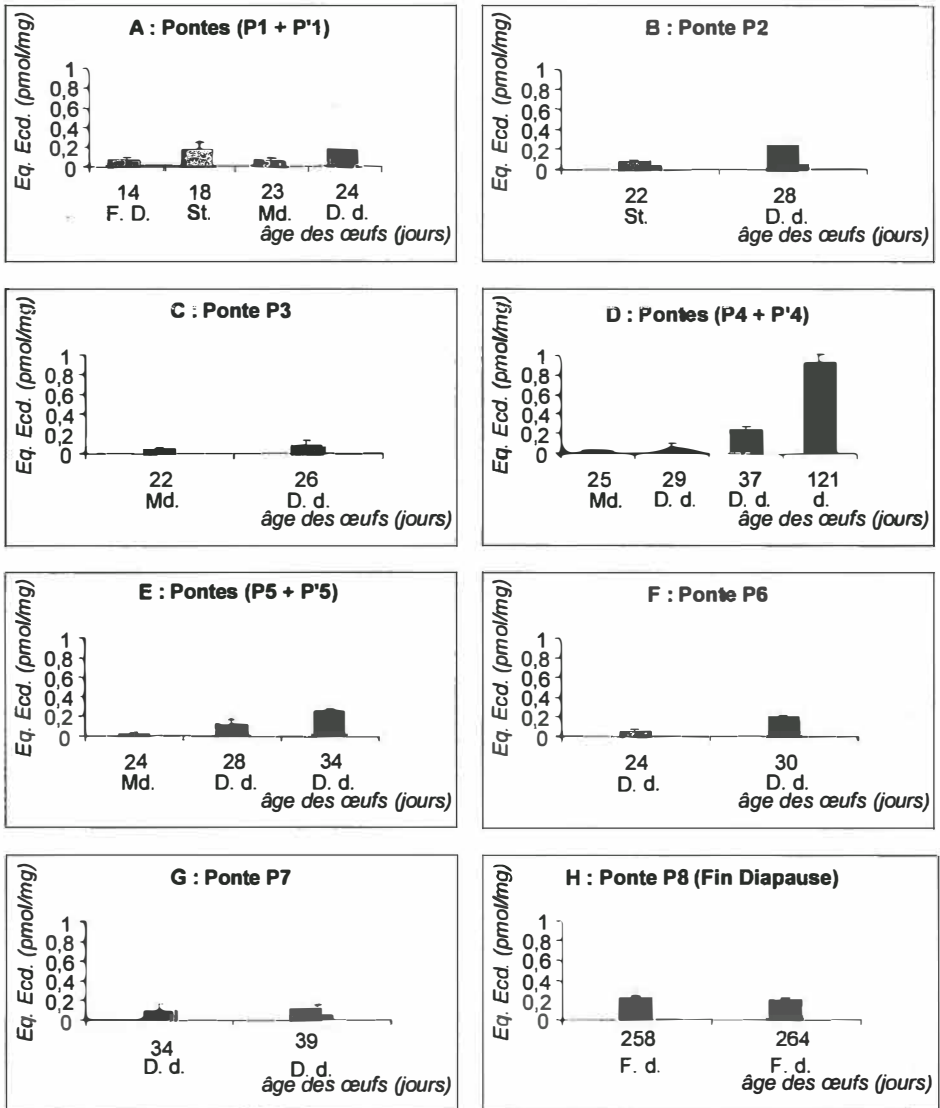


Figure 1. Fluctuations du taux des ecdystéroïdes (en pmol/mg d'œufs) en fonction du temps (nombre de jours après la ponte) pour des œufs de différentes pontes (P1 à P8). Chaque valeur représente la moyenne du taux des ecdystéroïdes de 10 lots (à raison de 30 œufs par lot).

F. D.: Fermeture dorsale, St.: Stemmata colorées, Md.: Mandibules colorées, D. d.: Début diapause, d.: diapause.

Nos expériences de tentative de levée de diapause, à l'aide de trois concentrations différentes (faible, moyenne et forte) d'ecdystérone n'ont donné aucune éclosion précoce des oeufs traités, ces derniers ont éclos au printemps suivant, et le développement post-embryonnaire s'est déroulé d'une façon normale pour les six lots d'oeufs.

### Discussion et conclusion

L'élévation du taux des ecdystéroïdes observée au moment de la coloration des stemmates coïncide bien avec la sécrétion de la dernière cuticule embryonnaire (Semlali, 1986). A la fin du développement embryonnaire, le taux des ecdystéroïdes diminue puis augmente à nouveau progressivement lors de l'installation de la diapause. En pleine diapause, le niveau des ecdystéroïdes est relativement plus élevé que celui observé durant l'embryogenèse. Au moment de la rupture de la diapause, on constate une diminution très nette du taux global des ecdystéroïdes. Par contre aucune éclosion n'a été obtenue après exposition des œufs aux différentes solutions d'ecdystérone.

Certains travaux effectués sur *L. dispar* suggèrent que l'entrée en diapause peut être due, au moins en partie, à une baisse de production des ecdystéroïdes (Bell et al., 1990). D'autres auteurs ont signalé la présence des ecdystéroïdes au moment de l'entrée en diapause, et au cours de cette dernière (Suzuki et al., 1993; Lee & Denlinger, 1997). Suzuki et ses collaborateurs (1993) ont remarqué une baisse de production des ecdystéroïdes à la fin de la diapause. D'autre part, la diapause a été interrompue chez *L. dispar* (Suzuki et al., 1993) et chez *Antheraea yamamai* (Suzuki et al., 1989, 1990, 1991; Kuwano et al., 1991) par l'application d'un dérivé d'imidazole (KK-42) qui est un inhibiteur de la biosynthèse des ecdystéroïdes (Kadono-Okuda et al., 1987; Yamashita et al., 1987; Kiuchi & Akai, 1988). De même, l'application de KK-42 empêche l'entrée en diapause des prélarves de *L. dispar* (Bell et al., 1994; Bell, 1996; Lee & Denlinger, 1996). Ces travaux indiquent donc que les ecdystéroïdes sont essentiels à l'induction de la diapause, et que la baisse de leur concentration entraîne la levée de cette dernière. Nos résultats montrent également que l'entrée en diapause chez *L. dispar* est sous l'action d'une production accrue d'ecdystéroïdes alors que sa rupture coïncide avec une baisse de production de ces hormones. L'installation de la diapause chez *L. dispar* semble liée en outre à la présence d'une protéine intestinale dont la synthèse est induite par un facteur prothoracique qui correspondrait à des ecdystéroïdes (Lee & Denlinger, 1996, 1997). En effet, l'injection de 20-hydroxy-ecdysone ou de son agoniste RH-5992 dans des abdomens isolés de prélarves de *L. dispar* stimule la synthèse de cette protéine.

De nombreux travaux ont montré que les diapauses larvaires et nymphales sont induites par une baisse du taux des ecdystéroïdes (Chippendale, 1977, 1983; Denlinger, 1985). Ainsi, l'application des ecdystéroïdes exogènes ou de leurs agonistes provoque la levée de la diapause chez la nymphe de *Mamestra configurata* (Bodnaryk, 1985) et de *Pieris brassicae* (Arpagaus et al., 1986), et chez la larve d'*Ostrinia nubilalis* (Gadenne et al., 1990). De plus, l'exposition des œufs à l'ecdystérone exogène a permis la rupture de la diapause chez l'embryon de *Bombyx mori* (Gharib et al., 1981). En revanche, nos résultats montrent que l'ecdystérone exogène n'affecte en rien le déroulement de la diapause, ce qui est en accord avec nos résultats de dosages des ecdystéroïdes qui montrent bien qu'il y a une augmentation progressive de ce taux en début de diapause, l'entrée en diapause serait due à une augmentation du taux des ecdystéroïdes, ce qui explique que l'augmentation exogène de ce taux ne provoquerait pas la levée de cette dernière.

La régulation de la diapause au stade prélarve de *L. dispar* serait donc différente de la régulation des diapauses larvaires et nymphales, en effet, l'entrée en diapause chez *L. dispar*

nécessite apparemment la présence des ecdystéroïdes dont la quantité augmente progressivement et devient relativement plus élevée en pleine diapause, et la fin de la diapause est rompue au moins par une diminution de ces hormones, alors que pour la diapause larvaire et nymphale c'est le phénomène inverse qui se produit pour les taux des ecdystéroïdes.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Monsieur L. Lavenseau, et Monsieur L. Peypelut du Laboratoire de Neuroendocrinologie de l'Université de Bordeaux I pour les dosages des ecdystéroïdes.

## Références

- Arpagaus, M., Beydon, P. & Lafont, 1986: Effects of ecdysone injection on diapause termination in *Pieris brassicae* pupae, evidence for a stimulatory action on endogenous ecdysone production. *Reprod. Nutr. Develop.* 26: 1305-1317.
- Bell, R., Kelly, T., Masler, E., Thyagaraja, B., DeMilo, A. & Borkovec, A. 1990: Endocrinology of embryogenesis and late embryonic diapause in the gypsy moth, *Lymantria dispar*. In: *Insect Neurochem. and Neurophysiol.*, eds Borkovec and Masler, Humana Press Inc.: 341-344.
- Bell, R. A., DeMilo, A. B. & Kelly, T. J. 1994: Disruption of diapause and induction of precocious development and metamorphosis in the gypsy moth with KK-42, a novel anti J-H compound. In: *Insect Neurochem. and Neurophysiol.*, eds Borkovec and Loeb, CRC Press, FL. : 267-270.
- Bell, R. A. 1996: Manipulation of diapause in the gypsy moth, *L. dispar*, L. by application of KK-42 and precocious chilling of eggs. *J. Insect Physiol.* 42: 557-563.
- Bodnaryk, P. R. 1985: Ecdysteroid levels during post-diapause development and 20-hydroxyecdysone induced development in male pupae of *Mamestra configurata* Wlk. *J. Insect Physiol.* 31: 53-58.
- Chippendale, G. M. 1977: Hormonal regulation of larval diapause. *Ann. Rev. Entomol.* 22: 121-138.
- Chippendale, G. M. 1983: Larval and pupal diapause. In: *Endocrinology of insect*, eds Downer and Laufer, Liss, New York: 343-356.
- Denlinger, D. L. 1985: Hormonal control of diapause. In: *Comparative Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, eds Kerkut and Gilbert, 8: 353-412.
- Fukuda, S. 1951: The production of the diapause eggs by transplanting the subesophageal ganglion in the silkworm. *Proc. Japan Acad.* 27: 672-677.
- Gadenne, C., Vargas, L. & Mauchamp, B. 1990: Effects of the non steroidal ecdysone mimic, RH-5849, on diapause and non diapause larvae of the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. *J. Insect Physiol.* 36: 555-559.
- Gharib, B., Legay, J. M. & De Regi, M. 1981: Potentiation of developmental abilities of diapausing eggs of *Bombyx mori* by 20-hydroxyecdysone. *J. Insect Physiol.* 27: 711-713.
- Hasegawa, K. 1951: Studies on the voltinism in the silkworm, *Bombyx mori* L., with special reference to the organs concerning determination of voltinism (a preliminary note). *Proc. Japan Acad.* 27: 667-672.
- Kadono-Okuda, K., Kuwano, E. & Yamashita, O. 1987: Anti-ecdysteroid action of some imidazole derivatives on pupal-adult development of the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Appl. Entomol. Zool.* 22: 370-379.
- Kiuchi, M. & Akai, H. 1988: In vivo and in vitro inhibition of prothoracic gland activity by



- I-benzyl-5-[(E)-2,6-dimethyl-1,5-heptadienyl] imidazole (KK-42) in *Bombyx mori*. In: Invertebrate and fish tissue culture, eds Kuroda, Kurstak and Maramorosch, Japan Sci. Soc. Press, Tokyo: 60-63.
- Kuwano, E., Fujisawa, T., Suzuki, K. & Eto, M. 1991: Termination of egg diapause by imidazoles in the silkworm *Antheraea yamamai*. Agric. Biol. Chem. 55: 1185-1186.
- Lee, K. & Denlinger, D. 1996: Diapause-regulated proteins in the gut of pharate first instar larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, and the effect of KK-42 and neck ligation on expression. J. Insect Physiol. 42: 423-431.
- Lee, K. & Denlinger, D. 1997: A role for ecdysteroids in the induction and maintenance of the pharate first instar diapause of gypsy moth, *Lymantria dispar*. J. Insect. Physiol. 43: 289-296.
- Semlali, A. 1986: Contribution à l'étude du développement embryonnaire de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae). C. E. A., Faculté des Sciences de Rabat, 65 p.
- Suzuki, K., Fujisawa, T., Kurihara, M., Abe, S. & Kuwano, E. 1989: Artificial hatching in the silkworm, *Antheraea yamamai*: application of KK-42 and its analogs. In: Wild Silkmooths '88, eds Akai and Wu, International Society for Wild Silkmooths, Tokyo: 79-84.
- Suzuki, K., Minagawa, T., Kumagai, T., Naya, S., Endo, Y., Osanai, M. & Kuwano, E. 1990: Control mechanism of diapause of the pharate first-instar larvae of the silkworm *Antheraea yamamai*. J. Insect Physiol. 36: 855-860.
- Suzuki, K., Minagawa, T., Kumagai, T., Naya, S., Fujisawa, T. & Kuwano, E. 1990: The mode of action of KK-42 on diapause breakdown. In: Wild Silkmooths '89, eds Akai, Kiuchi and Tsubouchi.
- Suzuki, K., Naya, S., Kumagai, T., Minagawa, T., Fujisawa, T. & Kuwano, E. 1991: The mode of action of KK-42 on diapause breakdown in pharate first-instar larvae of the silkworm, *Antheraea yamamai*. In: Wild Silkmooths '89, '90, eds Akai and Kiuchi, International Society for Wild Silkmooths, Tokyo: 73-79.
- Suzuki, K., Nakamura, T., Yanbe, T., Kurihara, M. & Kuwano, E. 1993: Termination of diapause in pharate first-instar larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar japonica* by an imidazole derivative KK-42. J. Insect Physiol. 39: 107-110.
- Yamashita, O., Kadono-Okuda, K., Kuwano, E. & Eto, M. 1987: An imidazole compound as a potent anti-ecdysteroid in an insect. Agric. Biol. Chem. 51: 2295-2297.

### The diapause of gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae)

**Abstract:** *Lymantria dispar* enters a prolonged obligatory pharate first instar larval diapause. Little information is available on this diapause endocrine regulation. The main purpose of the present research is to obtain information on the ecdysteroids titers during diapause and its entry and termination, we have also investigated the effect of exogenous ecdysterone on the diapause breakdown. Ecdysteroids titers (measured by radio-immuno-assay) were higher in diapausing eggs, in addition exogenous ecdysterone did not prevent diapause. Ecdysteroids seem to play a role in the induction and maintenance of the pharate first instar larval diapause and a drop in the ecdysteroids titer is essential for diapause termination.

**Key words:** *Lymantria dispar*, gypsy moth, pharate first instar larvae, diapause, ecdysteroids.

## Effet de *Citrullus colocynthis* (L.) sur *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera : Lymantriidae)

Noufissa Benhsain<sup>1</sup>, Zineb Atay-Kadiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> École Normale Supérieure Takaddoum, Département de Biologie, Laboratoire de Physiologie Animale, Rabat, Maroc. <sup>2</sup> Faculté des Sciences, Département de Biologie, Laboratoire de Zoologie et de Biologie Générale, - BP1014 - 10050 Rabat -Agdal, Maroc.

**Résumé:** L'effet de l'extrait de *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) a été testé au laboratoire sur des larves de quatrième et cinquième stade de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera : Lymantriidae). Les chenilles nourries de feuillage de chêne-liège trempé dans différentes concentrations de cet extrait présentent une baisse importante de leur consommation probablement en relation avec un effet antiappétant et répulsif de cette substance. La survie des chenilles et diverses fonctions vitales de l'insecte, comme la durée des stades larvaires, le poids des chrysalides, la fécondité et la fertilité sont également affectés.

**Mots-clés:** *Citrullus colocynthis*, *Lymantria dispar*, mortalité, développement, reproduction, prise de nourriture.

### Introduction

L'utilisation répétée et en grandes quantités d'insecticides contre les insectes ravageurs, constitue un danger pour l'homme et pour l'environnement. Des moyens de lutte alternative ont fait l'objet de nombreuses recherches, notamment en ce qui concerne les substances d'origine végétale à effet insecticide.

Parmi ces substances, les terpénoïdes et en particulier les triterpènes (qui sont des métabolites secondaires de certaines plantes) ont suscité un intérêt considérable. Ces substances généralement antiappétantes, répulsives et toxiques agissent le plus souvent comme les inhibiteurs de croissance (I. G. R.); utilisées dans les campagnes de lutte, elles ont un impact important sur la survie et la fécondité des insectes.

Ces substances se rencontrent chez les meliacées telles que *Azadirachta indica* (Dorn et al., 1986, 1987; Schmutterer & Ascher, 1987; Schmutterer, 1990; Nasseh et al., 1992; Wilps et al., 1992; Ascher, 1993; Williams, 1993; Govindachari et al., 1995; Naumann & Isman, 1995), *Melia volkensii* (Nasseh et al., 1992, 1993; Wilps et al., 1992), et *Melia azedarach* (Abidi, 1980; Semlali, 1989; Doumbia, 1994). Elles sont également présentes chez des espèces de famille des cucurbitacées telles que *Citrullus colocynthis* (Tallamy & Krischik, 1989).

*Citrullus colocynthis* est largement utilisé pour ses propriétés thérapeutiques en médecine traditionnelle; ses constituants chimiques sont des glucosides qui, par hydrolyse enzymatique produisent la cucurbitacine E ou l'élatérine, la cucurbitacine I ou élatéricine B, la cucurbitacine L ou dihydroélatérine (Lavie et al., 1964), et l'hexanorcucurbitacine I (Hatam et al., 1989).

Les trois substances majeures trouvées dans les feuilles de *Citrullus colocynthis* sont principalement les cucurbitacines L et E, en moindre quantité la cucurbitacine I, et surtout leurs dérivés glucosidiques (Ould Elhadj, 1997).

Dans ce travail, nous avons étudié l'action des extraits des feuilles de *Citrullus colocynthis* sur les performances biologiques de *Lymantria dispar*, redoutable ravageur des forêts de chêne au Maroc.

## Matériel et méthodes

Les œufs ont été récoltés dans la forêt de la Mamora (région de Rabat). Après l'éclosion, l'élevage massif de *Lymantria dispar* a été réalisé au laboratoire, à température ambiante (18 à 22°C) et sous photopériode naturelle. Les chenilles, placées dans des boîtes (en matière plastique) transparentes et aérées, sont nourries avec des feuilles de chêne-liège. Le feuillage est renouvelé tous les jours. Pour éviter le dessèchement des rameaux, le plancher des boîtes a été perforé pour laisser passer les tiges qui sont introduites dans des récipients remplis d'eau. Les boîtes sont nettoyées régulièrement afin d'éviter toute contamination. Les larves sont triées et placées juste après la mue dans des boîtes par lots de cinquante individus. Les larves du quatrième et cinquième stade (L4 et L5) sont nourries le premier jour après leur mue, puis laissées à jeun pendant 24 heures ; elles sont ensuite nourries pendant trois jours de feuillage trempé dans l'extrait de *Citrullus colocynthis*.

### Préparation de l'extrait

L'extrait de *Citrullus colocynthis* a été préparé à l'aide d'un Soxhlet, à partir de 5g de poudre de feuilles en utilisant trois solvants : le chloroforme, l'éther de pétrole, et le méthanol. Les trois extraits ainsi obtenus sont mélangés dans 10 ml d'une solution aqueuse d'éthanol (V/V) et, à partir de cette solution (solution mère), deux solutions diluées ont été préparées (1/5 et 1/10 de la solution mère).

### Réalisation du test

Le feuillage de *Quercus suber* est trempé dans l'une des trois solutions de *Citrullus colocynthis* (1/5, 1/10 ou solution mère) et séché à l'air libre, puis pesé avant d'être présenté aux larves L4 et L5 pendant une durée de trois jours. Nous avons préparé cinq lots de chenilles par stade, le premier lot témoin "normal" est constitué de chenilles nourries avec du feuillage naturel, le second lot témoin "témoin" comporte des chenilles nourries avec du feuillage trempé dans une solution aqueuse d'éthanol (V/V), les chenilles des trois lots suivants sont nourries de feuillage trempé dans l'extrait de *Citrullus colocynthis* (1/5, 1/10 ou solution mère).

Nous avons étudié l'effet de ces extraits sur les paramètres suivants :

- La prise de nourriture, évaluée directement par le poids des feuilles consommées (mg) ou indirectement par le poids des fèces (mg); les fèces sont récoltées 24 heures après contact des larves avec le feuillage, puis séchées à l'étuve (60°C) pendant une nuit avant d'être pesées.
- La mortalité contrôlée dès le premier jour du test.
- La durée des stades larvaires L4 et L5.
- Le poids des chrysalides pesées deux jours après la nymphose.
- La fécondité évaluée par le nombre moyen d'œufs pondus par femelle.
- La fertilité estimée par le pourcentage d'éclosions.

## Résultats

Dans la suite du texte et dans les figures on utilisera les abréviations suivantes :

N: "Normales": larves nourries de feuillage naturel.

T: "Témoins": larves nourries de feuillage trempé dans une solution aqueuse d'éthanol (V/V).

C1: larves nourries de feuillage trempé dans une solution de l'extrait de *Citrullus colocynthis* diluée au 1/10.

C2: larves nourries de feuillage trempé dans une solution d'extrait diluée au 1/5.

C3: larves nourries de feuillage trempé dans une solution non diluée de l'extrait (solution mère).

### Effet sur la prise de nourriture

Les résultats présentés ci-dessous (fig. 1 et 2) sont relatifs au quatrième stade larvaire pour lequel les effets sont plus marqués. Les trois concentrations utilisées de *Citrullus colocynthis* entraînent une diminution de la consommation. Cette diminution est d'autant plus forte que la concentration de l'extrait est plus élevée.

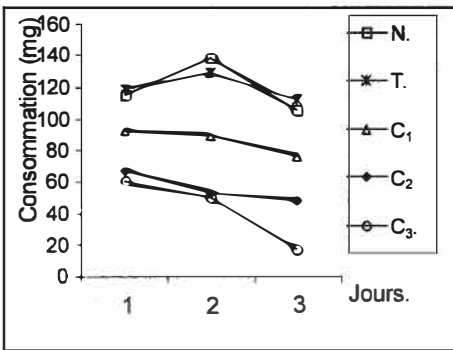


Figure 1. Consommation moyenne en fonction du temps

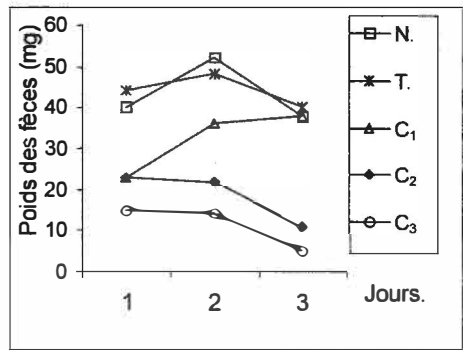


Figure 2. Poids moyen des fèces produits en fonction du temps

### Effet sur la mortalité

Les premières mortalités de chenilles n'apparaissent qu'à partir du 4ème jour après l'ingestion de feuilles trempées dans l'extrait, soit le septième jour (moment de la mue) du stade étudié (fig. 3 et 4). La mortalité est d'autant plus forte que la concentration en extrait est plus élevée et, pour une même concentration en extrait, elle est plus forte pour les chenilles de 4ème que de 5ème stade. Enfin, plus la concentration en extrait est élevée plus la courbe est décalée vers la droite, donc plus les chenilles meurent tardivement, en relation avec l'allongement de leur stade larvaire.

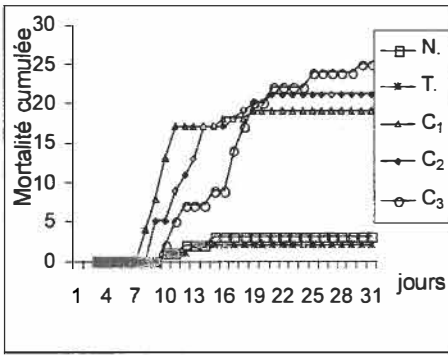


Figure 3. Mortalité cumulée des larves L4.

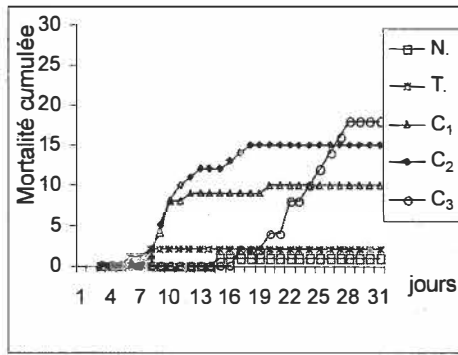


Figure 4. Mortalité cumulée des larves L5.

**Effet sur la durée des stades larvaires**

Chez les larves nourries de feuillage trempé dans les extraits, la durée moyenne du stade augmente en fonction de la concentration. La durée du quatrième stade passe de 8 jours en moyenne pour les témoins, à 9.5, 12, et 13.5 jours respectivement pour les lots C1, C2, et C3 (fig.5). Chez les mâles, la durée du cinquième stade est de 14 jours pour les témoins, mais atteint respectivement 15, 17.5, et 27.5 jours pour les lots C1, C2, et C3 (fig. 6).

Signalons que chez les femelles aussi, la durée du cinquième stade connaît un allongement en fonction de la concentration, cette durée est de 8 jours chez les témoins, elle atteint 9.5, 10 et 17 jours respectivement pour les concentrations C1, C2, et C3.

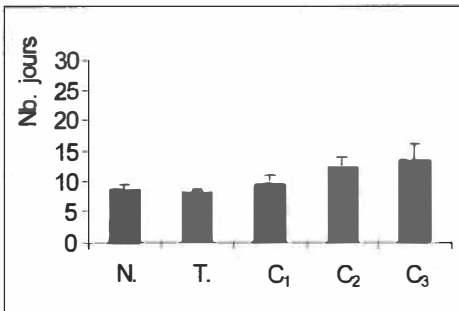


Figure 5. Durée moyenne du stade L4

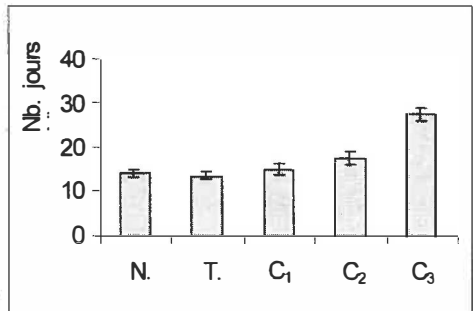
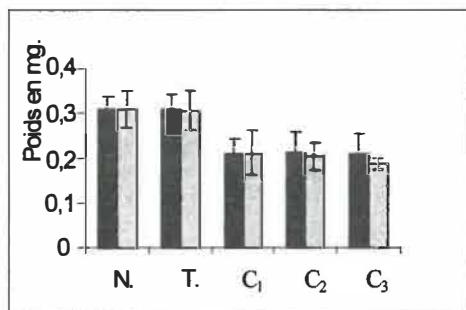


Figure 6. Durée moyenne du stade L5 (mâle)

**Poids des chrysalides**

Le poids moyen des chrysalides mâles et femelles issues de larves nourries de feuillage trempé dans les extraits est plus faible que celui des chrysalides témoins, quelque soit le stade (L4 ou L5) traité (fig. 7 et 8).



Chenilles traitées au 4ème (en noir) ou au 5ème stade (en gris)

Figure 7: Poids des chrysalides mâles.

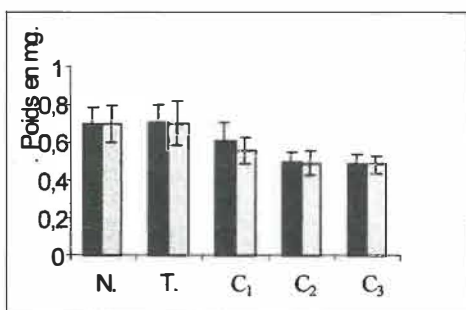
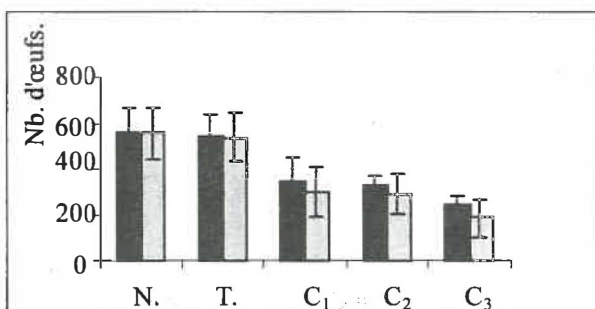


Figure 8: Poids des chrysalides femelles.

### ***Nombre moyen d'œufs pondus par femelle***

Le nombre moyen d'œufs pondus par femelle est nettement plus faible chez les femelles dont les chenilles ont consommé du feuillage traité que chez les témoins. Cette diminution est proportionnelle aux concentrations utilisées, et, elle est plus marquée chez les individus traités au cinquième stade larvaire (fig. 9).

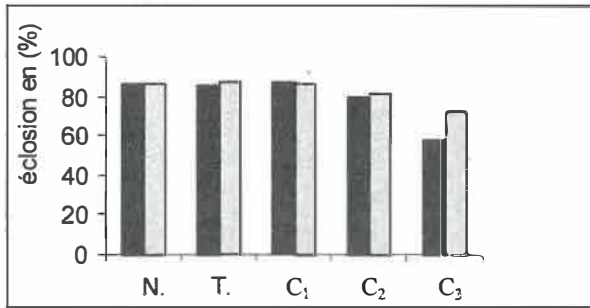


Chenilles traitées au 4ème (en noir) ou au 5ème stade (en gris)

Figure 9. Nombre moyen d'œufs pondus par femelle

### ***Effet sur le pourcentage d'éclosion***

Le pourcentage d'éclosion est sensiblement le même pour les différents lots, sauf pour les lots C3. En effet, lorsqu'elles ont été nourries au quatrième ou au cinquième stade larvaire avec du feuillage trempé dans la solution mère, les papillons femelles ont une fertilité nettement inférieure à celle des témoins (fig. 10).



Chenilles traitées au 4ème (en noir) ou au 5ème stade (en gris)

Figure 10. Pourcentage d'éclosion.

## Discussion

Chez les larves de *Lymantria dispar*, l'extrait de *Citrullus colocynthis* ingéré avec le feuillage du chêne-liège pendant 3 jours consécutifs entraîne les effets suivants:

- La mortalité affecte les larves dans la majorité des cas au moment de la mue, elle atteint 36% chez les larves nourries au cinquième stade et 50% chez les larves nourries au quatrième stade de feuilles trempées dans la solution mère de l'extrait de *Citrullus colocynthis*. A notre connaissance, l'effet de cet extrait n'a été étudié que sur *Schistocera gregaria*. Chez cette espèce, l'extrait chloroformique des feuilles ou des fruits de *Citrullus colocynthis*, entraîne des taux de mortalité inférieurs à 40% chez les larves de quatrième et cinquième stades (Ould Elhadj, 1997).
- La prise de nourriture est d'autant plus faible que la concentration de l'extrait est plus élevée. L'effet dissuasif de ces extraits serait dû à l'action des cucurbitacines (Chamblis & Jones, 1966; Tallamy & Krischik, 1989).
- L'allongement de la durée des stades au cours desquels les chenilles ont ingéré des feuilles trempées dans l'extrait, pourrait s'expliquer par un phénomène de rattrapage nutritionnel. Il a aussi été interprété comme la conséquence d'un retard d'apparition du pic prééxuvial des ecdystéroïdes (Dorn et al., 1986; Aubry et al., 1991).
- Le poids des chrysalides issues des larves L4 et L5 nourries avec des feuilles trempées dans les extraits de *Citrullus colocynthis*, est plus faible que celui des témoins, probablement en relation avec une réduction de la consommation de ces larves.
- La diminution du nombre moyen d'œufs pondus par femelle, chez les individus traités par rapport aux témoins, dépend du poids des chrysalides. Des travaux antérieurs sur *Lymantria dispar* ont en effet montré que le nombre d'œufs pondus par femelle est proportionnel au poids de sa chrysalide (Lhaloui, 1980).
- Le pourcentage d'éclosion est nettement plus faible pour les oeufs produits par les individus traités avec la solution la plus concentrée.

## Conclusion

En conclusion, l'extrait de *Citrullus colocynthis* testé sur les larves L4 et L5 de *Lymantria dispar*, entraîne une diminution de la prise de nourriture, l'allongement de la durée des stades

larvaires, la diminution du poids des chrysalides, la réduction du nombre d'œufs par ponte et la diminution du pourcentage d'éclosion. Pour les chenilles placées sur du feuillage trempé avec de la solution mère, l'effet antiappétant est si fort qu'elles consomment à peine les feuilles et meurent de famine, le jeûne ayant pour effet de provoquer un allongement de leurs stades larvaires s'ou leur mortalité retardée par rapport aux chenilles placées sur du feuillage couvert d'un extrait moins concentré. ces dernières mangent plus et meurent plus rapidement ce qui suggère que l'extrait a bien un effet toxique en plus de son effet antiappétant. Tous ces résultats montrent qu'il y a un effet incontestable de cette plante sur les larves de *Lymantria dispar*. Il serait ainsi souhaitable de tester séparément chacun des trois extraits composant la solution mère, par ingestion et par injection, afin d'identifier le ou les composés actifs de *Citrullus colocynthis* sur les insectes.

Enfin, signalons que des observations similaires ont été obtenues par l'action de l'extrait de *Melia azedarach* sur *Lymantria dispar* (Abidi, 1980; Semlali, 1989) et sur *Schistocerca gregaria* (Doumbia, 1994). De même les extraits de *Melia volkensii* (Nasseh et al., 1993) et d'*Azadirachta indica* (Nasseh et al., 1992; Wilps et al., 1992) donnent des effets analogues chez *Schistocerca gregaria*.

## Références

- Abidi, A. 1980: Effet anti-appétant de *Melia azedarach* L. vis-à-vis de *Lymantria dispar* L. Analyse de feuillage de *Quercus suber* L. Mémoire de fin d'étude A. T. L., Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 24 p.
- Ascher, K. R. S. 1993: Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. Arch. Insect Biochem. Physiol. 22: 433-449.
- Aubry, M., Echaubard, M. & Porcheron, P. 1991: Effets de la deltaméthrine sur certains paramètres biochimiques du développement larvaire de *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera, Noctuidae). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 56/3b.
- Chamblis, O. L. & Jones, C. M. 1966: Chemical and genetic basis for insect resistance in cucurbits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 294-405.
- Dorn, A., Rademacher, J. M. & Sehn, E. 1986: Effects of azadirachtin on the moulting cycle, endocrine system and ovaries in last instar larvae of the milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus*. J. Insect Physiol. 32: 231-238.
- Dorn, A., Rademacher, J. M. & Sehn, E. 1987: Effects of azadirachtin on reproductive organs and fertility in the large milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus*. Proc., 3rd Internat. Neem Conf.: 273-288.
- Doumbia, L. 1994: Les effets de *Melia azedarach* sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* F. Sahel PV Info. 60: 2-10.
- Govindachari, T. R., Narasimhan, N. S., Suresh, G., Partho, P. D., Gopalakrishnan, G. & Krishna Kumari, G. N. 1995: Structure-related insect antifeedant and growth regulating activities of some limonoids. J. Chem. Ecol. 21: 1585-1600.
- Hatam, N. A. R., Whiting, D. A. & Yousif, N. 1989: Cucurbitacin glycosides from *Citrullus colocynthis*. Phytochemistry, 28: 1268-1271.
- Lavie, D., Willner, D. & Merenlender, Z. 1964: Constituents of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. Phytochemistry, 3: 51-56.
- Lhaloui, S. 1980: La surveillance de *Lymantria dispar* en 1980 Canton à la Mamora. Mémoire d'Ingénieur Phytiate, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, 64 p.



- Nasseh, O., Krall, S., Wilps, H. & Salissou, G. B. 1992: Les effets d'inhibiteurs de croissance et de biocides végétaux sur les larves de *Schistocerca gregaria* (Forsk.). Sahel PV Info. 45: 5-19.
- Nasseh, O., Wilps, H., Rembold, H. & Krall, S. 1993: Biologically active compounds in *Melia volkensii*. Larval growth inhibitor and phase modulator against the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orth., Cyrtacanthacrinae). J. appl. Ent. 116: 1-11.
- Naumann, K. & Isman, M. B. 1995: Evaluation of neem *Azadirachta indica* seed extracts and oils oviposition deterrents to noctuid moths. Entomol. exp. et appl. 76: 115-120.
- Ould Elhadj, A. 1997: Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk) (Orthoptera, Acrididae) et ses plantes hôtes en Mauritanie. Effets dissuasifs des Triterpènes de *Citrullus colocynthis* (Schrader). Thèse de Troisième cycle, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 131 p.
- Schmutterer, H. & Ascher, K. R. S. (eds) 1987: Natural pesticide from neem tree (*A. indica* A. juss). Proc. 3. Ind. Int. Neem. Conf. Nairobi 1986, GTZ, Eschborn, 307 p.
- Schmutterer, H. 1990: Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Ann. Rev. Entomol. 35: 271-297.
- Semlali, A. 1989: *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae). Physiologie de la diapause. Effets des extraits de *Meélia azedarach* (Meliaceae) sur le développement. Thèse de Troisième cycle, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 135 p.
- Tallamy, D. W. & Krischik, V. A. 1989: Variation and function of cucurbitacins in cucurbita. An examination of current hypotheses. Am. Naturalist, 133: 766-786.
- Williams, L. A. D.: 1993. Adverse effects of extracts of *Artocarpus altilis* Park. And *Azadirachta indica* (A. juss) on the reproductive physiology of the adult female tick, *Boophilus microplus* (canest.). In. Reprod. Dev. 23: 159-164.
- Wilps, H., Nasseh, O., Krall, S. & Kabo, O. 1992: Lutte contre les *Schistocerca gregaria* adultes au moyen de nouvelles préparations et méthodes. Sahel PV Info. 44: 7-14.

***Citrullus colocynthis* L. (Cucurbitaceae) extract effect on gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae)**

**Abstract:** *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) extract was tested under laboratory conditions on gypsy moth larvae fed with cork oak foliage soaked in various concentration of this extract. Activity was investigated during the fourth or the fifth larval instars (L4 and L5). Reduction in food consumption was observed in both L4 and L5, probably due to antifeedant or repulsive effects. This reduction in food consumption reduced larval growth and survival as well as egg laying and hatching.

**Key words:** *Citrullus colocynthis*, gypsy moth, *Lymantria dispar*, food consumption, growth, death, fecundity.

## Effects of *Bacillus thuringiensis* and defoliation by gypsy moth on lepidopterous fauna in cork-oak forests <sup>1</sup>

Pietro Luciano, Andrea Lentini

Istituto di Entomologia agraria, Università di Sassari, Via E. de Nicola, 07100, Sassari, Italy

**Abstract:** In 1997-98, the effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (*Btk*) and of defoliation by gypsy moth on non-target Lepidoptera were evaluated in cork-oak forests in Northern Sardinia. One plot was established for the untreated control and another one was treated with *Btk* (63.5 BIU/ha) on 22 May 1997. In the area sprayed with *Btk* a sharp decrease in populations was observed in the week following the treatment, while in the control area a similar decrease occurred later as a result of tree defoliation. In 1998, the abundance of larvae was from 5 to 42 times lower than in 1997 in both plots; the species richness decreased but it did not present significant differences in the two plots. The results indicate that *Btk* treatment and total forest defoliation have a similar effect on the lepidopterous fauna.

**Key words :** *Lymantria dispar*, *Btk*, non-target Lepidoptera.

### Introduction

In Sardinia, cork-oak forests are exposed periodically to infestations of gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera Lymantriidae). This moth, alone or in association with other Lepidoptera species, such as *Malacosoma neustria* L. (Lasiocampidae) and *Tortrix viridana* L. (Tortricidae), can cause the total defoliation of thousands of hectares in the same infestation year (Luciano & Prota, 1995). In order to control such infestations, treatments using *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. *kurstaki* (*Btk*) are employed (Lentini & Luciano, 1995). Research carried out in Oregon (Miller, 1990), in Canada (Bellocq et al., 1992) and in West Virginia (Sample et al., 1996) suggest some negative impacts of *Btk* treatments on non-target invertebrate and vertebrate populations. In order to evaluate the effects of *Btk* and of total defoliation of cork-oak forests in a Mediterranean environment, observations were carried out on the variations of population richness and abundance of lepidopterous fauna in a cork-oak area of Northern Sardinia highly infested with *L. dispar* and partially treated with *Btk*.

### Materials and methods

The observations were conducted on two adjacent plots of 100 hectares each. On 22 May 1997 one plot was treated with a product containing *Btk* (Foray 48B), applied with an helicopter at ultra low volume, using 5 l / ha corresponding to 63.5 BIU/ha. In March 1997 and March 1998 the population density of *L. dispar* (the target insect) was estimated in each plot at the egg stage by counting the egg-masses on three groups of 40 plants. From 16 May 1997 until 22 June 1998 the composition and abundance of the lepidopterous fauna were

<sup>1</sup> Work supported by PIC INTERREG II Sardinia-Corsica.

estimated by two different sampling methods: (1) collection, with pole-pruners, of four 30 cm branch tips corresponding with the 4 cardinal points, in each one of 10 randomly selected trees; and (2) beating of 10 randomly selected branches and collection of larvae onto an 80 cm white square cloth tray. The larvae collected in the cloth tray were immediately identified and counted in the field. On the other hand, the branch tips taken from the mid-canopy (ca. 4 m) were put into large plastic bags and brought to the laboratory, where the larvae were counted. In both cases, all unidentified larvae were reared to the adult stage for the identification of the species. Samples were taken once a week from mid-May through late-June 1997 and subsequently at 15-30 day intervals.

## Results

The observations carried out in March 1997 showed  $18.45 \pm 12.38$  (mean  $\pm$  standard deviation) *L. dispar* egg-masses per tree in the area selected to be sprayed, and  $30.13 \pm 34.87$  egg-masses per tree in the control plot. The period of maximum abundance of larvae was from May to June. In both plots *L. dispar* was the most abundant species followed, in decreasing order, by *M. neustria* and *T. viridana*. These three species together constituted more than 90% of the larvae collected by both sampling methods. The remaining 10% of the collected larvae were principally composed of the Tortricidae *Archips xylosteanus* (L.) and *Eudemis profundana* (Den. & Schiff.), the Geometridae *Campea honoraria* (Den. & Schiff.) and *Operophtera brumata* (L.), the Noctuidae *Dryobota labecula* (Esper), *Dryobotodes eremita* (Fabr.), *D. monochroma* (Esper), *Orthosia cruda* (Den. & Schiff.) and *Spudaea ruticilla* (Esper), the Phycitidae *Phycita spissicella* Fabr. and the Lycenidae *Thecla quercus* (L.) (tab. 1). In the treated area, the maximum number of larvae was sampled on 21 May, the day before the spray application. In the following week, the larval population was drastically reduced, decreasing from 771 to 239 specimens sampled on 40 branches (fig. 1). Therefore, the *Btk* treatment caused a mortality rate of about 70% of the larvae present in the field. In the control area, the greatest abundance of larvae was observed in two successive weeks, being 570 and 556 larvae per 40 branches on 21 and 29 May, respectively (fig. 1). The successive total defoliation of the untreated plot, observed in early-June, caused a collapse of larval populations by starvation and dispersion. The Lepidoptera abundance was reduced to a level similar to the one caused by the *Btk* treatment (fig. 1). In both plots, from 11 June the presence of surviving larvae decreased progressively, partly for pupation, and disappeared completely at the end of the month.

The observations carried out in March 1998 showed a higher number of gypsy moth egg-masses in the area treated the previous year ( $6.19 \pm 4.61$  egg-masses per tree) than in the defoliated area ( $0.55 \pm 0.82$  egg-masses per tree). This result suggests that the larvae that survived the *Btk* treatment in the spring 1997 were able to complete their development on the leaves protected by the treatment, whereas the larvae present in the defoliated area died of starvation at a higher percentage. In both plots, the larval populations of Lepidoptera in 1998 were much less abundant than in the previous year. In fact, throughout the spring 1998 only 92 and 42 larvae were found on the 160 branches examined from the treated and control plots, respectively. *L. dispar* was the most abundant species in the treated plot (representing more than 80% of the total sampled larvae), while in the control plot its density was much lower (only 11-14% of the total sampled larvae). A strong reduction of *T. viridana* population and the complete disappearance of *M. neustria* were observed in both plots, as well as a relevant

Table 1. Annual abundance of Lepidoptera larvae.

Family	Species	Beating tray				40 twigs			
		Treated plot		Test plot		Treated plot		Test plot	
		1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
<b>Psychidae</b>	<i>Luffia fercautella</i>	3	9	6	19	1	2	1	4
<b>Plutellidae</b>	<i>Ypsolophus alpellus</i>	3						2	
<b>Gelechiidae</b>	<i>Carcina quercana</i>	2				1			
	<i>Psoricoptera gibbosella</i>			8		2		20	
<b>Tortricidae</b>	<i>Archips xylosteanus</i>	28		27		14		4	
	<i>Eudemis profundana</i>	10	1	53	5	37	4	62	6
	<i>Tortrix viridana</i>	206	2	344	19	147	4	213	6
	Undetermined species		1	3		1	1		1
<b>Geometridae</b>	<i>Campaea honoraria</i>	8		23	1		1		
	<i>Colotois pennaria</i>	1		1	1				
	<i>Erannis defoliaria</i>	2		2	1	1			
	<i>Lycia hirtaria</i>		1			1			1
	<i>Opteroptera brumata</i>	10	4	27	19	16		28	3
	<i>Peribatodes umbrarius</i>	1		1		2			
	Undetermined sp. 1		1		1		1		
	Undetermined sp. 2		12		18				2
Undetermined sp. 3	5		4	1		2	1	2	
<b>Drepanidae</b>	<i>Watsonalla binaria</i>	1							
<b>Noctuidae</b>	<i>Bena prasinana</i>	1	1						
	<i>Catocala nymphagoga</i>	1	1	5		3		1	
	<i>Cosmia trapezina</i>		1	1	1	2		1	
	<i>Dryobota labecula</i>	1		40	2	1		2	
	<i>Dryobotodes carbonis</i>			1					
	<i>D. eremita</i>	11	1	8		3		1	
	<i>D. monochroma</i>	9		8	3	3		7	
	<i>Minucia lunaris</i>	2							
	<i>Orthosia cruda</i>	20	3	20	2	4		1	
	<i>Spudaea rusicilla</i>	6	4	7	3	7		1	4
<b>Lymantriidae</b>	<i>Lymantria dispar</i>	1452	385	1815	15	1127	75	1061	6
<b>Arctiidae</b>	<i>Lithosia quadra</i>	15							1
<b>Phycitidae</b>	<i>Acrobasis tumidana</i>	5		3	5	4		1	
	<i>Phycita spissicella</i>	27	2	31	5	12	1	34	4
<b>Lasiocampidae</b>	<i>Malacosoma neustria</i>	466		1267		78		352	
<b>Lycaenidae</b>	<i>Thecla quercus</i>	36	1	35	6	8	1	12	2
<b>Total</b>		2332	430	3740	127	1475	92	1805	42
<b>Total without <i>L. dispar</i>, <i>M. neustria</i> and <i>T. viridana</i></b>		208	43	314	93	123	13	179	30
<b>Number of species</b>		27	17	25	19	23	10	20	13

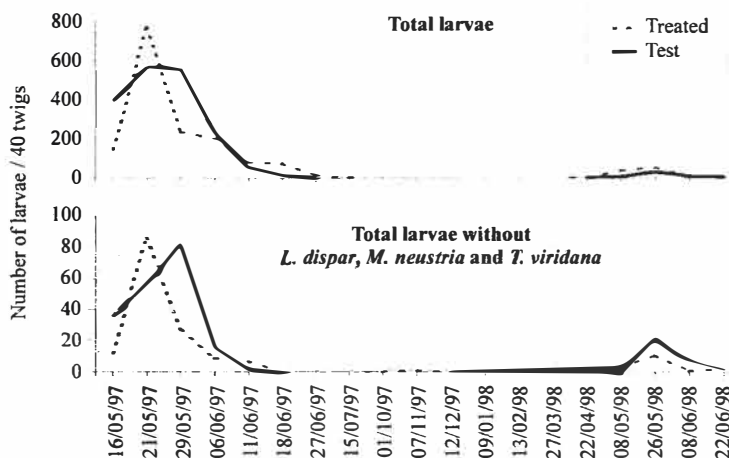


Fig. 1. Seasonal trend of abundance of Lepidoptera larvae collected on 40 branch tips

reduction of species richness (tab. 1). When using the beating method, the numbers of collected species were 17 in 1998 and 27 in 1997 in the treated area, whereas, in the control area, there were 19 and 25 species in 1998 and 1997, respectively. The reduction in the species number was confirmed by the examination of branch tips: in 1998 only 10 species (vs. 23 species in 1997) were collected in the treated area, and 13 species (vs. 20 species in 1997) in the control plot. The comparison of the sampling methods showed that the beating of branches allowed a greater collection of larvae (2 to more than 4-times) than the one obtained with the branch-tips examination. The higher amount of collected larvae also enabled the detection of a higher number of species. In spite of these differences, both methods permitted an adequate estimation of the quantitative variations of the Lepidoptera larvae populations.

### Discussion and conclusions

The observations carried out suggest that a treatment with *Btk* at a high rate has an effect on the Lepidoptera population similar to the one caused by the total defoliation of the cork-oak forest. These findings agree partially with the results obtained by Sample et al. (1996) in a forest of West Virginia in which a treatment with *Btk* caused a stronger reduction in the abundance and species richness than the competition for food between *L. dispar* and the native lepidopterous fauna. In that case, however, there was no total defoliation of the forest, in contrast to what happened in Sardinia, where starvation certainly had a stronger impact. Therefore, under high population density of *L. dispar*, a treatment with *Btk* that prevents the tree defoliation allows, at least, to protect the primary production of cork-oak forest, which is of relevant economical value for the Sardinian cork processing industries.

## References

- Bellocq, M.I., Bendell, J.F. & Cadogan, B.L. 1992: Effects of *Bacillus thuringiensis* on *Sorex cinereus* (masked shrew) populations, diet, and prey selection in a jack pine plantation in northern Ontario. *Can. J. Zool.* 70: 505-510.
- Lentini, A. & Luciano, P. 1995: *Bacillus thuringiensis* in the management of gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in Sardinian cork-oak forests. *IOBC wprs Bull.* 18: 104-109.
- Luciano, P. & Prota, R. 1995: Insect pests in Sardinian cork-oak forests. *IOBC wprs Bull.* 18: 1-7.
- Miller, J.C. 1990: Effects of a microbial insecticide, *Bacillus thuringiensis kurstaki*, on nontarget Lepidoptera in a spruce budworm-infested forest. *J. Res. Lepidoptera* 29: 267-276.
- Sample, B.E., Butler, L., Zivkovich, C., Whitmore, R.C. & Readon, R. 1996: Effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* and defoliation by the gypsy moth [*Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae)] on native arthropods in West Virginia. *Can. Entomol.* 128: 573-59

## The gypsy moth and its natural enemies at different population densities in the oak forests of Eastern Austria

Gernot Hoch, Thomas Gschwantner, Axel Schopf

Institute of Forest Entomology, Forest Pathology, and Forest Protection, University of Agricultural Sciences Vienna, Hasenauerstraße 38, A-1190 Vienna, Austria

**Abstract:** Gypsy moth, *Lymantria dispar*, populations of different densities and their natural enemies were studied in three mixed oak forests in Burgenland, Austria, over a period of four years (1993 to 1996). Gypsy moth eggs, larvae, and pupae were collected stage specific and reared at the laboratory to assess parasitism and mortality caused by pathogens. Pupal predation was studied in 1998 by exposing *L. dispar* pupae on two sites in intervals of three days and determining their mortality due to small mammal and invertebrate predators. Mouse populations were studied by trappings.

Parasitoid complexes differed significantly between sites with elevated and sites with low gypsy moth population densities. Rates of parasitism were low during the outbreak. The tachinid *Parasetigena silvestris* was the dominant parasitoid at this site. This species might as well have contributed to the prevention of a predicted gypsy moth population increase at another site. Artificially augmented host populations at the latency site were highly parasitized, particularly by the braconid *Glyptapanteles liparidis*. Such artificial populations were always eradicated by natural enemies before pupation of *L. dispar* took place. After all gypsy moth populations had decreased to innocuous levels in 1994, there were no marked differences between mortality at the various sites. Total parasitism increased, and others parasitoids, like the ichneumonids *Phobocampe* spp., caused substantial mortality among gypsy moth larvae together with *G. liparidis* and *P. silvestris*. Nuclear polyhedrosis virus was the pathogen occurring with highest prevalence at all sites. It was an important mortality factor in the first year, especially in the gypsy moth outbreak population; it did not, however, reach epizootic levels. A high impact of small mammal predation upon exposed gypsy moth pupae was ascertained in our experiment in 1998. *Apodemus flavicollis* was the species captured most frequently at both study plots.

**Key words:** *Lymantria dispar*, parasitoids, predators, population dynamics

### Introduction

The gypsy moth, *Lymantria dispar* L. is one of the most important pests in oak forests in Austria where severe outbreaks occur every 10 to 20 years. During the last one, from 1992-1993, about 2 000 ha were defoliated, a total area of more than 3 000 ha was highly infested. Because most of the infested stands were of low economic value, no control measures were applied against the gypsy moth in Austria since the early 60ies. Therefore, a more or less undisturbed natural enemy complex may be expected at these sites. We started our study to evaluate the impact of this enemy complex on gypsy moth populations at various host densities in 1992, at the time when the last outbreak had just began. *L. dispar* abundance was monitored in several forests, and finally, three locations with different gypsy moth population densities were chosen as investigation sites.

## Material and methods

The three sites we selected for our study are small woodlots of similar vegetation type, with *Quercus cerris* and *Q. petraea* as dominant tree species. They are situated nearby each other, the maximum distance between the sites is not more than 3 km. However, the stands are surrounded by agricultural land and therefore more or less isolated. The forest of Klingenbach served as our "gradation site", here a gypsy moth outbreak took place in 1993. St. Margarethen was selected as "progradation site" with a predicted increase in gypsy moth population density at the beginning of the study. This site had to be abandoned in 1995 because of a clearcut by the forest owner. As "latency site" the forest of Siegendorf was selected, where *L. dispar* occurred at innocuous density level. In order to sample larvae for evaluation of parasitism, this population had to be augmented artificially by exposing gypsy moth eggs on a group of small oak trees every year. Host exposure had to be carried out at the gradation site in 1995 and 1996 as well, because *L. dispar* populations had totally collapsed.

Population density was estimated in accordance with the method of Turcek (1956) by counting egg masses on the stems of 200 trees per study plot to a height of 4 m. Ten egg masses per site were used to calculate the mean number of eggs per mass.

To investigate parasitism, *L. dispar* were collected on the study plots stage specific. For evaluation of egg parasitism at least 10 gypsy moth egg masses were collected at Klingenbach and St. Margarethen in the early spring and late summer of the years 1993 and 1994 (before egg hatch and after gypsy moth oviposition period, respectively). Egg masses were reared at the laboratory at room temperature for 6 months and checked for hatching gypsy moth larvae and emerging parasitoids. Larval parasitism was determined by collecting 100 *L. dispar* larvae of the young instars (1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup>), 100 of the intermediate instars (3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup>), and whenever possible 100 of the late instars (5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup>). Furthermore, a sample of 100 pupae was taken per site when possible - only at gradation and progradation site in 1993. All sampling dates were chosen so that the majority of the gypsy moth population was in the required stage. Collected larvae were reared at the laboratory in groups of 50 or 100 on oak foliage in cages in the first two years. In the last two years, larvae were individually reared on artificial diet (high wheat germ diet after Bell et al., 1981) in plastic cups. Larvae as well as pupae were controlled until death or adult emergence. They were checked daily for the emergence of parasitoids or death due to pathogens or unknown causes.

Observations at the outbreak site in 1993 suggested predation to be a source of substantial mortality of gypsy moth pupae. Therefore, a more detailed study was carried out in 1998 on the sites Klingenbach and Siegendorf, both with *L. dispar* populations at innocuous levels. At each site every three days, 600 pupae were exposed mounted on burlap bands which were fixed around boles at four different heights. After 3 days these pupae were collected again, the mortality was determined, and dead pupae were attributed to mortality agents. This procedure was repeated 11 times from the 3<sup>rd</sup> week of June to 3<sup>rd</sup> week of July, the time when pupation of gypsy moth would have taken place in the field. In addition, trappings were carried out on an adjacent plot to assess mice populations. Snap-traps baited with gypsy moth pupae were mounted on boles at 4 different heights for 8 nights during the pupal exposure period.

## Results

The dynamics of *L. dispar* population densities at the three sites is shown in figure 1. Gypsy moth populations culminated at all sites in 1993. At the outbreak site, Klingenbach, oaks were



defoliated in June 1993, other tree species (e.g. *Prunus avium*, *Populus tremula*) were not injured. From 1993 to 1994, the gypsy moth population declined markedly, both in number of egg masses per tree as well as in number of eggs per mass. *L. dispar* was expected to be in a release phase (i.e. progradation) at St. Margarethen in 1992 and 1993, because of the increase in egg mass density and because of the big size of the egg masses oviposited in 1992. But also at this site the population decreased from 1993 to 1994. At Siegendorf, our latency site, gypsy moth stayed at an innocuous level throughout the study, but reached its relative peak also in 1993.

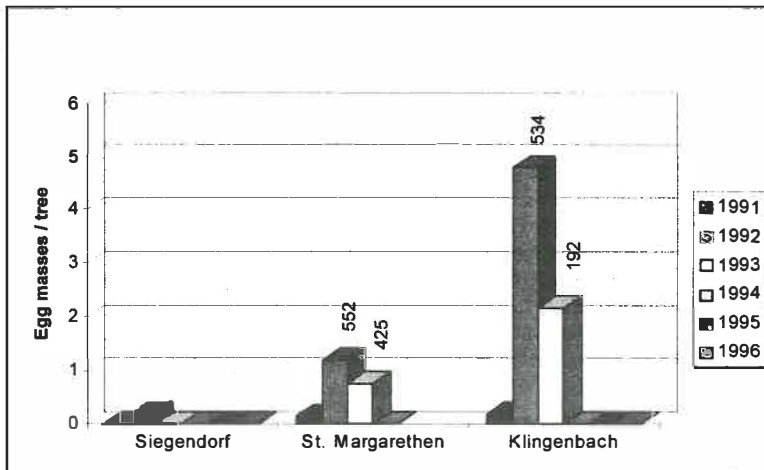


Figure 1: Dynamics of gypsy moth abundance. Mean number of egg masses per tree, the number above the columns indicates the mean number of eggs per egg mass. The year refers to the time of oviposition.

A period of warm and dry weather from April to mid June favored larval development of *L. dispar* larvae in 1993. Compared to the following years with cooler spring weather, the developmental time was much shorter.

Parasitoids were found to be a source of substantial mortality of gypsy moth larvae in eastern Austria. In total, from 2 296 larvae that were collected in the field throughout the 4 years, 41% were parasitized. Pupal parasitism (only evaluated in 1993) was significantly lower. Nineteen species of larval and pupal parasitoids could be recorded (tab. 1, fig. 2). No parasitoids of *L. dispar* eggs were recovered from egg masses collected at the outbreak and progradation sites, both in 1993 and 1994. Pathogen mortality of larvae was lower than parasitism, only 19.6% were killed by pathogens or unknown causes. Nuclear polyhedrosis virus was the most important pathogen, particularly in the first year of our study.

During the gypsy moth outbreak in 1993, total parasitism was low at Klingenbach compared to the other sites with lower host densities. Pathogen mortality was higher but did not reach epizootic levels – nuclear polyhedrosis virus killed about 15% of the larvae. The tachinid *Parasetigena silvestris* was the only important parasitoid species, emerging from 9% and 20% of larvae collected as intermediate and late instars, respectively. Parasitism increased significantly in 1994: the braconid *Glyptapanteles liparidis* parasitized 18% and *P. silvestris*

30% of larvae collected as L3 and L4. A further increase in parasitism was recorded in 1995: in addition to *G. liparidis* and *P. silvestris* the ichneumonid *Phobocampe* spp. became more important (more than 20% parasitism in young and intermediate instars). *G. liparidis* lost its dominant position among braconid species in 1996. The reduced impact of this species was compensated by *G. porthetriae* and *Cotesia melanoscela*, which caused 16% and 18% in larvae collected as young instars. *Phobocampe* spp. were again recovered frequently, parasitism by tachinid flies decreased.

Table 1. List of parasitoids recovered from gypsy moth larvae and pupae from 1993 to 1996

Hymenoptera	Diptera
Braconidae	Sarcophagidae
<i>Cotesia melanoscela</i> (Ratzeburg)	<i>Parasarcophaga uliginosa</i> (Kramer)
<i>Cotesia ocnariae</i> (Ivanov)	
<i>Glyptapanteles liparidis</i> (Bouché)	Tachinidae
<i>Glyptapanteles porthetriae</i> (Muesebeck)	<i>Blepharipa pratensis</i> (Meigen)
<i>Meteorus pulchricornis</i> (Wesmael)	<i>Compilura concinnata</i> (Meigen)
	<i>Parasetigena silvestris</i> (Rob.-Desv.)
Chalcididae	<i>Senometopia separata</i> (Rondani)
<i>Brachymeria intermedia</i> (Nees)	<i>Zenillia libatrix</i> (Panzer)
Ichneumonidae	Nematoda
<i>Hyposoter</i> sp.	
<i>Lymantrichneumon disparis</i> (Poda)	Mermithidae
<i>Pimpla hypochondriaca</i> (Ratzeburg)	
<i>Phobocampe lymantriae</i> Gupta	
<i>Phobocampe uncinata</i> (Gravenhorst)	
<i>Theronia atalantae</i> (Poda)	

At St. Margarethen, the site with an expected progradation, very high parasitism by tachinids was ascertained in 1993: *P. silvestris* parasitized 12% and 51% of larvae collected as intermediate or late instars, respectively. Also the larval-pupal parasitoid *Blepharipa pratensis* caused substantial mortality among pupae with a rate of 16%. *P. silvestris* remained the dominant parasitoid species in 1994 and parasitized 31% of gypsy moth collected as 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> instars, but the impact of braconid species increased.

Braconids showed a strong reaction to the local, artificial increase in host density at our host exposure site Siegendorf in 1993. *G. liparidis* was particularly remarkable: we recorded 47% parasitism in larvae collected as intermediate instars. Tachinids were recovered less frequently than at the other study plots. Braconids remained very important in 1994, however, *G. liparidis* lost its dominance: parasitism in 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> instars decreased significantly to 17% and other braconid species were recovered in higher numbers than in the first year. Also the ichneumonid *Phobocampe* spp. reached 11% parasitism in young larvae. A further slight increase in total parasitism was noted in 1995. *G. liparidis* parasitized more than 15% of young and intermediate larvae, *Phobocampe* spp. 25% of young larvae, and *P. silvestris* 23%

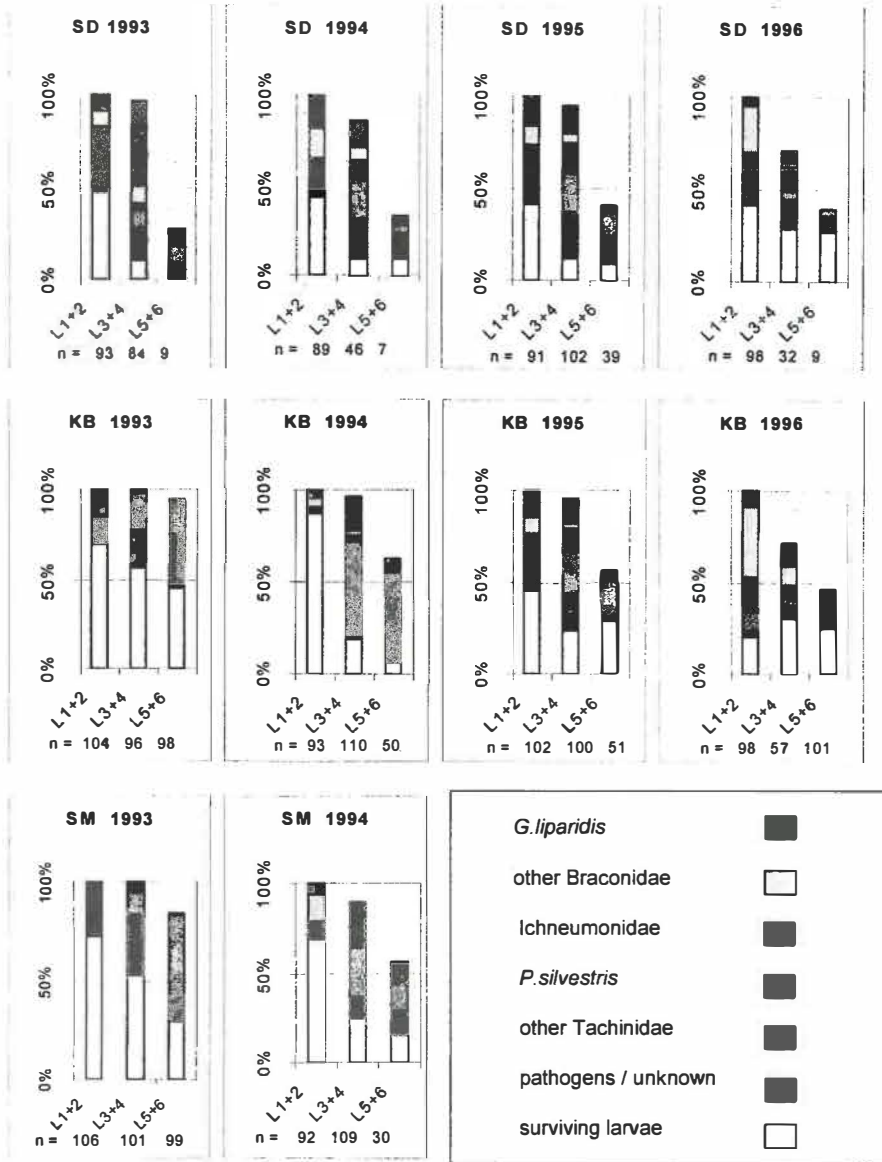


Figure 2: Stage specific mortality of gypsy moth larvae collected at the three study plots (SD = latency site Siegendorf, KB = gradation site Klingebach, SM = progradation site St. Margarethen) in the four years of the study. The number of larvae represented by each stage specific sample (L1+2 = larvae collected in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> instar, L3+4 = larvae collected as 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup>, L5+6 = larvae collected as 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup>) is corrected by the number of larvae that have been killed in the previous instars in the previous samples (e.g. column for L3+4 is reduced by the percentage that has been killed during 1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> instar in the L1+2 sample).

of intermediate and 39% of late instar *L. dispar* larvae. The gregarious braconid *Cotesia ocneriae* was found for the first time in Austria. The year 1996 brought a significant decrease in parasitism by *G. liparidis* – this important species never reached parasitism higher than 5%. However, this was substituted by a significant increase of parasitism by *C. melanoscela* to 21% in larvae collected as 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> instars.

Exposure of gypsy moth pupae in 1998 revealed high mortality due to predation. In total, 92% of the 6 600 pupae that were exposed at Klingenbach and 66% of the 6 600 pupae at Siegendorf were killed. Judging from remains of the killed pupae, the main part of these (about 50% of killed pupae on both sites) was killed by mice. *Calosoma* contributed to only 7% of total predation at Siegendorf and to less than 1% at Klingenbach. A large number of pupae (about 40% of killed pupae) was missing after the 3 days period, probably removed by predators. The dynamics of mortality of the exposed pupae is shown in figure 3. Predation increased steadily at Klingenbach and reached 100% from the 4<sup>th</sup> sampling period on. At Siegendorf, however, mortality stayed at a lower level. Three species of mice were caught in snap traps baited with gypsy moth pupae: *Apodemus flavicollis* (Rodentia, Muridae) was the species captured most frequently on both study plots. At Klingenbach some *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Cricetidae) were trapped. This species was not found at Siegendorf at all. *Apodemus silvaticus* was caught in low numbers at both sites. Ground vegetation at the two sites differs. The higher cover at Klingenbach corresponds with the higher mortality caused by small mammal predators as well as the higher trap catches of mice at this site.

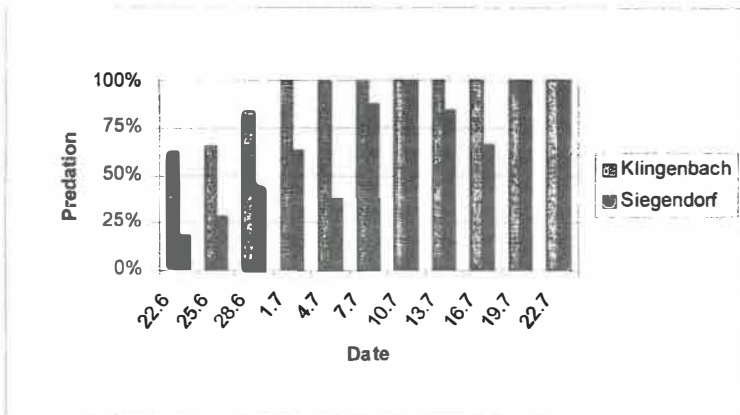


Figure 3: Mortality of exposed gypsy moth pupae (n = 600 per sampling date and site) caused by predators at the investigation sites Klingenbach and Siegendorf.

## Discussion

Significant differences in parasitism and pathogen mortality could be ascertained between host populations at different densities and between the years of our study. Total parasitism was significantly higher at the latency site with host exposure, than at the two other sites in 1993. This was mainly due to the gregarious braconid *G. liparidis* which reduced the artificially

augmented gypsy moth population within several weeks. We assume a spatial density dependent reaction of this wasp, as has also been reported by Liebhold and Elkinton (1989) for *C. melanoscela* and *P. silvestris*. In our study, *G. liparidis* was favored by a delayed development of gypsy moth from exposed eggs. Young instars which are preferred for oviposition were available for a longer period. A similar effect was caused by the cooler spring weather in 1994 compared to 1993, we ascertained higher parasitism by braconids and a change in their temporal pattern because of a longer availability of suitable hosts (Schopf and Hoch, 1997). The braconids found in our study are superior competitively to the tachinid *P. silvestris*, because development of the maggots in the host is arrested in the 1<sup>st</sup> instar until the end of the host's larval development (Maier, 1990). The larvae of *Glyptapanteles* grow without such arrest and develop within two to three weeks independent of the host instar. This corresponds with our observation of a high prevalence of the white, macrotype eggs of *P. silvestris* on *L. dispar* larvae at this site but low rates of emergence from sampled hosts. Artificial host populations had already collapsed at the time when the tachinid would have reached highest levels of parasitism.

In *L. dispar* populations at elevated density, the tachinids *P. silvestris* and *B. pratensis* were the dominant parasitoids. These species seem to exert their main effects during the first postculmination years (Sisojevic, 1977; Fuester et al., 1983; Maier & Bogenschütz, 1990), also in our study. However, the two tachinid species also caused very high parasitism at the progradation site, St. Margarethen, and particularly *P. silvestris* contributed to the prevention of a further increase of the *L. dispar* population. Its culmination took place before remarkable defoliation was caused by the caterpillars. Braconid prevalence was generally low in gypsy moth populations at elevated densities. For *G. liparidis* and *G. porthetriae* the requirement of an alternate host for hibernation could be one of the reasons for their relatively low abundance during host population increase. Pathogens, especially nuclear polyhedrosis virus, were an important source of mortality during the gypsy moth outbreak in 1993. The relatively high virus mortality among larvae from the latency site in this year could be due to the fact, that the exposed egg masses originated from outbreak populations in the field. Pathogen mortality was much lower at all sites in the following three years, being of significantly minor importance compared to the action of parasitoids.

The differences in their parasitoid complexes between the sites disappeared in 1995 and 1996 when artificial augmentation of host populations was carried out at all investigation sites.

It has to be emphasized that all parasitoids which we ascertained to be important are described as oligophagous species. Typical generalists, like the polyphagous tachinids *Compsilura concinnata* or *Exorista larvarum*, which were reported to cause high parasitism in gypsy moth populations (e.g. Barbosa et al., 1975; Sisojevic, 1977; Gould et al., 1990), were recovered only in low numbers in our study or not at all. These generalists seem to be inferior to the guild of more specialized, oligophagous parasitoids that attacked *L. dispar* in our area.

Predation was a source of substantial mortality in our artificially augmented gypsy moth pupal populations. Small mammals contributed most to this effective reduction of pupal abundance. Small mammal predation was also ascertained to be one of the main factors controlling *L. dispar* populations in North America, particularly at low density (Campbell et al., 1977; Elkinton et al., 1996). From the first results of our study we suggest that it is of similar importance in Central European gypsy moth populations.

## Acknowledgement

We thank Drs. M. Capek, J. Cepelak, J. Novotny, and J. Sedivy for determination of parasitoids and pathogens. This study was funded in part by the Austrian Ministry for Science and Transport (Grant GZ. 45.273/2-IV/6a/93).

## References

- Barbosa, P., Carpinera, J. L. & Harrington, E. A. 1975: The gypsy moth parasitoid complex in Western Massachusetts: A study of parasitoids in areas of high and low host density. *Environ. Entomol.* 4: 842-846.
- Bell, R. A., Owens, C. D., Shapiro, M. & Tardif, J. R. 1981: Development of mass rearing technology. In: *The Gypsy Moth: Research Toward Integrated Pest Management*, eds Doane and McManus. U.S. Dep. Agr. Tech. Bull. 1584: 599-633.
- Campbell, R. W. & Sloan, R. J. 1977: Natural regulation of innocuous gypsy moth populations. *Environ. Entomol.* 6: 315-322.
- Elkinton, J. S., Healy, W. H., Buonaccorsi, J. P., Boettner, G. H., Hazzard, A. M., Smith, H. R. & Liebhold, A. M. 1996: Interactions among gypsy moths, white-footed mice, and acorns. *Ecology* 77: 2332-2342.
- Fuester, R. W., Drea, J. J., Gruber, F., Hoyer, H. & Mercadier, G. 1983: Larval parasites and other natural enemies of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Burgenland, Austria, and Würzburg, Germany. *Environ. Entomol.* 12: 724-737.
- Gould, J. R., Elkinton, J. S. & Wallner, W. E. 1990: Density-dependent suppression of experimentally created gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), populations by natural enemies. *J. Anim. Ecol.* 59: 213-233.
- Liebhold, A. M. & Elkinton, J. S. 1989: Elevated parasitism in artificially augmented populations of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.* 18: 986-995.
- Maier, K. J. 1990: Beitrag zur Biologie primärer und sekundärer Parasitoide von *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae). *J. appl. Entomol.* 110: 167-182.
- Maier, K. J. & Bogenschütz, H. 1990: Massenwechsel von *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) und die Regulation durch Parasitoide während einer Gradation in Südwestdeutschland 1984-86. *Z. Pflkrh. Pflsch.* 97: 381-393.
- Ripper, W. 1932: Schwammspinnerbekämpfung 1931/32. *Centralbl. ges. Forstw.* 58: 187-188.
- Schopf, A. & Hoch, G. 1997: Zur Bionomie und Bedeutung von *Glyptapanteles liparidis* (Hym., Braconidae) als Regulator von *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) in Gebieten mit unterschiedlichen Populationsdichten. *J. appl. Entomol.* 121: 195-203.
- Sisojevic, P. 1977: Interactions in the host - parasite system, with special reference to the gypsy moth - tachinids (*Lymantria dispar* L. - Tachinidae). *Papers of the 6th Interbalcanic Plant Protection Conference*. Izmir, Turkey: 108-115.
- Turcek, J. F. 1956: Mniska velkohlava. SVPL, Bratislava: 57 p.

## Densité de population et taux de parasitisme de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) durant cinq années d'observations dans une forêt à *Quercus suber* L. de Sardaigne

Anna Cerboneschi

Stazione Sperimentale del Sughero, via Limbara 9, 07029 Tempio Pausania (Sassari), Italie.

**Résumé:** On a suivi pendant cinq années l'évolution d'une population de *Lymantria dispar* présente dans une subéraie du Nord-Est de la Sardaigne afin d'obtenir des informations indispensables à la lutte contre le défoliateur. La densité de population a été évaluée par comptage des pontes sur 40 chênes-lièges (4 rangées de 10 arbres orientées selon les 4 points cardinaux). Chaque année, plusieurs échantillons des pontes ont été collectés pour déterminer la fécondité et la fertilité des femelles. L'incidence des différentes espèces de parasitoïdes a été établie à partir de l'élevage au laboratoire de chenilles et de chrysalides récoltées en forêt. Le poids frais moyen de chaque échantillon de chrysalides a été estimé. L'évolution de la densité de population du ravageur a été analysée en tenant compte des données obtenues sur le parasitisme et sur le poids frais des chrysalides.

**Mots clés :** *Lymantria dispar*, densité de population, poids frais, parasitoïdes, *Brachymeria intermedia*.

### Introduction

Un travail antérieur (Cerboneschi, 1995) sur la densité et la répartition de *Lymantria dispar* L. dans un territoire d'environ 30.000 ha de la Sardaigne Nord-Orientale, nommé « Alta Gallura » et renfermant 50% de subéraies, a permis de découvrir un foyer d'infestation probable du défoliateur. Afin d'acquérir des informations utiles pour la prévision des infestations et la mise en application de stratégies de lutte dans ce site, on a suivi pendant 5 ans (1994-1998) l'évolution de la population du ravageur en évaluant la densité de ses pontes, le poids des chrysalides et l'activité des parasitoïdes. Cette étude a été réalisée plus précisément au lieu-dit « Trinità » situé à 350 m d'altitude et exposé au sud-ouest, où pousse une futaie mixte de *Quercus suber* L. et *Quercus pubescens* Willd. d'âges différents. La forêt, où domine *Quercus suber*, est soumise à un pâturage périodique.

### Matériel et méthodes

Les comptages annuels de pontes ont été réalisés à la fin de l'été au début de l'automne, selon la méthode préconisée par Fraval et al. (1978): les pontes sont comptées sur 40 arbres disposés sur 4 rangées de 10 arbres orientées selon les 4 points cardinaux. Le nombre moyen d'oeufs par ponte et le taux de stérilité sont estimés sur des échantillons d'au moins 10 pontes récoltées au hasard.

Chaque année, de mi-mai à mi-juillet, on a procédé à la récolte hebdomadaire d'échantillons d'une centaine de larves et de chrysalides afin d'étudier leurs facteurs de mortalité. L'âge des individus de chaque échantillon de larves a été noté. Les insectes ont été mis en élevage en chambre climatisée (25°C, 55-60% HR, photopériode 16:8) et observés individuellement. Les chenilles ont été nourries de feuillage frais de chêne-liège. Pour chaque échantillon de chrysalides récolté en forêt, on a noté le nombre de mâles et de femelles et le poids frais de chaque individu.

En 1998, les observations sur le parasitisme ont concerné uniquement les chrysalides. Les parasitoïdes obtenus ont été identifiés d'après les caractères des adultes et des pupes (Marsh, 1979; Sabroski & Reardon, 1976; Simons et al., 1979).

## Résultats

### Densité de population

La densité du ravageur a subi des oscillations fortes au cours de la période d'étude (fig. 1). Entre les deux premières années d'étude, on a noté une augmentation soudaine et forte de l'effectif de pontes. Le nombre moyen de pontes par arbre est passé de 4,52 à 35,2 tandis que le nombre moyen d'oeufs par ponte est resté très élevé (800,6 en 1994 et 832,6 en 1995).

Cette augmentation de densité avait été prévue à partir des résultats d'une étude commencée en 1993 (Carboneschi, 1995). On a observé en suite l'effondrement de la population qui, en 1996, est réduite à un très petit nombre de pontes (0,95 par arbre) de petite taille. En 1997, le défoliateur a atteint de nouveau une densité élevée (7 pontes par arbre), supérieure à celle qui avait été estimée avant la pullulation. Les relevés de 1998 ont montré à nouveau une brusque et rapide régression des effectifs: 3 pontes seulement ont été trouvées sur les 40 arbres inspectés. Des adultes issus de chrysalides récoltées sur le terrain ont pondu au laboratoire: leur fécondité atteignait seulement 466,8 oeufs par ponte. Tout au long de l'étude, le pourcentage d'oeufs non fécondés est demeuré relativement stable et toujours inférieur à 2%.

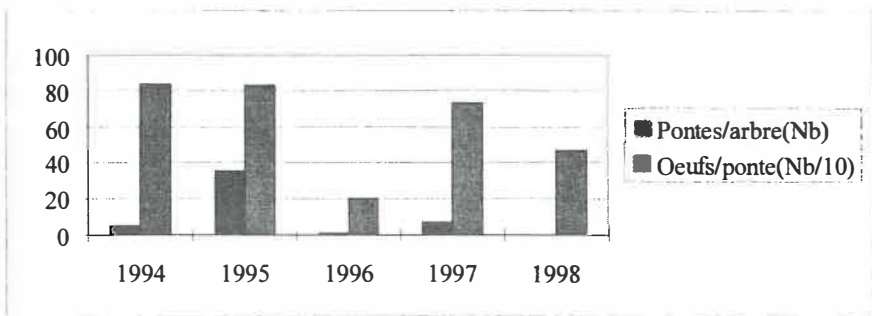


Figure 1. Densité de population de *Lymantria dispar* exprimée par l'effectif moyen de pontes par arbre et l'effectif moyen d'oeufs par ponte ("Trinità", 1994-1998).

### Poids frais moyen des chrysalides.

En 1994 et en 1995, le poids moyen des chrysalides femelles (tab. 1) était élevé (2,35 g et 2,23 g) de sorte que les pontes déposées étaient de grande taille. On en conclut que, même en 1995, l'insecte s'est développé avec des conditions d'alimentation optimales, malgré la remarquable augmentation de sa population mise en évidence par le nombre élevé de pontes déposées (35 par arbre). Cette année là, un petit nombre d'arbres du site ont subi une défoliation tardive et partielle. Ceci suggère que l'accroissement brusque et important de la population était probablement dû à l'immigration de chenilles âgées, proches de la chrysalidation, depuis des subéraies voisines défoliées.



Tableau 1. Poids frais moyen (en grammes) des chrysalides de *Lymantria dispar* recueillies en forêt au lieu-dit "Trinità" (1994-1998).

Années	Mâles		Femelles	
	Nb.	Poids moyen	Nb.	Poids moyen
1994	39	0.60 ± 0.09	241	2.35 ± 0.45
1995	40	0.54 ± 0.09	62	2.23 ± 0.28
1996	55	0.35 ± 0.10	45	0.86 ± 0.29
1997	42	0.61 ± 0.08	59	2.11 ± 0.46
1998	51	0.49 ± 0.10	59	1.37 ± 0.37

En 1996, le poids moyen des chrysalides a subi une forte diminution du fait de la pénurie de nourriture, déterminée par une défoliation totale précoce. Le poids moyen des chrysalides femelles est passé de 2,23 à 0,86 grammes, et le nombre moyen d'oeufs par ponte de 824,7 à 199,6.

En 1997, le poids frais moyen des chrysalides (2,11 g pour les femelles) et le nombre d'oeufs par ponte (725,9) ont bien augmenté. Toutefois, malgré l'absence complète de défoliation, qui a permis une bonne alimentation des chenilles, le poids moyen des chrysalides n'a pas rejoint les valeurs élevées estimées avant la défoliation totale. La génération parentale a probablement souffert de facteurs négatifs (sous-nutrition et pathogènes) qui ont influé sur la capacité de développement de la génération suivante. De plus, la réaction de la plante-hôte à la défoliation totale subie l'année précédente, a vraisemblablement induit des conditions trophiques partiellement défavorables au phytophage. Puisqu'en 1997 le nombre de pontes était très élevé, la densité des chenilles du ravageur en 1998 était suffisante pour déterminer une défoliation partielle. De ce fait, les chrysalides recueillies en 1998 avaient un poids plus faible (1,37g pour les femelles) et le nombre d'oeuf par ponte était plus réduit (466,8)

Sur la base des données recueillies sur la même population pendant cinq années d'observations (fig. 2), le nombre moyen d'oeufs par ponte apparaît significativement corrélé ( $r = 0,99$ ) au poids frais moyen des chrysalides femelles. Ceci confirme l'exactitude et la crédibilité de la méthode d'échantillonnage utilisée.

L'équation de la droite de corrélation linéaire a été calculée ( $y = 0,423x - 144,722$ ).

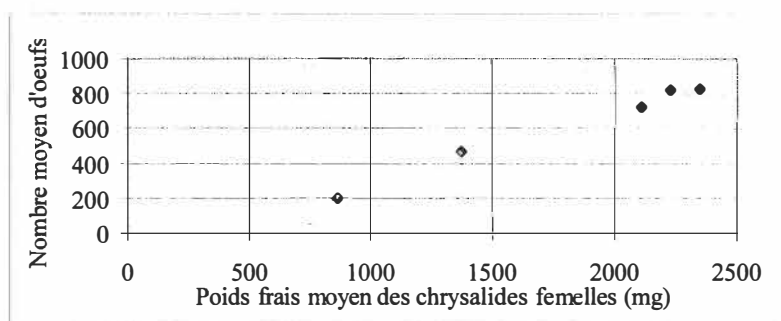


Figure 2. Rapport entre le poids frais moyen des chrysalides femelles et le nombre moyen d'oeufs par ponte ( $r = 0,99$ ;  $y = 0,423x - 144,722$ ).

Le nombre moyen d'oeufs par ponte d'une population de *L. dispar* peut donc être estimé rapidement si l'on connaît le poids moyen des chrysalides femelles, auquel il est directement proportionnel; on évite ainsi d'effectuer des mesures difficiles et laborieuses sur chaque ponte. Plusieurs chercheurs ont essayé de sélectionner des paramètres permettant d'estimer indirectement le nombre d'oeufs contenu dans une ponte, mais ces observations nécessitent toujours d'étudier individuellement chaque ponte (Fraval et al., 1978 ; Jones et al., 1990 ; Hérard, 1979; Bariselli et al., 1993).

### Parasitisme

Sur les jeunes larves (stades I-IV) la mortalité imputable aux parasitoïdes a été de 8% et 8,7% au cours des 2 années qui ont précédé la défoliation totale (fig. 3). L'année de la défoliation totale, seulement 0,96 % des individus observés ont été tués par des parasitoïdes. En 1996, à cause de la faible incidence des parasitoïdes et des autres facteurs antagonistes, la mortalité totale, de 2,17% seulement, a été considérablement inférieure aux valeurs estimées (environ 10%) lors des deux années précédentes.

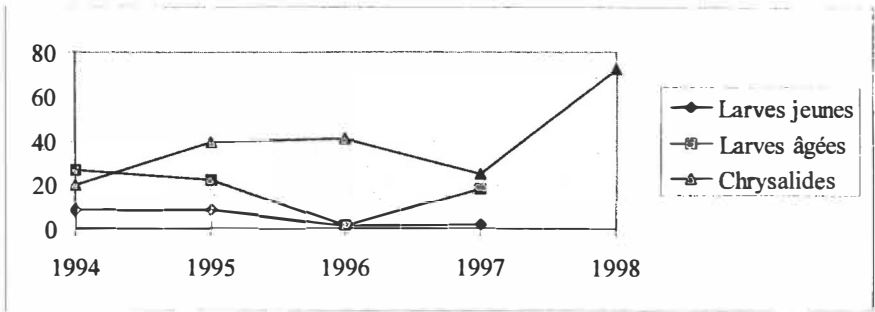


Figure 3. Taux globaux de mortalité due aux parasitoïdes sur larves jeunes (stades I-IV), les larves âgées (stades V-VI) et les chrysalides de *Lymantria dispar* (les écophases de l'insecte ont été déterminées au moment de la récolte en forêt).

L'année suivante, malgré une incidence encore faible des parasitoïdes (1,87%), la mortalité totale a été supérieure (8,29%). Parmi les parasitoïdes s'attaquant aux premiers stades larvaires, le plus important est *Glyptapanteles porthetriae* (Muesebeck) (Hym. Braconidae), bien que son incidence demeure modeste. Son impact a été maximum (7,77% et 6,82%) pendant les deux ans qui ont précédé la défoliation totale, il a été minimal (0,96%) en 1996 et encore faible (1,34%) l'année suivante. Les autres espèces s'attaquant aux jeunes chenilles ont toujours été rares; ce sont: *Cotesia melanoscela* (Ratzeburg) (= *solitarius* Ratz.), *Meteorus pulchricornis* (Wesmael) (Hym. Braconidae), *Phobocampe uncinata* (Grav.) (= *disparis* Viereck) (Hym. Ichneumonidae) et des Diptères encore indéterminés.

L'incidence des parasitoïdes des chenilles âgées (stades V et VI) a été plus élevée durant les années précédant la défoliation totale: 26,6% en 1994 et 22,2% en 1995 (fig. 3). Comme pour les jeunes stades, en 1996, année de la défoliation, le taux de parasitisme des chenilles âgées a été beaucoup plus faible (1,04%). La même année toutefois, la mortalité des larves de derniers stades a été très élevée. En effet, la mortalité (estimée) étant restée très faible jusqu'au stade IV, la population des chenilles s'est maintenue à une densité très élevée. La compétition de plus en plus

forte pour la nourriture a entraîné rapidement une défoliation totale, suivie d'une mortalité massive par famine des chenilles 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> stades qui se sont accumulées à la base des arbres. Parmi les larves âgées encore vivantes récoltées, 33% sont mortes pour une cause autre que le parasitisme. Certaines étaient affaiblies par le jeûne, d'autres ont été tuées par des pathogènes dont l'activité a été favorisée par la surpopulation et par l'humidité élevée consécutive aux abondantes pluies de mai et de juin. En 1996 les larves, nombreuses, de *Calosoma sycophanta* L. (Col. Carabidae) ont provoqué un fort taux de mortalité. Durant toutes les autres années d'observation, ce prédateur est demeuré rare. En 1997, l'incidence des parasitoïdes a augmenté, mais est toutefois restée inférieure (18,4%) aux valeurs estimées avant la pullulation.

En ce qui concerne les chrysalides, l'action totale des parasitoïdes est passée du 20,2% en 1994 à 39,1% en 1995 et à 40,8% en 1996. En 1997, les parasitoïdes ont tué 25,1% des chrysalides et en 1998, où ils étaient le seul facteur de mortalité des chrysalides, leur impact a été très élevé (72,2%) avec un maximum sur les femelles (environ 80%). Le faible pourcentage d'émergence des adultes femelles a entraîné la régression drastique de la population. Les parasitoïdes qui ont provoqué les plus forts taux de mortalité sont *Blepharipa pratensis* (Meig.) (Dip. Tachinidae) et *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym. Chalcididae).

Selon des études faites précédemment en Sardaigne (Luciano & Prota, 1981), *B. pratensis* est le plus important facteur de mortalité du ravageur au stade chrysalide. Ce diptère, oligophage, dépose ses oeufs microtypiques sur le feuillage dont se nourrit son hôte. Il attaque par conséquent son hôte lorsqu'il est au stade larvaire mais ne le quitte généralement que lorsqu'il a atteint le stade de chrysalide. Sur les échantillons de chrysalides récoltés en forêt, les taux de mortalité causés par ce Diptère ont variés au cours de cinq années d'observation (fig. 4). Son impact est toujours plus important sur les chrysalides femelles. L'année de la défoliation, l'attaque de *B. pratensis* a été très faible (8,9%) et nulle sur les chrysalides mâles; en 1998, elle a été maximale avec une incidence de 74,6% sur les femelles.

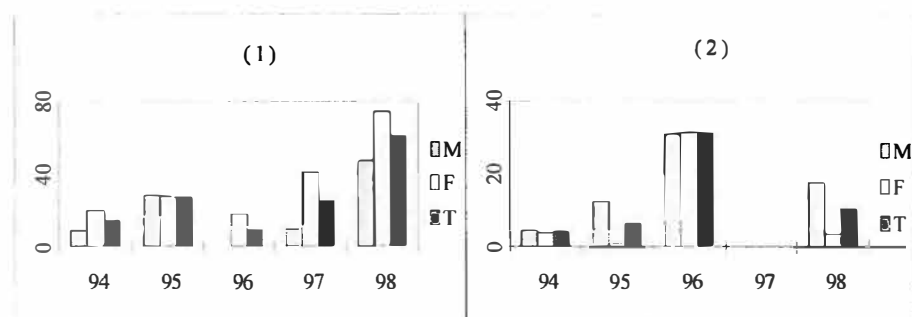


Figure 4. Taux de mortalité dus à *Blepharipa pratensis* (1) et à *Brachymeria intermedia* (2), estimés au lieu-dit "Trinità" (1994-1998) sur les chrysalides de *Lymantria dispar* (M: mâles; F: femelles; T: total)

*B. intermedia* attaque directement les chrysalides du Lépidoptère. L'action de ce parasitoïde a aussi présenté des variations (fig. 4). Elle a eu une incidence maximale (31%) l'année de la défoliation totale lorsque la densité de l'hôte était maximale. Le parasitoïde a émergé en proportions équivalentes des chrysalides mâles et des chrysalides femelles, à la différence des autres années où son incidence était toujours plus importante sur les chrysalides mâles. En 1996,

l'activité de *B. intermedia* a été particulièrement favorisée par la défoliation totale qui a permis une bonne luminosité et des températures élevées dans le peuplement. En outre, la pénurie de nourriture chez les larves âgées a limité sa compétition avec *B. pratensis*, dont l'incidence a été très faible. En 1997, où il n'y a pas eu de défoliation, aucune des chrysalides récoltées n'a été attaquée par *B. intermedia*. Sa disparition peut être attribuée à des facteurs du milieu défavorables. De plus, la génération précédente s'est développée sur des chrysalides de *L. dispar* de petite taille, ce qui, d'après Barbosa & Frongillo (1979), cause une altération de la sex-ratio en faveur des mâles avec des répercussions négatives sur la génération suivante. Enfin, on doit considérer que, malgré l'incidence élevée estimée au cours de l'année précédente, le nombre d'individus de *B. intermedia* qui s'est développé aux dépens du défoliateur a été modeste du fait de la pénurie de chrysalides. En effet, on a trouvé une corrélation significative entre le pourcentage de parasitisme causé par le chalcidien au cours d'une année donnée et le nombre de chrysalides de l'hôte de la génération précédente (Williams et al., 1993). En 1998, où a eu lieu une défoliation partielle, le chalcidien a eu un rôle répressif notable en particulier sur les chrysalides mâles (17,6%) malgré le fort impact de *B. pratensis*.

D'après les données recueillies durant 5 ans, l'incidence de *Brachymeria intermedia* apparaît négativement corrélée avec le poids frais moyen des chrysalides ( $r = -0,90$ ). Un poids élevé est l'expression d'une activité trophique intense et par conséquent d'une forte probabilité d'attaque par *B. pratensis*. *B. intermedia* serait pour cette raison plus compétitif sur des chrysalides de petite taille qui sont plus rarement attaquées par la tachinaire. Des études au laboratoire ont montré en effet que l'Hyménoptère ne se développe pas dans des chrysalides contenant déjà des larves de *B. pratensis* (Godwin & Odell, 1979). *B. intermedia* attaque de préférence les chrysalides mâles de l'hôte, qui ont toujours, en moyenne, un poids inférieur à celui des chrysalides femelles de la même population. Dans la nature, c'est pendant les périodes de pullulation du ravageur que l'on observe les pourcentages les plus élevés de chrysalides de petite taille. Nos observations nous ont permis en outre de constater qu'en période de pullulation, le chalcidien s'attaque à un plus grand pourcentage de chrysalides femelles car la différence de poids moyen entre les chrysalides des deux sexes diminue considérablement.

Les autres parasitoïdes de chrysalides, *Parasetigena silvestris* (Robineau-Desvoidy) et *Exorista larvarum* L. (Dip. Tachinidae), des Diptères Sarcophagides et *Theronia atalantae* (Poda) (Hym. Ichneumonidae) ont eu un impact moins important.

*P. silvestris*, durant la première année d'observation, a émergé uniquement des larves âgées avec une incidence de 0,73%. L'année suivante, l'augmentation de densité de l'hôte a entraîné un impact plus fort de la tachinaire qui a atteint 6,28% sur les larves âgées et 1% sur les chrysalides. Le parasitoïde n'a pas été récolté l'année où les populations de *L. dispar* ont culminé. Toutefois, l'année suivante, il a eu un fort impact sur les larves âgées (10%), mais n'a pas émergé des chrysalides recueillies en forêt. Ces observations concordent avec les données de la littérature selon lesquelles *P. silvestris* provoque les plus forts taux de parasitisme en phase de culmination de la gradation de l'hôte (Sisojevic, 1975). En 1998 on n'a pas récolté de chenilles, mais le parasitoïde a émergé d'une des 110 chrysalides récoltées.

*E. larvarum* a montré une réduction progressive de son impact au cours des 5 années d'observation. Il a émergé de 2,66% des individus récoltés au stade de chenille âgée la première année, de 2,27 et 2,59% respectivement des larves âgées et des chrysalides recueillies en forêt l'année suivante. Son impact a été de 0,35% l'année de la défoliation totale et nul les années suivantes. Les données recueillies concordent au moins en partie avec les résultats d'études antérieures réalisées en Sardaigne, selon lesquelles *E. larvarum* est plus efficace sur des populations de *L. dispar* de faible densité (Luciano & Prota, 1981).

Les Diptères Sarcophagides, qui attaquent surtout des chrysalides déjà endommagées par des parasitoïdes primaires, ont eu une incidence plus élevée en 1994 (3,44%, seulement sur des femelles) et en 1995 (2,59%, avec un plus fort pourcentage sur les femelles). On ne les a pas observés pendant les deux années suivantes, tandis qu'en 1998 on a enregistré une faible incidence (0,91%) uniquement sur des chrysalides femelles. En 1995 seulement, des Sarcophagides ont émergé de deux chenilles âgées.

*Theronia atalantae* n'a émergé que d'une chrysalide mâle en 1996.

## Discussion

Les fluctuations irrégulières de la densité du ravageur constatées au cours de cette étude sont probablement dues au fait que les observations ont été menées dans une zone entourée d'autres subéraies, qui ont subi des défoliations décalées par rapport au peuplement étudié. Toutefois ce contexte particulier nous a permis de faire des observations sur le défoliateur et sur ses parasitoïdes dans des situations très différentes.

L'étude des parasitoïdes a montré que leur efficacité pour contrôler la population du ravageur varie d'une année à l'autre, et qu'elle n'augmente pas dans l'ensemble avec la densité de l'hôte. La baisse du taux de parasitisme, en particulier sur les chenilles, l'année de la pullulation de *L. dispar*, révèle que les parasitoïdes étaient en nombre insuffisant pour provoquer les niveaux de mortalité observés les années précédentes. L'augmentation soudaine de la densité de l'hôte dû à une immigration massive de chenilles depuis des zones voisines très infestées, a probablement bouleversé l'équilibre dynamique qui existait entre l'hôte et les auxiliaires dans ce site. Toutefois, à de fortes densités, l'action réelle des parasites est en partie masquée par l'activité des pathogènes. Durant la dernière année d'étude, au contraire, l'activité des parasitoïdes, en particulier sur les chrysalides, a eu un rôle déterminant sur l'effondrement de la population dans le site d'étude.

Nos observations nous ont fait prendre conscience de l'importance et de la difficulté à évaluer avec précision les événements qui conditionnent une population. Il est nécessaire d'en tenir compte pour éviter des interventions de lutte lorsque les conditions d'un contrôle efficace par les ennemis naturels existent. Ce travail a été l'occasion de contribuer à une meilleure connaissance du comportement des parasitoïdes de *L. dispar* dans les subéraies et des facteurs qui influent sur leur activité. Les parasitoïdes sont aussi importants comme vecteurs de micro-organismes entomopathogènes, en particulier des virus. Les données acquises peuvent être utiles pour évaluer les conditions favorables à l'activité des espèces autochtones qui peuvent être employées dans des programmes de lutte biologique et intégrée faisant intervenir des *Ich*Ès de parasitoïdes. Des progrès récents et importants ont été fait dans l'amélioration des techniques d'élevage in vitro de parasitoïdes, notamment de *B. intermedia* (Dindo et al., 1997), en vue de leur production de masse pour la lutte biologique.

Ce travail a montré l'intérêt de l'estimation du poids frais moyen des chrysalides. Ce paramètre, bien souvent négligé, doit être considéré comme particulièrement important, car il fournit une bonne indication de la qualité et la quantité de nourriture disponibles pour les larves, qui influencent l'activité et le développement des parasitoïdes. En outre, le poids moyen des chrysalides femelles est directement corrélé à la fécondité, paramètre nécessaire pour évaluer le risque de défoliation et pour les études sur la dynamique des populations du défoliateur.

## Références

Barbosa, P. & Frongillo, E.A. Jr 1979: Host parasitoid interactions affecting reproduction and oviposition by *Brachymeria intermedia* (Hym. Chalcididae). Entomophaga 24: 139-144.

- Bariselli, M., Nanni, C. & Boselli, M. 1993: *Lymantria dispar* L. egg laying on broad-leaved trees in some Apennine areas near Bologna: preliminary results. Recent Advances in Studies on Oak Decline, Selva di Fasano (Brindisi), Italy-September 13-18, 1992: 457-459.
- Cerboneschi, A. 1995: Densité de population de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae) dans les subéraies de la Haute Gallura (Sardaigne) pendant deux années d'observation. IOBC Wprs Bull. 18: 66-73.
- Dindo, M.L., Sama, C., Fanti, P. & Farneti, R. 1997: In vitro rearing of the pupal parasitoid *Brachymeria intermedia* [Hym.: Chalcididae] on artificial diets with and without host components. Entomophaga 42: 445-453.
- Fraval, A., Hérard, F. & Jarry, M. 1978: Méthodes d'échantillonnage des populations de pontes de *L. dispar* en Mamora (Maroc). Ann. Zool. Ecol. anim. 10: 267-279.
- Godwin, P.A., Odell, T.M. 1979: A laboratory study of the interaction of two parasites of *Lymantria dispar* [Lep.: Lymantriidae]: *Blacus ruficornis* [Dipt.: Tachinidae] and *Brachymeria intermedia* [Hym.: Chalcididae]. Entomophaga 24: 185-190.
- Hérard, F. 1979: Action des ennemis naturels de *Lymantria dispar* L. [Lep.: Lymantriidae] en forêt de Mamora (Maroc). Entomophaga 24: 163-176.
- Jones, C.G., Steininger, M.K., Luciano, P., Moore, K.E.B: 1990: Estimating Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Fecundity in the Field: Comparisons of data from North America and Sardinia, Italy. Environ. Entomol. 19:108-110.
- Luciano, P. & Protà, R., 1981: La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. II. Osservazioni sul parassitismo nel corso della gradazione. Mem. Soc. Entomol. Ital. 60: 227-234.
- Marsh, P.M. 1979: The Braconid (Hymenoptera) parasites of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Ann. entomol. Soc. Am. 72: 794-810.
- Sabrosky, C.W. & Reardon, R.C., 1976: Tachinid parasites of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, with keys to adults and puparia. Misc. Pub. entomol. Soc. Am. 10: 126 pp.
- Simons, E.E., Reardon, R.C. & Ticehurst, M., 1979: Selected parasites and hyperparasites of the gypsy moth, with keys to adults and immatures. USDA, Agric. Handbook, 540: 59 pp.
- Sisojevic, P. 1975: Dinamika populacije tahina gubara u toku gubareve gradacije. Zast. Bilja 132: 97-170.
- Williams, D.W., Fuester, R.W., Metterhouse, W.W., Balaam, R.J., Bullock, R.H., Chianese, R.J., & Reardon, R.C. 1993: Incidence and ecological relationships of pupal parasitism by *Brachymeria intermedia* in New Jersey populations of the gypsy moth. Entomophaga 38: 257-266.

**Population density and parasitism rate of *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae) during a five-years survey in a Sardinian cork-oak forest**

**Abstract:** A five-year survey was carried out in a cork-oak forest of north-east Sardinia, to estimate the evolution trend of the *Lymantria dispar* population and to provide useful information about its control. The population density was evaluated by counting the egg-masses on a group of 40 cork-oak trees (4 radial lines of 10 trees, and each line directed toward one of the cardinal points). Each year, several egg-masses were collected to determine the fecundity and the fertility of the moth. A study was also conducted in the laboratory with regard to the parasitism rate on larvae and pupae. The average weight of fresh pupae was also calculated for each sample. The incidence of the parasitoid species recovered from insects collected in the field and reared in laboratory was assessed. The data concerning egg-mass density were compared and they were examined in relation to the results of the survey carried out on the parasitism and to the fresh weight of pupae.

**Key words :** *Lymantria dispar*, population density, fresh weight, parasitoids, *Brachymeria intermedia*

## In vitro rearing of *Exorista larvarum* (L.) and *Brachymeria intermedia* (Nees), parasitoids of cork oak defoliators

Rosa Farneti, Maria Luisa Dindo

Istituto di Entomologia "Guido Grandi" dell'Università di Bologna, Via Filippo Re n.6, 40126 - Bologna, Italia.

**Abstract:** The cost for both parasitoid and host rearing tends to limit the mass production of insect parasitoids for biocontrol programmes. Rearing the insect parasitoids on artificial diets is one way of reducing the technical problems and cutting back on labour costs so as to make large-scale biocontrol programmes viable. *Exorista larvarum* (L.) (Diptera: Tachinidae) and *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae) parasitize many Lepidoptera. In cork-forests they are important antagonists of *Lymantria dispar* (L.), *Malacosoma neustria* (L.) and *Tortrix viridana* L. In recent years *E. larvarum* and *B. intermedia* have been reared on artificial diets with good results. The paper briefly reviews the most important results so far obtained in the artificial rearing of the two parasitoids. For *B. intermedia*, the results reported are those obtained subsequent to the review made by Dindo in 1995. For both parasitoids, development from egg to adult was achieved on diets with and without host components. Good adult yields were reported, in some cases similar to those observed in vivo on the factitious host *Galleria mellonella* L. The addition of yeast extract, egg yolk and wheat germ to diets based on different ingredients (i.e. skimmed milk, commercial veal homogenate, bovine serum and tissue culture media) permitted the total elimination of host components. Regardless of the media, the adults obtained were all viable and fecund. Further research is required to better assess other biological characteristics of in vitro reared parasitoids, such as their fecundity and the effectiveness in the field. The results however demonstrate that both *E. larvarum* and *B. intermedia* are promising parasitoids for in vitro mass rearing.

**Key words:** *Brachymeria intermedia* (Nees), *Exorista larvarum* (L.), parasitoids, in vitro rearing, artificial diets.

### Introduction

*Exorista larvarum* (L.) (Diptera: Tachinidae) and *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae) are polyphagous parasitoids known to attack many species of Lepidoptera. In cork oak forests in Sardinia both parasitoids are very important as natural antagonists of *Lymantria dispar* (L.) (Luciano & Prota, 1984), *Malacosoma neustria* (L.) (Delrio et al., 1983) and *Tortrix viridana* L. (Delrio et al., 1988).

Parasitoid mass release in large-scale IPM programmes is, at present, very expensive as rearing of the beneficial insects is normally conducted on their natural or factitious hosts, a major factor in increasing the costs associated with parasitoid production. Labour costs could be drastically reduced and the viability of inundative and inoculative biocontrol strategies improved by conducting entomophage mass rearing on artificial diets (Mellini, 1975; Greany et al., 1984; Nettles, 1990; Thompson, 1986, 1999; Grenier et al., 1994).

To date, about 40 species of parasitoids have been reared to the adult stage on artificial diets and some of these, such as *Trichogramma* spp. and *Catolaccus grandis* (Burks), have been used in field trials with some success (Liu et al., 1995; Morales-Ramos et al., 1996).

Although *in vitro* rearing techniques cannot yet compete economically with conventional rearing, considerable progress has been made in reducing costs (Grenier et al., 1994; Grenier, 1997).

In this paper, the most important results achieved with the *in vitro* rearing of *E. larvarum* and *B. intermedia* are briefly reviewed. The tachinid *E. larvarum* is a gregarious larval endoparasitoid of many Lepidoptera (and of two species of Hymenoptera) and is well distributed throughout Europe, Northern Africa and several Asian regions (Herting, 1960). Its biology was studied by Hafez (1953) in the noctuid host *Prodenia litura* F. To date it has never been used as a biological control agent, except in inoculative releases in the Northern United States (Sabrosky & Reardon, 1976).

The chalcidid *B. intermedia* is a solitary pupal endoparasitoid which attacks many lepidopterous species (Dowden, 1935). It is widespread in Southern Europe, Northern Africa and other Mediterranean regions (Dowden, 1935; Martelli & Arru, 1958). About 30 years ago the parasitoid was introduced in North America (Leonard, 1966) and used in biological control programmes (Grimble, 1976; Blumenthal et al., 1979).

In our laboratory, both parasitoids have been reared for several years on the factitious host *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Galleriidae).

## Methods and results

### *In vitro* rearing of *Exorista larvarum*

Subsequent studies were conducted for the purpose of progressively improving the diets and rearing techniques for the *in vitro* production of this parasitoid.

The first diet tested for *E. larvarum* contained 75% bovine serum, 20% extract of newly formed *G. mellonella* pupae (prepared as in Bratti, 1989) and 5% other additives (threalose, egg yolk and agar). The complete development of the parasitoid was achieved for the first time by Mellini et al. (1993a). The adult yield (calculated on the number of eggs placed on the diet) was about 36%, slightly lower than that observed on the factitious host *G. mellonella* (40-50%, according to Mellini & Campadelli, 1996a).

*G. mellonella* pupal extract was subsequently replaced by larval extract so as to simplify the preparation of the host material (Mellini & Campadelli, 1994). Larval extract is in fact easier to prepare as no cocoons need to be removed. In any case, both host-derived materials were valid for the *in vitro* development of *E. larvarum*. Further improvements were obtained by reducing the amount of bovine serum, which contains about 90% water and is rather poor in nutrients, from 75% to 70%, and adding 5% protein-rich ingredients, like yeast extract and soya meal. Marked increases in larval growth rate and puparium weight were observed (Mellini & Campadelli, 1994) following this replacement.

One of the major objectives in the research on parasitoid *in vitro* rearing is the total elimination of host-derived material, so as to do away with the need for host rearing in the entomophagous line cycle. Many attempts were therefore made to decrease the amount of host material in the media for *E. larvarum*. When the original bovine serum-based diet was set up with less than 20% host components, puparium yields and weights and adult emergence progressively dropped; when host material was totally replaced with an equal amount of bovine serum, the larvae did not reach the third stage (Mellini et al., 1993b). If, however, host material was reduced to 10% and the diet enriched with 10% powdered yeast extract, then the adult yields were seen to be higher than in the original diet (Mellini & Campadelli, 1994).

The development of *E. larvarum* from egg to adult on a bovine serum-based diet devoid of host components, was obtained for the first time when the larval homogenate was replaced



with a mixture of yeast extract and fresh chicken egg yolk. Both bovine serum, an expensive ingredient as it requires microfiltration, and host material were successfully eliminated in a medium containing sterile distilled water (78%), which was used as a diluent of the other nutrients, namely yeast extract (15%), fresh chicken egg yolk (5%) and trehalose (2%) (Mellini & Campadelli, 1995a). The use of skimmed milk instead of water gave good results and permitted to attain an adult yield of about 47% (Mellini & Campadelli, 1996b). The mean puparium weight was similar to that obtained in *G. mellonella*. It was also found that trehalose can be successfully replaced with an equal amount of the much cheaper saccharose (Mellini & Campadelli, 1995b).

Good results were also obtained by rearing *E. larvarum* on other kinds of substrates, showing that this parasitoid is highly adaptable to a variety of artificial diets. Tachinid development from egg to adult with adult yields ranging from 34% to 55% (Bratti & Coulibaly, 1995) was achieved on tissue culture media-based diets (TNM-FH, Schneider's) added to *G. mellonella* pupal extract, bovine serum and egg yolk. Complete *E. larvarum* development was obtained by Bratti et al. (1995) on diets devoid of insect components and based on tissue culture media integrated with egg yolk, bovine serum, yeast extract and wheat germ, with best adult yields of around 55-56% and puparium weights of about 62 mg. Five consecutive generations of the tachinid were then reared on this diet without any adverse effect.

*E. larvarum* was also reared on diets based on commercial meat homogenates for human babies, with or without host components (Dindo et al., unpublished data). On diets supplemented with *G. mellonella* pupal extract the adult yields were of about 41% and mean pupal weight was of about 50 mg. On host material-free diets, integrated with chicken egg yolk, yeast extract, with or without wheat germ and saccharose, the adult yields were lower but the mean pupal weight was higher than that obtained on the previous diet integrated with host material.

Other studies were aimed at improving the parasitoid rearing techniques. It was shown that the individual culture of the larvae in the expensive plastic multiwell plates can successfully be replaced by mass-rearing in Petri dishes; whereas the former can only be used once, the latter are not only more simple to use but can also be re-employed as they can be autoclaved (Mellini et al., 1993b). Moreover, as *E. larvarum* larvae behave gregariously, they can be mass-reared, even though it was seen that overcrowding can lead to an increase in the number of newly-hatched larvae escaping from the diet, so that it should be avoided (Mellini & Campadelli, 1996b; Mellini et al., 1997). Recent studies have shown that the optimum amount of a skimmed milk-based diet as the one developed by Mellini and Campadelli (1996b) is around 225-175 mg per larva.

#### ***In vitro* rearing of *Brachymeria intermedia***

This pupal parasitoid was first reared from egg to adult on a sub-natural diet made up of *G. mellonella* pupae homogenate (Dindo, 1990) and on media based on commercial meat homogenates for babies integrated with host-derived components (Dindo & Campadelli, 1992; Dindo, 1995). Bovine serum-based diets integrated with *G. mellonella* pupal extract, chicken egg yolk and trehalose, similar to those successfully employed for *E. larvarum* were indeed proven to be completely inadequate for *B. intermedia* (Dindo & Campadelli, 1992). On a diet based on meat homogenate alone the parasitoid failed to complete larval development, whereas, with the addition of 20% *G. mellonella* pupal extract, some pupae (Dindo & Campadelli, 1992) and adults (Dindo et al., 1994a, b) were obtained. Different kinds of meat homogenate were tested: the homogenates mainly differed in the type of meat employed (beef,

veal or chicken) and in nutrient content. Two kinds of homogenates were tested for each type of meat, namely one intended for babies at the beginning of weaning (a) and one for babies well on in weaning (b), with the nutrient content of the a-homogenates being higher than that of the b-ones. The best results were obtained on the veal-a diet, with adult yields of 27-35% (Dindo *et al.*, 1994a; Dindo *et al.*, 1997b). This homogenate was subsequently used as a basic ingredient in other media containing lower amounts of host material. On a diet based on meat homogenate, with only 10% *G. mellonella* pupal extract and devoid of other components, no pupae were obtained (Dindo *et al.*, 1994a). When, however, the same medium was integrated with chicken egg yolk and yeast extract *B. intermedia* developed from egg to adult with an adult yield of about 53%. On a veal homogenate-based diet, containing 10% *G. mellonella* pupal extract, 7% chicken egg yolk, 1.5% yeast extract and 1.5% wheat germ, adult yields were as high as 50% (Dindo *et al.*, 1997a).

With a view to simplifying and reducing the cost of the diet, it was found that the pupal extract may be replaced with an equal amount of extract of last-instar larvae without the adult yields being affected. Nevertheless, when the host extract is replaced with pupal or larval host homogenate adult yields dropped (Dindo *et al.*, 1997a). Dindo *et al.* (1997b) also demonstrated that *B. intermedia* can develop in vitro from egg to adult even in the absence of host material. A diet comprising veal homogenate, chicken egg yolk, yeast extract and wheat germ gave mean adult yields of up to 44% (Dindo *et al.*, 1997a).

Being a solitary parasitoid, *B. intermedia* has to be individually reared in plastic multiwell plates. When about ten eggs were placed on a substrate in a Petri dish, no larvae developed (Dindo *et al.*, unpublished data).

## Conclusions

The results obtained in the in vitro rearing of *B. intermedia* and *E. larvarum* strongly suggest the feasibility of parasitoid mass production on artificial diets in view of their use in biological control programmes.

The diets utilized by us for the in vitro rearing of both species are quite simple to prepare, made up, as they are, of only a few, easily available and relatively inexpensive ingredients. These ingredients were chosen from amongst those more commonly employed in the preparation of artificial diets for parasitoids (Bratti, 1990). The commercial meat homogenate was selected as a diet ingredient in view of the fact that carnivorous parasitoids need a protein rich diet (Grenier *et al.*, 1994) and the assumption that the basic qualitative nutritional needs of parasitic insects are similar to those of other animals (House, 1966; Thompson, 1981a).

Powdered yeast extract proved to be a very important diet component for both parasitoids, in particular in the absence of host-derived material, thanks to its high content in free aminoacids, a factor which has been proven to be crucial for the development of several parasitoid species, including *Trichogramma* sp. (Liu & Wu, 1982), *Eucelatoria bryani* Sabrosky (Nettles, 1986) and *Melittobia* sp. (Fanti *et al.*, unpublished data). According to Thompson (1981b), in fact, *B. intermedia* and *B. ovata* all require ten essential aminoacids for survival and growth. When, therefore, the yeast extract content in our diets was reduced from 5% to 2.5%, *B. intermedia* adult yields considerably dropped (Dindo *et al.*, unpublished data). Not surprisingly, then, the yeast product that was found to give the best results in the in vitro rearing of *E. larvarum*, was the one with the highest aminoacid content (Mellini & Campadelli, 1995b; Mellini *et al.*, 1996).

Egg yolk proved to be a very important component for the in vitro rearing of parasitoids, for its lipid (in particular cholesterol) content. Good results and increased puparium weights

were obtained for *E. larvarum* by the addition of this nutrient to the diets in doses up to 20% (Mellini & Campadelli, 1995a, b).

Host components, in the form of larval or pupal extracts or homogenates, are commonly added in the preparation of artificial diets for insect parasitoids. These ingredients were found to be essential for several parasitoid species, given their phago-stimulant function and, in particular, for the presence of "host factors" which are involved in the development of the entomophages (Nettles, 1990). The reduction or elimination of host derived material from the diets prepared by us, in order to potentially reduce mass-production costs, was possible only when egg yolk and yeast extract were added to the media. Owing to the high cost of the yeast extract, attempts were made to partially replace it with the cheaper wheat germ, which is also a protein and aminoacid-rich component. Adult yields were slightly lower in the wheat germ-integrated diets than in the germ-free ones, but in the case of in vitro mass production this inconvenience may be offset by the fact that the former diets are more economical than the latter (Dindo et al., unpublished data).

*E. larvarum* may be considered as one of the most promising parasitoids for in vitro mass production. There are several reasons for the particular suitability of this tachinid for in vitro rearing, among which non-synchronised development with the host, gregariousness and polyphagia are of great importance. Moreover, the very simple behaviour displayed by the parasitoid larvae both in the host and the artificial diet, where they remain in contact with atmospheric oxygen right from the onset of their development (Bratti et al., 1995; Mellini et al., 1996), also makes them particularly suitable for in vitro rearing.

*B. intermedia* behaviour in the host is also simple. Being a pupal parasitoid, it kills the host quickly (Dindo, 1990) and therefore does not exhibit a great dependence on host physiology. Thompson (1980) demonstrated that  $\beta$ -ecdysone added to a chemically defined diet does not stimulate development or pupation of *B. intermedia*. Further research is required for both parasitoids in order to precisely determine the actual role played by the various ingredients employed and the optimum amounts to be added to the diets for the purpose of increasing adult yields.

It should always be borne in mind that the ultimate goals of in vitro mass production is the continuous multi-generational mass rearing on artificial diets. This means identifying appropriate physical and/or chemical stimulants capable of inducing adult females to oviposit on or into an artificial substrate or artificial host so as to obtain continuous rearing (Thompson, 1999).

Size-wise *E. larvarum* and *B. intermedia* obtained in all the diets were comparable to those usually obtained in vivo. They normally mated and the females laid eggs in *G. mellonella* larvae/pupae producing a second generation within the host.

Notwithstanding, the rearing of a beneficial insect on an artificial diet may affect its behavioural and physiological characteristics. The quality of parasitoids thus reared - in terms of developmental time, survival rate, fecundity, host searching capacity, etc. - needs therefore to be kept constantly under control (Grenier et al., 1994).

Extensive research on the quality of *E. larvarum* and *B. intermedia* obtained in vitro is still lacking. So far, Dindo et al. (1995) have not yet observed any anatomical or histological differences in the reproductive system of *B. intermedia* females reared in vivo and on meat homogenate-based diets, the number of mature eggs also being similar.

Further research is therefore required in order to gain more information concerning the biological characteristics of in vitro reared parasitoids. In particular, the final quality control of the parasitoids produced on artificial diets requires testing of their real efficiency in field conditions.

## References

- Blumenthal, E.M., Fusco, R.S. & Reardon, R.C. 1979: Augmentative release of two established parasite species to suppress populations of gypsy moth. *J. econ. Entomol.* 72: 281-288.
- Bratti, A. 1989: Allevamento in vitro di *Pseudogonia rufifrons* Wied. in estratti di omogeneizzato di crisalidi di *Galleria mellonella* L. e su diete meridiche. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 44: 11-22.
- Bratti, A. 1990: Tecniche di allevamento in vitro per gli stadi larvali di insetti entomofagi parassiti. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 44: 169-220.
- Bratti, A. & Coulibaly, A.K. 1995: In vitro rearing of *Exorista larvarum* on tissue culture-based diets. *Entomol. exp. appl.* 74: 47-53.
- Bratti, A. & Monti, M. 1988: Allevamento in vitro per gli stadi larvali di insetti entomofagi parassiti. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 44: 169-220.
- Bratti, A., Campadelli, G. & Mariani M. 1995: In vitro rearing of *Exorista larvarum* (L.) on diet without insect components. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 49: 225-236.
- Delrio, G., Luciano, P. & Floris, I. 1988: I parassiti di *Tortrix viridana* L. in Sardegna. *Atti XIII Congr. Naz. It. Entomol., L'Aquila*: 407-414.
- Delrio, G., Luciano, P. & Prota, R. 1983: I parassiti di *Malacosoma neustria* L. in Sardegna. *Atti XIII Congr. Naz. It. Entomol., Sestriere-Torino*: 237-244.
- Dindo, M.L. 1990: Alcune osservazioni sulla biologia di *Brachymeria intermedia* (Nees) in vivo e in vitro. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 44: 221-232.
- Dindo, M.L. 1995: Possibilities of culturing *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym. Chalcididae), a solitary pupal gypsy moth parasitoid, on artificial diets. *IOBC/WPRS Bull.* 18: 95-99.
- Dindo, M.L. & Campadelli, G. 1992: Preliminary studies on the artificial culture of *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym. Chalcididae) on oligidic diets. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 46: 93-99.
- Dindo, M.L. Farneti R. & Gardenghi, G. 1997a: Artificial culture of the pupal parasitoid *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae) on oligidic diets. *Boln. Asoc. Esp. Entomol, Sup.* 21: 11-15.
- Dindo, M.L. Gardenghi, G. & Grasso, M. 1995: Notes on the anatomy and histology of the female reproductive system of *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae) reared in vivo and in vitro. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi", Univ. Bologna* 50: 5-13.
- Dindo, M.L., Sama, C., Fanti, P. & Farneti, R. 1997b: In vitro rearing of *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae) on artificial diets with and without host components. *Entomophaga* 42: 415-423.
- Dindo, M.L., Sama, C. & Farneti, R. 1994a: Allevamento in vitro di un endoparassitoide pupale, *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae). *Atti XVII Congr. Naz. Ital. Entomol., Udine, 13-18 giugno, 1994*: 639-641.
- Dindo, M.L., Sama, C. & Farneti, R., 1994b: Comparison of different commercial veal homogenates in artificial diets for *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae). *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 49: 15-19.
- Dowden, P.B. 1935: *Brachymeria intermedia* (Nees), a primary parasite, and *B. compsilure*, a secondary parasite, of the gypsy moth. *J. agr. Res.* 50: 495-523.

- Greany, P.D., Vinson, S.B. & Lewis, W.J. 1984: Insect parasitoids : finding new opportunities for biological control. *Biosciences* 34: 690-696.
- Grenier, S. 1997: State of art in artificial rearing of parasitoids insects, especially oophagous species. *Boln. Asoc. esp. Entomol.*, Sup. 21: 60-62.
- Grenier, S., Greany, P.D. & Cohen, A.C. 1994: Potential for mass release of insect parasitoids and predators through development of artificial culture techniques. In: "Pest Management in the Subtropics Biological Control - A Florida Perspective", eds Rosen, Bennett and Capinera, Intercept Ltd., Andover: 181-205.
- Grimble, D.G. 1976: Parasite release to suppress gypsy moth and reduce defoliation. N.Y. State Univ. Coll. Environ. Sci. Fov. Appl. For. Res. Inst. Rep. 32, 25 p.
- Hafez, M. 1953: Studies on *Tachina larvarum* L. (Diptera : Tachinidae). III. Biology and life-history. *Boll. Soc. Fouad Entomol.* 37: 305-335.
- Herting, B. 1960: Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen Dipt. Tachinidae. *Monogr. Z. Angew. Entomol.* 16: 188 p.
- House, H.L. 1966: The role of nutritional principles in biological control. *Can. Entomol.* 98: 1121-1134.
- Leonard, D.E. 1966: *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae) established in North America. *Entomol. News*, 77: 25-27.
- Liu, Z.C., Liu, J.F., Wang, C.X., Yang, W.H. & Li, D.S. 1995: Mechanized production of artificial egg for mass-rearing of parasitic wasps. In: *Trichogramma* and other egg parasitoids. Paris, Les Colloques de l'INRA 73:163-164.
- Liu, W.H. & Wu, Z. 1982: Recent results in rearing *Trichogramma* in vitro with artificial media devoid of insectan additives. *Acta Entomol. Sin.* 25: 160-163.
- Luciano, P. & Prota, R. 1984: Osservazioni su alcuni fattori che influenzano la dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. Est. Atti 4° Simposio Dinamica di Popolazioni, Parma 22-24 ottobre, 1981: 125-139.
- Martelli, M. & Arru, G.M. 1958: Ricerche preliminari sull'entomofauna della quercia da sughero (*Quercus suber* L.) in Sardegna. *Boll. Zool. Agr. Bachic.* II, 1: 1-49.
- Mellini, E. 1975: Possibilità di allevamento di insetti entomofagi parassiti su diete artificiali. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 32: 169-220.
- Mellini, E. & Campadelli, G. 1994: Qualitative improvements in the composition of oligidic diets for the parasitoid *Exorista larvarum* (L.). *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 49: 187-196.
- Mellini, E. & Campadelli, G. 1995a: Further simplifications in the composition of oligidic diets for the parasitoid *Exorista larvarum* (L.). *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 49: 211-223.
- Mellini, E. & Campadelli, G. 1995b: Formulas for "inexpensive" artificial diets for the parasitoid *Exorista larvarum* (L.). *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 50: 95-106.
- Mellini, E. & Campadelli, G. 1996a: A first overall comparison between the in vitro and in vivo production of the parasitoid *Exorista larvarum* (L.). *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 50: 183-199.
- Mellini, E. & Campadelli, G. 1996b: Latest results in the rearing of the parasitoid *Exorista larvarum* (L.) on oligidic diets. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 50: 143-153.
- Mellini, E., Campadelli, G. & Dindo, M.L. 1993a: Artificial culture of the parasitoid *Exorista larvarum* L. (Dipt. Tachinidae) on bovine serum-based diets. *Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna* 47: 223-231.

- Mellini, E., Campadelli, G. & Dindo, M.L. 1993b: Artificial culture of the parasitoid *Exorista larvarum* (L.) (Dipt. Tachinidae) on oligidic media : improvements of techniques. Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna 48: 1-10.
- Mellini, E., Campadelli, G. & Dindo, M.L. 1996. Actual possibilities of mass production of the parasitoid *Exorista larvarum* (L.) (Diptera: Tachinidae) on oligidic diets. Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna 50: 233-241.
- Mellini, E., Campadelli, G. & Gardenghi, G. 1997: Sulle tecniche di inoculazione del pabulum per l'allevamento "in vitro" del parassitoide *Exorista larvarum* (L.). Boll. Ist. Entomol. "G. Grandi" Univ. Bologna 51: 37-51.
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Coleman, R.J., Greenberg, S.M., Summy, K.R. & King, E.G. 1996: Comparison of in vivo versus in vitro reared *Catolaccus grandis* in the field. Proc. Beltwide Cotton Conf. 2: 1099-1104.
- Nettles, W.C. 1986: Effects of soy flour, bovine serum albumin, and three amino acid mixtures on growth and development of *Eucelatoria bryani* (Diptera: Tachinidae) reared on artificial diets. Environ. Entomol. 115: 1111-1115.
- Nettles, W.C. JR. 1990: In vitro rearing of Parasitoids: role of host factors in nutrition. Arch. Ins. Biochem. Physiol. 13: 167-175.
- Sabrosky, C.W. & Reardon, R.C. 1976. Tachinid parasites of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, with keys to adults and puparia. Misc. Publ. entomol. Soc. Am. 10: 1-126.
- Thompson, S.N. 1980: Artificial culture techniques for rearing larvae of the chalcidoid parasite *Brachymeria intermedia*. Entomol. exp. appl. 27: 133-143.
- Thompson, S.N. 1981a: The nutrition of parasitic Hymenoptera. In: Proc. 9<sup>th</sup> Intl. Congr. Plant. Prot.: 9396.
- Thompson, S.N. 1981b: Essential amino acid requirements of four species of parasitic Hymenoptera. Comp. Biochem. Physiol. 69: 173-174.
- Thompson, S. N. 1986: Nutrition and in vitro culture of insect parasitoids. Annu. Rev. Entomol. 31: 197-219.
- Thompson, S.N. 1999. Nutrition and culture of entomophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 44 : 561-92.

## Possibilités de lutte biologique contre les insectes ravageurs forestiers par des programmes de collaboration entre l'Europe et l'Afrique du Nord

Marc Kenis

CABI Bioscience Centre, Switzerland, 1 Rue des Grillons 2800 Delémont, Switzerland.

**Résumé:** L'Europe méridionale et l'Afrique du Nord ont en commun un certain nombre de ravageurs forestiers. Très peu d'études ont été faites sur leurs ennemis naturels (parasitoïdes, prédateurs, pathogènes) au Maghreb, à l'exception de ceux de la processionnaire du pin et du bombyx disparate. La comparaison du complexe des ennemis naturels du bombyx disparate en Europe méridionale et en Afrique du Nord montre que plusieurs composantes importantes de ce complexe en Europe font défaut en Afrique du Nord. Dès lors, l'introduction au Maghreb de certains de ces ennemis naturels pourrait être envisagée. En Europe, les ennemis naturels des principaux ravageurs sont mieux connus, mais les connaissances dans certains domaines sont encore insuffisantes, notamment en ce qui concerne les facteurs de mortalité en phase de latence. Les prédateurs, parasitoïdes et pathogènes des principaux ravageurs forestiers européens et nord-africains devraient être étudiés et comparés pour plusieurs raisons développées ci-dessous.

**Mots clés:** lutte biologique, ennemis naturels, ravageurs, parasitoïdes, *Lymantria dispar*.

### Introduction

Le dépérissement des chênes, particulièrement du chêne-liège, est un phénomène qu'on observe aussi bien au sud qu'au nord de la Méditerranée. Certains facteurs de ce dépérissement, tels que les insectes et pathogènes, sont relativement semblables dans tout le pourtour méditerranéen alors que d'autres, comme les facteurs anthropiques, sont plus spécifiques aux différentes régions. Le problème de base des chênaies nord-africaines est sans aucun doute la surexploitation humaine et animale (El Yousfi, 1995). Cependant, les insectes et pathogènes sont un facteur aggravant indéniable. Les parcelles affaiblies par les coupes excessives, le surpâturage, les écimages, les ébranchages etc., sont invariablement attaquées par les ravageurs qui achèvent les arbres. Les ravageurs ont également un rôle dans les problèmes de régénération rencontrés dans la plupart des chênaies nord africaines. Très peu d'études ont été faites sur leurs ennemis naturels (parasitoïdes, prédateurs, pathogènes) au Maghreb, à l'exception de ceux de la processionnaire du pin et du bombyx disparate.

La comparaison du complexe des ennemis naturels du bombyx disparate en Europe méridionale et en Afrique du Nord montre que plusieurs composantes importantes de ce complexe en Europe font défaut en Afrique du Nord. Dès lors, l'introduction au Maghreb de certains de ces ennemis naturels pourrait être envisagée. Dans ce but, il serait intéressant d'étudier et de comparer les complexes d'ennemis naturels des principaux ravageurs forestiers européens et nord-africains. Nous en développons les principales raisons dans cet article.

## Similitude des ravageurs forestiers en Europe et en Afrique du Nord

Le complexe des insectes ravageurs forestiers est très semblable au sud et au nord de la Méditerranée. Pour les ravageurs des chênes, on peut même dire que toutes les espèces importantes en Afrique du Nord sont présentes en Europe (Villemant & Fraval, 1991; El Hassani et al., 1994). Il existe par contre plusieurs ravageurs européens qu'on ne trouve pas en Afrique du Nord. Citons par exemple la processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea* (L.)) et les géométrides du chêne - *Operophtera brumata* (L.), *Erranis defoliaria* (Cl.), *Agriopis aurantiaria* (Hb.), etc. - on observe le même phénomène chez d'autres essences, comme le pin dont tous les ravageurs majeurs observés en Afrique du Nord sont également présents en Europe (El Hassani et al., 1994). Ce n'est que sur les essences plus typiquement nord-africaines comme le cèdre qu'on trouve des insectes ravageurs non-européens.

Cette similitude des complexes de ravageurs forestiers nous amène à poser plusieurs questions:

- (a) Quelle est l'origine des espèces se rencontrant sur les deux continents? Sont-elles présentes en Europe et en Afrique depuis longtemps ou leur distribution résulte-t-elle d'une introduction récente? Seuls quelques insectes ont une origine connue. On sait par exemple que le puceron du cèdre de l'Atlas, *Cedrobium laportei* Rem. a été introduit avec son hôte en Europe (Fabre & Rabasse, 1987). Le bombyx disparate, *Lymantria dispar* (L.), originaire d'Eurasie, a probablement été introduit assez récemment en Afrique du Nord, comme le montre le nombre beaucoup plus limité de parasitoïdes et pathogènes spécifiques présents au Maghreb (voir ci-dessous).
- (b) Les insectes présents sur les deux continents y souffrent-ils des mêmes facteurs de mortalité? En particulier, leur complexe d'ennemis naturels (parasitoïdes, prédateurs, pathogènes) est-il semblable?
- (c) Peut-on utiliser les mêmes stratégies de lutte en Europe et en Afrique du Nord? L'environnement socio-économique et l'impact anthropique étant très différents au nord et au sud, les stratégies globales de protection des forêts seront forcément différentes. Mais il y a probablement certains aspects de la lutte contre les ravageurs qui sont applicables sur les deux continents.
- (d) Peut-on envisager des programmes de lutte biologique par introduction d'ennemis naturels d'un continent sur un autre? Ce type de lutte biologique a été et est toujours largement utilisé avec succès de par le monde, entre autres contre les ravageurs forestiers, et il est curieux de constater que, malgré la similitude de faune entre l'Europe et l'Afrique du Nord, très peu de programmes d'introductions d'ennemis naturels aient été effectués.

Les deux exceptions notables sont l'introduction en France du parasitoïde braconide nord-africain *Pauesia cedrobii* Stary et Leclant pour contrôler le puceron du cèdre de l'Atlas, *C. laportei*, et l'introduction au Maroc du baculovirus du bombyx disparate, agent de la polyédrose nucléaire. L'introduction de *P. cedrobii* a fortement limité les infestations de son puceron-hôte en France. Par contre, le baculovirus ne s'est, semble-t-il, pas établi en Afrique du Nord (Fraval & Villemant, 1995). Un autre parasitoïde, l'encyrtide *Ooecyrthus kuvanae* (Howard), parasite des oeufs du bombyx disparate, a été introduit au Maroc depuis les USA et en Europe depuis l'Asie et s'est bien acclimaté sur les deux continents.



## Comparaisons des complexes d'ennemis naturels

Les réponses aux questions ci-dessus supposent une connaissance des ennemis responsables du contrôle naturel des ravageurs sur les deux continents. Or, cette connaissance est très limitée, particulièrement en Afrique du Nord. Il y a cependant deux exceptions notables, la processionnaire du pin, *Thaumethopoea pityocampa* Schiff., et le bombyx disparate, *L. dispar*, ces deux insectes ayant fait l'objet d'études sérieuses, particulièrement au Maroc. Le complexe d'ennemis naturels de la processionnaire apparaît très semblable des deux côtés de la Méditerranée (El Hassani et al., 1994; Herting, 1976).

Par contre, chez le bombyx disparate, on note d'importantes différences. En Afrique du Nord, les principaux ennemis sont les prédateurs-démanteleurs des oeufs, généralement des coléoptères polyphages alors que les parasitoïdes et pathogènes, plus spécifiques, apparaissent moins importants qu'en Europe (Doane & McManus, 1981; Villemant, 1989). Les pathogènes sont quasi inexistantes au Maghreb, alors qu'en Europe ils sont souvent responsables du déclin des pullulations. Le complexe de parasitoïdes attaquant *L. dispar* en Afrique du Nord est en outre moins fourni qu'en Europe. Toutes les espèces de parasitoïdes nord-africaines sont présentes en Europe, alors que plusieurs parasitoïdes européens sont, semble-t-il, absents au Maghreb (tab. 1). Parmi ces derniers, certains étant des facteurs de mortalité essentiels en Europe du sud, leur introduction au Maghreb pourrait être envisagée.

Mis à part leur impact dans la zone d'origine, les critères les plus souvent cités pour le choix d'un parasitoïde à introduire dans une nouvelle région sont (Cock, 1986; Waage, 1990):

- (a) une spécificité pour l'hôte cible;
- (b) une bonne synchronisation avec le cycle de son hôte;
- (c) une bonne capacité de recherche de l'hôte;
- (d) une bonne capacité de reproduction;
- (e) une bonne adaptation à un large éventail de conditions environnementales;
- (f) l'occupation d'une niche écologique vacante dans le complexe parasitaire de la région d'introduction.

Au moins deux parasitoïdes européens absents au Maghreb satisfont à la plupart de ces critères, les deux tachinaires *Blepharipa pratensis* (Meigen) et *Parasetigena silvestris* (Rob.-Desv.). Ces deux espèces sont des composantes essentielles du complexe parasitaire de *L. dispar* dans plusieurs régions d'Europe. *B. pratensis* est considéré comme le parasitoïde le plus important en Europe méditerranéenne (cf. Luciani & Prota, 1995). *P. silvestris* est particulièrement abondant en Europe centrale et de l'ouest (Kenis & Lopez Vaamonde, 1998), mais nous l'avons également observé en grand nombre lors d'une pullulation en France méditerranéenne (Kenis, non publié). Ces deux tachinaires ont un spectre d'hôtes très restreint, avec *L. dispar* comme hôte principal. Elles parasitent toutes deux les larves âgées, alors que la plupart des parasites présents au Maghreb attaquent les larves plus jeunes (pour leur biologie voir Doane & McManus, 1981)

Les ennemis naturels des principaux ravageurs forestiers sont mieux connus en Europe, mais ces connaissances comportent encore beaucoup de lacunes. On connaît par exemple très peu de choses sur les facteurs de mortalité des insectes ravageurs en phase de latence, alors que c'est précisément durant cette période que se préparent, ou non, les gradations. Pour reprendre l'exemple de *L. dispar*, bien que son complexe d'ennemis naturels ait fait l'objet de très nombreuses études depuis bientôt un siècle (Doane & McManus 1981), jusqu'à une période récente les connaissances se limitaient aux populations en phase de pullulation.

Depuis quelques années seulement, on a commencé à étudier les ennemis naturels présents en phase de latence, par exposition sur le terrain de différents stades de développement, en dehors des périodes et régions de pullulations (Mills & Nealis, 1992; Hoch et al., ce volume). Ces expositions ont parfois donné des résultats étonnants. Dans le nord-est de la France, le sud-ouest de l'Allemagne et le nord-ouest de la Suisse, on a observé que le principal parasitoïde collecté par cette méthode était invariablement la mouche tachinaire *Ceranthia samarensis* (Vill.), une espèce très peu observée lors des pullulations (Mills & Nealis, 1992; Kenis & López Vaamonde, 1998).

Tableau 1. Principaux parasitoïdes des œufs, chenilles et chrysalides de *Lymantria dispar* en Europe méridionale et au Maghreb (Doane & McManus, 1981; Villemant, 1989)

En Europe méridionale et au Maghreb	En Europe méridionale uniquement
<b>Oeufs</b>	
<i>Ooecyrtus kuvanae</i> (How.) (Encyrtidae)	<i>Anastatus japonicus</i> Ashm. (Eupelmidae)
<b>Chenilles</b>	
<i>Cotesia melanoscelus</i> Ratz. (Braconidae)	<i>Glyptapanteles liparidis</i> (Bouché) (Brac.)
<i>Glyptapanteles porthetriae</i> (Mues.) (Bracon.)	<i>Phobocampe</i> spp. (Ichneumonidae)
<i>Meteorus pulchricornis</i> (Wesm.) (Braconidae)	<i>Casinarina tenuiventris</i> (Grav.) (Ichneum.)
<i>Carcelia separata</i> (Rondani) (Tachinidae)	<i>Blepharipa pratensis</i> (Meigen) (Tachinidae)
<i>Compsiluraa concinnata</i> (Meigen) (Tachinidae)	<i>Blepharipa schineri</i> (Mesnil) (Tachinidae)
<i>Exorista</i> spp. (Tachinidae)	<i>Parasetigena silvestris</i> (Rob.-Desv.) (Tach.)
<i>Palxorista inconspicua</i> (Meigen) (Tachinidae)	
<b>Chrysalides</b>	
<i>Brachymeria intermedia</i> (Nees) (Chalcididae)	
<i>Pimpla hypochondriaca</i> (Retzius) (Ichneum.)	

## Conclusions

Il serait souhaitable de comparer les complexes d'ennemis naturels des principaux ravageurs forestiers présents en Europe et au Maghreb, pour les raisons suivantes:

- Ces études permettraient d'évaluer les possibilités de lutte biologique classique, par introduction d'ennemis naturels d'un continent à un autre.
- Elles permettraient également de définir d'autres stratégies de lutte biologique, par augmentation ou conservation des ennemis naturels locaux. En effet, dans un système de lutte intégrée, il est essentiel d'introduire la notion de conservation des facteurs naturels de contrôle, c'est à dire d'utiliser des méthodes de lutte favorisant, ou tout au moins ne défavorisant pas ces ennemis naturels. Cela passe bien sûr par une connaissance approfondie de ces insectes. La connaissance des pathogènes pourraient également servir

- au développement futur de nouveaux biopesticides.
- (c)Elles permettraient de définir l'origine ou du moins l'ancienneté plus ou moins grande de l'introduction de ces ravageurs, sachant qu'un complexe d'ennemis naturels réduit est révélateur d'une introduction récente.
- (d)Les parasitoïdes, prédateurs et pathogènes d'insectes sont des éléments essentiels de la biodiversité. Appartenant au troisième niveau trophique, ils sont directement influencés par des variations perçues au niveau des deux premiers niveaux (plante et phytophage) et sont donc de très bons bio-indicateurs. De plus, les parasitoïdes sont parmi les insectes les moins bien connus.
- (e)De telles études pourraient développer des compétences générales en lutte biologique et intégrée pouvant servir à d'autres applications, particulièrement dans le secteur agronomique.

## Références

- Cock, M.J.W. 1986: Requirements for biological control. *Biocontrol News and Information* 7: 7-16.
- Doane, C.C. & McManus, M.L. 1981: The Gypsy Moth: Research Towards Integrated Pest Management. USDA For. Serv. Techn. Bull. No. 1585, 757 p.
- El Hassani, A., Graf, P., Hamdaoui, M., Harrachi, K., Messaoudi, J., Mzibri, M. & Stiki, A. 1994: Ravageurs et Maladies des Forêts au Maroc. Royaume du Maroc, Ministère de l'Agriculture et de la mise en Valeur Agricole. 203 p.
- El Yousfi, M. 1995: Les contraintes exercées sur le chêne-liège au Maroc. Exemple de la Mamora. *IOBC wprs Bull.* 18: 43-49
- Fabre, J. P. & Rabasse, J. M. 1987: Introduction dans le sud-est de la France d'un parasite *Pauesia cedrobii* (Hym.: Aphididae) du puceron *Cedrobium laportei* (Hom.: Lachnidae) du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica*. *Entomophaga* 32: 127-141.
- Fraval, A. & Villemant, C. 1995: La lutte biologique contre le bombyx disparate *Porthetria dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) au Maroc. *IOBC wprs Bulletin* 18: 83-86.
- Herting, B. 1976: A Catalogue of Parasites and Predators of Terrestrial Arthropods. Section A, Host or Prey/Enemy, Volume VII, Lepidoptera, Part 2 (Macrolepidoptera). Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 221 p.
- Kenis, M. & Lopez Vaamonde, C. 1998: Classical biological control of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) in North America: prospects and new strategies. In: *Proceedings: Population dynamics, Impacts, and Integrated Management of Forest Defoliating Insects*, USDA For. Serv., Gen. Techn. Rep. NE-247, eds. McManus & Liebhold: 213-221
- Luciano, P. & Prota, P. 1995: Insect pests in Sardinian cork-oak forests. *IOBC wprs Bull.* 18: 1-7.
- Mills, N.J. & Nealis, V.G. 1992: European field collections and Canadian releases of *Ceranthia samarensis* (Dipt.: Tachinidae), a parasitoid of the gypsy moth. *Entomophaga* 37: 181-191.
- Villemant, C. 1989: Ennemis naturels et introduits des oeufs des pontes - Ennemis des chenilles et des chrysalides. In: *Lymantria dispar*, ed. Fraval, Actes Editions, Rabat: 93-143.
- Villemant, C. & Fraval, A. eds. 1991: La Faune du Chêne-Liège. Actes Editions, Rabat. 336 p.
- Waage, J.K. 1990: Ecological theory and the selection of biological control agents. In: *Issues in Biological Control*, eds Mackauer, Ehler & Roland, Intercept, Andover: 135-157.

### **Possibilities for classical biological control against forest pests through collaborative programs between Europe and North Africa**

**Abstract:** Southern Europe and North Africa share several insect pests. Very few studies have been made on their natural enemies (parasitoids, predators, pathogens) in North Africa, with the exception of those of the pine processionary moth and the gypsy moth. The comparison of the natural enemy complex of the gypsy moth in Southern Europe and North Africa shows that several species that play a major role in regulating populations in Europe are absent in North Africa. Therefore, the introduction of some of them in North Africa should be considered. In Europe, the natural enemies of the major forest pests are better known, but there are still many fields to investigate, such as the mortality factors in latency. The predators, parasitoids and pathogens of the main forest pests in Europe and North Africa should be studied and compared, for various reasons developed herein.

**Keys words:** Biological control, natural enemies, forest pests, parasitoids, *Lymantria dispar*.

## Biodiversité des Hyménoptères Ichneumonoidea de la chênaie verte du Fango (Haute-Corse)

Marie-Cécile Andreï-Ruiz, Claire Villemant\*

Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Entomologie, 45 rue Buffon. 75005 Paris, France. \*UPRES-A 8043 du CNRS.

**Résumé:** Une étude de la biodiversité des Ichneumonoidea (Hymenoptera) dans la chênaie verte de la réserve de Biosphère du Fango (Corse) a été réalisée au printemps 1994, à l'aide d'un dispositif comprenant 23 pièges à émergence et 64 pièges jaunes répartis dans les différentes strates (du sol au houppier des arbres) de 3 zones de végétation : chênaie dense, maquis bas et interface maquis-chênaie. Plus de 1 800 individus appartenant à 24 familles d'Hyménoptères parasitoïdes ont été capturés. Près d'un tiers sont des Ichneumonidae et des Braconidae représentant 120 espèces. La répartition des Ichneumonoidea, les variations de leur diversité et de leur richesse spécifique en fonction des types de pièges et de leur localisation, sont analysés en tenant compte des éléments connus de la biologie des parasitoïdes et de leur spectre d'hôtes.

**Mots-clés :** piège jaune, strates de végétation, *Quercus ilex*, Ichneumonoidea, Corse

### Introduction

La vallée du Fango, située dans le Nord-Ouest de la Corse, a été classée réserve de Biosphère en 1977 pour le caractère exceptionnel de sa forêt de chênes verts (*Quercus ilex* L.). Le bassin versant, d'une superficie de 234 000 ha, s'étend de la mer jusqu'à 2 547 m d'altitude. La vallée, qui présente tous les étages de végétation, est d'un point de vue floristique l'une des plus intéressantes de la Corse car on y rencontre toutes les étapes de la série évolutive du chêne vert (Conrad, 1979). La chênaie verte à fort recouvrement occupe une importante surface (238,4 hectares) sur un substrat rocheux de nature rhyolitique (Andreï-Ruiz, 1998).

Une étude de la biodiversité et de la microrépartition de l'entomofaune de la chênaie a été entreprise dans le cadre d'un programme Man And Biosphere (MAB) de l'UNESCO (Andreï-Ruiz, 1998). Nous présentons ici les résultats concernant les Ichneumonoidea. En Corse, les études faunistiques concernant ce taxon sont limitées aux inventaires de Aubert (1961, 1969) sur les Ichneumonidae et de Stary et al. (1975) sur les Braconidae Aphidiinae.

### Matériel et méthodes

La placette d'étude (0,5 ha), située vers 180 m d'altitude; englobe 3 zones de végétation: chênaie dense, maquis bas à cistes et ronces, et interface maquis-chênaie. Le dispositif de piégeage mis au point par Andreï-Ruiz (1996) comprend 87 pièges répartis en 24 microstations: 23 pièges à émergence (pièges E) et 64 pièges jaunes: 26 au sol (S), 26 à 1 m du sol (P), 6 à 3,5 m (T) et 6 fixés à 14 m dans le houppier des arbres (H). L'analyse a porté sur les relevés effectués du 28 mai au 11 juin 1994. Les données (effectif par piège de chaque famille d'Hyménoptères parasitoïdes et de chaque espèce d'Ichneumonides et de Braconides) ont fait l'objet de traitements statistiques informatiques: analyse factorielle des



Les Ichneumonoidea (527 spécimens) représentent 27% des captures dans les pièges en hauteur et 40% dans les pièges au sol de la chênaie et de l'interface. Parmi les 120 espèces capturées, 67 ne sont représentées que par un seul individu (tab. 1). Deux sous-familles dominent largement les captures: les Cryptinae (36% des individus et 23,3% des espèces) ont un large spectre d'hôtes tandis que les Alysiniinae (18,2% des individus et 12,5% des espèces) s'attaquent exclusivement aux pupes de Diptères (tab. 1).

Le peuplement des Ichneumonoidea de la station apparaît bien diversifié et relativement équilibré. Diversité et richesse spécifique sont maximales dans les strates basses et dans la strate haute de la chênaie et de l'interface. Les pièges en hauteur (H) des deux zones boisées et les pièges au sol (S) de la chênaie ont capturé en moyenne le plus grand nombre d'individus (14 par piège). Les fréquences de capture sont toujours plus faibles dans le maquis (3,5 en moyenne par piège contre 9 et 8 dans la chênaie et l'interface).

Tableau 2. Répartition des espèces d'Ichneumonoidea les plus fréquemment capturées

Nb: nombre de captures; E à H: abondance relative dans chaque type de piège, piège à émergence (E), piège jaune au sol (S), à 1m (P), 3,5 m (T) et 14 m (H) du sol; Ma: espèce capturée (x) dans le maquis.

Sous-familles	Espèces	Nb	E	S	P	T	H	Ma	Hôtes
	<i>Alysia lucia</i> Hal.	20	*	** *	*			x	Brachycères
Alysiniinae	<i>Dinotrema</i> sp.1	17		** *	*		*	x	Phoridae
	<i>Dinotrema</i> sp.2	13		** *	*				Phoridae
	<i>Orthostigma</i> sp.1	11		** *	*				Phoridae
Aphidiinae	<i>Tryoxys pallidus</i> (Hal.)	12	*	*	*	*	*		Aphididae
Cheloninae	<i>Phanerotoma atra</i> Snflk.	19	*	**	**	**		x	Lépidoptères
Euphorinae	<i>Leiophron fulvipes</i> Curt.	19		**	**	**		x	Psocoptères
	<i>L. pallidistigma</i> Curt.	32	*	*	*	*	** *		Psocoptères
Campopleginae	<i>Nemeritis caudatula</i> Ths.	10	*	**	*	*			Raphidiidae
	<i>Agrothereutes parvulus</i> Hab.	49	**	** *	*		*		Curculionidae & Tortricidae
	<i>Dichrogaster aestivalis</i> Grav.	10		** *	*	*			Chrysopidae
Cryptinae	<i>Gelis areator</i> (Panzer)	12		*	*	*	** *	x	Ichneumonoidea
	<i>Gelis</i> sp.1	17		** *	*			x	Araneidae?
	<i>Theroscopus dromicus</i> Grav.	62		** *	*	*		x	Araneidae

Les espèces qui s'attaquent aux Lépidoptères (22% des récoltes) dominent dans les pièges des zones boisées et surtout dans les pièges en hauteur. La même distribution est observée pour les parasitoïdes de Psocoptères (10% des captures). Comme leurs hôtes, les parasitoïdes de Diptères (22%) et de Coléoptères (14%) sont capturés principalement dans les pièges au sol de la chênaie (fig. 1). Seuls les Ichneumonidae qui s'attaquent aux araignées (13% des captures) sont plus fréquemment capturés dans le maquis que dans les zones boisées. Parmi les 14 espèces d'Ichneumonidae les plus abondantes, 7 n'ont pas été collectées dans le maquis et les autres, à l'exception de *Theroscopus dromicus*, sont toutes plus fréquentes dans les zones boisées que dans le maquis (tab. 2).

Parmi les Ichneumonidae, plus des 2/3 des individus capturés sont des parasitoïdes ou des hyperparasitoïdes d'insectes phytophages ou xylophages (larves de Lépidoptères et de Coléoptères surtout). L'une des espèces les plus abondantes, *Agrothereutes parvulus*, ennemi des insectes des glands (balanins et carpocapses) (Aubert, 1965), a été capturée surtout dans les strates basses des zones boisées. *Theroscopus dromicus*, parasite de cocons d'Araignées, domine dans les pièges au sol de la chênaie et du maquis. D'autres Cryptinae du genre *Gelis* sont aussi présents dans les trois zones. Parmi eux, *Gelis areator*, hyperparasite de Lépidoptères au large spectre d'hôtes, est le seul dont l'effectif moyen par piège est plus élevé dans la frondaison des arbres que dans les strates basses. La plupart des parasitoïdes de Neuroptères ont été capturés dans de la chênaie: *Nemeritis caudatula* s'attaque aux Rhabdidiidae (Horstmann, 1994) et *Dichrogaster aestivalis* aux Chrysopidae.

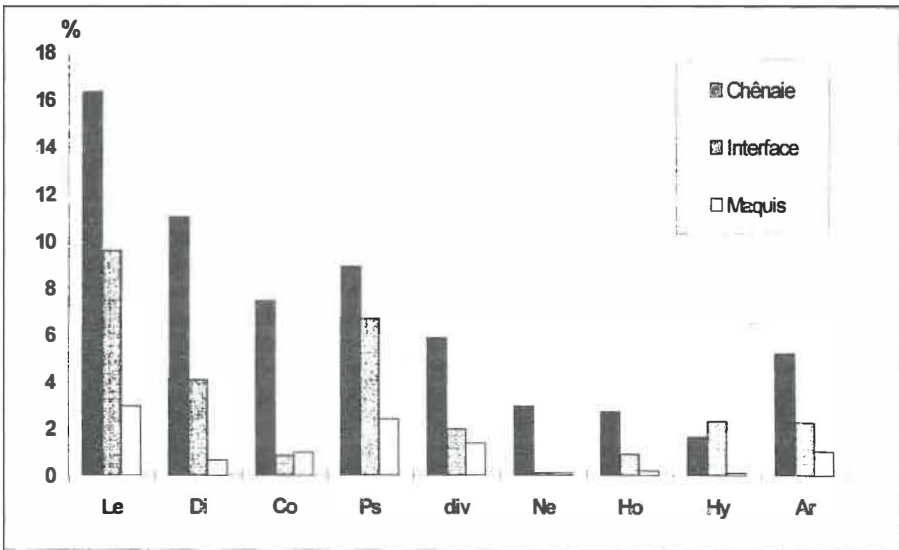


Figure 1. Fréquence relative (%) des captures d'Ichneumonidae en fonction de la zone de végétation et du type d'hôtes.

Lépidoptères (Le), Diptères (Di), Coléoptères (Co), Araignées (Ar) Psocoptères (Ps), Neuroptères (Ne), Hyménoptères (Hy), Homoptères (Ho)



Les Braconidae, très peu récoltés dans les pièges à émergence, sont abondants dans tous les pièges jaunes de la chênaie et de l'interface. Près de la moitié d'entre eux sont des Alysiinae Alysiini qui dominent dans les pièges au sol des zones boisées; ils s'attaquent pour la plupart aux pupes de Diptères Phoridae, très nombreux et diversifiés dans cette strate de la chênaie (Andreï-Ruiz, 1998). Les autres Braconidae sont surtout des parasites de larves de Lépidoptères ou de Coléoptères. Les plus fréquents sont des Cheloninae du genre *Phanerotoma* qui s'attaquent à des microlépidoptères; ils ont été capturés dans tous les types de pièges, sauf les pièges en hauteur (H). Parmi les Euphorinae, les deux espèces dominantes, parasitent des Psocoptères (Richards, 1967); *Leiophron fulvipes* Curtis, a été récolté dans les trois zones de végétation, mais jamais dans les pièges en hauteur des zones boisées où les captures de *L. pallidistigma* sont maximales (tab. 2).

## Discussion

Cette étude préliminaire, basée sur un nombre de captures insuffisant du fait du grand nombre d'espèces représentées par un unique individu, met cependant en évidence l'influence de la structure de la végétation sur la distribution horizontale et verticale des Hyménoptères parasitoïdes dans la chênaie verte. Du fait de leur grande diversité spécifique et de leur large spectre d'hôtes, ces Hyménoptères jouent un rôle fondamental dans le maintien de la diversité des peuplements d'insectes forestiers (Quicke, 1997). Des études approfondies s'avèrent indispensables pour mieux cerner l'impact, sur la biodiversité de ce groupe, de la fragmentation du milieu et des traitements phytosanitaires mis en oeuvre contre les ravageurs forestiers.

La mise en place de pièges dans le houppier des arbres a permis de mieux connaître la faune entomologique d'un milieu boisé. L'étude de l'entomofaune de la chênaie du Fanguo se poursuit depuis 1997 en combinant l'utilisation de pièges jaunes et de pièges Malaise. Compte tenu de la très grande diversité spécifique des Ichneumonoidea et du grand polymorphisme de bon nombre de leurs représentants, la récolte de nombreux spécimens est indispensable à l'identification de la plupart des espèces (Simbolotti & Villemant, 1999). Une meilleure connaissance du peuplement entomologique et de son évolution temporelle devrait permettre de mieux comprendre la microrépartition des Ichneumonoidea dans la chênaie en tenant compte de leur cycle saisonnier et de leur spectre d'hôtes.

## Remerciements

Une partie de cette étude a été financée par le comité MAB France et la DNP (Ministère de l'Environnement).

## Références

- Andreï-Ruiz, M.-C. 1996: Système permettant d'échantillonner le houppier des grands arbres. *L'Entomologiste* 52: 153 - 155.
- Andreï-Ruiz, M.-C. 1998: Stratification verticale et diversité des peuplements d'insectes des végétations sclérophylles méditerranéennes. Réserve de la biosphère du Fanguo. Thèse de Doctorat, Université de Corse. 2 Vol., 158 & 106 p.
- Aubert, J.F. 1961: Les Ichneumonides de Corse (Hym.). *Ann. Soc. entomol. Fr.* 130: 159-187.
- Aubert, J.F. 1965: Les Ichneumonides du rivage méditerranéen français (8<sup>e</sup> série, région côtière entre la Ciotat et Saint-Tropez). *Vie et Milieu* 16: 549-573.

- Aubert, J.F., 1969. Deuxième travail sur les Ichneumonides de Corse (Hymenoptera). Veröff. Zool. Staatssamml. München 13: 27-70.
- Conrad, M. 1979: Composition floristique et répartition du couvert végétal. In: Description des écosystèmes de la vallée du Fango. Projet de création d'une réserve de la biosphère dans la vallée du Fango (Haute-Corse). Doc. APEEM, Bastia, 81 p.
- Frontier, S. 1976: Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. Rech. Océanogr. 1: 35-48.
- Horstmann, K. 1992: Zur Zusammensetzung und Phänologie der Ichneumoniden-Zönose eines mediterranen Habitats in Südost-Spanien (Hymenoptera). Zool. Beitr. N. F. 34: 157-166.
- Horstmann, K. 1994: Nachtrag zur Revision der westpaläarktischen *Nemeritis*-Arten. Mitt. Münch. Entomol. Ges. 84: 79-90.
- Pielou, E. C. 1975: Ecological diversity. Wiley Interscience, New-York, 165 p.
- Quicke, L. J. 1997: Parasitic wasps. Londres, Chapman & Hall, 470 p.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. 1949: The mathematical theory of communication. Urbana, University Illinois Press, 1963, IV, 125 p.
- Simbolotti, G. & Villemant, C. 1999. The genera *Leiophron* Nees and *Peristenus* Nees (Braconidae) in relation to some Euphorines from the Fango valley (Corsica) (à paraître).
- Stary, P., Leclant, F. & Lyon, J.P. 1975. Aphidiides (Hym.) et Aphides (Hom.) de Corse. I. Les Aphidiides. Ann. Soc. entomol. Fr. 11: 745-762.
- Villemant, C. & Andreï-Ruiz, M.-C. 1999: Diversité et répartition spatiale des Hyménoptères parasitoïdes dans la chênaie verte du Fango (Haute-Corse). Ann. Soc. entomol. Fr. (sous presse).

#### **Biodiversity of the Ichneumonoidea (Hymenoptera) in the green oak forest of Fango (Corsica).**

**Abstract:** Biodiversity of Ichneumonoidea (Hymenoptera) was studied in a green oak forest of the Fango Biosphere Reserve (Corsica) in spring 1994. 23 emergence traps and 64 yellow pan traps were spread throughout the study area in 3 vegetation zones (cork grove, maquis and ecotone grove-maquis) and set from the ground up to the crown of the trees. About 1 800 specimens belonging to 24 hymenopteran families were collected. A third of them were Ichneumonids and Braconids representing 120 species. An attempt to discuss the spatial distribution and the diversity of the Ichneumonoidea according to the type and the localisation of the traps is made, taking into account the known data concerning the biology of the parasitoids and their host spectrum.

**Key words :** yellow pan trap, vegetation strata, *Quercus ilex*, Ichneumonoidea, Corsica

## Les araignées de la subéraie marocaine

Souad Benhalima<sup>1</sup>, Claire Villemant<sup>2</sup>, Mohamed Mouna<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Mohamed V, Institut Scientifique, Département de Zoologie et Ecologie Animale, B.P. 703, 10106 Rabat-Agdal, Maroc. <sup>2</sup> Muséum National d'Histoire Naturelle, Entomologie, UPRES-A 8043 du CNRS, 45 Rue Buffon, 75005 Paris, France.

**Résumé :** Pour la première fois au Maroc, une étude synécologique a porté sur la faune arachnologique de *Quercus suber* dans trois subéraies: atlantique, continentale et montagneuse. Les 200 espèces recensées, appartenant à 30 familles, représentent environ 20% de la faune arachnologique marocaine. Leur diversité et leur distribution dans la litière et la frondaison des chênes-lièges est analysée dans 4 stations. La préservation des araignées de la subéraie doit être sérieusement prise en compte. Ces prédateurs jouent en effet un rôle fondamental en détruisant un grand nombre d'insectes ravageurs mais aussi en participant au maintien de l'équilibre et de la biodiversité de cet écosystème.

**Mots clés :** Maroc, Araneidae, prédateurs, biodiversité, chêne-liège.

### Introduction

Au Maroc, les travaux se rapportant aux araignées, peu nombreux, sont pour la plupart des notes fragmentaires ou des signalements d'espèces (Simon, 1870-1912; Denis, 1956; Guy, 1966; Ribera, 1983). L'étude écologique et systématique des araignées de la subéraie entreprise à partir de 1988 a concerné tout d'abord le peuplement de la litière en forêt de la Mamora, près de Rabat (Benhalima, 1988) puis a été étendue aux peuplements de la frondaison et de la litière dans ce massif et dans deux autres subéraies situées l'une dans la région du Gharb, près de Larâche, l'autre près d'Oulmès dans le Plateau central (Benhalima, 1992). Ces travaux ont permis de mettre en évidence la grande diversité de la faune arachnologique du chêne-liège qui, composée d'actifs prédateurs, participe de façon notable au maintien de l'équilibre biologique de ce fragile écosystème forestier.

### Matériel et méthodes

Les quatre stations d'étude diffèrent sur le plan altitudinal, climatique et floristique (tab. 1). Diverses méthodes de capture, complémentaires, ont été mises en œuvre simultanément pour étudier les peuplements d'araignées au cours d'un cycle annuel (février 1989 à février 1990). Les peuplements de la litière ont été échantillonnés par la méthode des quadrats, ceux de la strate arborée par battage. Des piégeages et des captures à vue, effectués le long des troncs et à la surface du sol, ont permis la récolte de la faune errante et de diverses espèces diurnes. Les prélèvements ont eu lieu chaque mois en forêt de la Mamora (Stations S1 et S2) et tous les deux mois dans les deux autres subéraies (S3 et S4).

Tableau 1. Principales caractéristiques des stations d'étude.

Station	Subéraie	Situation géographique	Etage bioclimatique	Altitude (station)	Substrat (station)	Végétation du sous-bois
Sidi-Amira (S1)	Mamora	atlantique	sub-humide à hiver tempéré	120 m	sablo-silteux	<i>Theline lignifolia</i> <i>Cistus salviifolius</i> <i>Cytisus arboreus</i>
Sidi-Allal-El Bahraoui (S2)	Mamora	atlantique continentale	semi-aride à hiver tempéré	180 m	sablo-silteux	<i>Theline lignifolia</i> <i>Lavandula stoechas</i>
Rhaba-El-Khalifa (S3)	Larâche	atlantique	sub-humide à hiver tempéré	50 m	argilo-graveleux	<i>Calycotome villosa</i> <i>Cistus salviifolius</i> <i>Cytisus crispus</i>
ELHarcha (S4)	Oulmès	continentale montagnaise	sub-humide à hiver froid	1200 m	argilo-sableux	<i>Theline lignifolia</i> <i>Cistus salviifolius</i>

## Résultats et discussion

Cette étude a mis en évidence la grande richesse en espèces et en individus du peuplement des araignées du chêne-liège. Les 6585 individus récoltés dans les 4 stations représentent en effet 200 espèces et 30 familles, soit environ 20 % de la faune des araignées du Maroc.

La faune des araignées de la litière est relativement plus riche que celle de la frondaison. On trouve en effet 96% des familles et 55% des espèces dans la litière contre 56% des familles et 24% des espèces dans la frondaison. Sur l'ensemble du peuplement, près de 21% des espèces sont communes aux deux strates de végétation, ce qui suggère l'existence d'échanges verticaux de faune entre la litière et la frondaison. Ceci est corroboré par les observations faites sur la faune corticole du chêne-liège en Mamora (Villemant et al., 1991): les 15 familles (représentées par 27 espèces) d'araignées récoltées dans ce biotope se retrouvent toutes au niveau de la litière tandis que 8 d'entre elles (représentées par 12 espèces) sont aussi présentes dans la frondaison (tab. 2).

Quelques familles (Theridiidae, Thomisidae, Clubionidae, Salticidae) sont bien représentées dans la litière comme dans la frondaison tandis que d'autres dominent nettement (Dysderidae, Gnaphosidae, Lycosidae) ou même ont été exclusivement capturées (Oonopidae) dans la litière. Inversement, seules les Theridiidae et les Argiopidae sont représentées par un plus grand nombre d'espèces dans la frondaison que dans la litière du chêne-liège (tab. 2 et 3).

La répartition de chaque espèce varie en fonction des stations et des biotopes. Certaines ont une large répartition; c'est le cas de *Clubiona leucaspis* Sim. (Clubionidae) que l'on trouve dans la frondaison, l'écorce et la litière des quatre stations d'étude. D'autres comme *Evarcha jucunda* (Lucas) (Salticidae), *Mangora acalypha* (Walk.) (Argiopidae), *Segestria florentina* (Rossi) (Dysderidae) et *Theridium tinctum* (Walk.) (Theridiidae) ont été récoltées dans la litière et/ou la frondaison de toutes les stations. Certaines espèces sont par contre inféodées à un biotope particulier. Ainsi *Dysderina loricata* (Simon), *Oonops rusticulus* Dalm. (Oonopidae) et *Alopecosa albofasciata* (Brul.) (Lycosidae) ont été capturées dans toutes les stations, uniquement dans la litière, et *Dipoena convexa* (Black.) (Theridiidae), *Icius hamatus* (Koch) (Salticidae), *Neoscona dalmatica* (Dol.) (Argiopidae) seulement au niveau de la frondaison.

Tableau 2. Nombre d'espèces des différentes familles d'araignées répertoriées dans litière (Lit.), la frondaison (Fron.) et sous l'écorce (Ecor.) du chêne-liège. Tot.: total des espèces récoltées.

Nombre d'espèces					Richesse spécifique				
Familles	Lit.	Fron.	Ecor.	Tot.	Familles	Lit.	Fron.	Ecor.	Tot.
<i>Ctenizidae</i>	1	0	0	1	<i>Palpimanidae</i>	1	0	0	1
<i>Aviculariidae</i>	1	0	0	1	<i>Theridiidae</i>	10	19	2	24
<i>Oonopidae</i>	8	0	0	8	<i>Linyphiidae</i>	15	7	5	17
<i>Dysderidae</i>	8	1	1	8	<i>Tetragnathidae</i>	0	2	0	2
<i>Sicariidae</i>	1	0	1	1	<i>Argiopidae</i>	3	12	2	13
<i>Pholcidae</i>	2	0	1	2	<i>Mimetidae</i>	1	2	1	2
<i>Zoropsidae</i>	2	0	0	2	<i>Thomisidae</i>	17	17	4	26
<i>Uloboridae</i>	1	2	0	3	<i>Sparassidae</i>	4	1	0	4
<i>Amaurobiidae</i>	1	0	0	1	<i>Clubionidae</i>	17	8	1	20
<i>Dictynidae</i>	4	2	0	6	<i>Agelenidae</i>	5	0	1	5
<i>Ecobiidae</i>	1	0	1	1	<i>Hahniidae</i>	1	0	0	1
<i>Filistatidae</i>	2	0	0	2	<i>Pisauridae</i>	1	1	0	1
<i>Gnaphosidae</i>	29	8	1	30	<i>Lycosidae</i>	9	2	1	9
<i>Prodidomidae</i>	1	0	0	1	<i>Oxyopidae</i>	1	2	0	3
<i>Zodariidae</i>	7	1	2	7	<i>Salticidae</i>	23	14	3	28

La répartition des espèces d'araignées dans l'espace (tab. 3) est liée aux facteurs biotiques et abiotiques de chaque station. Le plus grand nombre d'espèces répertorié dans la litière en Mamora s'explique en partie par le fait que la pression d'échantillonnage y a été deux fois plus forte (tous les mois) que dans les deux autres subéraies. Bien qu'évaluée à partir d'un nombre moitié moindre de prélèvements, la richesse spécifique des araignées de la frondaison à Larâche et El Harcha atteint cependant des valeurs équivalentes à celle de la Mamora.

Les peuplements de la litière sont généralement riches en espèces d'araignées car les conditions de ce milieu leur sont particulièrement favorables. Actifs prédateurs se nourrissant d'une grande variété d'animaux, elles se répartissent dans l'épaisseur de la litière en fonction de la localisation de leurs proies, pour la plupart des arthropodes (insectes, myriapodes, isopodes ou d'autres araignées) (Blandin et al., 1980). La situation géographique d'El Harcha et la composition de son sol argilo-sableux riche en matière organique permet le maintien d'une faune d'araignées bien individualisée: la litière renferme en effet un grand nombre d'espèces exclusives dont la présence met en évidence les particularités écologiques de cette station (tab. 4). En forêts de la Mamora et de Larâche, le sol, essentiellement sableux et pauvre en matière organique, se refroidit et s'échauffe plus vite et ne retient pas l'eau. Le milieu étant moins stable, les déplacements des araignées y sont plus nombreux, ce qui entraîne une plus grande variabilité de leur richesse spécifique au cours du temps.

Dans la frondaison, milieu plus fortement soumis aux intempéries, la richesse spécifique des araignées est moindre que dans la litière. Elles sont pourtant l'un des groupes d'arthropodes les plus abondants dans cette strate du chêne-liège, représentant en effet plus de 60% des effectifs de la faune récoltée par battage (Mahari, 1992).

D'un point de vue régional, la subéraie d'El Harcha recense plus d'espèces exclusives dans la litière et la frondaison que les trois autres stations (tab. 4). Ceci peut s'expliquer par sa situation en zone de montagne comme par son meilleur état sanitaire.

Tableau 3. Nombre d'espèces d'araignées récoltées dans la litière et la frondaison du chêne-liège dans chaque station.

Biotope	Litière				Frondaison			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
<i>Ctenizidae</i>		1		1				
<i>Aviculariidae</i>			1	1				
<i>Oonopiidae</i>	6	4	3	4				
<i>Dysderidae</i>	4	2	4	4		1		1
<i>Sicariidae</i>	1	1	1	1				
<i>Pholcidae</i>		2	1					
<i>Zoropsidae</i>	2	1	2					
<i>Uloboridae</i>			1		1	1		
<i>Amaurobiidae</i>	1	1	1					
<i>Dictynidae</i>	2	2	3	1	1	1	1	2
<i>Ēcobiidae</i>				1				
<i>Filistatidae</i>	1	1	1					
<i>Gnaphosidae</i>	14	16	9	13	4	5	2	1
<i>Prodidomidae</i>		1						
<i>Zodariidae</i>	3	3	2	4			1	
<i>Palpimanidae</i>		1						
<i>Theridiidae</i>	7	5	7	2	5	8	6	10
<i>Linyphiidae</i>	7	7	9	8	1	1	1	6
<i>Argiopidae</i>	3	1	1		5	6	4	6
<i>Mimetidae</i>	1				1		1	1
<i>Thomisidae</i>	7	13	4	5	12	7	9	6
<i>Sparassidae</i>	2	2	1	2	1		1	1
<i>Clubionidae</i>	11	10	6	8	6	3	5	5
<i>Agelenidae</i>	2	2	2	3				
<i>Hahniidae</i>	1	1	1					
<i>Pisauridae</i>	1		1	1			1	
<i>Lycosidae</i>	3	6	2	4		2		
<i>Oxyopidae</i>				1	1		1	1
<i>Tetragnatidae</i>					1		1	
<i>Salticidae</i>	12	14	7	13	5	6	10	5
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>97</b>	<b>70</b>	<b>77</b>	<b>44</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>45</b>

Cette subéraie montagnaise souffre en effet moins de l'impact des activités humaines que les forêts de la Mamora et de Larâche dont la dégradation et l'éclaircissement ne font que croître d'année en année. Les travaux d'Assi (1998) au Liban ont montré que les modifications de structure et des facteurs physiques, qui accompagnent la destruction du couvert végétal, entraînent d'importants changements quantitatifs et qualitatifs des populations d'araignées.

Un des facteurs essentiels qui conditionne la diversité et la distribution des peuplements d'araignées est la diversité de leurs proies. Ce facteur joue certainement un rôle important dans les déplacements de ces prédateurs d'un milieu à l'autre, mais l'étude de son influence nécessiterait une connaissance approfondie du régime alimentaire des espèces concernées, ce qui est loin d'être encore le cas.

Tableau 4. Nombre d'espèces exclusives dans la litière et la frondaison de chaque station

Station	S1	S2	S3	S4
Litière	14	18	12	27
Fronaison	6	6	5	15

Des observations récentes montrent que les Arachnides et tout spécialement les araignées comptent parmi les destructeurs d'insectes les plus efficaces; leur impact serait en effet supérieur à celui des oiseaux (Legendre, 1984). Capables de s'attaquer à des insectes protégés par une carapace très dure, les araignées sont des prédateurs de haut niveau trophique qui jouent un rôle important dans les écosystèmes forestiers mais leur intervention dans le contrôle des populations d'insectes ravageurs n'a été que peu étudié jusqu'ici. A l'aide de techniques sérologiques, Loughton et al. (1963), ont montré que de nombreuses espèces d'araignées consomment les chenilles de *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (Tortricidae), défoliateur de l'épicéa en Amérique du Nord, les Theridiidae et les Salticidae s'avérant les prédateurs les plus efficaces. De même, Nakumura et Nakumura (1977) ont mis en évidence la prédation importante exercée par les araignées sur les adultes d'un Cynipidae ravageur du châtaignier japonais. Enfin, l'utilisation de traceurs radioactifs ont permis de faire ressortir l'importance de la fonction prédatrice des araignées dans le réseau trophique de sols forestiers (Moulder & Reichle, 1972; Gist & Crossley, 1975).

## Conclusion

Les araignées sont de loin les arthropodes les plus abondants de la faune présente dans la litière, sur l'écorce et dans la frondaison du chêne-liège (Benhalima, 1992). Le peuplement de la frondaison semble moins riche que celui de la litière, car il est soumis d'avantage aux intempéries et est, par conséquent, moins stable. La litière offre par contre de meilleures conditions d'abri, de refuge et de nourriture à ce groupe d'arthropodes.

Les activités humaines (exploitation du bois, extension des espaces de loisir, dépôts de déchets) et le surpâturage, ajoutés à l'influence de certains facteurs abiotiques (climatiques et édaphiques) entraînent de nos jours d'importantes modifications de l'équilibre originel des subéraies, ce qui a des conséquences graves sur la biodiversité de leur flore et de leur faune. Etant placées à l'extrémité des chaînes trophiques, les araignées sont de bons indicateurs écologiques des modifications des biocénoses d'insectes, consécutives à la dégradation du couvert végétal. Des études d'impact, basées sur les populations d'araignées, devraient apporter des données intéressantes permettant de mieux quantifier l'action négative du facteur anthropique sur la biodiversité faunistique des subéraies.

## Références

- Assi, F. 1998: Effets de la désertification dans l'Anti-Liban sur les populations d'araignées. I. Mise au point sur les Gnaphosidae. Rev. Arachn. 12:135-138.
- Assi, F. 1998: Effets de la désertification dans l'Anti-Liban sur les populations d'araignées. II. Etude des populations de Thomisidae et Philodromidae. Rev. Arachn. 12:139-145.
- Benhalima, S.1988: Contribution à l'étude des Araignées de la litière de la Mamora Mém. CEA, Faculté des Sciences de Meknès, 69 p.

- Benhalima, S., Villemant, C., Bounfour, M. & Mint Jiddou, A. 1991: Faune de la litière. In: La faune du Chêne-liège, eds Villemant et Fraval, Actes Editions, Rabat: 157-196.
- Benhalima, S. 1992: Ecologie des Araignées des subéraies de Mamora, de Larâche et d'Oulmès (Maroc). Thèse Doctorat de Spécialité, Faculté des Sciences de Rabat, 163 p.
- Blandin, P., Christophe, T., Garry, I. & Geoffroy, J.J. 1980: Les arachnides et myriapodes prédateurs en forêt tempérée. In: actualités d'écologie forestière, ed. Pesson, Gauthiers-Villars, Paris: 479-503.
- Denis, J. 1956: Notes d'aranéologie marocaine (VI). Bibliographie des Araignées du Maroc et addition d'espèces nouvelles. Bull. Soc. Sci. nat. Maroc 35: 179-207.
- Gist, C.S. & Crossley, Jr. D.A. 1975: A model of mineral-element cycling for invertebrate food web in a southeastern hardwood forest litter community. In: Mineral cycling in Southeastern ecosystems, eds Howell et al., ERDA Symposium Series: 84-106.
- Guy, Y. 1966: Contribution à l'étude des Araignées de la famille des Lycosidae et de la sous-famille des Lycosinae avec étude spéciale des espèces marocaines. Trav. Inst. sci. chérifien, Rabat, Série Zool. 33: 1-171.
- Legendre, R. 1984: Quelques particularités de la biologie des araignées. Bull. Acad. Sci. Lettr. Montpellier: 221-226.
- Loughton, B.G. Derry, C. & West, A.S. 1963: Spiders and the spruce budworm. In: The dynamics of epidemic spruce budworm populations, ed. Morris, Mem. Entomol. Soc. Can. 31: 249-268.
- Mahari, S. 1992: Etude synécologique des niveaux de peuplement arthropodiens de l'écosystème chêne-liège dans les subéraies de la Mamora et de Ben Slimane (Maroc). Thèse Faculté Sciences et Techniques, St-Jérôme, Aix. Marseille: 295 p.
- Moulder, B.C. & Reichle, R.D.E. 1972: Significance of spider population in the energy dynamics of forest floor arthropods communities. Ecol. Mon. 42: 473-498.
- Nakamura, M. & Nakamura, K. 1977: Population dynamics of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, (Hymenoptera; Cynipidae). V. Estimation of the effect of predation by spiders on the mortality of imaginal wasps based on the precipitin test. Ecologia 27: 97-116.
- Ribera, C. 1983: Araneidos cavemicolos de Marruecos. I. Publ. Dept. Zool. Univ. Barcelona 9: 73-76.
- Simon, E. 1911: Catalogue raisonné des Arachnides du nord de l'Afrique (1<sup>ère</sup> partie). Ann. Soc. entom. Fr. 79: 265-332.
- Villemant, C., Bounfour, M., Benhalima, S. & Ould Bouraya, N. 1991: Faune du liège et des crevasses. In: La faune du Chêne-liège, eds. Villemant et Fraval, Actes Editions, Rabat: 69-128.

### The spiders of the Moroccan cork oak forest

**Abstract:** For the first time in Morocco, a synecological study of the spider fauna was undertaken in three different (Atlantic, continental or mountain) cork oak forests. The 200 recorded species belonging to 30 families represented about 20% of the Moroccan spider fauna. Their diversity and distribution in the litter and in the crown of the cork oak are analysed in four study sites. It is imperative to preserve the spider populations of the cork oak forests because these predators have a fundamental influence in destroying a great number of insect pests and in maintaining the biodiversity and the stability of this ecosystem.

**Key words:** Araneidae, predators, biodiversity, cork oak



## **Impact des déchets ménagers sur la subéraie à Ben Slimane (Maroc)**

**Fatima Agtay**

*Ecole Normale Supérieure de Casablanca, Département de Biologie (Ecologie), BP. 9172, Mers Sultan, Maroc*

**Résumé :** Avec la croissance de la ville, la forêt de Ben Slimane, proche de Casablanca, est de plus en plus envahie par des déchets: rebuts de construction, de jardin, et tout particulièrement déchets ménagers. Ces derniers s'y présentent sous diverses formes, depuis les petits tas abandonnés sur place et/ou cachés par les visiteurs dans des creux d'arbres jusqu'aux dépôts sauvages ou aux décharges alimentés par les populations riveraines, au niveau des dayas et en lisière de la forêt. L'impact des déchets sur l'écosystème forêt/daya est analysé à travers les peuplements faunistiques associés.

**Mots clés:** subéraie, daya, dendrotelmes, déchets ménagers, arthropodes, faune ripicole, coprophages, urbanisation, Ben Slimane, Maroc.

### **Introduction**

La forêt de Ben Slimane, déjà en situation difficile de par son appartenance à l'étage bioclimatique semi-aride, est soumise à une pression anthropique sans cesse croissante: surpâturage, coupes illégales, surfréquentation, urbanisation et envahissement par les déchets ménagers. Ces déchets ont fait l'objet de nombreux prélèvements faunistiques (1981 -98) et d'études écologiques (Agtay, 1986 et en cours). Le présent travail en analyse l'impact sur la subéraie et les biotopes associés.

### **Matériel et méthodes**

Les déchets ont été étudiés dans 3 sites localisés au sud ouest de la forêt, entre Hay Hassani et Sekhret Ennemra. Les caractéristiques des déchets de chaque site sont résumées dans le tableau 1. Ils comprennent des éléments fermentescibles: restes de cuisine surtout d'origine végétale (restes alimentaires, marc de thé), déchets d'élevage (foin, herbe, paille, fumier, matière stercorale fraîche), déchets provenant du souk (denrées alimentaires, contenus stomacaux du bétail des abattoirs), des plumes, cadavres et peaux d'animaux domestiques et des détritiques non biodégradables tels que cendres, plastiques, verres, haillons, pneus.

La faune associée aux déchets a été prélevée, dans sa grande majorité, au moyen d'une pince souple, dans et en dessous des ordures, et au niveau des biotopes environnants: bord d'eau, forêt. Deux autres méthodes de prélèvement, piégeage et extraction selon la méthode de Berlese, ont été utilisées de façon plus occasionnelle.

## Résultats

### *La faune associée aux déchets*

L'analyse concerne les dépôts sauvages du site 1. Les autres résultats ne sont évoqués que de façon succincte pour comparaison. La faune capturée est composée essentiellement d'Arthropodes: 79 espèces réparties de façon inégale dans 12 groupes systématiques. Les Coléoptères (52 espèces) sont de loin les mieux représentés (tab. 2). Nous n'avons pas tenu compte dans ce classement des groupes, abondants dans les dépôts, mais dont l'identification au niveau spécifique n'a pas été réalisée, c'est le cas des lombrics, mollusques, rongeurs, oiseaux et des micro-arthropodes. Ces derniers, notamment les collemboles et les acariens, sont bien représentés dans les déchets ménagers, à l'état brut (Agtay, 1986) ou broyés (Duviard & Trehen, 1981). Les 2 autres sites sont nettement plus pauvres en faune. Au site 2, les dépôts sont instables (déplacés et/ou brûlés) et essentiellement composés de vieux détritux. Au site 3, les déchets sont généralement en petits tas espacés (éléments organiques rapidement dégradés). Les grands dépôts, au niveau d'une daya, sont constitués de rebuts de construction et d'autres éléments non biodégradables. Dans de telles conditions, les déchets sont peu attractifs pour les macro-arthropodes (Agtay, 1986 et en cours).

Tableau 1. Localisation et caractéristiques des déchets

Caractéristiques des sites	Site 1	Site 2*	Site 3
<b>Emplacement par rapport à la forêt</b>	Interface subéraie / Hay Hassani	lisière forestière au sud ouest de la subéraie	à l'intérieur de la forêt (Sekhret Ennemra)
<b>Densité des arbres de la strate herbacée**</b>	+ +	++++ +	++++++ ++++
<b>Déchets</b>			
- apports	riverains	riverains, agents communaux	promeneurs, campeurs, riverains
- lieux de dépôts	dayas, fossés	entre les arbres	interface daya/forêt, dayas, dendrotelmes
- quantité	++++	++++++	++
- fermentation	++++	++++++	++
<b>Fréquentation</b>			
- oiseaux, hérons gardes-boeufs	-	+++++++	-
- troupeaux	+++	++	+
- riverains	+++	++	+
- chiffonniers	+	+++	+
- enfants	+	+++++++	+
- promeneurs	-	-	+
<b>Mise à feu</b>	+++	+++++++	-

\*: ancien dépôt de relais ayant évolué en décharge publique non contrôlée

\*\* : Dans les sites 1 et 2 la végétation est pauvre et clairsemée (conjonction de la nitrophilie et du piétinement)

Tableau 2. Importance des différents groupes d'Arthropodes inventoriés

Groupe	Richesse spécifique	Groupe	Richesse spécifique
Araignées	2	Orthoptères	2
Opilions	1	Dermaptères	1
Crustacés	4	Coléoptères	52
Myriapodes	1	Hyménoptères (Fourmis)	8
Thysanoures	1	Lépidoptères	1
Dictyoptères	2	Diptères	4

### **Caractéristiques du peuplement des dépôts d'ordures**

Parmi les 79 espèces d'arthropodes inventoriées, 70 sont terrestres, 7 hygrophiles et 2 ripicoles. Ces deux dernières, les coléoptères *Metallina ambigenum* Dejean et *Philonthus punctus* Grav. sont numériquement peu représentées. Sur le plan trophique, ce sont les détritivores (27 espèces) et les carnivores (24 espèces) qui dominent. On trouve également 10 espèces phytophages, 10 omnivores et 6 nécrophages. Parmi les détritivores, la présence de 6 espèces coprophages dans les dépôts est liée à celle de la matière stercorale fraîche. Trois des espèces carnassières sont des Carabidae intéressants : *Macrothorax rugosus* F. était considéré comme disparu par Antoine (Agtay, 1986); *Eurycarabus favieri* Fairm. est une espèce rare et *Calosoma inquisitor* L. probablement une espèce nouvelle pour la région.

### **Rapports avec l'écosystème forêt-daya**

La majorité de la faune du site 1 (soit 72 espèces) est présente sur les rives des dayas: 19 d'entre elles sont communes avec le milieu forestier. Ces dépôts comptent par ailleurs 7 espèces exclusives dont 5 Coléoptères: *Silpha puncticollis* Lucas, *Creophilus maxillosus* L., *Ocypus olens* Müller, *Anthicus hispidus* Rossi et *Aphodius scybalarius* F. L'impact des dépôts sur les communautés environnantes se traduit par une forte attraction des populations d'arthropodes terrestres, surtout des détritivores et des carnivores. Cet effet de détournement, pourrait avoir pour origine principale l'odeur des pourritures (Agtay, 1986 et en cours; Agtay & Bigot, 1987; Rihane & Sabil, 1987). En effet, de nombreuses espèces de Staphylins et d'Histérides fréquentant préférentiellement ces milieux, sont aussi fortement attirés par les odeurs de cadavres émises par les spathes d'Aracées du genre *Dracunculus* (Théron in Agtay, 1986).

### **Nuisances**

Les nuisances causées par la présence des déchets sont diverses. Source de pollutions variées (visuelle, olfactive, infectieuse), les amas de déchets sont prospectés par les chiffonniers et par les enfants, qui viennent récupérer glands, escargots, sacs en plastique pour le souk, mais aussi y chercher un refuge pour se droguer. Ils exercent aussi un effet d'attraction sur les animaux domestiques: oiseaux (gardes-boeufs, moineaux, volaille), rats, chats, chiens, bétail, mais aussi sur une importante faune d'invertébrés intervenant dans le recyclage de la matière organique. Les dangers potentiels de ces dépôts d'ordures sont liés à leur mise à feu: risques d'incendie en forêt, pollution de l'air (fumée, odeurs), disparition de la faune utile piégée par le feu, fuite de la faune agile (mouches, cafards, rats) qui envahit les habitations voisines. L'accumulation de déchets et des eaux usées entraîne des risques de contamination des eaux superficielles et de la nappe phréatique mais aussi des risques de comblement des dayas et des dendrotelmes dont la présence joue un rôle capital dans le maintien de la subéraie en climat semi-aride.

## Conclusion

Les dépôts étudiés constituent un danger pour la subéraie comme pour les populations riveraines. Leur nuisance est due essentiellement aux émanations gazeuses et à l'attraction qu'ils exercent sur d'importantes populations d'espèces nuisibles (cafards, mouches) capables propager des germes pathogènes, ou d'espèces utiles (carabes, scarabées) parce qu'elles assurent le recyclage de la matière organique.

En concentrant des populations d'espèces carnassières, les ordures semblent avoir un impact négatif sur la biodiversité de l'écosystème et sur la régulation naturelle des populations d'insectes car elles détournent de leur biotope naturel des espèces qui se nourrissent normalement de la faune des arbres, et notamment des ravageurs forestiers. Les Carabidae *Calosoma inquisitor* L. et *Scarites occidentalis* Bedel s'attaquent ainsi aux chenilles et aux chrysalides de *Lymantria dispar* L. (Lépidoptère Lymantriidae), l'un des principaux défoliateurs du chêne-liège au Maroc. Ces espèces, comme la plupart des arthropodes piégés par les tas d'ordures, subissent ensuite le même sort que les déchets, qui sont brûlés sur place ou après leur transport à la décharge par des agents de la commune.

## Références

- Agtay, F. 1986: Interfaces: milieu aquatique / milieu terrestre, milieu naturel / milieu urbain. Colloque d'écologie, E.N.S de Casablanca, Mars 1986, Actes ENS: 16 p.
- Agtay, F. & Bigot, L. 1987: Fluctuations d'une communauté ripicole selon le niveau et l'état du plan d'eau dans le Maroc Centre-Ouest. Sciences de l'eau, 6: 311-316.
- Agtay, F. 1991: Les dendrotelmes du chêne-liège, refuges estivaux de la faune ripicole des dayas. In: La faune du chêne-liège, eds. Villemant et Fraval 1991, Actes Editions, Rabat: 273-277
- Duviard, D. & Trehen, P. 1981: Modifications du peuplement d'Arthropodes d'une lande à joncs de Bretagne centrale induite par l'épandage de déchets ménagers broyés. Une approche préliminaire. Acta Oecol., Oecol. applic. 2: 317-337
- Rihane, A. & Sabil, M: 1987. Les ordures des terrains vagues à Casablanca. Mémoire de fin d'études, ENS de Casablanca, 60 p.

## Refuse impact on the cork oak forest at Ben Slimane (Morocco)

**Résumé :** Because of the increasing urbanisation, the Ben Slimane forest, near Casablanca, is covered with increased amounts of refuse: construction or garden rejects, and even household rubbish. These are present in various shapes: small dumps abandoned locally or hidden in cork oak cavities as well as unauthorised wide rubbish dumps laid down near the daya (temporary pools) or the forest border. The impact of this refuse on the forest/daya ecosystem is shown by the study of the associated arthropod populations.

**Key words:** cork oak forest, temporary pools, tree cavities, household refuse, arthropods, waterside fauna, coprophagous species, urbanisation, Ben Slimane, Maroc.

## Impact des facteurs de dégradation et de dépérissement, de l'environnement socio-économique et des aménagements sur les forêts de chênes marocaines.

**M'hamed Bendaanoun**

*Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Naturelles. B.P. 511, 11000, Tabriquet, Salé, Maroc*

**Résumé:** Malgré leur richesse taxinomique et écosystémique, la situation actuelle des chênaies marocaines est très préoccupante et même dramatique dans la quasi-totalité de leur aire de répartition (Rif surtout, Mamora, Sehoul-Zaërs, Plateau Central, Moyen Atlas, Haut Atlas, Hauts Plateaux). Leur dégradation et leur destruction effrénées, la forte perturbation des biotopes et le dépérissement qui en résulte, encore aggravé par les effets des sécheresses épisodiques et prolongées, conduisent à plus ou moins long terme à la régression accélérée voire même à la disparition des chênaies dans certaines régions du Maroc. Ce dépérissement est indissociable d'un environnement socio-économique défavorable par ses usages et pratiques délictueuses mais il dépend aussi d'aménagements divers non appropriés et mal réfléchis. Cette situation, révélatrice de la catastrophe écologique que sont en train de subir les chênaies du Maroc et dont découle directement une absence totale de régénération naturelle, est en nette contradiction avec l'esprit et les objectifs des projets de développement durable du monde rural.

**Mots-clés:** *Quercus*, biodiversité, dépérissement, dégradation, aménagement, sylviculture, Maroc

### Introduction

Le Maroc, situé sur le revers méridional de la Méditerranée occidentale se caractérise par sa remarquable diversité naturelle. Son originalité par rapport à l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen réside dans le cadre bioécologique global du pays qui comprend deux façades maritimes (Méditerranée et Océan atlantique), et se caractérise par un fort gradient altitudinal (du niveau de la mer à plus de 4 000 m), une pluviométrie très variable (de moins de 100 mm à plus de 2 000 mm/an en moyenne selon les régions), un régime de températures très varié et une diversité remarquable des roches mères et des types de sols. L'histoire très ancienne des végétations a fait du Maroc le carrefour biogéographique et plus particulièrement phytogéographique de nombreux taxa notamment dans le domaine forestier. La grande biodiversité de la flore et notamment des arbres forestiers reflète la diversité des régions biogéographiques en relation avec la très grande variété des bioclimats, qui vont du perhumide et humide sur les chaînes de montagnes septentrionales au saharien et au subdésertique à caractère tropical au sud et au sud-ouest du pays.

La diversité des milieux et des biotopes ont favorisé la mise en place et l'évolution d'une multitude d'écosystèmes parmi lesquels les chênaies ont une place importante. Le genre *Quercus* renferme de très nombreuses espèces (Camus, 1938, 1939; Huguet Del Villar, 1949; Quézel et Bonin, 1980). Au Maroc, où il a fait l'objet de travaux divers, tant taxinomiques qu'écologiques (Jahandiez et Maire, 1932; Quézel et al., 1981; Zine el Abidine, 1987), ce genre se caractérise par sa grande biodiversité. *Quercus suber*, *Q. rotundifolia* et *Q. coccifera*

sont sclérophylles tandis que les espèces du groupe *Q. faginea - alpestris*, ainsi que *Q. canariensis* et *Q. humilis*, sont semi-caducifoliés et que *Q. pyrenaica* est caducifolié.

Cette biodiversité (spécifique, infra-spécifique pour certains groupes, écotypique et génétique) des taxa du genre *Quercus* est un atout considérable pour le Maroc, en termes de ressources phytogénétiques et donc forestières. Les structures sylvatiques et préforestières des chênaies marocaines constituent une grande variété de communautés végétales (Emberger, 1939; Sauvage, 1961; Barbéro et al., 1981; Quézel et al., 1992; Bendaanoun, 1996, 1998).

De nos jours, la destruction effrénée des arbres et de peuplements sylvatiques entiers, des écosystèmes à chênes et de leurs structures de végétation, la forte perturbation des biotopes et le dépérissement qui en résulte, encore aggravé par les effets des sécheresses épisodiques et prolongées, vont aboutir à plus ou moins long terme à la disparition des chênaies dans des régions très étendues du Maroc. Ce dépérissement est indissociable d'un environnement socio-économique défavorable par ses usages et pratiques délictueuses, par ses aménagements divers et traitements sylvicoles non appropriés et mal réfléchis et par une gestion forestière inadaptée ou archaïque. Dans cet article, nous présenterons un bilan de la situation des chênaies marocaines et de l'impact des facteurs socio-économiques et des aménagements divers sur leur devenir.

## **Impact des activités illicites et de l'environnement socio-économique**

### ***Coupes anarchiques, déforestation et défrichements***

Les coupes et défrichements illicites, anarchiques et très étendus affectent l'ensemble des chênaies marocaines et accélèrent leur destruction. La situation est particulièrement dramatique en subéraie de la Mamora: cette forêt agonisante est en voie de disparition certaine du fait de sa gestion non appropriée et déficiente et de sa surexploitation à différents niveaux. Il n'en demeure pas moins que la situation est aussi grave, voire catastrophique, dans de nombreuses autres subérais notamment dans le Rif et dans l'ensemble du Plateau Central et des Zaërs (Sehoul, Bni Abid, Ben Slimane, Cibara, etc.).

Outre les subérais, ce sont aussi l'ensemble des chênaies et surtout les tauzaies (forêts à *Q. pyrenaica*) et les zénaies (forêts à *Q. canariensis*, *Q. faginea-alpestris*) qui souffrent d'une régression accélérée sur d'immenses étendues, dans le Rif en particulier. Suite aux mêmes pratiques illicites, les formations à chêne kermès (*Q. coccifera*) et à chêne vert (*Q. rotundifolia*) sont devenues «relictuelles» et se cantonnent, après un défrichement massif, au niveau de certains marabouts ou bien demeurent étendues tout en subissant un recul important et continu de leurs superficies et une dégradation catastrophique (Bendaanoun, 1996 a et b, 1998).

### ***Surpâturage, émondage et écimage, ébranchage***

De nombreuses pratiques illicites ont un rapport direct avec l'élevage et le parcours extensif et anarchique, et avec la collecte du bois de feu. Ces actions, à impacts négatifs très puissants, favorisent la désorganisation des structures de végétation à *Quercus* sp. pl. et conduisent au dépérissement des arbres et de peuplements à chênes jusque là épargnés par le défrichement.

Le surpâturage et la charge excessive et incontrôlée du cheptel accentuent la dégradation et le dépérissement des peuplements de chênes (matorralisation et thérophytisation des milieux). Cette situation est aggravée par l'émondage, l'écimage et l'ébranchage de peuplements entiers et sur des superficies immenses.

Ces pratiques anarchiques, couplées à l'abattage pur et simple des arbres sur pied et vifs, encore très limitées spatialement jusqu'à une époque récente, ont pris des proportions

alarmantes et effrayantes dans l'ensemble des chênaies marocaines mais surtout dans les subéraies et tauzaies (Rif, Mamora, Sehoul-Zaërs, Plateau Central, etc.).

### ***Gaulage et ramassage des glands, décapage des sols et incendies***

Ces pratiques provoquent des dégâts très graves et des blessures sur les arbres (gaulage) et s'opposent à la régénération naturelle, pourtant indispensable au maintien de la pérennité des chênaies marocaines.

Le décapage des sols, surtout en subéraie (Mamora, Rif y compris dans la « forêt diplomatique » située non loin de Tanger et les massifs de Larache à Ghaba Larache, Ghaba Khelifa, Khémis Sahel ...), accentue le déséquilibre des peuplements et leur dépérissement entraînant des modifications profondes des conditions écologiques du milieu, à la suite de la disparition des sols.

L'impact des incendies est plus ou moins marqué selon leur intensité et la nature des essences concernées. Ils sont fréquents dans le Rif Occidental, dans les forêts à chêne-liège du Tangérois et de la région de Chefchaouen ainsi que dans d'autres secteurs, rifains ou autres. Les dégâts qu'ils occasionnent sont très importants (affaiblissement et mortalité des arbres, détérioration du liège et perte économique, etc.).

### ***Labours et extension anarchique de l'habitat***

Les labours en forêt affectent les chênaies (subéraies, tauzaies, zênaies...) aussi bien en plaine (Mamora, Sehoul-Zaërs) qu'en montagne (Rif essentiellement, Bab Azhar au Moyen Atlas Oriental, Plateau Central). Par la désorganisation du milieu naturel et les blessures occasionnées aux arbres (élagage excessif, section des racines), les labours conduisent à une importante dégradation des peuplements à *Quercus* sp. pl. .

L'habitat anarchique en forêt est représenté par des constructions en dur mais aussi par des bidonvilles comme c'est le cas en forêts de la Mamora et Ben Slimane et leurs environs. Leur extension, localisée et rampante ou étendue selon les situations, devient un facteur de plus en plus important de la régression des forêts. En effet, l'occupation permanente de certains secteurs s'accompagne de défrichements plus ou moins étendus et de mutilations des arbres qui conduisent à leur dépérissement.

### ***La cannabiculture***

Pratiquée à grande échelle dans le Rif, la cannabiculture ou culture du chanvre indien (*Cannabis sativa* var. *indica*) appelé « Kif », constitue dans cette région un fléau majeur conduisant à la destruction systématique et à la régression accélérée des peuplements forestiers et en particulier des chênaies (subéraies, tauzaies, zênaies, certaines chênaies vertes, cocciferaies) et au dépérissement des arbres et des peuplements.

La cannabiculture à travers toutes les pratiques illicites qui l'accompagnent (défrichements, coupe des arbres, émondage et ébranchage, labour, élimination du sous-bois, incendies, écorçage et mutilations des assises protectrices sur toute la circonférence des arbres ...) est un facteur très puissant de mortalité des chênes et de disparition de superficies immenses qui n'ont cessé d'augmenter au cours de la dernière décennie. Les ravages les plus importants ont affecté les subéraies rifaines dans une première phase, puis ils se sont étendus à d'autres écosystèmes à chênes et plus particulièrement les tauzaies à *Quercus pyrenaica* dans une seconde phase (sols vierges et donc riches et fertiles).

## Impact des aménagements et traitements sylvicoles inadaptés ou mal réfléchis

### *Aménagements forestiers, agro-forestiers et sylvo-pastoraux*

Les chênaies qui ont été aménagées, et surtout les subéraies, ont subi de graves dommages à la suite des divers aménagements forestiers et sylvo-pastoraux non appropriés et mal réfléchis qui leur ont été appliqués. Ce genre de situation se rencontre en forêt et subéraie de Bouhsoussen dans le Plateau Central par exemple (Sassi Dey, 1992). Les modèles d'aménagements se sont basés sur divers travaux concernant les subéraies du Plateau d'Oulmès et de la Mamora (Boudy, 1950, Marion, 1955, 1957; Beaucorps et al., 1958; Lepoutre, 1967, etc.). Toutefois, ces aménagements n'ont pas été évolutifs et n'ont nullement tenu compte de la dynamique régressive des écosystèmes à *Quercus suber* qui révèle la détérioration profonde de leurs ambiances écologiques.

C'est la subéraie de la Mamora qui a supporté le plus lourd fardeau dans ce domaine. Ni les aménagements ou révisions d'aménagements qui lui ont été appliqués (aménagement Vidal en 1951-1954, Mission danoise en 1973-1992, opérations transitoires et aménagement agro-sylvo-pastoral actuel pour 1992-2011) n'ont permis la régénération de la subéraie de la Mamora ni même empêché son dépérissement et sa régression de plus en plus alarmants et catastrophiques (Bendaanoun, 1996, 1998; Ettobi, 1996).

De fait aucune stratégie d'aménagement des subéraies marocaines, à la fois dynamique et évolutive, n'a été élaborée en tenant compte à la fois du court et du long terme. Les objectifs retenus en matière d'aménagement des subéraies ont toujours été essentiellement à buts économiques (production maximale à court terme de liège mâle et de liège de reproduction).

Les causes essentielles du dépérissement de la Mamora sont liées aux traitements sylvicoles (taillis simple, futaies régulière et futaie sur souche) appliqués de façon irréfléchie et aux démasclages effectués dans de mauvaises conditions dans un grand nombre de peuplements (taux élevés de mortalité et de dépérissement des arbres). Ces erreurs sont consécutives à l'abandon des travaux en régie, réalisés par l'Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols (AEFCS), au profit d'entreprises privées peu et surtout non qualifiées (matériel de déliègeage et hachettes inadaptés, travail à la tâche engendrant le maximum de blessures aux arbres, chantiers de récoltes de liège le plus souvent abandonnés et sans surveillance de la part des forestiers et des entrepreneurs, etc.).

Les coupes à blanc étoc (conversion de la futaie en taillis), effectuées auparavant, ainsi que les coupes à culée noire en vue de la transformation de superficies très importantes de la Mamora en reboisements artificiels à base d'essences exotiques exigeantes d'un point de vue écologique (*Eucalyptus* sp. pl. et surtout *E. camaldulensis*, *Pinus pinaster* subsp. *atlantica*, *P. pinea*, *Acacia mollissima*) ont causé de graves dommages en Mamora. Ces opérations, en s'orientant vers les essences dites «à croissance rapide et d'intérêt économique» ont montré leurs limites au bout de quelques rotations ou révolutions. Les essences exotiques ont en effet exercé un très fort impact négatif sur les milieux de la subéraie (épuisement des ressources en eau et des nappes phréatiques, stérilisation des sols, désertification etc.). Leur introduction a donc conduit non seulement à la disparition en bloc de vastes superficies de chêne-liège mais provoqué d'importants déséquilibres à l'origine de l'accélération du dépérissement de ses peuplements. Les sécheresses, en tant que facteurs aggravants et même déclenchant (dans le cas de peuplements très perturbés et déséquilibrés sur les plans écologique et biologique), accélèrent les phénomènes de dépérissement et de mortalité du chêne-liège.

Quant aux aménagements agro-forestiers, à travers une agro-foresterie non ou très peu adaptée au contexte écologique marocain (théier en subéraie de Larache, cultures diverses en subéraies y compris dans la réserve de chasse royale d'Ain Johra en Mamora, arboriculture et



surtout oléiculture en forêts de chênes au Rif), ils ont aussi participé fortement au dépérissement des peuplements de chênes.

L'introduction du théier (*Camellia sinensis*) dans la région de Larache a généré des modifications négatives profondes des conditions du milieu (Abi, 1991). Espèce tropicale et subtropicale exigeante en humidité, sa culture a fait l'objet d'une irrigation par aspersion durant la période estivale chaude et sèche. Ces conditions, en nette contradiction avec le contexte écologique du chêne liège, essence méditerranéenne, ont conduit au dépérissement graduel des peuplements constitués essentiellement d'arbres âgés (Bendaanoun, 1996, 1998)

#### **Aménagements autoroutiers, urbanistiques et récréatifs**

Les aménagements autoroutiers, conduisent non seulement à l'élimination de surfaces importantes de subéraie (Mamora, forêts de Larache) mais provoquent aussi, dans certains secteurs, le dépérissement de grandes surfaces de peuplements. Ainsi, sur certaines sections, essentiellement au niveau des échangeurs, la barrière que constitue l'autoroute favorise l'accumulation prolongée des eaux de pluie, ce qui provoque la mort par asphyxie des peuplements avoisinants.

Quant aux aménagements urbanistiques (agglomérations, centres et complexes divers) et récréatifs, ils sont très souvent mal conçus et occupent des surfaces de plus en plus importantes en subéraie. Leur impact négatif direct, ou indirect à travers la mutilation des arbres, ne fait que croître d'année en année, favorisant là encore une dégradation croissante des forêts de chênes, leur régression et dépérissement.

#### **Conclusion**

Malgré la remarquable biodiversité des essences de chênes marocaines, de leurs écosystèmes et de leurs structures de végétation, l'impact des facteurs de détérioration des conditions écologiques des milieux a conduit et participe activement encore, à une dégradation et une régression effrayantes des chênaies et surtout des subéraies marocaines. Le dépérissement apparaît au niveau d'arbres isolés, par taches ou encore en bloc comme on l'observe actuellement en Mamora (mortalité en masse de peuplements entiers).

Les facteurs déclenchant et aggravant le dépérissement des chênes sont de nature illicite lorsqu'il s'agit d'activités anthropiques (coupes, émondage et écimage, surpâturage, etc.) qui conduisent à la détérioration de l'équilibre écologique des écosystèmes forestiers. Ces facteurs sont par contre de nature licite lorsqu'il s'agit d'aménagements forestiers et traitements sylvicoles, agroforestiers, agro-sylvo-pastoraux, sylvo-pastoraux, autoroutiers, urbanistiques, récréatifs etc., même s'ils conduisent à la même situation de perturbation, de recul et de dépérissement des forêts à *Quercus*.

Ces données montrent à l'évidence la gestion très déficiente des écosystèmes naturels à chênes et plus particulièrement des subéraies. Celles-ci, dans des situations fréquentes ou après des incendies, font l'objet de coupes à l'aide de scies à moteur ou de tronçonneuses. Ces engins, très déconseillés, causent de graves dégâts et de fortes mortalités, des chênes en particulier mais aussi, plus généralement, de toutes les essences feuillus rejetant de souche.

La délimitation forestière relancée récemment participe de manière directe ou indirecte à la régression des chênaies et de leurs structures de végétation comme au dépérissement des arbres et des peuplements à *Quercus* sp. pl. et plus particulièrement à *Quercus suber*.

Quant aux phénomènes de sécheresse, ils ne font qu'aggraver le déséquilibre des peuplements qui, affaiblis, deviennent alors plus sensibles aux attaques des insectes ravageurs et des champignons pathogènes.

Actuellement, la combinaison de l'ensemble de ces facteurs négatifs, générateurs de dépérissement dans les peuplements de chênes, a abouti dans le cas des subéraies et plus particulièrement de la Mamora, à une véritable catastrophe écologique qui va s'accroître sûrement davantage dans le futur, en raison de la détérioration forte et continue de leur milieu.

## Références

- Abi, M. 1991: Contribution à l'étude du système agro-forestier chêne-liège - théier. Cas de Larache. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 191 p.
- AEFCS/Mission danoise, 1973: Forêt de la Mamora. Procès-verbal d'aménagement. AEFCS, Rabat, 212 p.
- Barbéro, M., Quézel, P. & Rivas-Martinez, S. 1981: Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia* (Stuttgart) 9: 311-412.
- Beaucorps de, G., Marion, J. & Sauvage, Ch. 1958: Essai monographique sur une parcelle d'expériences dans la forêt de chêne-liège de la Mamora (Maroc). *Ann. Rech. For.* (Rabat) 4, 273 p.
- Bendaanoun, M. 1996a: Contribution à l'étude des facteurs écologiques, de l'impact de la dégradation et des aménagements sur la régénération des subéraies du Rif, du Moyen Atlas oriental et de la Mamora (Maroc septentrional). Séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège, 22-24 Octobre, 1996, Tabarka, 28 p.
- Bendaanoun, M. 1996b: La Maamora, un patrimoine national vital pour l'avenir de Salé et de la région. Journée d'étude « Sauvons la Mamora », ENFI/ABR/ME, Rabat-Salé, 28 p.
- Bendaanoun, M. 1996c: La forêt de la Mamora et sa subéraie : de la richesse floristico-écologique et biodiversité phytogénétique et écosystémique à la dégradation, régression et désertification. Journées du CERASE, Rabat, 44 p.
- Bendaanoun, M. 1998: Etude des facteurs écologiques, de l'impact de la dégradation et des aménagements sur la régénération des subéraies du Rif, du Moyen Atlas Oriental et de la Mamora. Actes des séminaires méditerranéens sur la régénération des forêts de chêne liège (Tabarka, du 22 au 24 /10/96). *Ann. INRGREF, N.S., Tunis*: 176-198.
- Boudy, P. 1950: Economie forestière nord-africaine. Tome deuxième. Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, fasc. I., 625 p.
- Camus, A. 1938: Les Chênes. Monographie du Genre *Quercus*. Tome I. Genre *Quercus*. Sous-genre *Cyclobalanopsis*. Sous genre *Euquercus* (Section *Cerris* et *Mesobalanus*). Paul Lechevalier, Paris, 686 p.
- Camus, A. 1939: Les Chênes. Tome II. Genre *Quercus*. Sous genre *Euquercus* (Section *Lepidobalanus* et *Macrobalanus*). Paul Lechevalier, Paris, 830 p.
- Emberger, L. 1939: Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc 1:1.500.000. Hans Huber, Bern, 258 p.
- Ettobi, M. 1996: Contribution à l'étude de la dynamique et du dépérissement du chêne-liège en Mamora. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, 130 p.
- Huguet Del Villar, E. 1949: Les *Quercus* de la Section *Gallifera* de l'Afrique du Nord. Travaux botaniques dédiés à R. Maire, Alger: 165-171.
- Jahandiez, E. & Maire, R. 1932: Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes). Tome 2, Minerva, Alger: 164-166.
- Lepoutre, B. 1975: Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. for.* (Rabat) 9: 1-88.

- Marion, J. 1955: Observation sur la sylviculture du chêne-liège dans le massif forestier Zaïan-Zemmour ou Plateau d'Oulmès (Maroc). Ann. Rech. for., Rabat., Rapports annuels 1953-1954, fasc. 2, 159 p.
- Marion, J. 1957 : Contribution à l'étude de la régénération du chêne liège par rejets de souches. Ann. Rech. For. (Rabat) 4: 25-63.
- Quézel, P. & Bonin, G. 1980: Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen. Constitution, écologie, situation actuelle, perspectives. Rev. For. Fr, 32, pp : 253-268.
- Quézel, P., Barbéro, M., Benabid, A. & Rivas-Martinez, S. 1992: Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Maroc oriental. Studia Botanica 10: 57-90.
- Sassi Dey, B. 1992 : Contribution à l'évaluation économique d'un projet d'aménagement sylvo-pastoral : Cas de la Commune rurale de Moulay Bouazza (Khénifra). Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, 109 p.
- Sauvage, Ch. 1961: Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Trav. Inst. Chérif., Rabat, Série Bota. 21: 1-462.
- Vidal, P. 1950: Procès-verbal d'aménagement de la forêt de la Mamora. Arch. Adm. des Eaux et Forêts du Maroc, Rabat, 68 p.
- Zine El Abidine, A. 1987 : Application de l'analyse multidimensionnelle à l'étude taxinomique et phytoécologique du chêne zeen (*Q. faginea lamk. s.l.*) et de ses peuplements au Maroc. Thèse de docteur-ingénieur, Université Aix-Marseille III, 127 p.

### **Impact of decline factors, socio-economic environment and forest planning on Moroccan oak forests**

**Abstract:** In spite of their taxonomic et ecological biodiversity, the Moroccan oak forests are actually in perturbing and even dramatic condition in almost all their distribution areas (Rif particularly, Mamora, Central Plateau, Middle Atlas, High Atlas, High Plateaux). Gradual degradation and destruction of the forests, disruption of their environments and resulting oak decline, which increased with episodic and prolonged droughts, induce a more or less rapid regression of the oak forests and even their disappearance in several Moroccan countries. Oak decline is indissociable from an unfavourable socio-economic environment with its punishable practices, but also from various inappropriate and unconsidered forest planning. This reveals the ecological disaster which Moroccan oak forests suffer and which induces the complete disappearance of natural oak regeneration. This situation is totally at variance with the ideas and the aims of the durable development of agro-forest ecosystems.

**Key words:** *Quercus*, biodiversity, oak decline, degradation, forest planning, forestry, Morocco

## **Stratégie de protection de la subéraie de la Mamora**

**Mohammed El Yousfi**

*Direction provinciale de l'Agriculture, Ministère du Développement Rural et des Pêches Maritimes. BP 71, Chicaoua, Maroc.*

**Résumé:** L'état de santé de la subéraie de la Mamora, déjà affecté lors de la prise en main de cette forêt par l'Administration forestière en 1914, s'est détérioré continuellement sous la pression de nombreux facteurs négatifs. Les différentes stratégies mises en œuvre n'ont pas permis de freiner la dégradation de la forêt, qui a perdu plus de 70 000 ha de peuplement naturel, entre 1918 et 1982. La régression de la forêt se poursuit de nos jours du fait de son mauvais état phytosanitaire et de la forte pression humaine. La sauvegarde de la subéraie nécessite une nouvelle stratégie d'aménagement, tenant compte des changements profonds intervenus dans l'écosystème, et privilégiant la conservation et la protection des arbres sur pied ainsi que la reconstitution d'une partie des peuplements de chênes perdus. L'élaboration d'un plan de sauvetage de la Mamora et d'un planning des interventions revêt désormais un caractère urgent.

**Mots clés:** subéraie, Mamora, aménagement forestier, dégradation, dépérissement

### **Introduction**

Lors de sa prise en main par l'Administration forestière en 1914, la forêt était ravagée par les défrichements, les écorçages, et les incendies. Sans les coupes de « sauvetage » effectuées alors, la superficie de la subéraie aurait probablement été encore plus réduite. A l'issue de la deuxième guerre mondiale, Boudy (1948), considérant que la subéraie était surexploitée, proposait sa mise en repos pendant 40 ans, surtout après les prélèvements abusifs faits pour satisfaire les besoins de l'armée en bois et charbon. Mais pressée par les besoins financiers, l'Administration n'a pas pris en considération cette menace et a intensifié l'exploitation au détriment de l'équilibre et la santé de la forêt.

Parallèlement la population des provinces voisines a triplé entre 1960 et 1990. Le cheptel paissant en forêt a exagérément augmenté: la charge pastorale étant 4 fois supérieure aux possibilités herbagères de la Mamora, le recours à la ramée pour combler le déficit, est devenu une pratique courante. Les perturbations profondes résultant de cette gestion ont rendu les chênes-lièges plus sensible aux autres facteurs de dégradation comme la sécheresse, les maladies et prédateurs, et la Mamora s'en est trouvée appauvrie en superficie et en densité: de nos jours 60 % des arbres sont malades et 10 % meurent chaque année. Certains scientifiques forestiers prévoient la disparition du chêne-liège dans les 20 prochaines années et, à notre avis, leurs prévisions doivent être prises très au sérieux si rien n'est fait pour freiner la dégradation actuelle. Cet article se propose de faire un bilan des principales causes de régression du chêne-liège en Mamora et de donner quelques éléments à prendre en compte dans l'élaboration d'une nouvelle stratégie d'aménagement et de protection.

## Les causes de régression du chêne-liège en Mamora

Les principaux facteurs de dommages sont connus par les travaux d'aménagement et des scientifiques forestiers; nous en avons fait l'inventaire et l'analyse en 1982 dans le cadre du projet Gharb-Mamora (El Yousfi, 1995).

L'Homme est le principal agent de dégradation: défrichements, gaulage, écorçages, écimages sont des opérations délictueuses ou autorisées qui ont fortement appauvri et mutilé la subéraie. L'aridité climatique naturelle et surtout les sécheresses exceptionnelles contribuent aussi à l'affaiblissement et au dépérissement des chênes. Mais leur impact s'est accru durant les 3 dernières décennies à cause de la surexploitation de l'eau, du sol et de la végétation, qui a engendré de profonds changements dans l'écosystème.

Le chêne-liège subit l'attaque de phyllophages qui, par les défeuillaisons qu'ils provoquent, causent des pertes de production de bois et de liège (40 %) mais aussi de glands pendant au moins une année. *Lymantria dispar*, le plus important ravageur du chêne-liège au Maroc, défeuille à lui seul, périodiquement depuis 1927, des milliers d'hectares par an. Outre les pertes de production, ces défeuillaisons en affaiblissant les arbres, les prédisposent aux attaques de parasites de faiblesse. Plus de 40 espèces d'insectes et de champignons xylophages s'attaquent ainsi au chêne-liège. Parmi les plus importants, citons le Charbon *Hypoxylon mediterraneum*, le Platype *Platypus cylindrus* et le Grand Capricorne *Cerambyx cerdo*, dont les dégâts s'observent dans l'ensemble de la forêt.

Plusieurs causes sont intervenues pour empêcher la reconstitution de la subéraie :

- l'insuffisance des programmes de régénération et le faible taux de réussite des plantations (moins de 20 %), même en l'absence d'anthropisation, explique le bilan négatif actuel: sur les 70 000 ha de chênes perdus entre 1914 et 1982, moins d'un millier d'hectares a pu être reconstitué. Le reste a été dans sa quasi totalité reconverti en essences exotiques, (pins, eucalyptus).
- l'abandon de la régénération par rejet de souche, liée à la crainte d'une perte d'ensouchement estimée entre 30 et 60 %.

## La stratégie d'aménagement suivie en forêt de la Mamora

Les éléments de stratégie pour la gestion de la subéraie figurent dans les différents plans d'aménagement, dont le 1<sup>er</sup> fut élaboré en 1951 et le dernier en 1992 (Vidal, 1950; AFCS 1973). Ces plans, qui classaient la Mamora parmi les forêts productives, ont toujours privilégié la productivité mais ils considéraient aussi la conservation et la pérennité comme des objectifs importants. Les moyens mis en œuvre pour atteindre ces objectifs ont été:

- la réalisation d'une infrastructure pour la surveillance et la gestion (batiments, pistes, tours d'incendie)
- des tentatives de régénération: les premières remontent aux années 1950 (Marion, 1957; DeBeaucorps et al., 1958; Lepoutre, 1975)
- des essais d'amélioration pastorale sur une superficie réduite.
- un suivi depuis 1927 de l'évolution des populations *L. dispar* (Fraval, 1989); l'introduction d'un oophage actif *Ooencyrtus kuvanae* dans les années 30 (DeLépiney, 1930), des traitements chimiques en 1954 et des traitements biologiques à l'aide de la bactérie *Bacillus thuringiensis* depuis 1980 (Fraval et Villemant, 1995; 1989; Hamdaoui, 1995).
- des recherches pour une meilleure connaissance des insectes et des champignons, ainsi que des études écologiques et sylvoicoles (Villemant & Fraval, 1991; El Hassani et al., 1994; Bakry & Abourouh, 1995).

- l'exécution de programmes d'exploitation du liège et du bois, ainsi que des programmes de reconversion de la forêt en eucalyptus et en pins.  
Plus récemment, de nouvelles réalisations ont vu le jour:
- l'organisation de réunions de réflexion sur la sauvegarde de la Mamora.
- la création d'une réserve en vue de sensibiliser le public sur l'importance et l'utilité de ce précieux espace.

Sans ces différentes réalisations la Mamora aurait probablement perdu encore plus d'arbres. Cependant, l'examen de l'évolution des superficies et de l'état de la forêt permet de conclure que les objectifs principaux, la conservation des arbres sur pied et la reconstitution des peuplements perdus, n'ont pas été atteints: Sur les 130 000 ha de forêt naturelle, il en reste de nos jours moins de 60 000 ha. Actuellement, l'état de santé de la subéraie est plus préoccupant que jamais. En plus d'un dépeuplement croissant et continu, les chances de remise en état de la forêt s'amenuisent.

### **Eléments pour une stratégie de protection de la Mamora**

L'aménagement de la subéraie, actuellement en révision doit s'intéresser en priorité à la protection et à la conservation. Ce qui reste de la subéraie ne peut plus être considéré comme étant à dominante productive. Il faut oeuvrer à la réalisation de deux principaux objectifs:

- conduire la subéraie vers un état qui lui confère plus de vigueur et de capacité d'autodéfense face aux diverses agressions
- donner la priorité effective à la reconstitution des peuplements de chêne-liège.

#### ***Protection et conservation de la subéraie***

Les principaux moyens à mettre en œuvre sont les suivants :

- la réalisation d'un réseau de surveillance. Si la subéraie fait l'objet de suivi régulier de l'impact humain (défrichement, incendies, écimages), l'impact des autres facteurs de dommages (parasites, sécheresse, vieillissement des arbres, ) reste à évaluer. D'où la nécessité d'installer un système de suivi des dommages pour connaître l'évolution spatio-temporelle de la forêt.
- des études et des recherches doivent être entreprises avant la mise en oeuvre de toute action en matière de sylviculture, de surveillance et de protection phytosanitaire, ou d'amélioration de la fertilité des sols. Les recherches antérieures doivent être revues ou recommencées afin de tenir compte des changements profonds intervenus en Mamora.
- des études et essais récents ont permis la réalisation depuis 1981 de campagnes de lutte contre le principal défoliateur *Lymantria dispar*. Les résultats de ces campagnes doivent être améliorés par des prévisions fiables de l'évolution des populations du ravageur.
- l'amélioration des connaissances sur les insectes xylophages et ryzophages et sur les champignons entomopathogènes est nécessaire pour entreprendre des campagnes de traitement à l'instar de celles réalisées contre les défoliateurs. La recherche des relations parasites-hôtes définira le mode de sylviculture, d'aménagement de protection à adopter.
- l'intégration de l'homme, élément de l'écosystème, dans la gestion et l'aménagement de la subéraie est indispensable. Le partenariat entre les différents départements publics, la société civile et les élus est une voie à explorer pour tenter d'atténuer l'impact de la population sur la subéraie. Il faut sensibiliser le public et associer les populations locales aux stratégies de protection en intégrant dans les aménagements forestiers des actions de développement des zones périforestières mais aussi en favorisant l'intensification des cultures

fourragères, l'amélioration de la conduite des troupeaux et l'amélioration d'une manière plus générale des revenus des riverains.

### **Reconstitution des peuplements de chêne-liège**

La reconstitution d'une partie de la subéraie doit passer par un plan de régénération et de rajeunissement ambitieux, qui doit englober en plus du planning spatio-temporel, des solutions aux problèmes du parcours et des contraintes techniques.

### **Références**

- AEFCS/Mission danoise, 1973: Forêt de la Mamora. Procès-verbal d'aménagement. AEFCS, Rabat, 212 p.
- Bakry, M. & Abourouh, M. 1995: Dépérissement du chêne liège au Maroc : Etat des connaissances et perspectives. IOBC wprs Bull. 18: 50-55.
- Boudy, M. 1948: Economie forestière nord africaine . I . milieu physique et milieu humain . Larose, Paris, 686 p.
- DeBeaucorps, G., Marion, J. & Sauvage, Ch. 1958: Essai monographique sur une parcelle d'expériences dans la forêt de chêne-liège de la Mamora (Maroc). Ann. Rech. For., Rabat, 4, 273 p.
- El Hassani, A., Graf P., Hamdaoui, M., Harrachi, K., Messaoudi, J., Mzibri, M. & Stiki, A. 1994: Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Royaume du Maroc, Ministère de l'Agriculture et de la mise en Valeur Agricole, 203 p.
- El Yousfi, M., 1995: Contraintes exercées sur le chêne-liège au Maroc. Exemple de la Mamora. IOBC wprs Bull. 18: 43-49.
- Fralval, A. ed. 1989: *Lymantria dispar*. Actes Editions, Rabat, 220 p.
- Fralval, A. & Villemant, C. 1995: La lutte biologique contre le Bombyx disparate *Porthetria dispar* (L) (Lep. Lymantriidae) au Maroc. IOBC wprs Bull. 18: 83-86.
- Hamdaoui M., 1995: Surveillance et lutte contre le bombyx disparate au Maroc. IOBC WPRS Bull. 18: 100-103.
- Lepoutre, B. 1975: Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora. Ann. Rech. For., Rabat, 9: 1-88.
- Marion, J. 1957: Contribution à l'étude de la régénération du chêne liège par rejets de souches. Ann. Rech. For., Rabat, , 4, fasc. 1: 25-63.
- Vidal, P. 1950: Procès-verbal d'aménagement de la forêt de la Mamora. Arch. Adm. des Eaux et Forêts du Maroc, Rabat.
- Villemant, C. & Fralval, A. 1991: La faune du chêne-liège. Actes Editions, Rabat, 336 p.

### **Protection strategy of the Mamora cork oak forest**

**Abstract:** The state of health of the Mamora cork oak forest, already poor when the forest passed into the hands of the forest Administration in 1914, is continuously worsening due to the influence of numerous negative factors. The different strategies conducted did not enable the reduction of the degradation of the forest, which lost more than 70 000 ha of natural stands between 1918 and 1982. Forest regression is actually continuing because of its bad phytosanitary conditions and of the strong human pressure. A new planning strategy for the safety of the cork oak forest is required taking into account the important modifications sustained by the ecosystem. This strategy also has to privilege

conservation and tree protection as well as the reconstitution of part of the lost stands. It has now become urgent to draw up the new safeguard plan as well as an intervention program.

**Key words:** cork oak forest, Mamora, forest planning, degradation, decline



## L'aménagement sylvo-pastoral: un outil pour un développement durable des ressources forestières

**Mustapha Naggar**

*Administration des Eaux et Forêts. Rabat-Chellah, Maroc*

**Résumé:** La forêt marocaine s'étend sur près de 9 millions d'hectares, les formations forestières les plus importantes sur le plan pastoral étant les chênaies vertes (1 300 000 ha), l'arganeraie (300 000 ha) et la subéraie (350 000 ha). La production pastorale en année normale est d'environ 1,5 à 2 milliards d'unités fourragères soit environ 17 à 20 % du bilan fourrager national. Cependant, l'utilisation pastorale de la forêt ne se limite pas au pâturage sur la strate herbagère, mais s'étend à des écimages anarchiques et généralisés de la strate arbustive et arborescente notamment lors des années de sécheresse, en période de soudure (fin d'été et automne) et lors des périodes de neige dans les zones de montagne. Les répercussions de ce pâturage sont très négatives sur la régénération naturelle, le devenir des écosystèmes forestiers et la conservation de leurs ressources. L'aménagement sylvo-pastoral offre un cadre et un outil indispensables à la sauvegarde des écosystèmes forestiers. L'aboutissement de ces objectifs, à moyen et long terme, n'est possible que par une adaptation des aménagements aux besoins réels des populations riveraines et par la sensibilisation de ces populations aux enjeux environnementaux liés à la protection des ressources forestières.

**Mots clés:** stratégie d'aménagement, développement durable, protection, pâturage, forêts, *Quercus*, Maroc

### Introduction

La forêt méditerranéenne se caractérise par une grande hétérogénéité qui a favorisé l'apparition de nombreuses espèces forestières et a permis la constitution de multiples formations végétales. Elle demeure cependant soumise à un climat irrégulier et à des perturbations fréquentes qui entraînent une certaine fragilité de ses écosystèmes. Cette situation se complique davantage du fait de l'extension des activités humaines en forêt telles que l'agriculture, l'élevage, l'urbanisation qui conduisent inéluctablement au recul du couvert forestier et à la réduction de sa biodiversité initiale.

Les civilisations méditerranéennes sont connues depuis toujours par la maîtrise de l'eau, la domestication des céréales et des petits ruminants. L'élevage extensif, majoritairement représenté par un cheptel de petits ruminants de races locales rustiques, constitue une tradition et une activité socio-économique vitale pour les populations rurales de cette région. Dans leur état actuel, les parcours forestiers ne sont en effet exploitables que sous une forme extensive impliquant une grande mobilité des troupeaux (transhumance, nomadisme) qui bénéficient ainsi de la complémentarité entre les différentes zones de pâturage: forêt, parcours hors forêt et zones agricoles.

De part et d'autres de la Méditerranée, le milieu rural se caractérise par des situations contrastées: la raréfaction des populations rurales au nord s'oppose aux fortes densités humaines des zones montagneuses du Maghreb à l'origine d'une surexploitation des ressources naturelles. Dans un cas comme dans l'autre, les conséquences environnementales préoccupent aujourd'hui les pouvoirs publics. En Europe méditerranéenne on redoute les

incendies de forêts favorisés par l'abandon des activités agro-pastorales et l'enfrichement tandis qu'au Maghreb on s'inquiète de la dégradation du milieu marquée par le recul des forêts et par l'ampleur des problèmes d'érosion qui en découlent. Cet article se propose d'analyser la problématique, les enjeux et les moyens nécessaires à la mise en oeuvre d'aménagements sylvo-pastoraux dans une perspective de développement durable.

### **Problématiques et enjeux**

Dans un contexte international où les préoccupations environnementales s'imposent de plus en plus face aux objectifs purement économiques, la notion de développement durable a progressivement émergé pour exprimer la nécessité d'une conciliation entre objectifs de développement et préservation du milieu. La conférence de Rio en 1992 a été l'occasion d'un véritable débat à l'échelle mondiale et a contribué à la prise en considération des enjeux économiques et environnementaux. L'approche globale des problèmes dans un territoire donné, en vue de concilier objectifs de développement et préservation de l'environnement, n'est pas encore dans les habitudes et de nombreuses difficultés, notamment d'ordre méthodologique, sont apparues. La notion de durabilité associée à celle de développement implique nécessairement des approches prenant en compte le long terme.

Selon la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (CMED, 1988), le développement durable se définit comme « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs* ». Cette définition implique une notion de solidarité « *le développement durable signifie la satisfaction des besoins élémentaires de tous, et pour chacun la possibilité d'aspirer à une vie meilleure* ». Par ailleurs, il importe de mettre l'accent sur la dimension spatiale et territoriale de la durabilité, impliquant une approche globale des différentes composantes (aspects sociaux, économiques, démographiques, écologiques).

### ***Le sylvo-pastoralisme et la problématique globale du développement durable***

La question principale peut être formulée ainsi: « Quelle approche envisager, pour des écosystèmes forestiers en difficulté, dans une perspective de développement durable ? ». Cette question peut être reformulée à l'aide de 3 autres questions :

- Comment assurer la gestion de l'espace pastoral sans nuire à la pérennité et à la régénération des forêts naturelles ?
- Quelles tentatives d'intervention ont eu lieu et quels enseignement peut-on en tirer ?
- Quelle approche globale proposer et mettre en oeuvre pour surmonter les obstacles mis en évidence ?

Les programmes de développement de l'économie forestière ne peuvent être dissociés du contexte de leurs utilisateurs (populations riveraines), de leurs attentes, ni de la dynamique d'évolution de l'environnement rural et agricole. Ainsi, le principe de durabilité des ressources implique un dialogue et une concertation permanente avec les usagers. Les réflexions sur les principes d'une gestion participative des ressources sylvo-pastorales sont assez récentes. Dans une première phase, il faut tenter de comprendre comment et où apparaissent les conflits d'usage, mettre l'accent sur la résolution positive de ces conflits et rechercher les conditions pour que les négociations et concertations avec les usagers se réalisent et soient efficaces. La gestion participative reçoit actuellement un regain d'intérêt: on a constaté en effet qu'elle permet la réalisation des objectifs traditionnels de gestion collective de l'espace forestier et une plus grande justice sociale en faveur des populations rurales des zones péri-forestières.

## **Le pastoralisme en forêt**

### ***Importance des parcours***

Les formations les plus importantes sur le plan pastoral sont les chênaies vertes (1 300 000 ha), l'arganeraie (820 000 ha), la subéraie (350 000 ha) et les nappes alfatières de l'oriental (3 155 000 ha). Les formations à intérêt pastoral sont le plus souvent situées dans des bioclimats semi-arides à arides et sur des sols peu évolués à squelettiques, dont on tire une production pastorale limitée à moins de 200 UF/ha.

Globalement, la production pastorale des forêts en année normale est d'environ 1,5 milliards d'unités fourragères soit environ 17 à 20% du bilan fourrager national; elle peut atteindre jusqu'à 80% du bilan fourrager dans certaines forêts du Haut-Atlas. L'effectif du cheptel pâturant en forêt s'élève à 10 millions de têtes soit environ 45% du cheptel national. Ainsi, la pratique de l'élevage constitue la principale activité des populations riveraines des forêts. Les faciès pastoraux caractérisant les écosystèmes naturels restent soumis à de multiples contraintes d'ordre naturel et social. Ces contraintes pèsent lourdement sur la gestion de cet espace pastoral et entravent le plus souvent les démarches de développement qui y sont entreprises.

Les études sylvo-pastorales entreprises dans les différentes régions forestières ont permis de mettre en évidence différents indicateurs de l'état de dégradation de l'espace pastoral:

- le surpâturage: l'effectif du cheptel pâturant à longueur d'année en forêt représente 10 millions de têtes; il engendre une charge pastorale dépassant 3 à 5 fois la possibilité herbagère de la forêt (- 200 UF/ha);
- la généralisation des pratiques d'écimage au niveau des strates arborée et arborescente, notamment en hiver dans la montagne (période de neige) et à la fin de l'été et en automne dans les forêts de plaine et du Plateau Central;
- l'extension du parcours sur toute l'étendue de la forêt et le non respect des mises en défens empêchent l'installation des jeunes semis et la régénération naturelle de la forêt;
- le manque d'organisation des éleveurs: l'utilisation des parcours se fait sans aucune limitation de charge, la sauvegarde des formations forestières doit passer impérativement par l'encadrement et l'organisation collective du parcours en forêt.
- la faible productivité des systèmes d'élevage extensif associés à la forêt.

### ***Problématique du parcours en forêt***

La pratique du parcours en forêt se réfère à des concepts traditionnels de l'élevage extensif et à une utilisation collective des ressources pastorales. Par le passé, ces pratiques reposaient sur la complémentarité des différents espaces de parcours en forêt et hors forêt (transhumance, nomadisme) et les collectivités imposaient des mises en défens temporaires (Agdal) pour régénérer les parcours et prolonger la période de pâturage.

Depuis la promulgation de la loi forestière en 1917, le parcours en forêt est reconnu comme un droit d'usage dévolu aux populations riveraines, et obéit à des règles administratives d'exploitation (inscription au parcours, paiement des redevances pour le cheptel excédentaire du troupeau familial, interdiction du parcours dans les mises en défens qui ne peuvent excéder 20% de la superficie totale du parc). De même le Dahir du 20 septembre 1976, relatif à l'organisation de la participation des populations au développement de l'économie forestière, donne au conseil communal la responsabilité de l'organisation du parcours et incite la commune à investir et promouvoir le sylvo-pastoralisme.

La mise en application sur le terrain des dispositions prévues par ces textes s'est trouvée confrontée à de sérieuses difficultés, notamment:

- l'ampleur des parcs pastoraux qui peuvent compter jusqu'à 12 000 usagers, ce qui rend difficile voire aléatoire l'organisation de l'exercice du parcours;
- le droit du parcours révolu en tant que droit d'usage est perçu par les éleveurs comme un droit acquis et il est exercé généralement sans se soucier du renouvellement de la ressource pastorale considérée comme inépuisable;
- l'absence de mesures d'accompagnement (points d'eau, piste pastorale, aliments subventionnés) pour initier des projets de sylvo-pastoralisme.

### ***L'aménagement sylvo-pastoral.***

L'aménagement sylvo-pastoral vise à rétablir la dynamique de l'écosystème par l'intégration dans un programme cohérent des techniques visant à la réhabilitation et à l'amélioration de la production des parcours et celles permettant la conservation des ressources en eau et en sol tout en favorisant l'amélioration des revenus des populations rurales.

Les projets ont cependant évolué au fil des années dans leur formulation et leur mise en oeuvre. Au cours des années 60, les centres d'intérêt portaient surtout sur l'apprentissage des techniques d'évaluation des ressources naturelles en vue d'accroître la production pastorale. La décade suivante vit au contraire l'émergence de projets plus intégrés, ayant le souci d'analyser le parcours dans un contexte plus général du système agraire. Mais ce n'est qu'au cours des années 80 que les notions de développement participatif et de négociations avec les populations concernées ont timidement fait leur apparition. Sur ce plan, on dispose donc de références intéressantes dans les régions où des projets se sont mis en place: Bouhsoussen, Ait M'hamed, Mamora, Gef, Rif, etc.

### **Etude d'un cas: le projet sylvo-pastoral de Bouhsoussen**

#### ***Présentation du projet***

La chênaie verte de Bouhsoussen a été retenue comme zone pilote pour l'organisation des éleveurs et du parcours en forêt. La zone de Bouhsoussen (province de Khénifra) est située du milieu du Plateau Central. Elle s'étend sur près de 106 900 ha dont 70 000 ha de forêt. La zone reçoit des précipitations moyennes annuelles de 550 à 660 mm.

La majorité des peuplements sont des formations à chêne vert qui présentent de nombreux stades de dégradation. Le chêne-liège reste localisé sur les pentes exposées au Nord et à l'Est et se trouve presque toujours en mélange avec le chêne vert. Le thuya qui forme des peuplements bienvenants par endroits subit souvent l'attaque de l'homme. Dans cette zone, l'activité d'élevage prédomine et l'effectif du cheptel s'élève à 550 000 têtes (300 000 ovins; 200 000 caprins; 50 000 têtes bovins). Sur ces bases, le projet d'aménagement sylvo pastoral conçu pour cette zone, a préconisé les opérations suivantes:

- la mise en valeur de l'espace pastoral sur environ 20 000 ha par des actions de clôture et de mise en défens rotative, des ensemencements à base d'espèces pastorales productives et la plantation d'arbustes fourragers susceptibles de créer des réserves fourragères mobilisables, particulièrement en période de sécheresse, ceci afin de limiter la pression et les écimages que subissent les peuplements forestiers.
- l'organisation de l'utilisation de l'espace pastoral par l'installation d'une clôture et l'initiation des éleveurs à un système de rotation adapté au calendrier fourrager du cheptel.
- la conduite des peuplements de chêne vert en futaie pastorale par une réduction dosée du couvert forestier dans le but de favoriser la production herbagère.

### ***Approche participative et organisation des éleveurs***

Parallèlement aux techniques d'amélioration des ressources pastorales entreprises depuis les années 80, les investigations en vue de l'organisation des éleveurs ont été toujours inscrites dans les plans d'action, bien que ces tentatives soient demeurées timides. Ainsi, depuis les premières années d'exécution au projet, 17 groupements sylvo-pastoraux ont été identifiés suivant les différents parcs de parcours en tenant compte des diverses fractions usagères de la forêt de Bouhsoussen. Ces fractions sont au nombre de six: Bouazzaouine, Ait Rahou, Mbarkiyine, Ait Boukhayou, Ait Chouah et El Hammara. Cette forme d'organisation informelle (groupements) a constitué un terrain de concertation durant environ 15 années entre le service forestier, la commune, l'autorité locale et les usagers.

Les diverses tournées, réunions et campagnes de sensibilisation réalisées à l'échelle de Bouhsoussen, ajoutées à l'importance des investissements alloués à cette forêt, ont permis une prise de conscience des autorités locales et des communes sur la nécessité de s'associer davantage aux efforts de développement de l'économie forestière de la zone. Cette prise de conscience des différents partenaires concernés s'est concrétisée par la volonté de mettre en place un cadre organisationnel susceptible d'assister les services techniques dans la gestion de l'espace pastoral et dans l'utilisation collective des ressources. Elle a favorisé en outre l'arrivée dans la zone d'investissements et d'aides aux éleveurs. A partir de 1994, il a été convenu d'un commun accord de transformer 7 des 17 groupements pastoraux existants en coopératives pastorales, la sélection de ces 7 groupement étant basée sur leur degré de maturité. Les sept coopératives constituées sont:

- Commune Rurale de Moulay Bouazza (fraction Bouazzaouine): trois coopératives dénommées El Houria, Rahma Haddou et Chorfa Bouazzaouine.
- Commune Rurale Sebt Ait Rahou (fraction Ait Rahou): deux coopératives pastorales, Tissir et Tissir Allah.
- Commune Rurale Bouhsoussen (fraction M'barkiyine): deux coopératives pastorales, Najah Chorfa et Lambarkiyine.

Le projet Bouhsoussen et les diverses démarches entreprises ont permis en outre de sauvegarder la forêt de chêne vert qui, comparativement aux autres forêts de la région, s'est trouvée soumise à pression humaine et pastorale beaucoup plus faible. Les acquis de cette expérience méritent d'être constamment enrichis et voire même étendus aux autres chênaies vertes du Moyen Atlas - Plateau Central.

### **Eléments de base d'une stratégie sylvo-pastorale**

L'intégration de l'approche sylvo-pastorale dans le processus de développement des régions forestières est relativement récent. Son application au niveau des projets de développement forestier est le résultat de la volonté des pouvoirs publics d'associer étroitement les populations rurales et de leur reconnaître un rôle actif dans la gestion directe des ressources forestières. Sur le terrain, la mise en oeuvre de cette approche participative dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions agro-écologiques et socio-économiques, et le degré de préoccupation des usagers par rapport au problème de la gestion des ressources naturelles.

L'expérience vécue dans le projet pilote de Bouhsoussen a permis, dans une première phase, de dégager les éléments de base d'une stratégie sylvo-pastorale participative permettant une gestion durable des ressources forestières et de l'espace pastoral sous forêt. Cette stratégie repose sur les axes suivants:

- la connaissance du contexte agricole des zones péri-forestières,

- l'organisation des populations et l'initiation à l'approche participative.
- la sensibilisation des usagers aux enjeux environnementaux et
- la vulgarisation forestière.

### ***Le contexte agricole des zones péri-forestières***

Il est important de signaler que dans les pays du Maghreb, l'économie rurale repose sur l'agriculture pluviale et l'élevage extensif des petits ruminants. La grande majorité des paysans (80%) sont de petits agriculteurs (SAU < 5 ha) et/ou de petits éleveurs (< 20 UPB). Les productions agricoles et animales sont caractérisées par des résultats aléatoires, liés aux conditions pluviométriques qui sont éminemment variables d'une année à l'autre. Ainsi, la capacité d'investissement des producteurs ruraux reste très limitée et par conséquent les démarches de développement à entreprendre dépendent dans une large mesure des apports de l'état.

Par ailleurs, la mise en oeuvre d'un programme de développement et d'une discipline pastorale en forêt nécessite une connaissance préalable et précise des sociétés usagères de la forêt et de ce qu'elles attendent des programmes de développement proposés. Le point de vue des communautés pastorales est recherché et pris en compte; seules des technologies simples, peu coûteuses, et s'inspirant des traditions seront mises en oeuvre dans le cadre des parcs pastoraux identifiés, qui sont généralement utilisés par un même groupement humain (douar, fraction, tribu).

L'espace, où le droit de parcours d'un groupe social donné est reconnu sans contestation, est appelé « parc ». Il constitue l'unité de mise en valeur sylvo-pastorale où seront entreprises les actions planifiées par la stratégie d'aménagement avec l'appui des populations dont l'adhésion voire la contribution à l'entretien des investissements auront été acquises par une sensibilisation préalable.

### ***Organisation des populations et initiation à l'approche participative***

Les rapports de la structure sociale à l'espace sont régis par un ensemble de règles coutumières qui dépendent des types d'espaces et de leur statut, des usages et des degrés de cohésion sociale correspondants. Les parcs de parcours sont détenus par les tribus, mais dans la pratique chaque fraction à une mouvance territoriale propre et utilise de manière privilégiée certaines zones de parcours. Notons que les frontières de cette mouvance sont souvent peu marquées, et que les pratiques d'utilisation au sein d'une tribu peuvent varier d'un groupe social à l'autre, et d'une année sur l'autre selon les aléas climatiques et l'état de la végétation du parcours. Dans l'ensemble, un rapport étroit existe entre l'organisation sociale et l'organisation de l'espace pastoral notamment pour son utilisation et la pratique du nomadisme ou de la transhumance.

De ce fait, les systèmes traditionnels d'utilisation et de gestion des parcours sont complexes. Cette complexité a été fatale pour plusieurs programmes de développement pastoral dans les pays du Maghreb et même dans le monde. La compréhension du fonctionnement de ces systèmes devient un préalable à l'organisation des éleveurs pour une gestion rationnelle de l'espace pastoral. C'est pourquoi, plusieurs tentatives de constitution de groupements et de coopératives pastorales au Maroc, d'associations d'intérêt collectif en Tunisie se sont inspirées des traditions pastorales et de l'organisation sociale existante.

La constitution des groupements se base sur :

- l'adhésion consensuelle de l'ensemble des éleveurs à l'esprit de l'entité créée au niveau local,

- la participation effective de ces entités au processus de planification, de programmation et de mise en oeuvre des actions arrêtées,
- le partage des responsabilités dans la prise des décisions avec les acteurs des projets (chercheurs, gestionnaires du domaine forestier, autorité locale),
- la prise en charge progressive par ces entités des frais occasionnés par la mise en valeur et la maintenance des investissements.

Comme il s'agit d'améliorer l'efficacité du système de production, de responsabiliser les éleveurs et de les organiser, cette phase peut être longue et difficile. Elle nécessite l'initiation des populations aux principes du développement participatif.

### ***Sensibilisation aux enjeux environnementaux et vulgarisation forestière***

Les investigations entreprises lors de l'étape analyse et diagnostic vont permettre de clarifier de manière précise les modalités d'exploitation et de gestion des ressources naturelles au niveau du parc forestier identifié. Cette analyse introduit la nécessité de sensibilisation des usagers aux enjeux environnementaux. Pour ce faire, ces efforts doivent déboucher sur la prise de conscience par les usagers eux mêmes de leurs rôles et responsabilités dans la gestion passée et future de leur milieu naturel.

Les actions de sensibilisation doivent amener les populations à s'investir dans la sauvegarde des ressources forestières qui constituent directement et indirectement pour elles une importante source de revenus. Elles doivent également favoriser la prise en charge progressive par les populations des frais d'entretien et de maintenance des investissements à caractère forestier.

Pour ce faire, un programme de mesures d'accompagnement adéquat doit être défini à partir des actions prioritaires identifiées par les populations dont l'objectif est de répondre à des besoins de première nécessité. Cet appui peut se faire également par la mise en place de mécanismes d'intéressement économique des populations et des communes rurales (développement d'activités rémunératrices telles que l'apiculture, valorisation des plantes aromatiques et médicinales, écotourisme) et par l'implication de la société civile dans le processus de développement durable des ressources forestières.

## **Conclusion**

La forêt offre un espace pastoral privilégié pour la sauvegarde du cheptel national et constitue la principale source de revenus de ses riverains. Dans ces milieux, les écosystèmes pastoraux sont menacés et soumis à de multiples contraintes naturelles et humaines et leur niveau de disponibilité fourragère est très aléatoire. Le système d'élevage extensif caractérisant ces milieux généralement arides et semi-arides reste très tributaire des ressources offertes par la forêt. De fait, l'utilisation pastorale de la forêt est excessive; elle ne se limite pas au pâturage sur la strate herbagère mais s'étend tout au long de l'année à des écimages anarchiques et généralisés des strates arborescente et arborée.

Ainsi, la réussite d'un programme de développement sylvo-pastoral, nécessite :

- l'élaboration des projets agro-forestiers permettant une amélioration quantitative et qualitative des performances des divers systèmes d'élevage associés à la forêt et ce en concertation avec l'ensemble des partenaires concernés.
- l'amélioration des conditions élémentaires de vie des pasteurs par la mise en oeuvre de mesures d'accompagnement adéquats: création de points d'eau, ouverture et entretien de pistes, approvisionnement en bois de chauffe.

- la sensibilisation des éleveurs à l'intérêt social et pastoral des forêt à travers l'instauration d'un dialogue permanent entre les usagers et les services compétents permettant la généralisation du principe d'inscription au parcours et le paiement de redevances dont les recettes seront destinées à l'équipement et l'entretien des parcours. De même, l'adhésion des communes rurales et des populations au développement des parcours et de l'élevage demeure un préalable à la mise en oeuvre des aménagements proposés.
- l'aménagement sylvo-pastoral doit s'intégrer dans une approche globale de développement social et économique des zones de montagne. L'aboutissement de ces objectifs, à moyen et à long terme, n'est possible que par une adaptation progressive des aménagements entrepris aux besoins réels des populations riveraines et par leur intégration à la conception et à la mise à exécution des différentes phases du projet.

### **Sylvo-pastoral planning: a device for the sustainable development of the forest resources**

**Abstract:** The Moroccan forest extends over a 9 millions hectares area. The forest stands which have the most important grazing value are green oak forests (1 3000 000 ha), argan forests (800 000 ha) and cork oak forests (350 000 ha). During a normal year, fodder production reaches about 1,5 to 2 milliards units which represent 17 to 20% of the national production. However, grazing in forests is not limited to herbaceous stratum but extends to anarchic and generalised pollarding of shrub and tree strata particularly during drought years, at the end of summer and in autumn, as well as during periods of snow in the mountains. Grazing impact is disastrous on natural regeneration, forest ecosystem development and resource conservation. Sylvo-pastoral planning is necessary to safeguard forest ecosystems. It appeared necessary, in order to attain its aims over a more or less long term period, to adapt the planning to the real needs of the populations living along these forests and to make these populations aware of the environmental stakes of forest resource protection.

**Key words:** planning strategy, sustainable development, protection, grazing, forest, *Quercus*, Morocco



## Intérêt patrimonial d'un milieu associé aux subéraies: les mares temporaires des rives gauches et droites de l'oued Cherrat

Dominique Titolet<sup>1</sup>, Leila Rhazi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des Sciences et la Vie et de la Terre, Lycée Descartes Rabat, Maroc.

<sup>2</sup> Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Casablanca-Aïn Chock, Casablanca, Maroc.

**Résumé:** Le plan directeur des aires protégées du Maroc a retenu l'oued Cherrat parmi les Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique dont la sauvegarde est prioritaire. Ce S.I.B.E. inclut un certain nombre de mares temporaires situées dans ou à proximité des subéraies. Les auteurs ont exploré systématiquement un large échantillon de mares sur les deux rives de l'oued Cherrat et ont dressé par station la liste des espèces en tenant compte de leur statut défini dans la liste des espèces rares ou menacées, annexée au plan directeur. *Apium inundatum*, *Azolla filiculoides*, *Elatine alsinistrum*, *Exaculum pusillum*, *Oenanthe fistulosa* et *Pilularia minuta* sont des espèces en danger d'extinction. *Elatine brochonii*, *Lippia nodiflora* et *Lythrum baeticum* sont des espèces rares. *Isoetes velata*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Scirpus pseudosetaceus*, sont des espèces supposées rares ou menacées. Une espèce nouvelle pour le Maroc, *Isoetes setacea*, a été découverte. La comparaison globale des deux rives de l'oued Cherrat confirme la plus grande richesse de la rive droite. Ces résultats valident a posteriori pour les zones humides le tracé proposé du S.I.B.E. dans sa partie Est et doivent inciter à la mise en place effective du statut proposé par l'étude.

**Mots clés:** subéraies, mares temporaires, biodiversité, *Isoetes setacea*.

### Introduction

Parmi tous les types de zones humides présents au Maroc, les mares temporaires ou dayas sont largement représentées en dehors des régions sahariennes. Elles font partie intégrante du paysage de nombreuses régions et les deux années agricoles (1995-96 et 1996-97) qui ont connu des précipitations abondantes ont permis d'en mesurer l'importance.

Aucune étude globale sur la flore et la végétation des dayas n'est encore disponible, tandis que pour la faune et en particulier les Crustacés, des travaux couvrent l'ensemble du Maroc (Ramdani, 1986; Thiery, 1987). Les dayas sont concentrées dans la partie nord-ouest du territoire marocain, à l'exception du Rif (fig. 1). En plaine, elles sont particulièrement abondantes entre Kénitra et El Jadida avec un maximum entre Rabat et Casablanca (Thiery, 1987). Dans la région de Rabat, la carte au 1/50 000 de Bouqnadel en répertorie près de trois cents. Au sud-est de Casablanca, pour la seule carte de Sidi Bettache, leur nombre dépasse la centaine. Dans les autres régions, comme le Haouz et le Souss, les dayas ne forment pas de systèmes rapprochés.

Dans la région d'étude, les mares se localisent de façon préférentielle dans ou à proximité du domaine forestier, représenté par des subéraies plus ou moins dégradées: forêt de la Mamora, forêt de Ben-Slimane et de Sidi Bettache. Dans chacun de ces domaines, on trouve un large échantillon de biotopes se différenciant par leur surface, leur profondeur, leurs caractères physico-chimiques et leur degré d'anthropisation.

En dehors du domaine forestier les dayas ont subi de nombreuses dégradations, en particulier un drainage pour la mise en culture. Cette situation s'est aggravée durant la longue série d'années sèches qu'a connue le Maroc.

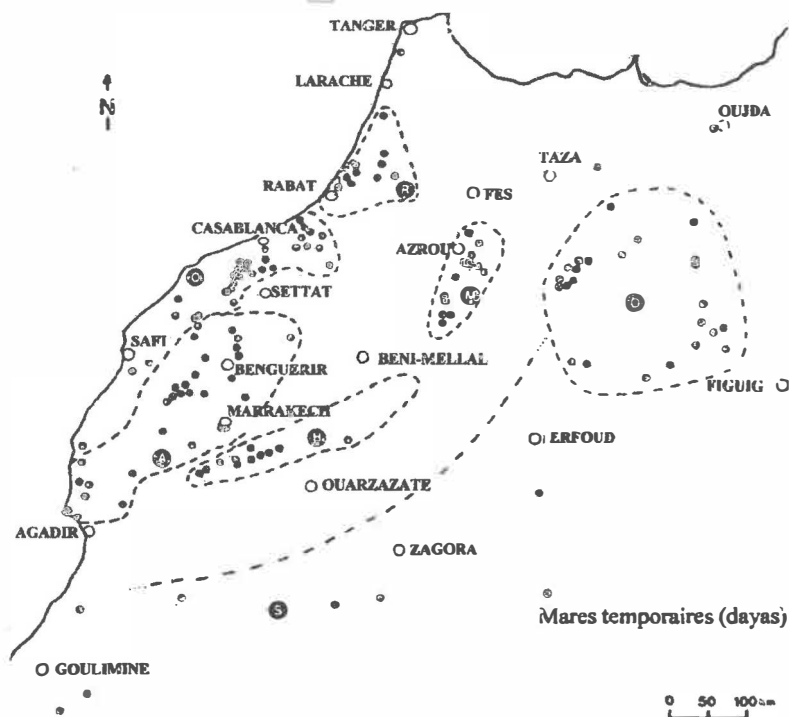


Figure 1. Répartition des principaux systèmes de mares temporaires au Maroc occidental (d'après Thiery, 1987). R: région de Rabat, C: Chaouia et Doukkala, A: Haouz et Souss, H: Haut-Atlas, M: Moyen-Atlas, S: Sahara, O: Oriental.

Le rapport "Etudes et Gestion des aires protégées du Maroc" (AEFCS, 1996) dressé à l'initiative de l'Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols propose la mise en place de Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique (S.I.B.E.). Parmi la centaine de sites proposée, deux incluent de nombreuses mares; l'un se trouve en Mamora et l'autre est centré sur le cours de l'oued Cherrat entre Ben-Slimane et Sidi-Bettache. Notre travail a concerné ce dernier site et sa région mais des comparaisons seront faites avec le S.I.B.E. Mamora.

### Matériel et méthodes

Sur la rive droite de l'oued Cherrat, la prospection a concerné les mares incluses dans les limites proposées pour le S.I.B.E. ou situées à proximité immédiate. Sur la rive gauche l'échantillonnage a largement débordé les limites du S.I.B.E. vers l'ouest. Chaque mare a été

visitée de nombreuses fois durant plusieurs années et dans des situations climatiques contrastées, plusieurs espèces de ces milieux n'apparaissant qu'au cours de certaines années.

Les travaux antérieurs aident à porter un diagnostic sur la situation actuelle. Les premières herborisations datent du début du siècle, Mouret (in Pitard, 1913) fournit une liste d'espèces récoltées dans cette région; le catalogue des plantes du Maroc (Jahandiez & Maire, 1931; Emberger & Maire, 1941) reprend et enrichit ces indications sous la référence "environs de Ben-Slimane". La mise au point la plus récente est de Sauvage (1961); dans sa thèse sur les subéraies, l'auteur consacre un chapitre aux biotopes humides, citant les espèces remarquables qu'on y rencontre. Certaines indications peuvent être tirées de la notice de la carte Rabat-Casablanca de Vindt (1962). Les travaux les plus récents de Mathez et Sauvage (1969) concernent la présence d'*Elatine brochonii*.

Tous ces travaux cependant, parce qu'ils souffrent d'imprécisions quant à la localisation des récoltes, sont difficilement utilisables pour délimiter les zones de protection prioritaires. Pour discuter du statut de protection des espèces, nous disposons maintenant d'un outil national: la « liste des espèces rares ou menacées » qui est annexée au rapport du projet: « études et plan de gestion des aires protégées du Maroc » (AEFCS, 1996).

Dans ce travail nous ne citerons que les espèces de cette liste présentes dans notre zone d'étude et nous adopterons la nomenclature des auteurs.

## Résultats

Le tableau 1 donne par ordre alphabétique des espèces le nombre de stations où elles ont été trouvées. Chaque daya a été considérée comme une station unique. Nous avons distingué les stations de la rive droite et celles de la rive gauche.

Tableau 1. Espèces rares ou menacées des mares temporaires de l'oued Cherrat. Les chiffres indiquent le nombre de mares de la rive droite et de la rive gauche où ces espèces ont été trouvées. Statut: E: menacé d'extinction, R: rare, K: mal connu, V: à vérifier

Espèces	Famille	Rive droite	Rive gauche	Statut actuel	Statut proposé
<i>Apium inundatum</i> (L.) Reichenb. Fil.	Apiaceae	6	3	E	R
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Azollaceae	2		E	E
<i>Elatine alsinastrum</i> L.	Elatinaceae	2		E	E
<i>Elatine brochonii</i> Clavaud	Elatinaceae	1		R	E
<i>Exacullum pusillum</i> (Lam.) Caruel	Gentianaceae	3	4	E	V
<i>Isoetes setacea</i> Lam.	Isoetaceae	3	1		E
<i>Isoetes velata</i> A.Braun	Isoetaceae	9	7	K	V
<i>Lippia nodiflora</i> (L.) Michx.	Verbenaceae		1	R	R
<i>Lythrum baeticum</i> Silvester	Lythraceae	2	1		R
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	Haloragaceae	6	5	K	V
<i>Oenanthe fistulosa</i> L.	Apiaceae	5		E	R
<i>Pilularia minuta</i> Durieu	Marsileaceae	1	4	E	R
<i>Scirpus pseudosetaceus</i> Daveau	Cyperaceae	3	5	K	V

Toutes les espèces déjà signalées ont été retrouvées. Sept espèces, connues à ce jour de moins de 5 stations, sont en danger d'extinction (E). Trois sont rares (R) c'est à dire connues d'une seule division du Catalogue des plantes du Maroc ou de moins de 10 stations. Le statut de trois autres, dont la répartition est insuffisamment connue (K), est à vérifier (V) car on soupçonne qu'elles sont rares ou menacées.

Deux nouvelles espèces sont répertoriées: l'une *Lythrum baeticum* était déjà connue du Gharb (Lastic, 1989) mais n'était pas signalée dans la zone d'étude, sans doute par confusion avec *L. tribracteatum* et *L. acutangulum*, l'autre *Isoetes setacea* est nouvelle pour le Maroc. Elle se distingue nettement, par ses macrospores sphériques, de *Isoetes velata* dont les macrospores sont tétraédriques (Prada, 1983). Sur le terrain, les deux espèces ne peuvent être distinguées par leur aspect végétatif. La présence d'*Isoetes setacea* avait pourtant été pressentie par Boutin & al (1982) puis par Dupuis (1988), qui selon Maire (1952) la considéraient comme un synonyme de *I. velata* ssp. *adpersa*. N'ayant pas été récoltée, *Isoetes setacea* n'est donc citée dans aucun document de référence sur la flore du Maroc. Par ailleurs, nous n'avons pas retrouvé *Cyperus hamulosus*, ni *Lotus (Benedictella) benoistii* qui a été récoltée de mares situées à l'est de Sidi Bettache.

On constate que, globalement, la rive droite semble plus riche que la rive gauche, bien que le nombre de days échantillonnées soit voisin. Pendant les années sèches, l'un des auteurs (Rhazi, 1990) n'avait trouvé que deux espèces (*Isoetes velata* et *Lippia nodiflora*), dans un échantillon de 30 mares prospectées intensivement. Ceci révèle l'intérêt de prospections répétées et étalées dans le temps afin de tenir compte de l'influence des aléas climatiques sur le développement de la flore.

## Discussion

### **Comparaison avec la Mamora**

Le tableau 2 compare la liste des espèces rares ou menacées trouvées sur les rives de l'oued Cherrat à celles trouvées en forêt de la Mamora (Titolet, 1996). Globalement le S.I.B.E. Cherrat avec ses environs est plus riche (13 espèces) que celui de la Mamora (8 espèces). Pourtant certaines espèces de la Mamora n'ont pas encore été trouvées dans le premier site, c'est le cas de la très rare *Oldenlandia capensis* qui possède en Mamora ses uniques stations marocaines (Sauvage, 1958).

### **Validation des limites proposées pour le S.I.B.E**

Le choix d'inclure dans le S.I.B.E Cherrat un échantillon de mares temporaires apparaît donc tout à fait justifié. Ce choix s'était basé sur les données bibliographiques disponibles. Ce travail valide ainsi à posteriori à la fois l'emplacement et les limites du S.I.B.E. L'essentiel des espèces rares ou menacées de ces milieux se trouve dans les mares temporaires de plaine. D'autre part, les deux S.I.B.E. cités se complètent et offrent l'ensemble des espèces attendues. Cette complémentarité s'explique par des différences au niveau des biotopes. La durée de mise en eau plus longue au niveau du S.I.B.E. Cherrat favorise les vivaces et un type de mares se rapprochant des marais temporaires. En Mamora où la durée de mise en eau est plus courte, les annuelles dominent la physionomie des groupements.

## Conclusion

Cette étude montre que, qualitativement, ces stations ne présentent aucun appauvrissement floristique. L'aspect quantitatif peut difficilement être abordé en l'absence de références

anciennes beaucoup plus précises. Cette étude, en particulier pour la partie rive droite, a eu lieu après la fin d'une longue série d'années sèches, ce qui montre bien la forte résistance de ces milieux aux aléas climatiques.

Tableau 2. Comparaison des listes des espèces rares ou menacées présentes au niveau ou à proximité des S.I.B.E. Cherrat et Mamora.

x: présent; E: menacé d'extinction; R: rare; K: statut mal connu.

Espèces	Familles	Cherrat	Mamora	Statut actuel
<i>Apium inundatum</i> (L.) Reichenb. Fil.	Apiaceae	x		E
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Azollaceae	x		E
<i>Cyperus hamulosus</i> M. Bich	Cyperaceae		x	E
<i>Elatine alsinastrum</i> L.	Elatinaceae	x		E
<i>Elatine brochonii</i> Clavaud	Elatinaceae	x	x	R
<i>Exacullum pusillum</i> (Lam.) Caruel	Gentianaceae	x	x	E
<i>Glinis lotoides</i> L.	Molluginaceae		x	E
<i>Isoetes setacea</i> Lam.	Isoetaceae	x		
<i>Isoetes velata</i> A.Braun	Isoetaceae	x	x	K
<i>Lippia nodiflora</i> (L.) Michx.	Verbenaceae	x		R
<i>Lythrum baeticum</i> Silvester	Lythraceae	x		
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	Haloragaceae	x		K
<i>Oenanthe fistulosa</i> L.	Apiaceae	x		E
<i>Oldenlandia capensis</i> L.Fil.	Rubiaceae		x	E
<i>Pilularia minuta</i> Durieu	Marsileaceae	x	x	E
<i>Scirpus pseudosetaceus</i> Daveau	Cyperaceae	x	x	K
<i>Trifolium cernuum</i> Brot.	Leguminosae		x	E

Il apparaît donc totalement justifié d'accélérer la mise en place du statut de protection de ces zones. Il faut également continuer les inventaires sur des bases rigoureuses permettant d'établir des bilans réguliers mais aussi suivre les conséquences de l'application du statut et, si nécessaire, planifier des interventions assurant le maintien de la biodiversité.

## Références

- AEFCS, 1996: Etudes et gestion des aires protégées du Maroc. Rapport inédit.
- Boutin, C., Lesne, L. & Thiery, A. 1982: Ecologie et typologie de quelques mares à *Isoetes* d'une région aride du Maroc occidental. Ecol. Mediterr. 8: 31-56.
- Dupuis, P. 1988: Dynamique et production primaire des macrophytes et microphytes des mares temporaires des Jbilet (Région de Marrakech, Maroc).Thèse d'Université, Paris VI, 245 p.
- Emberger, L. & Maire, R. 1941: Catalogue des plantes du Maroc. Vol. 4. Alger, LIX-LXXV et 915-1182 .
- Jahandiez, E. & Maire, R. 1931, 1932, 1934: Catalogue des plantes du Maroc. Vol. 1, 2, et 3. Alger, I-LVIII et 914 p.

- Lastic, P.-Y. 1989: Les communautés adventices des cultures de la plaine du Rharb (Maroc). Thèse de Doctorat, Université de Bayreuth, 151 p.
- Maire, R. 1952: Flore de l'Afrique du Nord. Lechevallier, Paris, Vol.1., 366 p.
- Mathez, J. & Sauvage, Ch. 1969: Nouveaux matériaux pour la flore du Maroc. Bull. Soc. Sci. nat. phys. Maroc. 49: 81-107.
- Pitard, C.-J. 1913: Exploration scientifique du Maroc, Botanique. Masson, Paris, 188 p.
- Prada, C. 1983: El genero *Isoetes* L. en la Peninsula Iberica. Acta bot. Malacitana. 8: 73-100.
- Ramdani, M. 1986: Ecologie des Crustacés (Copépodes, Cladocères et Ostracodes) de dayas marocaines. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Marseille I, 217 p.
- Rhazi, L. 1990: Sur le traitement de l'information phytoécologique de quelques dayas temporaires de la province de Ben-Slimane (Ouest-Maroc). Thèse 3ème cycle, Faculté des Sciences Rabat, 138 p.
- Sauvage, Ch. 1958.: Au sujet de la présence d'*Oldenlandia capensis* L. Fil. dans les environs de Rabat. C.-R. Séances mens. Soc. Sci. nat. phys. Maroc 7.
- Sauvage, Ch. 1961: Recherches géobotaniques sur les subérasies marocaines. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences Montpellier, 409 p.
- Thiery, A. 1987: Les Crustacés Branchiopodes Anostraca, Concostraca et Notostraca des milieux temporaires (dayas) au Maroc. Ecologie, Taxonomie et Biogéographie. Thèse de Doctorat d'Etat, Aix-Marseille III, 405 p.
- Titolet, D. 1996: Intérêt patrimonial des mares temporaires de la Maâmora occidentale (Canton A). Bilan et perspectives. Journées du CERASE, la Forêt de la Maâmora, Rabat.
- Vindt, J. 1962: Notice détaillée de la feuille Rabat-Casablanca. Bull. Serv. Cart. phytogéo. Série 4: 51-147.

### **Patrimonial interest of temporary pools in the cork oak forests: the left and right banks of the oued Cherrat.**

**Abstract:** Among the Sites of Biological and Ecological Interest selected by the master plan of the protected areas in Morocco the Cherrat oued is one of the sites for which protection is a priority. This S.B.E.I. includes several temporary pools located in or near oak stands. The authors have systematically explored a large sample of pools on both Cherrat oued banks. For each observation station, a list of all the species was established, taking into account their status according to the list of rare or endangered species found in the annex of the master plan

*Apium inundatum*, *Azolla filiculoides*, *Elatine alsinastrum*, *Exaculum pusillum*, *Oenanthe fistulosa* et *Pilularia minuta* are endangered species. *Elatine bronchonii*, *Lippia nodiflora* et *Lythrum baeticum* are rare. *Isoetes velata*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Scirpus pseudosetaceus* are supposed to be rare or endangered. *Isoetes setacea*, a new species in Morocco, was discovered. The global comparison of both Cherrat oued banks confirms the extreme richness of the right bank. These results corroborate a posteriori the side lines suggested by the S.B.E.I for the Eastern part of the wetland and should lead to the actual setting-up of the status proposal made in this study.

**Key words:** cork-oak forest, temporary pools, biodiversity, *Isoetes setacea*.

## Conclusions and Recommendations

The phytosanitary problems of the European and North African oak forests are very similar in each country but the worst situation occurred in the South Mediterranean region where degradation induced by man and cattle is actually catastrophically expanding.

Climatic, biologic and anthropic decay factors have an increasing negative influence on the biodiversity and the oak forest conservation, the action of the natural decay factors being intensified by the negative human activities: inappropriate and unconsidered forest and motorway planning, inadequate cork oak removal and moreover forest degradation resulting from human pressure (felling and other punishable practices, overgrazing, refuse accumulation).

The attempt to regenerate oak stands comes up against difficulties of acorn conservation, sowing success and protection of seedlings attacked by cockchafer grubs and pathogenous fungi. The efficiency and the difficulties of the sowing and seedling procedures has to be discussed and compared with those of the cutting back practices.

Among the pathogenous fungi, *Diplodia mutila*, is one of the most infectious species for the cork oak because it is able to develop in all the trees whatever are their age and health condition. The fungus infection, favoured by the oak weakening generated by prolonged drought periods, induced high mortality levels in Sardinian, Portuguese and Moroccan cork oak stands.

Insect pests remained one of the main preoccupation of scientists working on oak forest protection. Many studies focused on the development conditions of their infestations, their natural enemy complex, their growth modalities on various host-plants and the efficiency of biological control methods on their populations as well as on the other not target insects. The main pests are the xylophagous insects as *Platypus cylindrus* and *Cerambyx cerdo*, and defoliators, especially the gypsy moth, *Lymantria dispar*, which is the primary oak pest throughout Europe and North Africa.

The main topics for future common research and development projects are :

- oak regeneration and acorn conservation: sowing procedures and seedlings protection, modalities and efficiency of cutting back practices;
- silviculture performed as a protection means;
- biology and impact of insect pests and their natural enemies (*Lymantria dispar*, xylophagous Coleoptera, cockchafers...);
- biology and impact of pathogenous fungi with particular emphasis on *Diplodia mutila*;
- efficiency of biological control methods;
- human overpressure on forests: socio-economic studies are needed to better understand the real impact of this factor which induce the greatest forest degradation in many Southern countries.

It turns out that all the ecological, biological and socio-economic factors have to be considered in studies concerning oak forest decline.

Even if many research programs focused on the cork oak, which is one of the most endangered Mediterranean tree species, the study group must persist to pay attention to all the oak species because they endure the same decay factors.

In order to better harmonise their research program, it appeared necessary that the scientists concerned by similar study topics in different countries as well as in a same country intensify their contacts and their collaboration.

It is also necessary to put emphasis on the formation of new young scientists and to make the public and the authorities aware of the serious actual oak forest degradation in order to ensure their better protection and conservation in the future.

Several recommendations of the last meeting which have not been realised yet require to remain topical.

In concrete terms, the participants of meeting suggest:

- to publish on internet and distribute as far as possible a directory list of the scientists and managers involved in oak forest protection.
- to create a survey grid of oak forest in the Maghreb countries. This grid could be elaborated on the basis of the European one to which it would be afterwards connected .
- to write an action plan concerning the strategies of planning, development and protection of the oak forests in the Mediterranean basin.

The participants strongly insisted again on the urgency to sensitise both the public and the authorities on the gravity of the oak decline process in Mediterranean countries and on the necessity to take appropriate and considerate actions of forest planning and biological control in concert with a maximum of persons, not only the scientists and managers involved in the sustainable management of these ecosystems but also with the forest riverain populations.



## Conclusions et recommandations

Les problèmes phytosanitaires rencontrés dans les chênaies d'Europe et d'Afrique du Nord apparaissent très similaires d'un pays à l'autre, avec toutefois une situation beaucoup plus inquiétante au sud de la région méditerranéenne où les dégradations dues à l'homme et aux animaux domestiques prennent actuellement une ampleur catastrophique.

Les facteurs de dépérissement, climatiques, biologiques et anthropiques ont un impact négatif de plus en plus marqué sur la biodiversité et la conservation des forêts de chênes, les facteurs antagonistes naturels ne faisant que renforcer le très fort impact négatif de l'homme: aménagements forestiers et autoroutiers non appropriés et effectués sans concertation, récoltes de liège mal conduites, dégradations liées à la très forte pression humaine (pratiques délictueuses, surpâturage, accumulation d'ordures).

Les tentatives de régénération des peuplements de chênes se heurtent à des problèmes de conservation des glands, de réussite des semis et de protection des jeunes plants soumis à l'attaque des vers blancs ou de champignons pathogènes. Les inconvénients de la mise en oeuvre de la régénération par semis ont été évoqués et comparés à ceux liés à l'utilisation de plants ou à la pratique du recépage .

Parmi les champignons pathogènes, *Diplodia mutila*, est une espèce particulièrement nuisible au chêne-liège car elle se développe sur tous les arbres quelque soit leur âge et leur état sanitaire: l'action du champignon, favorisée par l'affaiblissement des arbres à la suite de périodes de sécheresse prolongée, entraîne de fortes mortalités dans les subéraies de Sardaigne, du Portugal et du Maroc.

Les insectes ravageurs demeurent l'une des principales préoccupations des scientifiques oeuvrant pour la protection des forêts de chênes. De nombreuses études concernent les conditions de développement de leurs infestations, leurs complexes d'ennemis naturels, leurs modalités de développement sur différentes plantes-hôtes et l'impact des méthodes de lutte biologique sur leurs populations comme sur le reste de l'entomocénose. Les principaux ravageurs sont des Coléoptères xylophages comme *Platypus cylindrus* et *Cerambyx cerdo*, et des défoliateurs, surtout le Bombyx disparate, *Lymantria dispar*, le ravageur des chênes le plus important dans l'ensemble de l'Europe et de l'Afrique du Nord.

Les principaux thèmes de recherche et de développement fédérateurs sont :

- La régénération des chênes, ses implications et ses conséquences (conservation des glands, semis, plants, recépage, mise en oeuvre, protection).
- La pratique de la sylviculture comme moyen de protection.
- Les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels (*Lymantria dispar*, xylophages, vers blancs)
- Les phytopathogènes (*Diplodia mutila* principalement)
- L'impact du facteur humain sur les forêts: fondamental dans certains pays, il nécessite la mise en route d'études socio-économiques approfondies.

La prise en compte de l'ensemble des facteurs écologiques, biologiques et socio-économiques dans les études sur le dépérissement s'avère indispensable.

Même si beaucoup de travaux de recherche concernent le chêne-liège, essence méditerranéenne particulièrement menacée, le groupe doit continuer à porter son attention sur toutes les espèces de chênes car elles sont soumises aux mêmes facteurs de dépérissement.

Afin de mieux harmoniser leurs programmes de recherche, il apparaît nécessaire que les chercheurs travaillant sur des thèmes communs, renforcent leurs contacts et leurs collaborations d'un pays à l'autre mais aussi à l'intérieur d'un même pays.

Un accent tout particulier doit être mis sur la formation des jeunes chercheurs et sur la sensibilisation active du public et des décideurs afin que soit assurées dans l'avenir une meilleure conservation et une meilleure protection des forêts.

Les recommandations du précédent meeting, dont certaines n'ont pas été pleinement réalisées, restent à l'ordre du jour.

Concrètement, les participants au meeting proposent de :

- publier sur internet et diffuser dans la mesure des moyens, l'annuaire des chercheurs concernés par la protection des forêts de chênes.
- créer un réseau de surveillance des chênaies au niveau du Maghreb. Ce réseau pourra s'inspirer du réseau européen auquel il pourra se rattacher par la suite.
- rédiger un plan d'action sur les stratégies d'aménagement, de développement et de protection des forêts de chênes dans le bassin méditerranéen.

Les participants ont insisté de nouveau sur la nécessité urgente de sensibiliser les gouvernants et l'opinion publique sur la gravité du phénomène de dépérissement des chênaies dans les pays méditerranéens et sur la nécessité de mettre en oeuvre des mesures d'aménagement et de protection intégrée des milieux forestiers et préforestiers appropriées et réfléchies en concertation avec le maximum des personnes, non seulement avec les chercheurs et les gestionnaires concernés par la protection durable de ces écosystèmes, mais aussi avec les populations riveraines.