IOBC / WPRS

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

OILB / SROP

Groupe d'Etude "Protection Intégrée des Forêts à *Quercus* sp."

Proceedings of the meeting
Compte-rendu de la réunion

"INTEGRATED PROTECTION IN CORK-OAK FORESTS"

"PROTECTION INTÉGRÉE DES FORÊTS DE CHÊNE-LIÈGE"

at / à

Tempio Pausania (Italy)
15-17 September 1994

Edited by Pietro Luciano

IOBC / wprs Bulletin
Bulletin OILB / srop Vol. 18(6)1995

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 1995

Address General Secretariat:
INRA Station de Zoologie
Domaine Saint-Paul
Site Agroparc
84914 AVIGNON Cedex 9
France

ISBN 92-9067-074-6

INTRODUCTION

The formation of the Study Group "Integrated Protection in *Quercus* sp. forests was approved by the IOBC/WPRS Council in early 1993.

It was agreed to reserve the first meeting for specialists in the area of protection of *Quercus suber* L. This species is of particular interest for the Mediterranean countries where this tree species covers at present 2.2 million hectares throughout seven countries. The importance of the cork-oak is due both to the naturalistic and environmental value of its forests and to the cork production. Every year an average of approximately 3 million quintals of cork are extracted and manifactured in numerous small and medium factories. However, over the last few decades there has been a progressive reduction of the areas covered by cork-oak forests. This unfavourable situation is determined by various adverse biotic (pests and fungal pathogens) and abiotic factors as the increasing atmospheric pollution and some irrational anthropic actions.

The aim of the meeting was to focus on the phytosanitary situation in the cork-oak growing areas and to evaluate the efficiency of the control techniques adopted. Furthermore, studies carried out at present were summed up and the possibility for experts from different countries to develop common research work was examined.

During the meeting guided visits were organized to the laboratories of the Stazione Sperimentale del Sughero in Tempio Pausania, to the cork-oak forests in Gallura and to the main cork transformation factories operating in Sardinia.

For logistic and financial support offered to the organization of the meeting, thanks are due to the Regione Autonoma della Sardegna, Stazione Sperimentale del Sughero di Tempio Pausania, Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Sassari, Camera di Commercio di Sassari, Comune and association Pro Loco di Calangianus.

Pietro Luciano
(Convenor of Study Group)

PRÉFACE

La création du Groupe d'Étude "Protection intégrée des forêts à *Quercus* sp." a été acceptée par le Conseil de l'OILB/SROP au début de l'année 1993.

On a voulu réserver la première réunion de travail aux spécialistes de la protection des forêts à *Quercus suber* L.. En effet, cette espèce occupe une place très importante dans les Pays de la Méditerranée où elle recouvre actuellement deux millions deux cent mille hectares sur le territoire de sept nations. Cette espèce a, comme tout le monde sait, une grande importance soit pour la valeur de ses bois dans la nature, dans le paysage et dans le milieu, que pour la production du liège qui s'élève actuellement à trois millions de quintaux et qui est la matière première pour plusieurs moyennes et petites entreprises. Néanmoins, depuis quelques décennies on assiste à une progressive contraction de la superficie recouverte à chêne-liège. Parmi les causes qui déterminent une telle situation on doit sûrement considérer les différentes adversités biotiques (ravageurs et agents pathogènes) et un certain nombre de facteurs de dépérissement imputables à la pollution de l'air et aux altérations dues à l'irrationelle action de l'homme.

La réunion a eu le but de situer aux mieux l'état phytosanitaire des différentes aires à chêne-liège et d'évaluer l'efficacité des quelques-unes des techniques de défense jusqu'ici utilisés. En outre, on a verifié la possibilité, pour l'avenir, d'un travail de recherche commun entre les savants de différentes nations.

Pendant la réunion ont été effectuées des visites guidées aux laboratoires de la Stazione Sperimentale del Sughero de Tempio Pausania, aux bois de chêne-liège de la Gallura et aux plus grandes entreprises sardes qui travaillent le liège.

Pour l'aide logistique et financière accordée pour l'organisation de la réunion, on remercie la Regione Autonoma della Sardegna, la Stazione Sperimentale del Sughero di Tempio Pausania, l'Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Sassari, la Camera di Commercio di Sassari, il Comune et l'association Pro Loco di Calangianus.

Pietro Luciano
(Responsable du Groupe d'Étude)

LIST OF PARTICIPANTS

LISTE DES PARTICIPANTS

Mohamed ABOUROUH
Direction des Eaux et Forêts et
de la Conservation des Sols
Division de Recherches et
d'Experimentations Forestières
B. P. 763
AGDAL - RABAT - **Marocco**

Mustapha BAKRY
Direction des Eaux et Forêts et
de la Conservation des Sols
Division de Recherches et
d'Experimentations Forestières
B. P. 763
AGDAL - RABAT - **Marocco**

Sabrina BENMECHERI
Université de Sétif
Rue de la Révolution
19600 EL EULMA
(W. de Sétif)- **Algeria**

Anna CAMBINI
Stazione Sperimentale del Sughero
Via Limbara, 9
07029 TEMPIO PAUSANIA - **Italia**

Anna CERBONESCHI
Stazione Sperimentale del Sughero
Via Limbara, 9
07029 TEMPIO PAUSANIA - **Italia**

Piero CORDA
Istituto di Patologia vegetale
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

Giulio DI COLA
Dipartimento di Matematica
Università degli Studi
Via M. D'Azeglio, 85
43100 PARMA - **Italia**

Maria Luisa DINDO
Istituto di Entomologia "G. Grandi"
Università degli Studi
Via Filippo Re, 6
40126 BOLOGNA - **Italia**

Mohamed EL YOUSFI
Ministère de l'Agriculture
Direction des Eaux et Forêts et
de la Conservation des Sols
RABAT - **Marocco**

Antonio FRANCESCHINI
Istituto di Patologia vegetale
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

Giovanni GILIOLI
Museo di Storia Naturale
Università degli Studi
Via Università, 12
43100 PARMA - **Italia**

Mohammed HAMDAOUI
Inspection Régionale de la
Protection des Végétaux
CHEFCHAOUEN - **Marocco**

Andrea LENTINI
Istituto di Entomologia agraria
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

Pietro LUCIANO
Istituto di Entomologia agraria
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

Lucia MADDAU
Istituto di Patologia vegetale
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

Clizia SECHI
Stazione Sperimentale del Sughero
Via Limbara, 9
07029 TEMPIO PAUSANIA - **Italia**

Francesco MARRAS
Istituto di Patologia vegetale
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

Maria Natércia SOUSA SANTOS
Instituto Nacional de Investigação Agrária
Estação Florestal Nacional
Departamento de Protecção Florestal
Quinta do Marquês
2780 OEIRAS - **Portogallo**

Romolo PROTA
Istituto di Entomologia agraria
Università degli Studi
Via E. De Nicola
07100 SASSARI - **Italia**

David SUÑER
Universitat de Girona
Facultat de Ciències Experimentals
i de la Salut
Biologia Animal y Laboratori del Suro
Plaza de l'Hospital, 6
17071 GIRONA - **Spagna**

Edmundo Manuel RODRIGUES DE SOUSA
Instituto Nacional de Investigação Agrária
Estação Florestal Nacional
Departamento de Protecção Florestal
Quinta do Marquês
2780 OEIRAS - **Portogallo**

Claire VILLEMANT
Museum National d'Histoire Naturelle
Laboratoire d'Entomologie
45 rue Buffon
75005 PARIS - **Francia**

TABLE OF CONTENTS
TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION i

PRÉFACE ii

LIST OF PARTICIPANTS / LISTE DES PARTICIPANTS iii

LUCIANO, P. & PROTA, R. - Insect pests in Sardinian cork-oak forests. 1

MARRAS, F., FRANCESCHINI, A. & MADDAU L. - Les principales maladies du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Sardaigne (Italie). 8

FRANCESCHINI, A., MARRAS, F. & SUTTON, B.C. - Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardina (Italy). IV - *Vermisporium quercinum* sp. nov. 14

SOUSA, E.M.R. - Les principaux ravageurs du chêne-liège au Portugal. Leurs relations avec le déclin des peuplements. 18

SOUSA, E.M.R., DEBOUZIE, D. & PEREIRA, H. - Le rôle de l'insecte *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platypodidae) dans le processus de dépérissement des peuplements du chêne-liège au Portugal. 24

SANTOS, M.N.S.- Phytopathological situation of cork-oak (*Quercus suber* L.) in Portugal. 38

EL YOUSFI, M. - Les contraintes exercées sur le chêne-liège au Maroc. Exemple de la Mamora. 43

BAKRY, M. & ABOUROUH, M. - Dépérissement du chêne-liège au Maroc: état des connaissances et perspectives d'intervention. 50

BENMECHERI, S. - Aperçu sur les insectes phyllophages du chêne-liège et du chêne-afares de la forêt domaniale de Tamentout (Sétif). 56

VILLEMANT, C. & FRAVAL, A. - Le Bombix disparate, *Porthetria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) dans la subéraie de la Mamora (Maroc): trois modes successifs de régulation des populations. 60

CERBONESCHI, A. - Densité de la population du Bombix disparate *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae) dans les subéraies de l'Haute Gallura (Sardaigne) pendant deux années d'observation. 66

DI COLA, G., GILIOLI, G. & LUCIANO, P. - Statistical analysis of spatio-temporal fluctuations of *Lymantria dispar* L. population in a N.E. Sardinian Cork-Oak Region. 74

FRAVAL, A. & VILLEMANT, C. - La lutte biologique contre le Bombix disparate *Porthetria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) au Maroc. 83

VILLEMANT, C. - Les prédateurs-démanteleurs des pontes de *Porthetria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) en subéraie marocaine. 87

DINDO, M.L. - Possibilities of culturing *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym. Chalcididae), a solitary pupal gypsy moth parasitoid, on artificial diets. 95

HAMDAOUI, M. - Surveillance et lutte contre le Bombix disparate au Maroc. 100

LENTINI, A. & LUCIANO, P. - *Bacillus thuringiensis* in the management of gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in Sardinian Cork-Oak Forests. 104

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 111

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 113

INSECT PESTS IN SARDINIAN CORK-OAK FORESTS

Pietro Luciano & Romolo Prota

Istituto di Entomologia agraria, Università di Sassari

Abstract

A synthesis of investigations carried out in Sardinia on the population dynamics of *Tortrix viridana* L., *Malacosoma neustria* (L.) and *Lymantria dispar* L., the chief defoliators of cork oak forests, is reported. *T. viridana* fluctuations were of a temporary tipe. Those of *M. neustria* and *L. dispar* were periodic, being regulated by diverse natural enemies, some common to both species. *L. dispar* densities, studied by egg-mass counts, showed a gradation periodicity amplitude varying from 5 or 6 years to 11 or 12 years in different areas of the island.

Introduction

In Sardinia, the cork-oak (*Quercus suber* L.) is spread over some 90,000 ha. It supplies several important processing industries principally concentrated in Gallura (N.E. Sardinia) (Idda & Gutierrez, 1984; Del Bono, 1993). However, productivity may be limited by lepidopterous defoliator infestations. Under such attacks, plant growth and cork production become reduced; in a year of total defoliation, Cambini (1971) found that production loss amounted to 60%, whereas when defoliation reached 50% cork production diminished by 40%. Although new leaves soon begin to grow again, the original leaf-mass is only gradually reached; the harmful effect thus extends for at least 2 years. Various insecticides were used on a large scale to control the infestations, with the introduction of DDT in the early 1960's; in 1963, as many as 11,000 ha of cork-oak forestland were treated by aeroplane with DDT (Zanardi & Loi, 1973). This paper reports the most important results of a 30-year investigation into the composition and population dynamics of the cork-oak lepidopterous fauna with the object of acquiring data enabling a less polluting pest management to be formulated.

Lepidopterous fauna

The observations were made in a N.E. Sardinian cork-oak forest by direct monitoring the larvae and by daily light-trapping the adults. More than 300 species were found during the 30-year investigation, 34 of which fed on the cork-oak trees (Prota, 1973 and 1974) (Tab. I). Most of the latter, considered singly, were unable to create significant damage; their population densities have always been limited, with fluctuations of a latent type. Some of them, however, cause considerable damage and can defoliate entire areas (as many as 60,000 ha) in a year. Specifically, they are *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae) and *Malacosoma neustria* (L.) (Lasiocampidae), with periodic fluctuations (ca. 9-year cycle), and *Tortrix viridana* L. (Tortricidae), with temporary type fluctuations (infestations of 3 to 5 years, with latent intervals from 6 to 10 years) (Fig. 1).

Defoliator population dynamics

In 1972, studies were begun on the population dynamics of the three most important defoliators and were then extended to various other cork-oak areas in the island. *L. dispar* and *M. neustria* proved to be affected by biotic factors, some being common to both (Tab. II) (Delrio *et al.*,1983; Luciano & Prota, 1982 and 1986), which although capable of reducing the high population densities could not keep the populations below acceptable damage thresholds. In periods of maximum infestation, inter- and intra-specific competition for food was observed to cause considerable mortality among the larvae through starvation and reduced fecundity and fertility in the survivors. The other biotic factors, however, such as disease (viral and bacterial), parasitoids (*Blepharipa pratensis* (Meigen) (Diptera

Tab. I - Lepidopterous fauna found on *Quercus suber* L. in Sardinia.

Heliozelidae	*Chloridea nubigera* H. S.
Heliozela stanneella F.R.	*Dryobota labecula* (Esp.)
Lithocolletidae	*Dryobotodes eremita* (F.)
Lithocolletis messaniella Z.	*Dryobotodes cerris* (Boisduval)
Gracillariidae	*Dryobotodes monochroma* (Esp.)
Acrocercops brongniardella (F.)	*Ephesia nymphaea* Esp.
Plutellidae	*Spudaea ruticilla* (Esp.)
Ypsolopha alpella (Den. e Schiff.)	*Nycteola revayana* (Scop.)
Gelechiidae	*Catephia alchymista* (Den. e Schiff.)
Teleiodes decorella (Hw.)	*Catocala nymphagoga* (Esp.)
Psoricoptera gibbosella Zel.	*Catocala conjuncta* (Esp.)
Tortricidae	*Minucia lunaris* (Den. e Schiff.)
Archips xylosteana (L.)	*Notodontidae*
Eudemis profundana Den. e Schiff.	*Phalera bucephala* (L.)
Tortrix viridana L.	*Lymantriidae*
Cydia fagiglandana (Zel.)	*Lymantria dispar* L.
Cydia splendana (Hb.)	*Phycitidae*
Geometridae	*Ephestia elutella* (Hb.)
Cyclophora puppillaria (Hb.)	*Acrobasis tumidana* Schiff.
Drepanidae	*Phycita roborella* Den. e Schiff.
Drepana uncinula Bkh.	*Lasiocampidae*
Noctuidae	*Malacosoma neustria* (L.)
Peridroma saucia (Hb.)	*Lycaenidae*
Orthosia cruda (Den. e Schiff.)	*Thecla quercus* L.

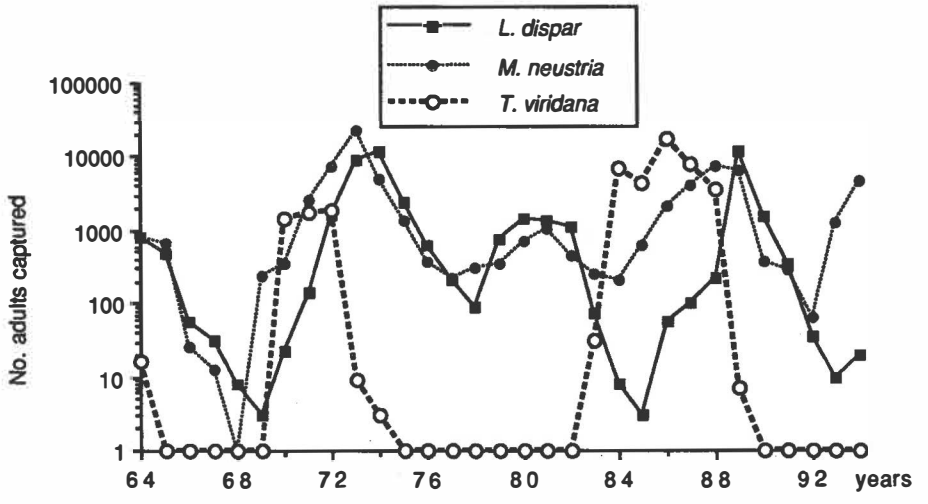

Fig. 1 - Light-trap adult captures of the chief lepidopterous forest defoliators, expressed as log (n+1), in 1964-94 (Tempio Pausania, loc. Cusseddu).

Tab. II - Parasitoids of *Lymantria dispar* L., *Malacosoma neustria* (L.) and *Tortrix viridana* L. observed in Sardinia.

Stage attacked	Host		
	Lymantria dispar	*Malacosoma neustria*	*Tortrix viridana*
Egg	*Ooencyrtus kuwanae* (How.) *Anastatus disparis* Ruschka	*Ooencyrtus neustriae* Mercet *Anastatus bifasciatus* (B.d.F.) *Telenomus bombicis* Mayr	
Larva	*Exorista larvarum* (L.) *Exorista segregata* (Rond.) *Parasetigena silvestris* (R. D.) *Compsilura concinnata* (Meig.) *Blepharipa pratensis* (Meig.) *Apanteles melanoscelus* (Ratz.) *Apanteles porthetriae* Mues. *Meteorus pulchricornis* (Wesm.) *Phobocampe unicincta* (Grav.)	*Exorista larvarum* (L.) *Masicera cuculliae* (R. D.) *Pales pavida* (Meig.) *Blepharipa pratensis* (Meig.) *Apanteles* sp.	*Compsilura concinnata* (Meig.) *Phryxe nemea* Meig. *Pales pavida* (Meig.) *Elodia morio* (Fall.) *Scambus calobata* Grav. *Campoplex restrictor* Aub. *Diadegma apostata* Grav. *Meteorus obsoletus* (Wesm.) *Macrocentrus thoracicus* (Nees) *Hypomicrogaster semele* Nixon *Apanteles emarginatus* (Nees) *Microdus dimidiator* Nees *Goniozus claripennis* Forst.
Pupa	*Muscina stabulans* Fall. *Parasarcophaga* sp. (*) *Pseudosarcophaga affinis* Fall. *Thyrsocnema corsicana* Vill. *Pimpla instigator* F. *Theronia atalantae* (Poda) *Brachymeria intermedia* (Nees)	*Gregopimpla malacosomae* Seyrig *Pimpla instigator* F. *Theronia atalantae* (Poda) *Brachymeria intermedia* (Nees)	*Itoplectis maculator* F. *Itoplectis alternans* Grav. *Pimpla turionellae* L. *Ischnus tunetanus* Smits *Phaeogenes invisor* Thumb. *Brachymeria intermedia* (Nees)

(*) The genus *Parasarcophaga* was represented by the species *exuberans* Pand., *misera* Walk., *portschinskyi* Rohd., *tibialis* Macq., *tuberosa* Pand., *uliginosa* Kram. The Sarcophagids and the Muscid mentioned settle down in the host after the attack of primary parasitoids.

Tachinidae) on *L. dispar*, *Pales pavida* Meigen (Diptera Tachinidae) and *Gregopimpla malacosomae* Seyrig on *M. neustria*) and predators (*Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera Carabidae)) reach in all a culminating mortal effect only one or two years after defoliator peak density. These defoliator mortality factors, particularly the larval and pupal parasitoids, which together determine more than 90% mortality, over the next three years cause defoliator populations to enter into latency. The consequent reduction in the natural enemy populations together with an abundant food supply (and thus regaining high fecundity) allows the two phytophages to enter into progadation (Luciano & Prota, 1985) (Fig. 2). Studies on *T. viridana* population dynamics revealed a large number of entomophages (Delrio *et al.*, 1988) (Tab. II), but none of these seemed to be the major cause of the phytophagous mortality. It is presumed, therefore, that the high *T. viridana* mortality in Sardinia is due to some species of proto-zoa, as in other European forest areas (Lipa & Madziara-Borusiewicz, 1976). The sudden fall in *T. viridana* population density (Fig. 1) does not exclude the possibility that such a marked reduction is related to the non-coincidence of newly hatched larvae with the spring sprouting trees (Schutte, 1960; Stereg, 1960).

Infestation risk in different Sardinian cork-oak regions

The defoliator fluctuation amplitudes are probably influenced by the climatic conditions and by the composition of the plant communities in the respective Sardinian cork-oak regions, as in other European forest areas (Ekk *et al.*, 1980; Hadzistevic & Hadziha-Lilovic, 1959; Jankovic, 1960; Simionescu & Stefanescu, 1978). This hypothesis was verified during a 15-year study of *L. dispar* density variations in all the principal Sardinian cork-oak regions (data collected annually in 160 localities, egg-mass counts on 40 trees in each locality; see Fig. 3) (Luciano & Prota, 1985). In particular, the flatter basaltic regions of Logudoro and Marghine (250-400 m above sea level) are susceptible to frequent defoliation risk: high infestation every 5-6 years with total defoliation for ca. three consecutive years (Fig. 3, regions III & V). In these areas, the cork-oak forests are largely thinned and interspersed with pastureland (natural or often put to autumnal and winter grass production). Probably, this over-simplification of the ecosystem, causes scarcity of alternative hosts, indispensable to the reproduction of the multivoltine and polyphagous parasitoids which are most important in maintaining *L. dispar* in latency. These considerations may well be applied to *M. neustria* which has, for a large part, the same natural enemies and was observed to pullulate at the same frequency. In the granitic Gallura (Fig. 3, regions I & II) and Mandrolisai (Fig. 3, region VII) (400-600 m above s.l.) and the trachytic W. Logudoro (300-600 m above s.l.) (Fig. 3, region IV), the infestations are periodic, occurring every 8-9 years. The forests in these regions consist mainly of cork oaks and the typical Mediterranean undergrowth (e.g., cistus, strawberry-tree, myrtle, heather, mock privet, lentiscus, broom and juniper), being, if at all, subject to traditional pasturage and somewhat inaccessible to agricultural machines. In these ecosystems, numerous lepidopterous phytophages develop and the relative poliphagous and multivoltine entomophages easily find alternative hosts, thus *L. dispar* and *M. neustria* latency periods are much more extensive. In other granitic regions, Goceano and Nuorese (Fig. 3, region VI), Ogliastra (Fig. 3, region VIII) and Iglesiente (Fig. 3, region IX), which all lie at 600-900 m above s.l., the *L. dispar* infestations are desultory, recurring at intervals of more than 10 years. Explanation of this fact has not yet been fully studied, but probably relates to the greater complexity of these ecosystems where large holm-oak and pubescent-oak forests grow adjacent to the cork oaks. The diversity of oaks possibly induces the environmental equilibrium necessary for resisting infestations longer.

Conclusions

The investigations into cork-oak phytophages carried out in Sardinia up to now have enabled a considerable amount of knowledge to be acquired regarding (i) the cork-oak forest entomofauna complex; (ii) the most important defoliator population dynamics; (iii) rapid and efficient defoliator sampling methods and (iv) the infestation risk in different cork-oak regions. In addition, colour-illustrated booklets and video tapes were prepared for divulgation to all interested parties particularly

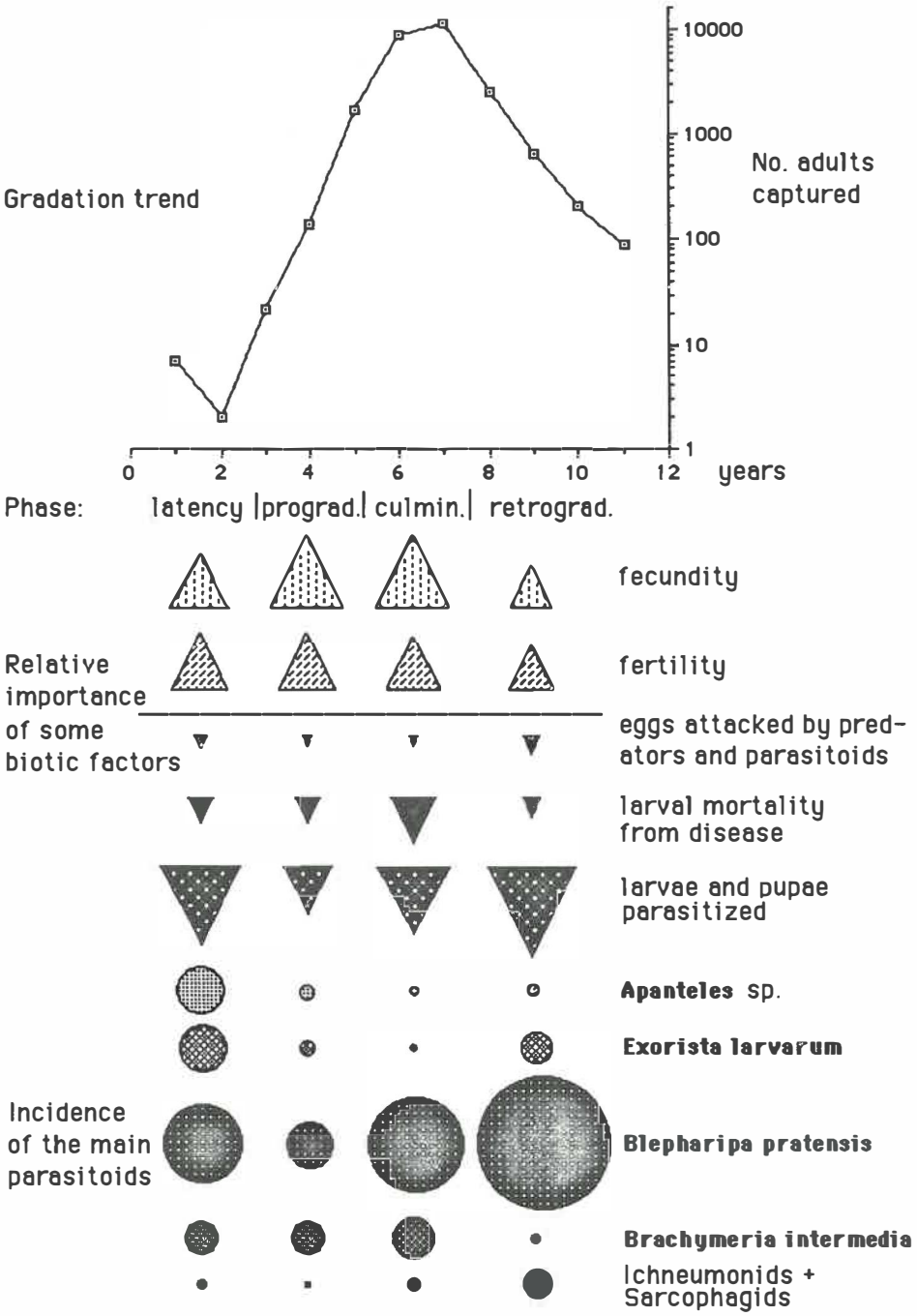

Fig. 2 - Chief biotic factors affecting *Lymantria dispar* L. population dynamics in Sardinia.

those responsible for tutelage of the Sardinian forest patrimony. It is suggested that the Regional Administration establishes a system of monitoring in all the island forests. Attention should be paid to the quantity and quality of the defoliator populations and their natural enemies, as well as to abiotic factors (e.g., temperature, humidity and wind) which may affect infestation development. The data obtained would enable areas at infestation risk to be detected and timely control measures to be taken.

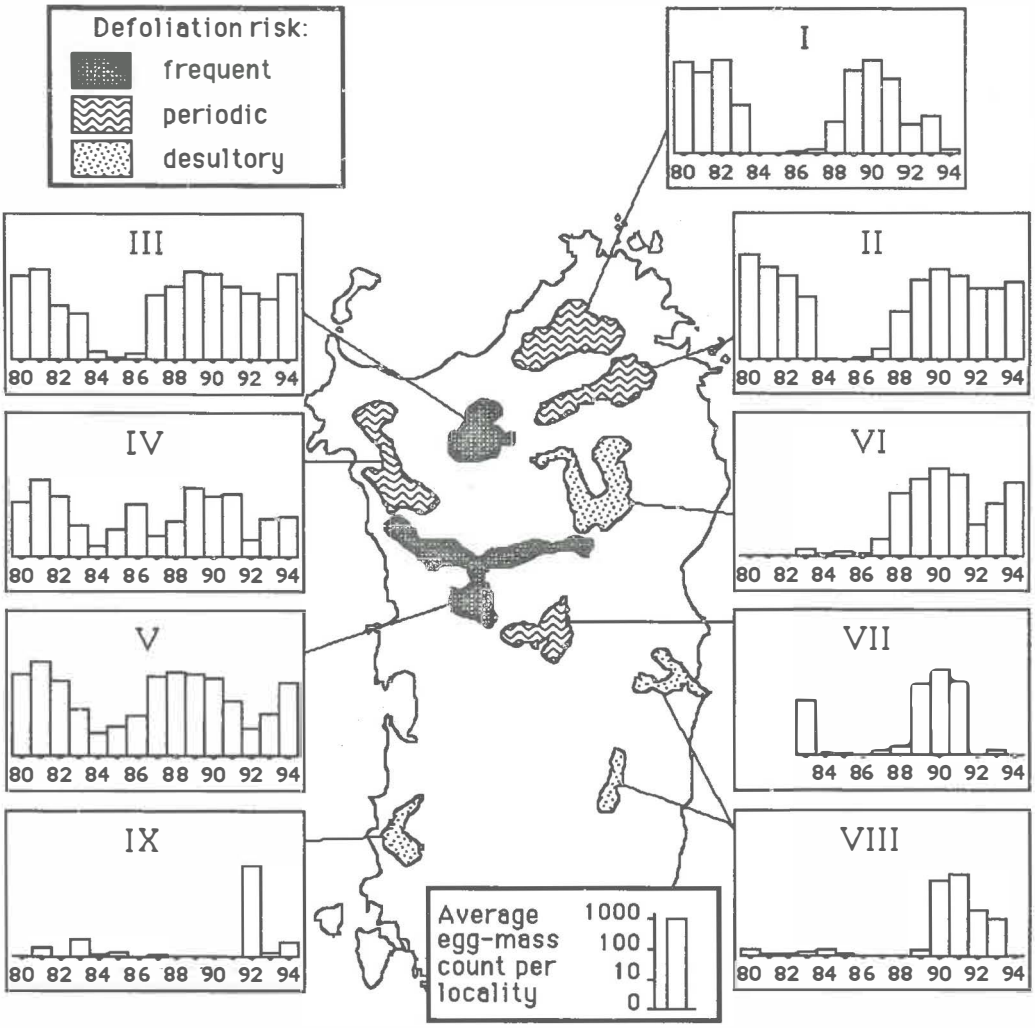

Fig. 3 - Defoliation risk, determined from *Lymantria dispar* L. egg-mass density variations, in principal Sardinian cork-oak regions. The egg-mass data refer to each year's hatching during 1980-94 and are expressed as log (n+1).

References

CAMBINI, A., 1971. Valutazione dei danni causati dagli insetti defogliatori alla quercia da sughero. Atti del 1° Convegno Regionale del Sughero (Tempio Pausania, 14-16 ottobre 1971): 327-339.
DEL BONO, C., 1993 - Il distretto industriale del sughero in Gallura. Osservatorio Economico e Finanziario della Sardegna, Quaderni di analisi, 2, Giugno 1993: 184 pp.
DELRIO, G., LUCIANO, P. & FLORIS, I., 1988. I parassiti di *Tortrix viridana* L. in Sardegna. Atti XV Congr. Naz. It. Ent.: 407-414.
DELRIO, G., LUCIANO, P. & PROTA, R., 1983. I parassiti di *Malacosoma neustria* L. in Sardegna. Atti XIII Congr. Naz. It. Ent.: 237-244.
EKK, I., KISS, M., NOWINSZKY, L., SZABO, S. & TOTH, G., 1980. The coefficient of population and its application in plant-protecting prognosis. Folia ent. Hung. **33** (2): 23-32.
HADZISTEVIC, D. & HADZIHALILOVIC, H., 1959. Gypsy moth gradations on the territory of PR Bosnia and Herzegovina. Zast. Bilja **52-53**: 153-159.
IDDA, L. & GUTIERREZ, M.,1984. Economia del sughero. Bollettino degli Interessi Sardi, Quaderno n. **12**: 60 pp.
JANKOVIC, L., 1960. Vertical distribution of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) and its ecology. Zast. Bilja **57-58**: 203-209.
LIPA, J. & MADZIARA-BORUSIEWICZ, K., 1976. Microsporidians parasitizing the green tortrix (*Tortrix viridana* L.) in Poland and their role in the collapse of the tortrix outbreak in Puszcza Niepolomocka during 1970-1974. Acta Protozoologica **15**: 529-536.
LUCIANO, P. & PROTA, R., 1982. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. in Sardegna. II. Osservazioni sul parassitismo nel corso della gradazione. Mem. Soc. Ent. Ital. **60**: 227-234.
LUCIANO, P. & PROTA, R., 1985. Indagini di base per il controllo di alcuni defogliatori in ambiente forestale. S.IT.E., Atti **5**: 823-827.
LUCIANO, P. & PROTA, R., 1986. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. in Sardegna. III. Indicatori biologici della gradazione. Frustula Entomologica **7-8**: 613-630.
LUCIANO, P. & PROTA R., 1989. Elementi di previsione delle infestazioni in sugherete sarde e prospettive di difesa. Atti del Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno (Firenze, 15-16 ottobre 1987): 287-304.
PROTA, R., 1973. Contributi alla conoscenza dell'entomofauna della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). VII. Indagini sulla composizione e consistenza della lepidotterofauna di una sughereta e sul dinamismo delle principali specie nocive. Mem. Staz. Sper. Sughero, Tempio Pausania, **35**: 130pp.
PROTA, R., 1974. Note sulla cenosi lepidotterica di *Quercus suber* L. e sulle fluttuazioni di alcune specie fotosensibili. Contributi alla conoscenza dell'entomofauna della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). VIII. Redia **55**: 439-461.
SCHUTTE, F., 1960. Der einfluss von spatfrosten (1959) auf die belaubung der eichen und die populationsdichte des eichenwicklers. Z. ang. Ent., **46**: 217-220.
SIMIONESCU, A. & STEFANESCU, M., 1978. Evolution des gradations de *Lymantria dispar* L. dans les forêts de la Republique Socialiste de Roumanie de 1971 à 1976 et mesures de lutte. Zast. Bilja, **39**: 141-149.
STEREG, O., 1960. Spatfroste und massenwechsel von *Tortrix viridana* L. (Lep., Tortr.). Z. ang. Ent., **46**: 213-216.
ZANARDI, D. & LOI T., 1973. Nuove prospettive di lotta contro la *Lymantria* delle sugherete. Tip. Valdes, Cagliari: 68 pp.

LES PRINCIPALES MALADIES DU CHÊNE-LIÈGE (*QUERCUS SUBER* L.) EN SARDAIGNE (ITALIE)

Francesco Marras, Antonio Franceschini & Lucia Maddau

Istituto di Patologia vegetale, Università degli Studi, Sassari, Italie

Résumé

Les résultats de recherches effectuées en Sardaigne — où se trouve approximativement 90% des subéraies italiennes — ont mis en évidence que, au cours des ces dernières années, l'état sanitaire du Chêne-liège (*Quercus suber* L.) s'est aggravé.
En particulier, on a observé un accroissement préoccupant des cas de "dépérissement", dû au concours de plusieurs causes adverses, aussi bien abiotiques, surtout des "stress" hydriques, que biotiques, comme des infestations d'insects défoliateurs et la recrudescence d'attaques fongiques. En ce qui concerne de plus près ces derniers, le Chêne-liège est affecté non seulement par des pathogènes "primaires" — en état de provoquer des altérations plus ou moins graves — mais aussi par différents pathogènes "secondaires" ou de "faiblesse", qui deviennent agressifs justement lorsque les plantes traversent de longues périodes de souffrance ou sont déjà affaiblies par d'autres causes.
Les mycoses les plus graves et les plus répandues ont résulté être: les altérations foliaires et les défoliations même totales causées par *Cystodendron dryophilum* (Pass.) Bubak, *Lembosia quercina* (Ell. *et* Mart.) Tracy *et* Earle, et *Septogloeum dryophilum* Marras; les dessèchements des branches par *Stuartella formosa* Fabre et *Ascodichaena rugosa* Butin; les dessèchements et les chancres sur les branches et le tronc par *Diplodia mutila* (Fr.) Mont. et *Hypoxylon mediterraneum* (de Not.) Ces. *et* de Not.; les pourritures des racines et du collet par *Armillaria mellea* (Vahl) Kummer et *Phytophthora cinnamomi* Rands.

Introduction

Le Chêne-liège (*Quercus suber* L.) est considéré comme une espèce résistante aux maladies en général, capable de surmonter de longues périodes de crises même intenses, aussi bien par conditions ambiantes défavorables que par attaques d'insectes ou de pathogènes fongiques défoliateurs. Toutefois, au cours des dernières années on a observé en Sardaigne une recrudescence des maladies qui l'affectent, avec de graves conséquences non seulement pour la production quali-quantitative du liège mais aussi pour la survie des plantes elles-mêmes. En particulier, on a pu relever des cas assez graves de "dépérissement", tout à fait semblables à ceux bien connus depuis longtemps même sur d'autres espèces de *Quercus* et responsables de dégâts considérables, en Italie et ailleurs en Europe (Delatour, 1983; Ragazzi *et al.*, 1989; Granata e Agosteo, 1991; Marras *et al.*, 1993b).
Par suite, nous avons jugé opportun de présenter à cette occasion le tableau mis à jour de la situation sanitaire du Chêne-liège en Sardaigne — qui comprend à peu près 90% des subéraies italiennes — en illustrant les maladies les plus dangereuses et en conseillant les mesures les plus indiquées pour prévenir leur apparition.

Matériel et méthodes

Au cours des cinq dernières années, des visites ont été effectuées périodiquement dans les principales zones à Chêne-liège de la Sardaigne qui avaient été déjà objet de recherche il y a trente

ans (Marras, 1962; 1962a; 1963). Au cours de telles visites, pour chaque maladie mise en évidence, on recueillaient les données relatives à la symptomatologie, l'étiologie, la diffusion et l'intensité de l'attaque. Pour les diagnostics plus complexes, des pièces étaient analysées au laboratoire, suivant les techniques normalement en usage pour l'isolement et l'identification d'éventuels pathogènes fongiques.

Résultats

Les résultats de la recherche sont exposés en examinant d'abord les pathologies assimilables à des formes de "dépérissement" et dans un second temps, celles d'origine fongique.

Dépérissement

Des phénomènes de "dépérissement" ont été relevés pratiquement dans toutes les principales zones à Chêne-liège de l'Ile. Des arbres isolés ou groupés en aires plus ou moins étendues, adultes ou même encore très jeunes, sont intéressés. Sur ces derniers, le cours du dépérissement est plutôt rapide et se manifeste par un dessèchement généralisé et soudain de toute la partie aérienne. La plante tente de réagir avec l'émission de nouveau rejet, mais en une ou deux saisons végétatives elle se dessèche complètement. Sur les arbres adultes, au contraire, le cours est beaucoup plus lent et graduel: ceux-ci végètent rabougris pendant plusieurs années et montrent des symptômes de plus en plus toujours aggravés. Au début les feuilles de toute la chevelure jaunissent, présentent des dessèchements plus ou moins étendus du limbe et se détachent aisément; souvent les feuilles nouvelles ont des dimensions plus réduites. Aux degrés plus avancés, sur le tronc et les branches les plus grosses apparaissent des taches nécrotiques corticales qui parfois évoluent en véritables chancres d'où coule un exsudat noirâtre. On assiste ensuite au dessèchement progressif des rameaux, à commencer par ceux plus à l'extérieur et situés plus en haut dans la chevelure, qui par conséquent tend à s'éclaircir. L'arbre émet alors de nouveaux gourmands, toujours plus nombreux et tallés, mais destinés eux-mêmes à se dessécher plus ou moins rapidement. Des branches entières meurent et finalement toute la plante succombe.
De telles manifestations, comme on l'a déjà dit, ne diffèrent pas fondamentalement des tableaux symptomatologiques décrits pour d'autres espèces de *Quercus* et définis génériquement avec le terme de "dépérissement des Chênes".
Il s'agit, comme on le sait, d'un syndrome causé par l'interaction de plusieurs facteurs adverses, à la fois abiotiques et biotiques, souvent de détermination difficile en tant que variable selon l'espèce affectée ou les situations locales particulières. Les spécialistes qui ont abordé le problème sont désormais d'accord pour considérer que le "dépérissement des Chênes" naît d'une condition de "stress" des plantes et évolue jusqu'à la mort de ces dernières par le concours de trois ordres de facteurs adverses: prédisposants, causals et contribuants.
Sur la base de nos observations il est apparu que, sans aucun doute, en Sardaigne la sécheresse prolongée de ces dernières années, avec des situations particulières — terrains pauvres et superficiels, peuplements touffus, pâturage excessif ou manque total d'apport de soins au bois jusqu'à son abandonnement complet — ont causé de graves "stress" hydriques aux plantes en les prédisposant à souffrir davantage des attaques d'insectes défoliateurs et de pathogènes fongiques. A tout cela s'ajoutent les dégâts provoqués parfois par l'extraction maladroite du liège et, malheureusement toujours plus souvent, par l'action du feu. Les arbres ainsi affaiblis végètent de façon misérable et subissent aisément d'autres attaques de la part de champignons, définis justement "secondaires" ou "de faiblesse". Ceux-ci, dans de telles conditions, réussissent à manifester toute leur aggressivité en contribuant à rendre irréversible le processus de dépérissement.
Par conséquent, il apparaît évident que le "dépérissement" est vraiment lié à l'action des parasites fongiques. D'autre part on sait (Franceschini *et al.*, 1993) que le Chêne-liège héberge une nombreuse mycoflore, bien 286 espèces, dont plus d'un tiers développe sûrement une action pathogène (Tab. 1).
En ce qui concerne de plus près l'Italie, ont été signalées, jusqu'à maintenant, en tout 33 espèces fongiques sur le Chêne-liège (Tab. 2), dont la moitié environ (16) sont des agents de maladies graves à la charge des divers organes épigés et hypogés des plantes (Tab. 3). Ensuite, sont brièvement indiqués les caractères symptomatologiques et épidémiologiques de telles mycoses.

Tab. 1 - Nombre d'espèces fongiques non pathogènes (NP) et pathogènes (P) retrouvées sur les différents organes de *Q. suber* dans le monde.

Champignons / Organes	*Myxo-mycota*		*Mastigo-mycotina*		*Zygo-mycotina*		*Asco-mycotina*		*Basidio-mycotina*		*Deutero-mycotina*		Total	
	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P
Feuilles	—	—	—	—	—	—	1	7	1	1	14	10	16	18
Tronc / branches	3	—	—	—	1	—	16	12	29	4	18	8	67	24
Racines / collet	—	—	—	3	—	—	—	2	—	4	—	—	—	9
Cépées / bois	7	—	—	—	—	—	14	—	54	46	3	1	78	47
Liège	—	—	—	—	—	—	4	—	2	—	14	1	20	1
Glands	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	4	—	5	1
Total	10	—	—	3	1	—	36	22	86	55	53	20	186	100

Tab. 2 - Nombre d'espèces fongiques retrouvées sur les différents organes de *Q. suber* en Italie.

Champignons / Organes	*Mastigo-mycotina*	*Asco-mycotina*	*Basidio-mycotina*	*Deutero-mycotina*	Total
Feuilles	—	4	1	8	13
Tronc / branches	—	6	5	3	14
Racines / collet	1	—	2	—	3
Cépées / bois	—	1	2	—	3
Total	1	11	10	11	33

Mycoses des feuilles

On a trouvé les mêmes maladies déjà observées et amplement décrites depuis longtemps en Sardaigne (Marras, 1962, 1963). Parmi elles, le "blanc" par *Microsphaera alphitoides* Griffon *et* Maubl. et la "rouille" par *Uredo quercus* Brond., dont est bien connue la symptomatologie, présentent une diffusion limitée avec des dégâts en général négligeables. Le "blanc" affecte presque exclusivement les plantes très jeunes ou les cépées; la "rouille" seulement dans des rares cas peut provoquer de graves défoliations qui sont de toute façon toujours localisées à des plantes singulières ou dans des zones très limitées.
D'autres altérations peuvent causer des tachetures plus ou moins nombreuses, de forme et taille variables, souvent confluant en aires plus étendues du limbe qui se dessèche et se déchire. Parmi elles, l'"anthracnose" par *Apiognomonia errabunda* (Roberge) Hönhel, la "tacheture noire" par *Elsinoë quercus-ilicis* (Arnaud) Jenkins *et* Goid. et la "tacheture brune" par *Phleospora ilicina* Sacc. sont peu étendues, mais en général l'intensité de leurs attaques est plutôt élevée. Au contraire, le "dessèchement apicale" par *Dendrophoma myriadea* (Preuss) Sacc. et la "seimatosporiose" par *Seimatosporium lichenicola* (Corda) Shoem. *et* E. Muller apparaissent plus fréquentes, mais heureusement moins graves.

Tab. 3 - Pathogènes et mycoses de *Q. suber* en Italie.

PATHOGÈNES	MYCOSES
FEUILLES	
ASCOMYCOTINA	
Apiognomonia errabunda	Anthracnose
Elsinoë quercus-ilicis	Tacheture noire
Lembosia quercina	Tavelure
Microsphaera alphitoides	Blanc
BASIDIOMYCOTINA	
Uredo quercus	Rouille
DEUTEROMYCOTINA	
Cystodendron dryophilum	Cystodendrose
Dendrophoma myriadea	Dessèchement apicale
Phleospora ilicina	Tacheture brune
Seimatosporium lichenicola	Seimatosporiose
Septogloeum dryophilum	Septogleose
TRONC ET BRANCHES	
ASCOMYCOTINA	
Ascodichaena rugosa	Dessèchement
Botryosphaeria stevensii	Chancre/dessèchement
Hypoxylon mediterraneum	Chancre charbonneux
Stuartella formosa	Dessèchement
RACINES ET COLLET	
MASTIGOMYCOTINA	
Phytophthora cinnamomi	Maladie de l'encre
BASIDIOMYCOTINA	
Armillaria mellea	Pourridié des racines

Sans aucun doute, les maladies qui causent les dégâts les plus importants sont la "cystodendrose" par *Cystodendron dryophilum* (Pass.) Bubak, la "tavelure" par *Lembosia quercina* (Ell. *et* G. Martin) Tracy *et* Earle, et la "septogleose" par *Septogloeum dryophilum* Marras. La première a une diffusion très large et affecte indifféremment des plantes jeunes et adultes. Elle se manifeste par des taches zonées caractéristiques, même très étendues, et provoque une défoliation lente mais graduelle, parfois totale. La deuxième, facilement reconnaissable par ses taches typiques de "tavelure", est aussi elle très répandue et trouve les conditions optimales pour causer des défoliations graves et continues surtout dans les subéraies très touffues et riches de sous-bois. La troisième a une diffusion plus limitée et est caractérisée par la présence sur la face supérieure du limbe de nombreuses taches petites de couleur brune-châtain; les feuilles, au début, jaunissent, puis prennent une couleur orangée et finalement tombent prématurément.

Mycoses du tronc et des branches

Plutôt fréquents sont les "dessèchements" des rameaux par *Stuartella formosa* Fabre et par *Ascodichaena rugosa* Butin, tous deux, champignons à habitat cortical récemment décrits en Sardaigne (Marras *et al.*, 1993, 1993a). Ce sont en principe des hémiparasites, mais lorsque les plantes traversent des périodes particulières de souffrance ils deviennent agressifs et attaquent les tissus vivants du cortex. Sûrement ils ont un rôle important dans les processus du "dépérissement".
Notamment nuisibles sont les attaques par *Botryosphaeria stevensii* Shoem. [f.i.: *Diplodia mutila* (Fr.) Mont.] sur plantes d'âge différent, même très jeunes. Elles se manifestent par des taches nécrotiques, souvent humides, bien évidentes sur l'écorce du tronc et des branches les plus grosses. En correspondance de telles taches les tissus intérieurs apparaissent altérés et brunis sur des portions plus ou moins étendues. Les branches, situées au-dessus, subissent un dessèchement

progressif qui, à partir de l'extérieur, finit par intéresser des branches entières et d'amples secteurs de la plante. Lorsque les lieux d'infection sont nombreux les plantes, surtout les plus jeunes, sont destinées à mourir.
Finalement, le "chancre charbonneux" par *Hypoxylon mediterraneum* (de Not.) Ces. *et* de Not., est très répandu. Ses symptômes sont aisément reconnaissables par la présence, sur le tronc et les branches des plantes atteintes, de chancres même très amples qui laissent entrevoir à l'intérieur les plaques stromatiques noires caractéristiques du champignon. Celui-ci, comme on le sait, est un hémiparasite capable de pénétrer dans la plante seulement à travers des solutions de continuité. Il réussit à se répandre lentement dans les tissus les plus intérieurs des organes atteints chaque fois que défaillent les défenses actives des plantes affaiblies par d'autres causes adverses. Lorsque le champignon arrive aux voies du xylème, l'infection se généralise en provoquant une défoliation partielle et un dessèchement progressif des branches.

Mycoses des racines et du collet

La maladie la plus grave, aussi bien par son ample diffusion que par l'intensité de ses attaques, est sans doute le "pourridié blanc des racines" par *Armillaria mellea* (Vahl) Kummer. Elle est connue depuis longtemps en Sardaigne où désormais elle a pris un caractère endémique et chronique (Marras, 1962). Les infections arrivent en général au niveau des plus grosses racines, s'étendent lentement en haut et finissent par intéresser tout le pourtour du tronc. Elles se reconnaissent facilement par la présence des plaques mycéliennes blanches typiques du champignon reliées par des cordons rhizoïdes qui se répandent au-dessous de l'écorce des racines altérées ou du liège. Les plantes atteintes manifestent un dépérissement progressif de toute la chevelure et sont destinées à mourir. Le champignon, comme on le sait bien, est un parasite typique de "faiblesse", capable de survivre longtemps en saprophyte dans le terrain et de se comporter en pathogène fortement virulent lorsque les plantes végètent en conditions de souffrance.
Les attaques par *Phytophthora cinnamomi* Rands apparaissent pareillement nuisibles. On relève ses symptômes sur les racines les plus petites, qui pourrissent, et sur les plus grosses, qui présentent des lésions noirâtres plus ou moins étendues. Les mêmes lésions nécrotiques naissent aussi à la base du tronc, où elles peuvent évoluer en chancres humides par le suintement d'exsudats noirâtres. Les plantes affectées dépérissent progressivement et meurent en temps plus ou moins longs.
Les infections par *P. cinnamomi* ne semblent pas très fréquentes en Sardaigne, mais probablement, la difficulté d'isoler le pathogène des organes infectés, surtout s'il existe des conditions d'aridité, et la non spécificité des symptômes sur les plantes dépérissantes ne permettent pas de relever sa réelle diffusion.

Conclusions

Des résultats de notre recherche il est apparu que la plupart des subéraies de la Sardaigne présentent les signes évidents d'une dégradation préoccupante. En général les plantes apparaissent peu vigoureuses et présentent un niveau du seuil de "stress" assez bas, et en conséquence, résultent plutôt sensibles aux différents facteurs adverses abiotiques et biotiques. Il s'ensuit que pour un réaménagement correct des subéraies il faudrait au préalable améliorer les conditions de végétation des plantes, de façon que ces dernières retrouvent leur résistance naturelle à l'adversité. Cela pourra être obtenu surtout grâce à une exploitation soignée des subéraies au moyen de:
- des interventions sylviculturales mirant à régler la densité des peuplements, le développement du sous-bois et le niveau de fertilité du sol;
- la rationalisation du pâturage et surtout le renoncement à l'extraction du liège dans les années particulièrement sèches ou en cas de graves attaques parasitaires;
- la correcte exécution de la décortication pour éviter les blessures qui endommagent directement les plantes, en ouvrant des voies faciles de pénétration pour les pathogènes;
- la protection phytosanitaire intégrée, à réaliser par: des moyens biologiques, microbiologiques et parfois chimiques; le déplacement des arbres morts ou dépérissants et des branchages de taille; la désinfection des outils employés pour la décortication et la taille, et des coupures pratiquées.

Remerciements

Ce travail a été financé par le M.U.R.S.T. (40%) et la Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania, Italie.

Références bibliographiques

DELATOUR, C., 1983. Les dépérissement de chênes en Europe. Rév. For. Fr. **35**: 265-282.

FRANCESCHINI, A., MARRAS, F. & SECHI, C., 1993. Funghi segnalati sulla Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania. Collana biologica n° 3, 138 pp.

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.

MARRAS, F., 1962. Contributi alla patologia della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). II. Malattie fogliari causate da funghi parassiti in Sardegna. Memorie della Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania **3**: 1-86.

MARRAS, F., 1962a. Contributi alla patologia della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). III. Il "Marciume radicale" causato da *Armillaria mellea* (Vahl) Quél. Memorie della Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania **4**: 1-15.

MARRAS, F., 1963. Contributi alla patologia della Quercia da sughero (*Quercus suber* L.). IV. Ticchiolatura delle foglie. *Morenoella quercina* (Ell. *et* Mart.) Theiss. Memorie della Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania **7**: 1-17.

MARRAS, F., FRANCESCHINI, A. & MADDAU, L., 1993. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). I - A bark parasite: *Stuartella formosa* Fabre. Proc. Int. Congr. "Recent advances in studies on oak decline", Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18, 1992: 247-253.

MARRAS, F., FRANCESCHINI, A. & MADDAU, L., 1993a. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). III - *Ascodichaena rugosa* Butin. Proc. Int. Congr. "Recent advances in studies on oak decline", Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18, 1992: 247-253.

MARRAS, F., FRANCESCHINI, A., MADDAU, L., VAGNONI, V., ANGIOLINO, C., SIRIGU, M.T. & LOCHE, P., 1993b. Notes on cork oak decline in Sardinia (Italy). Occurrence and role of fungal pathogens. Proc. 6th Int. Congr. of Plant Pathology, Montreal, July 28 - August 6, 1993: 120.

RAGAZZI, A., DELLAVALLE FEDI, I. & MESTURINO, L., 1989. The oak decline: a new problem in Italy. Eur. J. For. Path. **19**: 105-110.

NOTES ON FUNGI OF CORK OAK (*QUERCUS SUBER* L.) IN SARDINIA (ITALY). IV - *VERMISPORIUM QUERCINUM* SP. NOV.

Antonio Franceschini*, Francesco Marras* & Brian C. Sutton **

*Istituto di Patologia vegetale, Università degli Studi, Sassari, Italy
**International Mycological Institute, Bakeham Lane, Egham, UK

Abstract

A species of *Vermisporium* found on twigs of *Quercus suber* L. in Sardinia (Italy), is described and illustrated as *V. quercinum*. It is compared and contrasted with the known species in the genus, all of which are described from leaves of *Eucalyptus* species in the southern hemisphere. The main differences are in the corticolous habit and exceptionally deep conidiomata, the very branched irregular conidiogenous apparatus, and the conidia which are as long as but much wider than some related species and have a longer basal appendage.

Introduction

Previous notes (Marras *et al.*, 1993 a, b, c) refer to the occurrence of the bark-parasitizing ascomycetes, *Stuartella formosa* Fabre and *Ascodichaena rugosa* Butin, and the coelomycete, *Endocoryneum quercus* Sutton, Marras & Franceschini, on twigs of cork oak showing dieback.
This fourth fungus was identified as belonging to the genus *Vermisporium* Swart & Williamson on the basis of its morphological features. Although 10 species are already known in the genus, since none is reported or described from *Q. suber*, it is described here as a new taxon.

Description

Vermisporium quercinum Sutton, Franceschini & Marras, sp. nov.

Mycelium abundans, immersum, hyalinum vel pallide brunneum, ramosum, septatum, intra- et inter-cellulare, plerumque subperidermale, 3-5 µm latum.
Conidiomata usque ad 350 µm diam. x 500 µm profunda, discreta et dispersa, raro confluentia, nigra, disciformia, pagina conidiogena exposita irregulari et corrugata, stromatica, acervularia, immersa, subperidermalia, unilocularia, ad basim immersa, pseudostromatica, usque ad 1000 µm diam. extensa, ex textura angulari hyalina vel pallide brunnea composita, in regione mediana etiam immersa et pseudostromatica sed ex textura angulari medio et atro brunnea, in centro in regionem superiorem extensa, in regione superiore semiimmersa, eustromatica ex textura angulari et porrecta hyalina composita; dehiscentia ruptilis, area conidiogena exposita cortice retroflexa et cariosa.
Conidiophora ex cellulis superioribus conidiomatum et areis applanatis et depressionibus vadosis usque ad 70 µm profundis formata, hyalina, laevia, cylindrica, ad basim et alibi repetite septata et irregulariter ramosa, usque ad 40 µm longa x 2.5-4 µm lata.
Cellulae conidiogenae in conidiophoris incorporatae, terminales, laterales at intercalares, plerumque cylindricae sed geniculatae, hyalinae, laeves, 5-15 x 2.5-4 µm.
Locis conidiogenis 1-3 per uterque cellulae, latis, applanatis, non-incrassatis et non-protuberantibus, 1.5-2.5 µm diam.
Conidia falcata et fusiformia, 3 septata, hyalina, eguttulata, laevia, ad septum medianum leviter constricta, 62-80 x 4.5-6 µm; cellula apicalis longior, apicem versus gradatim deminuta, 23-30 µm longa; duae cellulae medianae breviores, 13-17 µm longae; cellula basalis 11-14 µm longa, cum appendice excentrica 11-18 µm longa.

Holotypus: IMI 350480, in cortice Quercus suberis, Sardinia, 1957, F. Marras 12a; paratypus: IMI 350481, ibid., F. Marras 55.

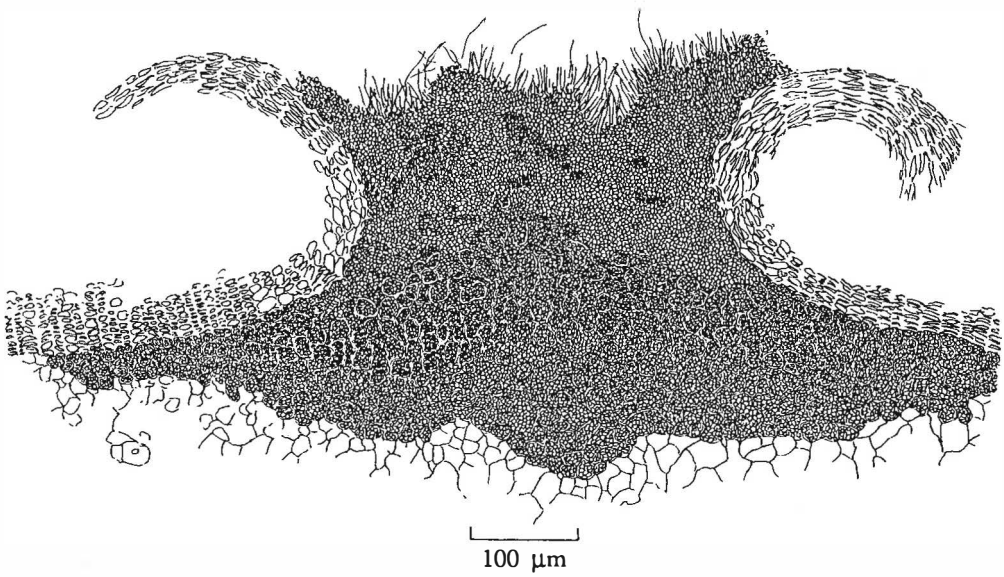

Fig. 1 - *Vermisporium quercinum*. Median vertical section of a conidioma (IMI 350480).

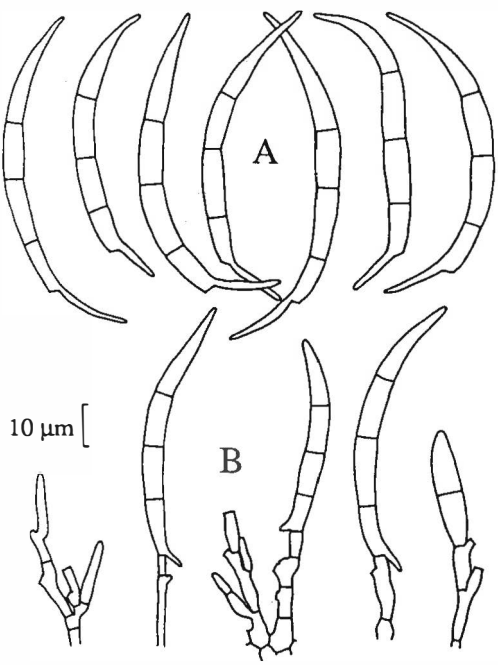

Fig. 2 - *Vermisporium quercinum*. **A**: mature conidia (IMI 350480); **B**: conidiogenous cells and developing conidia (IMI 350480).

Mycelium abundant, immersed, hyaline to pale brown, branched, septate, intra- and inter-cellular, mostly subperidermal, 3-5 µm wide.
Conidiomata up to 350 µm diam. x 500 µm deep, discrete and scattered, rarely confluent, black, disciform with the exposed conidiogenous surface irregular and corrugated, stromatic, acervular, immersed, subperidermal, unilocular, base immersed, pseudostromatic, extending over an area up to 1000 µm diam. and composed of hyaline to pale brown textura angularis, the middle region also immersed and pseudostromatic but of medium to dark brown textura angularis which in the centre extends up into the upper layer which is semi-immersed, eustromatic and composed of hyaline textura angularis to porrecta; dehishing by irregular rupture of the overlying bark tissue which curls back and finally decays to fully expose the conidiogenous area.
Conidiophores formed from the upper cells of the conidiomata, either from the flat surface or in shallow depressions about 70 µm deep, hyaline, smooth, cylindrical, repeatedly septate and branched irregularly at the base and above, up to 40 µm long x 2.5-4 µm wide.
Conidiogenous cells integrated, terminal, lateral and intercalary, mostly cylindrical but geniculate when with more than one conidiogenous locus, hyaline, smooth, 5-15 x 2.5-4 µm.
Conidiogenous loci 1-3 per conidiogenous cell, broad, flat, unthickened, non-protuberant, 1.5-2.5 µm diam.
Conidia falcate, fusiform, 3 septate, hyaline, eguttulate, smooth, slightly constricted at the median septum, 62-80 x 4.5-6 µm; apical cell the longest, gradually tapered to the apex, 23-30 µm long; two central cells shorter, 13-17 µm long; basal cell 11-14 µm long, with an excentric appendage 11-18 µm long.

Discussion

The genus *Vermisporium* was introduced by Swart & Williamson (1983) with the type species *V. walkeri* Swart & Williamson. Six species were described in the genus and it was subsequently enlarged by the addition of a further 4 species by Nag Raj (1993). These taxa were all described as associated with leaf lesions on species of *Eucalyptus* from Australia. There is also a single record from South Africa. They are characterized by stromatic unilocular to multilocular conidiomata which dehisce by irregular rupture of the overlying host tissues. Conidiophores are usually present but in some species they are reduced to discrete conidogenous cells.
Conidiogenesis in all species is recorded as "annellidic", that is with holoblastic conidial ontogeny in which conidia are delimited by a single transverse septum and secede schizolytically. Percurrent enteroblastic conidiogenous cell proliferation is followed by holoblastic conidial production. This repeatedly occurs with successive conidia seceding at progressively higher levels (Minter *et al.*, 1982, 1983 a, b). Conidia are cylindrical, fusiform to acerose, euseptate, hyaline in most species, smooth or verruculose, with the apical cell drawn out into an appendage and the base with an excentric appendage.
In most respects the placement of the fungus on *Q. suber* in *Vermisporium* agrees satisfactorily with the generic limits outlined by Nag Raj (1993). However, there are apparent differences in conidiogenous events which require comment. There is none of the percurrent proliferation of the conidiogenous cell so characteristic of "annellidic" development. Instead, only a single conidium is formed at each locus, after which the conidiogenous cell proliferates sympodially up to three times with a conidium formed at each new locus. Occasionally the loci become separated by the laying down of septa so that the appearance of the loci is lateral. This phenomenon in which percurrent and sympodial proliferations of conidiogenous cells become interspersed with conidial development, though well-known in other mitosporic fungi (Sutton, 1964, 1967; Glawe & Rogers, 1982a, b; Samuels & Hallett, 1983; Wingfield, 1985), has not hitherto been reported for *Vermisporium*. In other mitosporic fungi such as *Leptographium* Lagerberg & Melin, *Seimatosporium* Corda, *Libertella* Desm. and *Microdochium* Syd. this is no obstacle to the inclusion of taxa with percurrent and sympodial proliferation in the same genus.
Five of the described species can immediately be eliminated from comparison with the fungus from *Q. suber*. All but one species of *Vermisporium* (*V. biseptatum* Swart & Williamson) have 3-septate conidia, and four [*V. cylindrosporium* (Swart) Nag Raj, *V. eucalypti* (McAlp.) Nag Raj, *V. falcatum* (Sutton) Nag Raj, *V. verrucisporium* Nag Raj] have either very pale brown or verruculose conidia. The conidia in *V. brevicentrum* Swart & Williamson have comparatively very small median cells,

and the remaining species, *V. acutum* Swart & Williamson, *V. obtusum* Swart & Williamson, *V. orbiculare* (Cooke) Swart & Williamson and *V. walkeri* Swart & Williamson, have narrower conidia (3-4.5 µm) in which the basal appendage does not exceed 10 µm in length.

Acknowledgements

This research was supported by M.U.R.S.T. (40%) and Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania, Italy.

References

GLAWE, D.A. & ROGERS, J.D., 1982a. Observations on the anamorphs of six species of *Diatrype* and *Diatrypella*. Canadian Journal of Botany **60**: 245-251.
GLAWE, D.A. & ROGERS, J.D., 1982b. Observations on the anamorphs of six species of *Eutypa* and *Eutypella*. Mycotaxon **14**: 334-346.
MARRAS, F., FRANCESCHINI, A. & MADDAU, L., 1993a. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). I - A bark parasite: *Stuartella formosa* Fabre. Proc. Int. Congr. "Recent advances in studies on oak decline", Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18, 1992: 247-253.
MARRAS, F., FRANCESCHINI, A. & SUTTON, B.C., 1993b. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). II - *Endocoryneum quercus* sp. nov. Proc. Int. Congr. "Recent advances in studies on oak decline", Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18, 1992: 255-260.
MARRAS, F., FRANCESCHINI, A. & MADDAU, L., 1993c. Notes on fungi of cork oak (*Quercus suber* L.) in Sardinia (Italy). III - *Ascodichaena rugosa* Butin. Proc. Int. Congr. "Recent advances in studies on oak decline", Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18, 1992: 261-268.
MINTER, D.W., KIRK, P.M. & SUTTON, B.C., 1982. Holoblastic phialides. Transactions of the British mycological Society **79**: 75-93.
MINTER, D.W., KIRK, P.M. & SUTTON, B.C., 1983a. Thallic phialides. Transactions of the British mycological Society **80**: 39-66.
MINTER, D.W., SUTTON, B.C. & BRADY, B.L., 1983b. What are phialides anyway? Transactions of the British mycological Society **81**: 109-120.
NAG RAJ, T.R., 1993. Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia. Mycologue Publications, Ont. Canada: 1101 pp.
SAMUELS, G.J. & HALLETT, I.C., 1983. *Microdochium stoveri* and *Monographella stoveri*, new combinations for *Fusarium stoveri* and *Micronectriella stoveri*. Transactions of the British mycological Society **81**: 473-483.
SUTTON, B.C., 1964. Coelomycetes II. *Neobarclaya*, *Mycophypallage*, *Bleptosporium*, and *Cryptostictis*. Mycological Papers **88**: 1-50.
SUTTON, B.C., 1967. Redescription of *Ajrekarella* Kamat & Kalani. Mycopathologia et Mycologia Applicata **33**: 76-80.
SWART, H.J. & WILLIAMSON, A., 1983. Australian leaf-inhabiting fungi. XVI - *Vermisporium*, a new genus of coelomycetes on *Eucalyptus* leaves. Transactions of the British mycological Society **81**: 491-502.
WINGFIELD, M.J., 1985. Reclassification of *Verticicladiella* based on conidia development. Transactions of the British mycological Society **85**: 81-93.

LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DU CHÊNE LIÈGE AU PORTUGAL. LEURS RELATIONS AVEC LE DÉCLIN DES PEUPLEMENTS

Edmundo Manuel Rodrigues de Sousa

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

Résumé

Le dépérissement du chêne liège au Portugal paraît être le résultat de l'action graduelle et continue de plusieurs agents de "stress". Des récents travaux qui ont été développés, suggèrent que le processus qui a été constaté est similaire à celui qui est référé pour le déclin actuel des forêts en Amérique du Nord et en Europe.
Parmi les insectes ravageurs, directement impliqués dans cette séquence d'affaiblissement , on signale l'effet de plusieurs défoliateurs (*Porthetria dispar* L.; *Tortrix viridana* L.; *Periclista andrei* Konow), des corticoles et xylophages (*Coroebus florentinus* Herbst; *C. undatus* F.), des ravageurs des fruits (*Balaninus elephas* Gyll) et des mycétophages (*Platypus cylindrus* F.). Les manifestations de ces insectes ne sont pas cependant spatio-temporellement uniformes. En effet, on constate la possibilité de l'existence de différentes successions et intensités d'attaques selon leurs liaisons soit avec des autres facteurs de "stress" soit avec des caractéristiques des peuplements.

Introduction

De temps en temps l'équilibre des écosystèmes forestiers peut être ponctuellement affecté avec l'apparition soit de dommages visibles dans les arbres (blessures, décolorations, défoliations) soit des changements des modèles de leur croissance et productivité. Plusieurs facteurs de stress peuvent être à l'origine de ces situations de dépérissement.
Cependant, la situation qu'on vit actuellement dans une grande partie des forêts de l'Europe et de l'Amérique du Nord (Landmann, 1985) paraît apporter des altérations aux mécanismes déjà connus des dommages des arbres forestiers. En effet, cette nouvelle situation a été constaté dans une extension géographique assez vaste affectant d'une manière continue des nombreuses espèces forestières (feuillus et conifères) (Bonneau & Guy, 1988).
Pour l'évaluation tant de la gravité de la situation que des causes principales de ce dépérissement général, des différents inventaires de l'état sanitaire des forêts européennes ont été effectués. Les résultats de 1988 (Comissão das Comunidades Europeias, 1989) qui sont synthétisés au Tableau 1, signalent les différentes causes qui, *a priori,* peuvent être à l'origine de tout ce décalage. Les agents biotiques (insectes et champignons pathogènes), les troupeaux, l'homme, les incendies et la pollution locale sont les principaux facteurs qui ont été initialement liés à tout ce processus. Parmi ceux-ci, les insectes sont les responsables pour un grand pourcentage des dégâts dans les arbres échantillonnés.
Une analyse générale de l'action de ces agents a permis l'établissement de plusieurs hypothèses des mécanismes intervenants (Link & Ashmore, 1987). On a alors vérifié que ce processus de déclin était très complexe et qu'il n'avait pas un seul facteur nettement responsable pour toute la situation qui a été créée. L'actuel dépérissement était dû à l'effet séquentiel de l'ensemble d'agents spécifiques pour chaque situation. Le site, les précédents, l'espèce forestière, l'âge du peuplement, les techniques de l'installation, de gestion et d'exploitation ont été aussi considérés des facteurs qui modifient la réponse d'un peuplement forestier à l'action des agents d'affaiblissement.
Manion (1981) a établi une relation séquentielle d'événements, tels les facteurs de prédisposition (climat, humidité du sol, génotype, chimie du sol, polluants atmosphériques) de déchaînement (sylviculture, ravageurs primaires, froid, sécheresse, polluants atmosphériques), et ceux d'accélération (ravageurs secondaires, champignons pathogènes, virus) (Ashmore et al., 1985). Les successions de ces facteurs peuvent varier selon les situations (Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1988).

Tableau 1 - Relation entre les dommages des arbres (défoliation) et l'action de plusieurs facteurs de dépérissement.

Agents de stress	Nombre totale des arbres	% des arbres avec défoliation
Animaux sauvages et troupeaux	273	13,18
Insectes	7314	16,77
Champignons pathogènes	1746	15,18
Agents abiotiques	1352	26,33
Action de l'homme	1863	9,18
Incendies	406	13,55
Pollution regionale	122	13,12
Autres	3121	13,85
Des dommages identificables	12558	15,15
Des dommages non identificables	25049	7,65
Des dommages multiples	2881	17,98

Le cas des peuplements de chêne-liège

Au Portugal, l'existence des références signalant des dégâts dans les peuplements de chêne-liège (Natividade, 1950; Nogueira, 1967; 1968) , indiquent que ce phénomène est déjà ancien et que le dépérissement actuel est la conséquence des modifications graduelles qui ont été provoquées par l'action de plusieurs agents.
En 1988, le résultat de l'inventaire sur la situation des peuplements de chêne-liège au Portugal (Martins, 1988) a signalé quelques remarques vraiment inquiétantes sur l'utilisation de certaines techniques de leur gestion et exploitation. Ainsi on a constaté que:
- presque 60 % des peuplements de chêne liège avaient une exploitation intensive du sol (agriculture et/ou pâturage);
- l'indice de l'occupation du sol était très faible (densité et dégré de couverture réduite);
- la régenération naturelle a disparu en 50% de l'aire actuelle du chêne liège;
- la mortalité des arbres jeunes était très élévée (moins de 20% des arbres étaient capables de survivre jusqu'à une hauteur supérieure à 1.30 mètres);
-l'exploitation intensive des arbres était très significative. Presque 46% des chênes liège présentaient une hauteur d'écorçage assez élévée.
Au même temps, une symptomatologie de déclin a été aussi notée un peu par toute l'aire écologique de cette essence forestière. Les principaux symptômes de l'affaiblissement actuel du chêne liège au Portugal sont:
- un feuillage très réduit (défoliation) et une sécheresse prématurée des feuilles (décoloration);
- une formation de rameaux ayant une grande concentration de petites feuilles;
- une sécheresse des petits rameaux terminaux;
- l'apparition sur l'écorce de certaines taches bien foncés restant postérieurement blanches;
- des attaques d'insectes et de champignons pathogènes.
Des nombreux travaux de recherches (période de 1989-92) ont été alors effectués pour la connaissance des possibles mécanismes responsables par tout ce processus. L'évaluation des agents de ce déséquilibre (Tableau 2) a signalée une forte liaison entre ce qui se passait avec le chêne liège et la situation plus générale du dépérissement des forêts en Europe et Amérique du Nord (Cabral & Lopes, 1992; Cabral & Sardinha, 1992).

Les principaux insectes ravageurs du chêne liège au Portugal

Parmi les insectes ravageurs du chêne liège, les défoliateurs ont été sans doute les plus cités. Les premières références concernant leur présence datent du final du XIX siècle début de le XX, sont dues à l'action du lépidoptère *Porthetria dispar* L. En 1945-48 ses niveaux populationnels ont atteints des valeurs incroyables provoquant des dommages très sévères dans les peuplements de chêne liège au Portugal, surtout au sud du fleuve Tagus (Nogueira, 1967).

Tableau 2 - Les principaux facteurs du dépérissement des peuplements de chêne liège au Portugal (adapté de Cabral & Lopes, 1992).

PRÉDISPOSITION	DÉCHAÎNEMENT	ACCÉLÉRATION
Intensification continue de l'exploitation	Occurrence de sécheresses periodiques (1943-45; 1975-76;1980-83)	Insectes xilophages e corticoles
Agriculture et pâturage sous les peuplements	Écorçage assez élévé	Champignons pathogènes
Déséquilibres du pH du sol et de sa composition chimique	Élagage excessif	
Changement de l'aération du sol	Attaques des défoliateurs	
Modification des mécanismes d'infiltration de l'eau	Polluants atmosphériques	
Erosion du sol	Blessures provoquées par l'écorçage	
Utilisation fréquente de grandes machines agricoles		

La connaissance des causes de ces pullulations est encore imprécise. On pense que l'application intensive du programme portuguais de développement agricole vers lequel on a essayé de faire du blé dans les sols des peuplements de chêne liège (préparation profonde du sol, destruction des broussailles, grandes fertilisations), a contribué pour le déséquilibre écologique de cet ecosystème (Silva, 1944).

Pendant la période de 1939-44, on a efectué des essais pour le développement des méthodes de lutte biologique (Silva, 1944; Natividade, 1950), mais la grande pullulation de l'espèce a favorisé l'utilisation de la lutte chimique. De 1945 à 1948, plus de 76.500 ha ont été traités avec le DDT (Figo, 1972).

Cependant d'autres insectes ravageurs du chêne liège ont été signalés. Des fortes attaques de *Coroebus undatus* (F.) et de *Coroebus florentinus* (Herbst.) ont été aussi notés dans quelques peuplements (Neves, 1944).

Après le contrôle des populations de *P. dispar* des dommages sévères causés par d'autres défoliateurs sont alors signalés. On pense qu'une succession d'agents de dépérissement des arbres a été initiée. En effet, le succès du combat à cette espèce a crée des conditions favorables à la prolifération d'autres, comme *Tortrix viridana* L. (période de 1945-50) (Neves, 1950), *Phalera bucephala* L. (après 1947) (Natividade, 1950; Nogueira, 1968) et *Euproctis chrysorrhoea* L. (attaques sporadiques en 1950-51) (Natividade, 1950).

Dans les années 60, des dégâts de *T. viridana* sont les seuls encore réferés, tandis que l'espèce *P. dispar* est considerée comme parfaitement localisée dans quelques petits foyers d'infestation. Néanmoins des attaques importantes d'autres défoliateurs (*Periclista andrei* Konow et *P. dusmeti* Konow) sont notées. La protection des peuplements de ces hyménoptères par la lutte chimique est devenue très difficile. En effet pour compléter son cycle, l'insecte a besoin de rester dans le sol pendant plusieurs années ce qui a difficulté son contrôle rapide (Nogueira, 1968).

En 1972, les insectes qui ont été considerés comme les ravageurs les plus importants du chêne liège étaient uniquement des défoliateurs (*T. viridana*, *P. dispar*, *E. chrysorrhoea*, *P. andrei* et *P. dusmeti*). Des attaques ponctuelles d'autres défoliateurs sont aussi citées (*Tortricoides tortricella* Hübn., *Phycita spissicella* Fab., *Catocala nymphagoga* Esp. et *Archips xylosteana* L.) (Nogueira & Ferreira, 1972).

En 1973 on a crée un service de prospection et d'inventaire périodique de l'état sanitaire des peuplements de chêne liège au Portugal pour l'évaluation de l'incidence de plusieurs ravageurs du

chêne liège et de l'hétérogeneité spatiale de leurs manifestations (Nogueira, 1973). La publication de ces données a permis de mieux comprendre la distribution spatiale et les fluctuations temporales des populations de ces insectes (Nogueira, 1973; 1974; 1978; 1982; 1985).
Aujourd'hui, on vérifie une augmentation graduelle du nombre de défoliateurs associés au écosystème du chêne liège au Portugal (p. ex. *Phycita torrenti* Agenjo, *Drepana uncinula* Bkh., *Operophtera brumata* L., *Cyclophora porata* L., *Ennomos alniaria* L., *Perybatodes rhomboidaria* Denis & Schiff., *Dryobotodes eremita* F. e *Bena prasinana* L.), quelques uns capables de se développer jusqu'à des niveaux populationnels considérables (Sousa, 1992).
Au début des années 90 on constate la présence de arbres avec des dommages sévères provoqués par le coleoptère xylomycétophage *Platypus cylindrus* F. (Ferreira & Ferreira, 1989). L'insecte *P. cylindrus* (Coleoptera:Platypodidae) référencié au Portugal dès 1870 (Heyden, 1870), n'avait pas été signalé comme un ravageur notable des peuplements (Neves, 1950). Ses dégâts étaient limités aux arbres morts ou très affaiblis.
Aujourd'hui on connait déjà des plusieurs facteurs d'accélération du déclin de *Quercus suber* L., notamment des insectes (12 espèces) et des champignons pathogènes (8 espèces) (Cabral & Lopes, 1992; Brito de Carvalho, 1993). Parmi les insectes on peut citer les suivants (Cabral & Sardinha, 1992):

1. DÉFOLIATEURS: *Porthetria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae); *Tortrix viridana* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae); *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae); *Periclista andrei* Konow (Hymenoptera: Tenthredinidae);
2. MINEURS: *Rhynchaenus irroratus* (Kiesenw) (Coleoptera: Curculionidae); *Rhynchaenus erythropus* (Germ.) (Coleoptera: Curculionidae);
3. CORTICICOLES: *Coroebus florentinus* (Herbst.) (Coleoptera: Buprestidae); *Coroebus undatus* (F.) (Coleoptera: Buprestidae);
4. RAVAGEURS DES FRUITS: *Balaninus elephas* Gyll. (Coleoptera: Curculionidae);
5. XYLOMYCÉTOPHAGES: *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platypodidae);
6. RAVAGEURS DE L'ÉCORCE: *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera: Formicidae).

Des recherches concernant l'évolution des insectes qui peuvent attaquer le chêne-liège on a signalé aussi une certaine liaison entre la succesion d'insectes et leur dimension. En effet, on vérifie que graduellement il y a eu un changement des espèces de grandes tailles par d'autres plus petites (Cabral & Santos, 1992).

Quelques conclusions générales

Après l'analyse très générale de l'évolution des principaux ravageurs du chêne-liège au Portugal, on peut signaler:
- une augmentation graduelle du nombre d'espèces de défoliateurs associées au chêne-liège;
- un changement des insectes qui provoquent des dommages selon l'état sanitaire des hôtes;
- un remplacement graduel d'espèces majeures par d'autres plus petites.

La vérification de l'accroissement du nombre d'espèces de défoliateurs qui se nourrissent des feuilles du chêne-liège, s'encadre parfaitement avec la situation vérifiée en 1987 en France (inventaire du Réseau Bleu) pour différentes essences forestières (Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1988).
La réduction du feuillage des arbres par les défoliateurs provoque aussi des perturbations physiologiques, surtout dans les processus de photosynthèse, de transpiration, de respiration et de translocation des substances.
Les arbres ont toujours une capacité de réponse aux ravageurs primaires, bien qu'elle varie selon l'espèce de l'insecte, leur densité populationnelle et les caractéristiques du peuplement forestier. Deux types de réactions peuvent être signalés (Coulson & Witter, 1984):
- une réponse rapide par la réduction de l'accroissement (hauteur et diamètre) des arbres affectés, la diminution de la frutification et la difficulté de l'écorçage;
- une prédisposition pour l'attaque postérieure d'autres agents biotiques (insectes et champignons).

Mais l'effet de l'action des défoliateurs peut encore interagir avec lécosystème global du chêne-liège. L'ingestion de la feuillage par ces insectes provoque (Dajoz, 1980):
- une augmentation du flux lumineux pour les strates herbace et arbustif inférieurs ;
- une réduction dans la compétition entre les plantes;
- une modification graduelle de toute la comunité végétale;

-une augmentation de la circulation des éléments chimiques;
-une augmentation de l'activité des décompositeurs
L'action continue des défoliateurs (agents de déchâinement) dans les peuplements de chêne-liège, a changé leurs conditions d'équilibre créant des conditions plus favorables au développement des populations de *P. cylindrus*. Ce platypode est actuellement signalé comme le ravageur le plus directement lié au dépérissement généralisé et à la mort du chêne-liège au Portugal (Ferreira & Ferreira, 1989), bien qu'il soit un ravageur secondaire, attaquant surtout les arbres affaiblis, de grande taille et déjà écorcés (Sousa & Debouzie, 1993). En effet sa récente explosion résulte d'un processus antérieur de dépérissement des peuplements de chêne-liège.

Bibliographie

ASHMORE, M. R.; BELL, N. ; CRUTTER, J., 1985. The role of ozone in forest damage in West Germany. Ambio **14**: 81-87.
BONNEAU, M.; GUY, L., 1988. De quoi la forêt est-elle malade? Dossier le dépérissement des forêts en Europe. La Recherche **19**: 1542-1556.
BRITO DE CARVALHO, J. H., 1993. "Stress" do sobreiro e da azinheira ou a doença de Lopes Pimentel ?. Centro de Investigação de Desenvolvimento e Economia Regional, Universidade do Algarve: 24 p.
CABRAL, M.T.; LOPES, F., 1992. Determinação das causas de morte do sobreiro nos concelhos de Santiago de Cacém, Grândola e Sines. Relatório síntese, ed. Estação Florestal Nacional: 102 p.
CABRAL, M. T.; SARDINHA, R. M. A., 1992. Perspectiva integrada do declínio dos montados de sobro alentejanos. Actas do 2º Encontro sobre os Montados de Sobro e Azinho: 217-231.
CABRAL, M. T.; SANTOS, M. N., 1992. Situação Sanitária dos Montados de Sobro em Portugal. Simposio Mediterrâneo sobre Regeneración del Monte Alcornocal.
COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 1989. Relatório da Comunidade Europeia sobre sanidade florestal 1987-1988. Bélgica, Direcção Geral da Agricultura: 70 p.
COULSON, R. ; WITTER, J. A., 1984. Forest entomology. Ecology and management. Nova Iorque, ed. John & Sons: 664p.
DAJOZ. R., 1980. Écologie des insectes forestières. Ed.Gauthier-Villars: 489 p.
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.
FIGO, M. L., 1972. *Lymantria dispar* L. Ensaios e Meios de Luta. Estudos e Informação, D.G.S.F.A. **265**.
HEYDEN, L.V., 1870. Entomologische Reise Nach den Sudlichen Spanien der Sierra Guadarama und Sierra Moura, Portugal und den Cantabrischen Gedirgen. Berlim.
LANDMANN, G., 1985. Les effects. Naturopa **51**.
LING, K. A.; ASHMORE, M. R., 1987. Acid rain and trees. In focus on nature conservation. Nature Conservancy Council **19**: 1-78.
MANION, P. D., 1981. Tree disease concepts. Ed. Practice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, USA.
MARTINS, L., 1988. Inventário do montado de sobro. Boletim da Cortiça, I.P.F., **600:** 33-36.
MINISTÈRE DE L' AGRICULTURE ET DE LA FORÊT , 1988.Santé des forêts. Paris, Direction de l´Espace Rural et de la Forêt, Département de la santé des forêts,.
NATIVIDADE, J. V., 1950. Subericultura. Lisboa, Ministério de Economia, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. Lisboa.
NEVES, C. M. B., 1944. Problemas suberícolas na zona Pliocénica ao sul do Tejo. Bol. Junta Nacional da Cortiça **65**.
NEVES, C. M. B., 1950. Introdução à entomologia florestal portuguesa. A Serra e o Homem, colecção Livros Agrícolas. Lisboa.
NOGUEIRA, C. D. S., 1967. Pragas dos montados de sobro e azinho. Revista Agronómica **1:** 1-9.
NOGUEIRA, C.D.S., 1968. Panorama sanitário dos maciços florestais a sul do rio Tejo. Folhetos de Divulgação, D.G.S.F.A,.**8**.
NOGUEIRA, C. D. S., 1973. Inventário de pragas florestais. Montado de sobro e insectos que atacam a rebentação primaveril. D.G.S.F.A (ciclostilado).
NOGUEIRA, C. D. S., 1974. Prospecção, inventário e previsão de pragas florestais. Pragas do montado de sobro e azinho. Insectos desfolhadores. D.G.S.F.A (ciclostilado).
NOGUEIRA, C. D. S., 1978. Bases ecológicas para o combate às pragas dos montados de sobro e azinho. Uma perspectiva geral dos montados. Boletim do Instituto dos Produtos Florestais, Lisboa.

NOGUEIRA, C. D. S., 1982. Prospecção, inventário e previsão de pragas florestais. Pragas do montado de sobro e azinho. Insectos desfolhadores. Estudos e Informação D.G.S.F.A, **292**.
NOGUEIRA, C. D. S., 1985. Breves notas sobre as pragas florestais mais frequentes em Portugal. D.G.S.F.A (ciclostilado).
NOGUEIRA, C. D. S.; FERREIRA, L.J.C., 1972. Distribuição das principais pragas dos montados. "Projecto de Investigação TLA/5", Instituto de Alta Cultura, nº1.
SILVA, F. A., 1944. Ensaio de Delimitação da Área Atacada pela *Lymantria dispar* L. em Portugal. Relatório Final do Curso de Engº Silvicultor, I.S.A., Lisboa: 63 p.
SOUSA, E.M.R., 1992. Alguns Lepidópteros Desfolhadores do Montado de Sobro em Portugal. Actas do V Congresso Ibérico de Entomologia.
SOUSA, E.M.R.; DEBOUZIE; D., 1993. Contribution à la connaissance de quelques variables sylvicoles et écologiques associées au coléoptere *Platypus cylindrus* F., ravageur du chêne liège au Portugal. Silva Lusitana **1**: 183-197.

LE RÔLE DE L'INSECTE *PLATYPUS CYLINDRUS* F. (COLEOPTERA, PLATYPODIDAE) DANS LE PROCESSUS DE DÉPÉRISSEMENT DES PEUPLEMENTS DE CHÊNE-LIÈGE AU PORTUGAL

Edmundo M. R. Sousa (*), Domitien Debouzie (**) & Helena Pereira (***)

(*) Estação Florestal Nacional, Dep. de Protecção Florestal
Quinta do Marquês, 2780 Oeiras, Portugal
(**) Université Claude-Bernard-Lyon 1, CNRS nº 243
Boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbane Cedex, France
(***) Instituto Superior de Agronomia, Dep. Engenharia Florestal
Tapada da Ajuda 1399 Lisboa Codex, Portugal

Résumé

L'insecte *Platypus cylindrus* F. a été signalé, pendant ces dernières années, comme un des plus importants agents biotiques directement impliqués dans le processus de dépérissement du chêne-liège au Portugal. Toutefois ses relations avec le chêne-liège sont encore mal connues, surtout en ce qui concerne son rôle dans le déclin de ces peuplements. Le présent travail rapporte des observations réalisées pendant 1992-1993 dans les peuplements spontanés de chêne-liège au Portugal, concernant le choix des hôtes les plus favorables à la colonisation et la liaison entre cette dernière et les conditions chimiques du sol.
P. cylindrus serait un ravageur secondaire, attaquant les arbres de grande taille, déjà écorcés et avec des caractéristiques chimiques du sol intermédiaires entre les arbres vigoureux et ceux qui sont déjà très affaiblis.

Introduction

L'insecte xylomicétophage, *Platypus cylindrus* F., a été décrit pour la première fois en 1801 (Fabricius, 1801). Son aire de distribution s'étend sur toute l'Eurasie et la région méditerranéenne, y compris le Nord de l'Áfrique (Eschrich, 1923; Balachowsky, 1963). Il attaque surtout les chênes (Strohmeyer, 1907; Peyerimhoff, 1919), bien qu'il ait été référencé comme attaquant les châtaigniers, les hêtres, les frênes, les ormes et les cerisiers sauvages (Espanõl, 1964; Graham, 1967).
Au Portugal, il a été signalé en 1870 (Heyden, 1870) mais jamais considéré comme un ravageur notable des peuplements forestiers (Seabra, 1939; Neves, 1950). Ses dégâts se limitaient aux arbres morts ou très affaiblis, comme c'est commun pour les insectes xylomicétophages (Bletchly, 1962; Browne, 1963). Néanmoins dans quelques pays, des attaques sporadiques ont étés enregistrées, sur des arbres apparemment sains (Balachowsky, 1963; Espanõl, 1964).
Sa récente explosion, décelée surtout dans la partie méridionale du Portugal, laisse supposer une liaison avec le processus de déclin actuel des peuplements de chêne-liège et de chêne vert (Ferreira & Ferreira, 1989a, 1989b) et l'existence de certains mécanismes spécifiques de sélection (Sousa & Debouzie, 1993), comme c'est déjà connu pour les scolytes et d'autres platypodes (Berryman, 1972; Lieutier, 1992).
Les connaissances actuelles des stratégies de sélection et de colonisation du chêne-liège par *P. cylindrus* apparaissent cependant très restreintes. Le présent travail s'attache donc à rechercher les variables chimiques les plus importantes pour décrire l'état général des hôtes le plus favorable à la colonisation.

Matériel et méthodes

Les observations ont été conduites dans l'aire écologique de *Quercus suber* L. en sols sablonneux, à la propriété Vale de Boi, située dans la région de Coruche (80-90 Km au Nord de Lisbonne). Les peuplements naturels de chêne-liège y présentent une forte variabilité de densité et de dimensions des arbres; ils sont exploités pour le liège depuis plus d'un siècle et de nombreux arbres sont attaqués par l'insecte *Platypus cylindrus*.
Une aire de 8 ha a été définie en janvier 1992, selon l'état sanitaire global des peuplements, apprécié à partir de photos aériennes infrarouge. Pour l'analyse de l'évolution spatio-temporelle des attaques

provoquées par l'insecte, la récolte des données a commencé en avril de 1992, pour les 739 chênes-lièges de circonférence à 1.30 mètre d'hauteur (CAP) supérieure ou égale à 30 cm.
Dix-neuf variables ont été retenues, regroupées en quatre catégories décrivant la localisation des arbres, leur croissance, leur exploitation et leur dépérissement (Sousa & Debouzie, 1993).
Des 72 arbres attaqués en 1992, on en a selectionné quatre, les plus représentatifs, correspondant aux catégories dominantes de chaque variable (localisation, croissance, exploitation, décoloration et défoliation). Chacun d'entre eux a été couplé à l'arbre sain le plus proche et ayant des caractéristiques semblables.
À la fin d'octobre 1992, on a recueilli pour chacun des huit arbres, des échantillons: 1) de 100 feuilles récoltées sur le tiers moyen des branches, elles-mêmes localisées au milieu de l'arbre, 2) de bois avec du phloème et de la phelloderme (selon les quatre orientations à 1,30 mètre d'hauteur) et 3) de sol, sous la projection du feuillage, pour deux strates: de 0 à 10 cm et de 10 à 20 cm.

1. Analyse foliaire

Les feuilles prélevées ont été lavées par deux fois à l'eau distillée puis séchées dans une étuve à 65°C. Après trituration, les échantillons ont été incinérés à 550°C et attaqués par un mélange d'acides perchlorique, nítrique et fluorhydrique. Les éléments potassium, calcium, magnésium, aluminium, fer, manganèse, zin et cuivre ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique, tandis que le phosphore et bore l'ont été par spectrométrie d'absorption moléculaire (UV-visible). La teneur en azote a été évaluée par la méthode de Kjeldahl et celle de soufre par l'analyseur de fluorescence des rayons-X. Le pH a été mesuré par un potentiomètre.

2. Analyse chimique du bois

On a suivi les méthodes standard d'analyse chimique du bois (Pereira & Baptista, 1993). Il s'agit d'évaluer les cendres, les extractifs, la lignine, les hydrates de carbone et les phénols. Le pourcentage de cendres a été obtenu après l'incinération. Les extractifs ont été estimés par gravimétrie après solubilisation, en utilisant des extractions successives par le dichlorométhane, l'éthanol et l'eau. La lignine de Klason a été calculée par gravimétrie, après hydrolyse totale, tandis que la lignine des acides solubles a été obtenue par absorption-UV à 280 µm. Les monosaccharides du bois ont été analysés après hydrolyse totale par chromatographie gazeuse, après dérivatisation comme acétates d'alditol. La détermination des phénols des extractifs en l'eau a suivi la méthode de Folin-Ciocalteu (Pereira, 1982).

3. Analyse des sols

Le pH et les éléments potassium, phosphore, azote, calcium, magnésium, aluminium, fer, manganèse, sodium, bore et zinc, pour les sols, ont été déterminés selon la méthodologie décrite pour les feuilles. Les concentrations des cations d'échange et la capacité d'échange du sol (T) ont été determinées en utilisant une solution de 0.2N de $MgCl_2$. Le carbone a été évalué par la méthode de Tinsley, le phosphore et le potassium assimilables par la méthode de Egner-Riehm.
L'analyse physique des sols suit la méthode internationale du diagramme triangulaire adapté aux limites des fractions granulométriques.

Les résultats ont été traités par différentes analyses multivariées (ACP-normalisée; ACP-inter/intra) (Dolédec et Chessel, 1987) et leur interprétation a été effectuée par l'évaluation des contributions absolues. Le calcul de statistiques inférentielles (test de Student) et l'évaluation des coefficients de rang de Spearman (Dagnélie, 1975) a completé l'analyse finale des données.

Résultats

1. Caractéristiques générales

Parmi les 72 chênes-lièges attaqués en 1992, 44% sont localisés sur les versants; ils sont exposés surtout au Nord (37%), à l'Est (33%) et au Sud (26%). Pour la majorité des arbres (60%), leur circonférence à hauteur de poitrine (CAP) est supérieure à 1,30 mètre tandis que pour 36% elle variait de 0,70 à 1,30 mètre. En 1992 la plupart des arbres présentaient déjà des indicateurs de dépérissement (défoliation et décoloration). En effet, pour 87% d'entre eux la défoliation dépassait 26%, bien que la décoloration fût très variable pour les arbres encore feuillés.
Les caractéristiques générales des quatre couples de chênes-lièges, attaqués ou sains, sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 - Caractéristiques des arbres sélectionnés pour la récolte des échantillons de feuilles, du bois et du sol. Données des inventaires d'avril 1992 et d'avril 1993.

Caractéristiques/Arbre, nº	1	2	3	4	5	6	7	8
Parcelle	A1	A1	A2	A2	A2	A2	S	S
Géomorphologie	Versant	Versant	Versant	Versant	Versant	Versant	Versant	Versant
Exposition	Sud	Sud	Nord	Nord	Nord	Nord	Est	Est
CAP (cm)	129	130	94	99	151	134	188	193
Hauteur totale (m)	6,50	9,50	10,00	9,00	11,50	11,50	12,00	9,75
Haut. des branches (m)	2,60	2,40	2,50	0,80	3,50	2,60	1,60	2,70
Haut. d'écorçage (m)	3,60	3,40	3,00	2,70	4,70	3,20	3,00	4,00
P. cylindrus (1992)	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans
Décoloration 1992	11-25 %	11-25 %	>60 %	11-25 %	>60 %	11-25 %	>60 %	11-25 %
Défoliation en 1992	>60 %	11-25 %	>60 %	26-60 %	26-60 %	11-25 %	26-60 %	0-10 %
Décoloration 1993	>60 %	>60 %	>60 %	26-60 %	>60 %	26-60 %	>60 %	26-60 %
Défoliation en 1993	>60 %	26-60 %	>60 %	26-60 %	>60 %	26-60 %	26-60 %	11-25%

2. Analyse chimique des feuilles

La composition chimique des feuilles des 8 arbres varie fortement (Figure 1) et a priori aucun arbre ne semble se différencier nettement des autres par certains de ses éléments minéraux. Par exemple, la forte teneur en azote de l'arbre nº 3 n'implique pas des concentrations élevées pour d'autres éléments essentiels, tels que le potassium, phosphore et calcium.

La grande variabilité des concentrations de plusieurs éléments (CV= 24% pour le calcium; 24 % pour l'aluminium; 23% pour le cuivre et 22 % pour le manganèse) suggère une forte hétérogénéité pour la composition chimique des feuilles. Seule la valeur du pH (4,53±0.03) reste presque constante (CV= 1 %) pour la majorité des arbres et ne semble pas directement affectée par les changements des concentrations des éléments minéraux.

Une analyse en composantes principales normée étudie les liaisons entre les variables décrivant la composition chimique des feuilles (Figure 2).

Trois axes principaux peuvent être retenus à la suite de l'ACP; ils représentent 76,1 % des variations totales (Figure 2A). La première composante principale (F1) est définie par les variables: pH, teneurs en calcium, bore, manganèse, fer, zinc et cuivre, tandis que les concentrations de potassium, magnésium et aluminium déterminent surtout le deuxième facteur de l'analyse (F2). Les valeurs de l'azote, potassium, sodium et fer sont importantes pour le troisième axe (F3). Il est à noter que les concentrations de phosphore et de soufre ne contribuent pas à structurer nos données. L'interprétation chimique des axes suivants a été jugée peu intéressante et ne sera pas rapportée.

La projection en variables supplémentaires de la défoliation, de la décoloration et de la présence/absence de l'insecte *P. cylindrus*, dans les plans F1xF2 et F1xF3 de l'ACP-normalisée (Figure 2B et C), permet de vérifier les liaisons fortes entre les trois variables, mais plus faibles avec les concentrations des différents éléments minéraux. En effet, les arbres attaqués et très défoliés (1, 3, 5 et 7) ne se différencient pas des arbres déclarés sains en 1992 (2, 4, 6 et 8). L'hétérogénéité des concentrations entre les éléments, ou les liaisons complexes entre eux, sont peut-être les causes de l'imprécision qu'on a trouvée.

L'interprétation des cartes factorielles doit aussi tenir compte de l'évaluation de l'état phytosanitaire des arbres sains. En effet l'arbre n° 2, classé sain en 1992, fut en réalité attaqué en juin 1993 par *P. cylindrus*. Il nous a alors semblé logique, pour rechercher les différences entre arbres sains et attaqués, de considérer l'arbre n°2 comme un arbre ayant des caractéristiques favorables à une attaque (ses coordonnées factorielles dans les plans F1xF2 et F1xF3 le situent précisément très près de l'arbre n°5 qui était attaqué en 1992).

Il semble exister une légère liaison entre l'attaque et F1 (sens inverse des flèches sur la Figure 2B et C). Non seulement le calcium (t=4,33; 6 ddl; P=0,003), mais aussi l'aluminium (t=2,66; 6 ddl; P=0,002) et le fer (t=2,53; 6 ddl; P=0,022) sont des éléments minéraux associés à la colonisation des chênes-lièges par l'insecte. Les arbres attaqués ont des teneurs moins élevées de calcium (4527±684

ppm versus 6048±1350 ppm), d'aluminium (255±34 ppm versus 294±88 ppm) et de fer (185±14 ppm versus 216±42 ppm) que les individus sains.

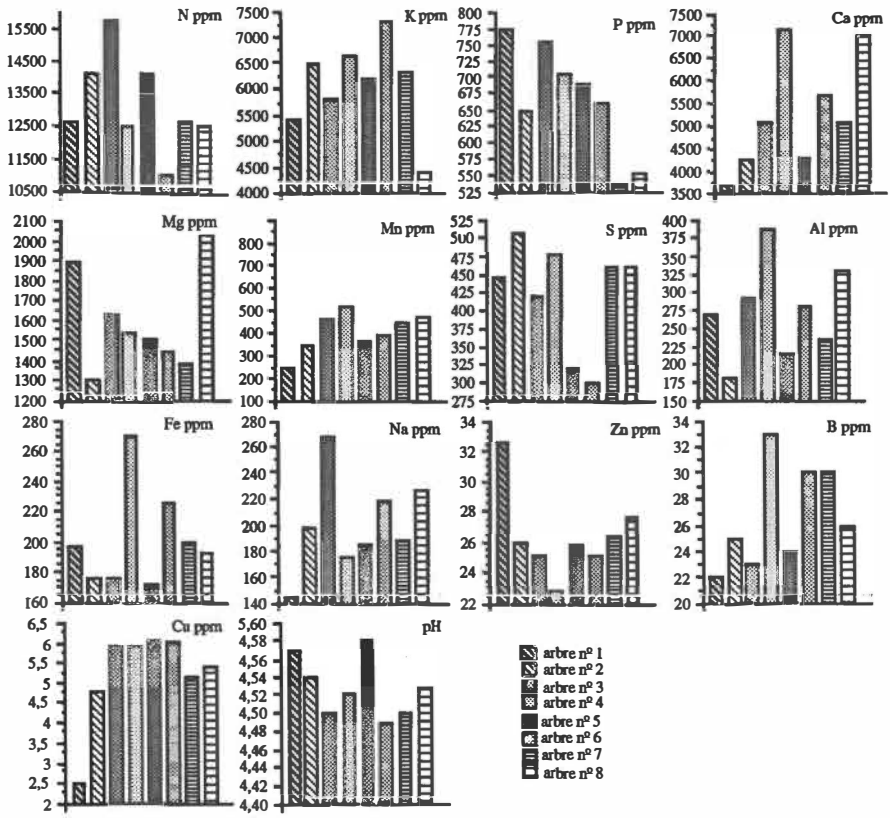

Figure 1 - Composition des feuilles en éléments minéraux, pour les 8 arbres sélectionnés.

3. Analyse chimique du bois

L'analyse chimique des échantillons récoltés à partir du tronc des chênes-lièges sélectionnés (Tableau 2) montre tout d'abord que les proportions moyennes de leurs différents composés sont normales pour un mélange de bois, phloème et de la phelloderme. L'importance des polisaccharides (51,6%±3,6) et du glucose (67,1%±1,9), confirme leur dominance dans la composition chimique du bois de chêne-liège. Des extractifs totaux (5,6±1,1), les extractibles par l'eau dominent (3,1±0,62). Les teneurs élevées de lignine, près de 30% du poids sec initial, rappellent que les échantillons récoltés renferment un mélange de bois et de phelloderme (Pereira & Baptista, 1993).

La grande variabilité obtenue pour quelques composés (p ex. extractifs et lignine soluble en acide) suggère un effet de plusieurs facteurs internes et externes au chêne-liège, qui peuvent interagir et déterminer la composition chimique de leur bois. On sait par exemple que l'âge des arbres est un facteur qui peut influencer le pourcentage relatif des composés qui constituent le bois, ainsi que la relation xylème/phloème et phelloderme des échantillons.

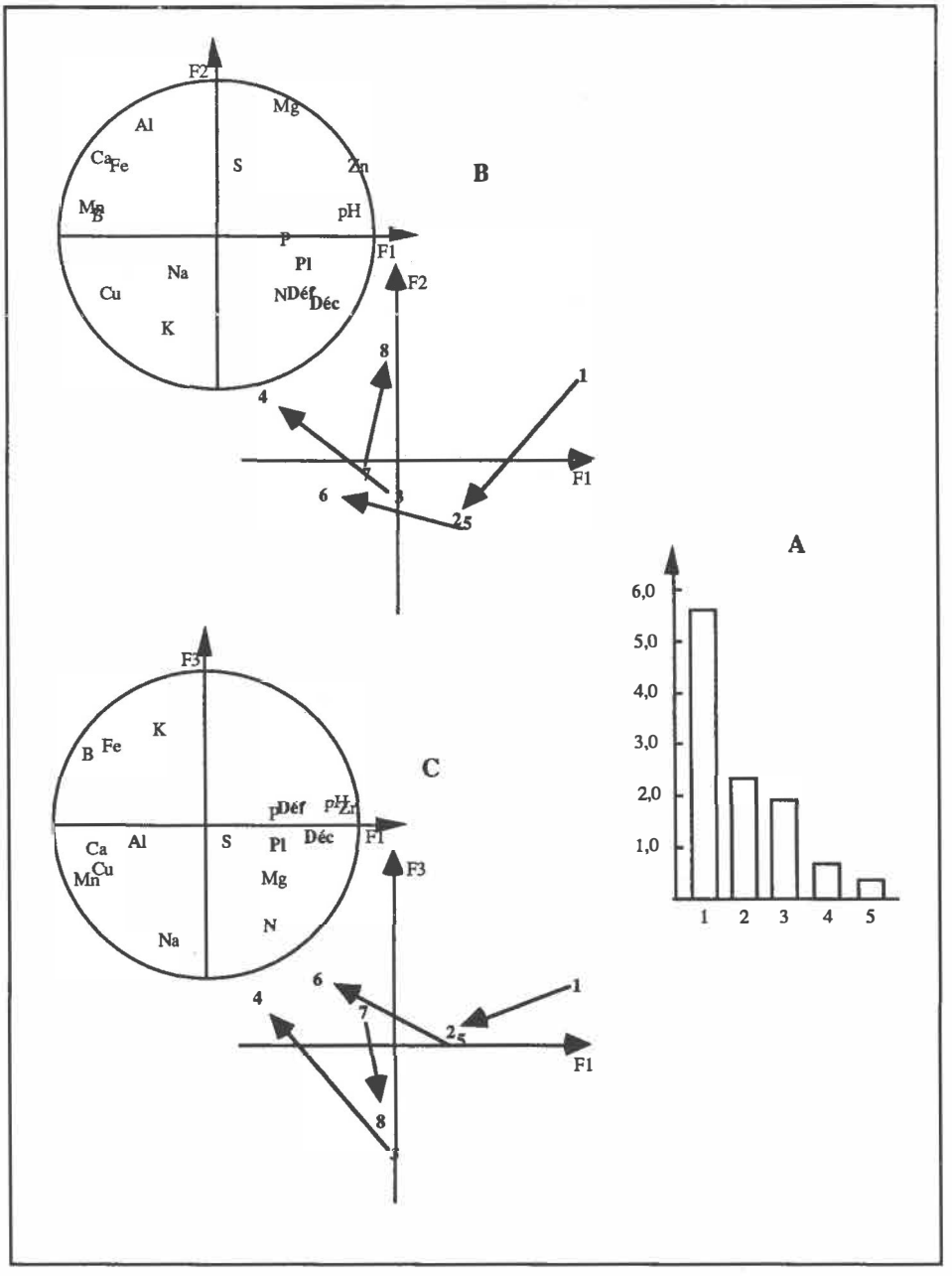

Figure 2 - Représentation du diagramme des valeurs propres (A), des variables chimiques et des arbres dans les plans F1xF2 (B) et F1xF3 (C) de l'ACP-normalisée pour la composition des feuilles en éléments minéraux. Les variables sont codées par leurs symboles chimiques. Trois variables, en gras, sont projetées en variables supplémentaires : Pl= Présence de *P. cylindrus*; Déc= Décoloration; Déf= Défoliation. Les flèches indiquent les couples.

Tableau 2 - Composition chimique moyenne des échantillons du bois des chênes-lièges (μ = moyenne; std = écart-type).

Variables	μ	std	CV (%)
Composition, % du poids sec initial			
Cendres	**2,2**	**±0,6**	**26,0**
Extractifs			
Totaux	**5,6**	**±1,1**	**19,0**
Dychlorométhane	0,8	±0,3	36,0
Éthanol	1,7	±0,6	33,0
Eau	3,1	±0,6	20,0
Lignine			
Totale	**29,3**	**±1,6**	**5,0**
Klason	26,9	±1,3	5,0
Soluble en acide	2,4	±0,9	38,0
Polisaccharides	**51,6**	**±3,6**	**7,0**
Monosaccharides (% des polisaccharides)			
Glucose	67,1	±1,9	3,0
Xylose	26,0	±1,9	7,0
Arabinose	1,8	±0,1	8,0
Mannose	2,0	±0,5	23,0
Galactose	2,7	±0,3	11,0

L'analyse générale des résultats obtenus par arbre (Figure 3) montre aussi que, quel que soit le composé, les arbres attaqués par l'insecte (1, 2, 3, 5 et 7) diffèrent peu de ceux qui ont restés sains (4, 6 et 8). Le calcul des tests t-Student a confirmé l'absence de différences significatives entre la composition du bois des deux catégories d'arbres.
Les phénols totaux représentent 0,134 % (±0,127) du poids sec initial des échantillons; on a détecté une forte variabilité entre eux (CV = 95,3%), sans qu'on puisse apparemment identifier les variables responsables de cette hétérogénéité. L'attaque du coléoptère *P. cylindrus* n'est pas directement liée aux concentrations des phénols (t de Student=-0,36).

4. Analyse du sol

La condition chimique des arbres a aussi été déterminée en considérant les concentrations des éléments minéraux disponibles dans le sol, indispensables pour l'assimilation et le développement végétatif des chênes.
L'analyse physique et chimique des échantillons du sol, pour les deux strates (0 à 10 et 10 à 20 cm de profondeur), repose sur 26 caractéristiques (Tableau 3).
L'analyse préliminaire des données montre que le sol a une texture sableuse, due au pourcentage élevé de gravier (66,6 ±4,5%), et que les concentrations de matière organique. (0,81±0,4%), d'azote (0,03±0,01%) et de phosphore (10±4,3 ppm) sont très faibles. Quelques autres déséquilibres sont aussi détectés, en particulier pour les cations de la strate de saturation. En effet, bien que les concentrations des éléments minéraux varient fortement (p. ex. le manganèse), en moyenne elles ne s'ordonnent pas selon un schéma classique: les sols étudiés ont des concentrations élevées en aluminium et sodium et des teneurs réduites en calcium et magnésium. Il en résulte un classement particulier des concentrations: K>Al>Na>Ca>Mg>Mn>Fe>Zn>B.
Des concentrations faibles sont notées pour les cations d'échange, quoique leurs proportions relatives (Ca>Mg>K>Na) soient classiques. Il en résulte que la capacité d'échange (T) et le degré de saturation en cations (V) prennent des valeurs réduites.
Le pH du sol varie de l'hyperacide à l'acide (échelle de Protolongo), ce qui suggère l'existence de perturbations complexes des cycles biochimiques et des mécanismes d'assimilation des éléments minéraux (Figure 4). Les valeurs de pH (H_2O) voisines de 4,0 sont obtenues pour des concentrations de l'aluminium supérieures ou égales à 30 ppm, tandis que des concentrations de 7 ppm augmentent

le pH jusqu'à 5 et plus. Le degré de saturation des cations double, de 30% à 56%, quand le pH augmente de 4 à 5,2 et l'aluminium décroît de 23 ppm.

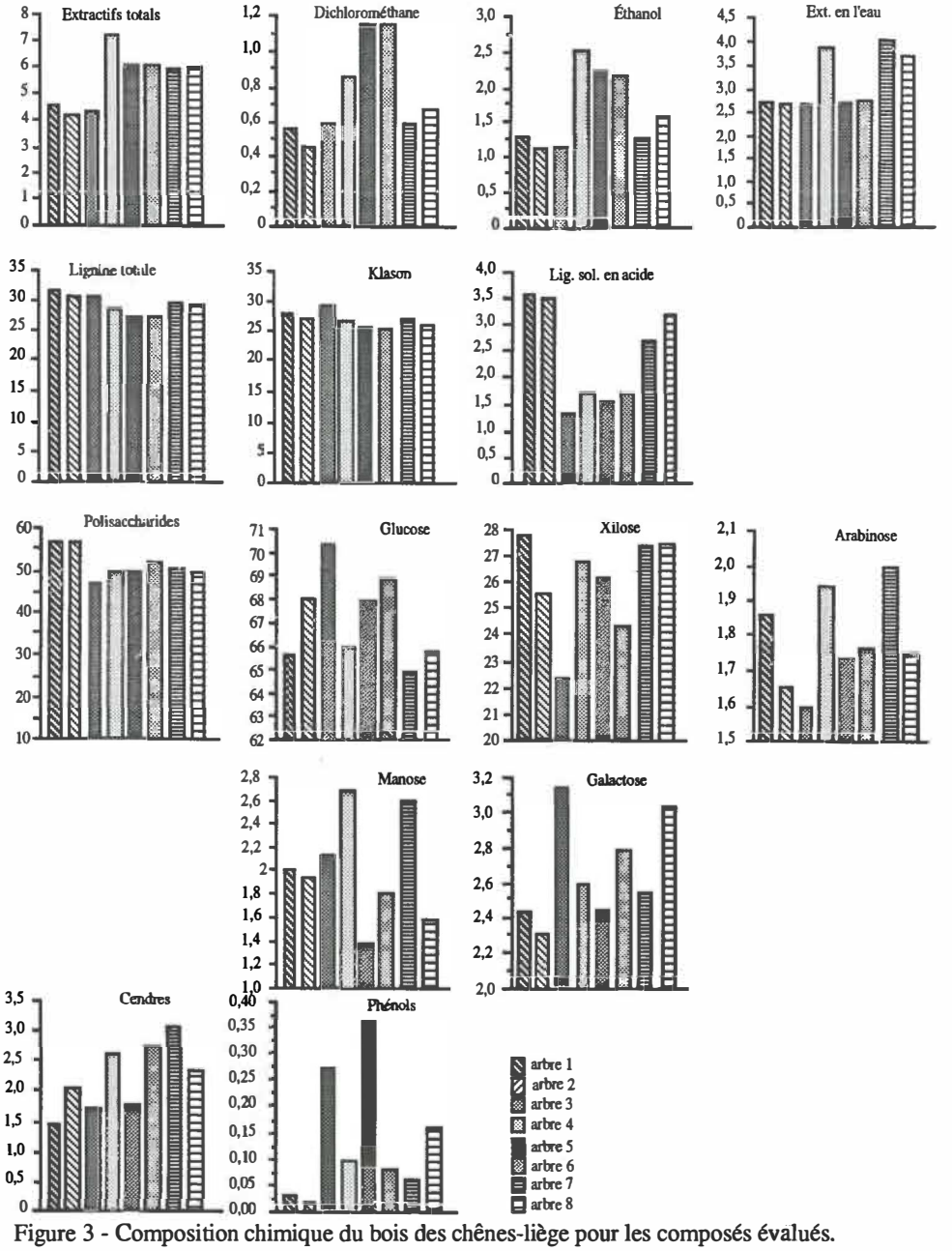

Figure 3 - Composition chimique du bois des chênes-liège pour les composés évalués.

Aucune relation générale n'existe entre l'attaque par *P. cylindrus* et les caractéristiques moyennes du sol (strate a et b). En revanche des différences significatives sont décelées, pour la strate b (10 à 20 cm de profondeur), pour 3 variables: la teneur en matière organique (t=3,23; 6 ddl; P=0.018), les concentrations du carbone total (t=3,34; 6 ddl; P=0.016) et du zinc (t=2,53; 6 ddl; P=0.044). Le sol des arbres attaqués contient moins de matière organique (0,482±0,002) et de carbone total (0,280±0,001) que celui des arbres sains (M.O.=0,614±0,006; C tot=0,350±0,001). Un effet contraire est détecté pour la concentration de zinc: le sol sous les arbres attaqués a des teneurs plus élevées (0,382±0,0006 versus 0,307±0,0004).

Tableau 3 - Composition chimique moyenne des échantillons du sol, récoltés sous la projection du feuillage des arbres. Moyenne des deux horizons. (μ = moyenne; std = écart-type).

Variables		μ	std	CV (%)
gravier	%	66,58	±4,55	6,8
sable	%	20,32	±2,51	12,4
limon	%	7,24	±1,33	18,4
argile	%	5,86	±2,07	35,4
M. O.	%	0,81	±0,35	43,3
C total	%	0,47	±0,20	43,4
N total	%	0,03	±0,01	33,0
pH H_2O		4,62	±0,42	9,2
P assimilable	ppm	10,00	±4,33	43,4
K assimilable	ppm	60,23	±13,07	21,7
Ca cation d'échange	me/100g	0,45	±0,11	25,0
Mg cation d'échange	me/100g	0,16	±0,03	18,5
K cation d'échange	me/100g	0,10	±0,02	24,2
Na cation d'échange	me/100g	0,02	±0,02	91,8
cap. d'échange(T)	me/100g	1,98	±0,48	23,2
degré de saturation (V)	%	42,68	±10,57	25,0
Hygrogène d'échange (H)		1,13	±0,42	37,3
K stra. de. saturation	ppm	28,91	±8,79	30,4
Ca stra. de. saturation	ppm	16,27	±6,08	37,3
Mg stra. de. saturation	ppm	5,40	±2,39	44,3
Na stra. de. saturation	ppm	18,26	±10,68	58,5
B stra. de. saturation	ppm	0,05	±0,04	85,9
Al stra. de. saturation	ppm	18,55	±9,72	52,4
Mn stra. de. saturation	ppm	4,65	±5,76	123,9
Fe stra. de. saturation	ppm	2,29	±1,79	78,3
Zn stra. de. saturation	ppm	0,51	±0,20	39,2

5. Analyse de plusieurs stations de chêne-liège

Des données de l'analyse chimique du sol ont déjà été publiées concernant douze peuplements de chêne-liège au Portugal situées dans deux régions (Santiago do Cacém et Cercal do Alentejo) présentant diverses conditions de dépérissement (Cabral & Lopes, 1992). 16 caractéristiques chimiques sont communes à ces échantillons et à notre analyse; pour les 12 échantillons, seules étaient disponibles des valeurs moyennes par peuplement.

L'ensemble des données a été traité à nouveau par une ACP normalisée. Une analyse brute fait apparaître les différences de sol dues aux localisations générales des peuplements, c'est-à-dire aux variations régionales. Pour étudier les relations entre les éléments chimiques et l'état sanitaire du peuplement, nous avons enlevé (par une projection, cf MM) l'effet moyen dû à la région. L'analyse statistique proposée est donc une ACP intra.

Seul le premier facteur est interprétable; néanmoins, par classicisme, nous présenterons le premier plan factoriel F1xF2 (Figure 5).

La projection des échantillons sur F1 fait ressortir clairement les arbres ou les peuplements affaiblis (abscisse forte sur F1). Les abscisses presque nulles des échantillons obtenus à la propriété Vale de

Boi (VB) suggèrent que leurs sols présentent des caractéristiques intermédiaires entre les peuplements vigoureux et ceux affaiblis.
Les caractéristiques du sol associées à ce gradient de déclin sont le potassium (soit la forme assimilable, soit cation d'échange), le calcium (cation d'échange), l'aluminium et le zinc. Comme dans l'étude de Vale de Boi, les peuplements très touchés par la mortalité présentent au niveau du sol des concentrations très réduites de potassium, calcium et des teneurs très élevées de l'aluminium et de zinc.

6. Relations entre caractéristiques du sol et des feuilles

En général il existe des relations entre les caractéristiques physiques et chimiques des sols et celles des arbres. Nous les avons recherchées en calculant les coefficients de rang de Spearman (Tableau 4), pour les variables (des feuilles et du sol) les plus importantes lors de la sélection de l'hôte par l'insecte *P. cylindrus*. En particulier, il existe de fortes liaisons entre les caractéristiques des feuilles favorables à l'attaque et les variables du sol, matière organique, carbone total, teneurs en zinc et calcium.
Les concentrations élevées de zinc et de sodium dans le sol vont affecter significativement les teneurs de calcium et de fer dans les feuilles. Des concentrations réduites, au niveau du sol, de matière organique et de carbone total, vont aussi diminuer les teneurs en calcium des feuilles. La liaison inverse entre le sodium du sol et les teneurs en calcium et fer des feuilles pourront donner lieu à une relation indirecte du sodium avec le processus de sélection des arbres par l'insecte. Les concentrations réduites de l'aluminum dans les feuilles des arbres attaqués, malgré des valeurs élevées dans le sol, pourraient résulter d'un effet antagoniste du zinc pour l'assimilation de l'aluminium.

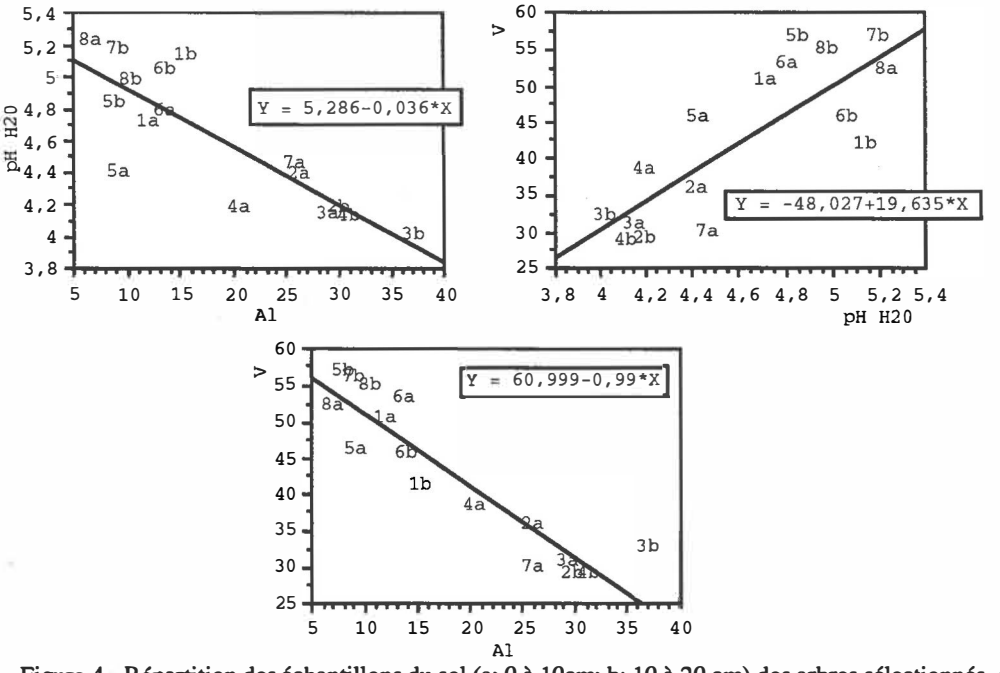

Figure 4 - Répartition des échantillons du sol (a: 0 à 10cm; b: 10 à 20 cm) des arbres sélectionnés, en considérant les liaisons les plus importantes entre les concentrations des éléments minéraux. Cas du pH($H_2$0), de l'aluminium et de la capacité d'échange (V).

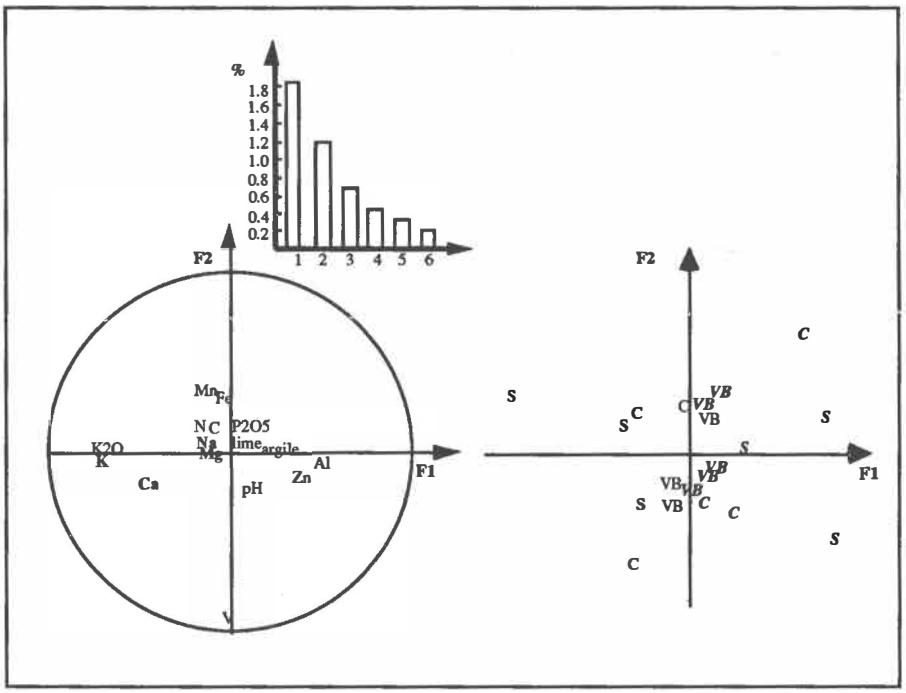

Figure 5 - Représentation graphique (F1xF2) de l'ACP-normalisée intra, de la composition chimique des différents sols des peuplements de chêne-liège.En gras: les cations d'échange. C - Cordeira; S - Sernada; VB - Vale de Boi. En gras italique: les peuplements (ou les arbres) de forte mortalité.

Tableau 4 - Les coefficients de rang de Spearman, pour les liaisons entre les principales caractéristiques de la composition chimique du sol (strate 2) et celles des feuilles, associées à l'attaque du *Platypus*. Rs = 0.643, α= 0.10; Rs = 0.738, α= 0.05; Rs = 0.881, α= 0.01. Seules sont mentionnées les corrélations significatives.

Var. sol/Var. feuilles	Ca	Al	Fe
% de M.O.	0.738	-	-
% de C tot	0.738	-	-
Zn str. sat.	-0.839	-0.815	-
Na d'échange.	-0.708	-	-0.696
Ca str. sat.	-	-	-0.667

Discussion

1. Les sols des peuplements de chêne-liège

Une forte liaison entre le dépérissement des peuplements de chêne-liège et certaines caractéristiques chimiques du sol a pu être identifiée, par l'analyse de plusieurs peuplements au Portugal. En effet, il a été possible d'identifier un gradient de déclin en fonction des concentrations de quatre éléments minéraux: potassium, calcium, aluminium et zinc. Les peuplements les plus affectés ont des

concentrations de l'aluminium et zinc très élevées tandis que les teneurs de calcium et potassium sont réduites.
Ces résultats suggèrent l'existence d'un processus complexe générateur de déséquilibres des proportions des éléments minéraux, se distinguant par l'augmentation de la concentration de zinc et la lixiviation du sol du calcium et potassium avec un remplacement de ceux-ci par l'aluminium.
Les régressions linéaires obtenues (pH=f(Al); V=f(pH) et Al=f(V)) dans la propriété de Vale de Boi, montrent bien le rôle de la concentration d'aluminium soit pour l'acidification graduelle de ces sols, soit pour la disponibilité des formes assimilables des éléments minéraux (V).
Des liaisons similaires, telles qu'une diminution de la concentration en calcium, magnésium et potassium et une acidification des sols suite à l'augmentation de l'aluminium, ont déjà été signalées en Europe et en Amérique du Nord, pour expliquer le mécanisme actuel de dépérissement de plusieurs essences forestières (Berdén *et al.*, 1987; Ulrich, 1989; De Visser, 1992; Jacobs *et al.*, 1992; Boudot *et al.*, 1994). Des concentrations toxiques de zinc dans le sol ont aussi été citées comme un facteur lié au déclin de certaines forêts (Berdén *et al.*, 1987).
Ces perturbations du sol, conjuguées à l'action continue d'autres facteurs de déséquilibre déjà constatés (pollution, sécheresse, changement de la composition de l'atmosphère, action humaine, incendies) (Biswell, 1974; Guderian, 1977; Fink, 1988), vont provoquer un cycle de déclin d'un arbre ou d'un peuplement.

2. Relations entre les caractéristiques du sol et les attaques de *P. cylindrus*

La connaissance des mécanismes actuels du cycle de déclin permet de comprendre qu'à partir du moment où le processus a démarré, sont créées les conditions favorables à l'installation de différents agents d'affaiblissement.
Les observations effectuées signalent des liaisons significatives entre le choix de l'insecte *P. cylindrus* et les conditions de dépérissement des chênes-lièges. Tous les échantillons du sol de la propriété Vale de Boi ont une composition chimique du sol, intermédiaire entre les peuplements sains et ceux qui sont affaiblis. Par comparaison aux valeurs déjà établies pour la composition chimique normale des sols forestiers (Bonneau, 1974; Temes, 1986), le sol de cette propriété présente des concentrations réduites de calcium (≈16 ppm) et de magnésium (≈5 ppm), et des teneurs très élevées de l'aluminum (≈18 ppm), tandis que les teneurs de potassium assimilable (≈60 ppm) sont moyennes. D'ailleurs, la matière organique, l'azote et le phosphore, bien que n'ayant pas un rôle direct dans le processus de déclin, présentent aussi des concentrations réduites (M.O≈ 0.81 %; N≈0.03 %; P≈ 10 ppm) pour le développement normal des arbres.
Néanmoins, nous avons aussi détecté d'autres liaisons entre la composition chimique des sols et la sélection des hôtes par l'insecte. En effet *P. cylindrus* préfère les arbres se développant dans les sols ayant des concentrations réduites de matière organique et de carbone et des teneurs élevées de zinc.
De telles relations similaires ont déjà été citées pour d'autres espèces forestières et d'autres insectes (Siwedcki, 1989; Jacobs *et al.*, 1992; Delatour, 1983).

3. Relations entre les caractéristiques des feuilles et les attaques

Nos résultats montrent que *P. cylindrus* préfère les arbres ayant des concentrations foliaires très réduites en calcium, aluminium et fer.
Les concentrations foliaires réduites de calcium confirment, par exemple, la préférence de l'insecte pour les arbres affaiblis, ayant probablement un système racinaire défectueux et quelques perturbations dans la circulation des substances (Baeyens, 1970). Cependant, comme l'insecte se nourrit de champignons qui utilisent le bois pour leur développement, on peut aussi supposer que ces derniers préfèreraient un substrat ayant des teneurs réduites en calcium. En effet, des concentrations plus faibles en calcium que celles observées dans les arbres au développement normal suffisent à la croissance des champignons (Sutcliffe & Baker, 1974).
La relation inverse entre les attaques et la concentration du fer dans les feuilles, peut aussi signaler l'existence de certaines perturbations physiologiques des hôtes, soit au niveau du processus photosynthétique (Morrison, 1974; Sutcliffe & Baker, 1974), soit pour le mécanisme global d'assimilation des éléments minéraux (le Fe provoque des difficultés dans la mobilité des éléments) (Baeyens, 1970).
Ces liaisons doivent être cependant mieux précisées. En effet, il est difficile de comparer nos valeurs à celles déjà publiées car de nombreux facteurs déterminent la composition minérale des feuilles (saison, station, dimensions des arbres, localisation des arbres et des feuilles dans le feuillage).

4. Liaisons entre les caractéristiques du sol et des feuilles et les attaques

Les relations (positives et négatives) trouvées entre la composition des feuilles et celle du sol en relation avec l'attaque de *P. cylindrus* ont permis de mieux comprendre le statut chimique des hôtes les plus favorables à l'attaque. Par exemple, la préférence des hôtes ayant des concentrations réduites en aluminium dans les feuilles résulte peut-être de la concentration de zinc dans le sol, puisqu'il existe une corrélation inverse entre ces deux variables. La relation négative signalée entre le calcium des feuilles et le sodium du sol, peut aussi exprimer un antagonisme entre ces éléments; le sodium induit un effet de peptisation, provoquant la dégradation de la structure du sol (Baeyens, 1970). Cette dernière pourrait réduire l'assimilation du calcium.
La liaison directe obtenue entre la concentration des feuilles en calcium et le pourcentage de matière organique du sol, indique que pour les situations de déficit en calcium, la quantité de matière organique présente est fondamentale pour la disponibilité du calcium. En effet, une partie significative du calcium disponible est associée à la matière organique bien que la concentration majeure soit liée aux composés inorganiques du sol (Sutcliffe & Baker, 1974).

5. Relations entre les caractéristiques du bois et les attaques

L'étude sur la composition chimique du bois, n'a pas permis d'extraire des différences significatives entre les arbres attaqués et ceux qui sont restés sains. Nous avons observé une forte variabilité entre arbres des teneurs de lignine, amidon, tanins et phénols, pourtant considérées généralement comme des indicatrices de la colonisation des hôtes par les insectes xylophages (Dajoz, 1980; Wainhouse *et al.*, 1990). Comme l'insecte *P. cylindrus* ne se nourrit pas directement du bois (Baker, 1963), ses exigences concernant la composition chimique du bois doivent provenir surtout de la physiologie de la nutrition des champignons.
L'humidité du bois, la pression osmotique et le flux de sève sont des facteurs qui peuvent aussi influencer la sélection des arbres par l'insecte, comme cela a été observé chez certaines feuillus (Chararas, 1974; Karban, 1983).
Sachant que les principales attaques de l'année sont observées sur les arbres récemment écorcés (Sousa & Debouzie, 1993), la composition et la concentration des substances volatiles doivent aussi être des facteurs importants pour le choix des hôtes, comme pour les autres xylomycétophages (Bletchy, 1961; Graham, 1968).

6. Proposition de lutte

Compte tenu des résultats précédents, l'accroissement des populations de *P. cylindrus* pourrait être controlé à la suite de l'application de plusieurs mesures correctives des perturbations décelées dans le sol.
La toxicité provoquée par les concentrations élevées de l'aluminium, peut être par exemple minorée par l'utilisation d'agents biologiques ou de mesures chimiques (Boudot *et al.*, 1994). Les champignons mycorhiziques ont déjà été utilisés pour augmenter la résistance des arbres. Par exemple les champignons *Pisolithus tinctorius* Coker & Couch et *Paxillus involutus* Fr , introduits dans les sols ayant des concentrations élevées en aluminium, accroissent la résistance de *Picea abies* et de *Pinus rigida* Mill. (Cumming & Weinstein, 1990; Hentschel *et al.*, 1993). Des anions organiques et inorganiques (hydroxyles, sulfates, phosphates, silice et matière organique) ont aussi été incorporés à des sols pour diminuer les effets toxiques de l'aluminium (Hecht-Buchholz *et al.*, 1987; Asp & Berggren, 1990; Alva *et al.*, 1991; Boudot *et al.*, 1994).

Conclusions

On peut considérer que *P. cylindrus* s'insère dans la succession des agents biotiques qui interviennent dans le cycle de déclin du chêne-liège au Portugal. La récente explosion de ses populations résulterait directement de l'existence d'un grand nombre d'arbres affaiblis.
Les perturbations au niveau du sol (acidification, teneurs réduites de calcium et de potassium et concentrations élévées de l'aluminium et zinc) favorisent le dépérissement des chênes-lièges, créant des conditions favorables pour l'installation de l'insecte.
L'insecte *P. cylindrus* attaque surtout les arbres ayant dans les feuilles des concentrations réduites de calcium, et dans la strate 10-20 cm du sol des teneurs réduites de matière organique et de carbone total. Des concentrations faibles de fer et d'aluminium dans les feuilles contribuent aussi à la sélection des hôtes, surtout si le sol a des teneurs réduites de calcium et élevées de sodium et zinc. Ces liaisons doivent être cependant mieux précisées.

Les relations avec d'autres caractéristiques, soit des arbres (l'humidité du bois, la pression osmotique, le flux de sève et les substances volatiles émanant après l'écorçage) soit de la physiologie des champignons associés au *P. cylindrus*, doivent aussi être approfondies.
La correction du pH du sol, l'incorporation de matière organique ou de fertilisants non acidifiants (Ca, Mg, K) et l'établissement de stratégies pour atténuer l'effet toxique de l'aluminium et du zinc, sont quelques alternatives qui méritent une recherche approfondie, avec l'objectif de récupération des peuplements de chêne-liège.

Bibliographie

ALVA, A. K. ; KERVEN, G. L.; EDWARDS, D. G. ; ASHER, C. J., 1991. Reduction in toxic aluminium to plants by sulphate complexation. Soil Sci. **152**: 351-359.
ASP, H.; BERGGREN, D., 1990. Phosphate and calcium uptake in beech (*Fagus silvatica*) in the presence of aluminium and natural fulvic acid. Physiol. Plant **80:** 307-314.
BAKER, J. M., 1963. Ambrosia beetles and their fungi, with particular reference to *Platypus cylindrus* Fab. Symp. Soc. General Microbiol. **13:** 323-354.
BAEYENS, J., 1970. Nutricíon de las Plantas de Cultivo. Ed. Lemos, Madrid: 629 p.
BALACHOWSKY, A. S., 1963. Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome I. Coléoptères. 2nd volume, Masson et Cie: 320 p.
BERDÉN, M.; NILSSON, S. I.; ROSÉN, K. ; TYLER, G., 1987. Soil acidification. Extend, causes and consequences. Swed. Environ. Prot. Board, Solna, Rep. 3292,: 1-164.
BERRYMAN, A. A., 1972. Resistance of conifers to invasion by bark beetle - fungus associations. BioScience **22** : 598-602.
BISWELL, H., 1974. Effects of fire on chaparral. In "Fire and Ecosystems", Academic Press: 321-365.
BLETCHLY, J. D., 1962. An Ambrosia beetle problem in Scotland. J. Oxford Univ. Forest Soc. (Ser. 5), nº 10: 7-12.
BONNEAU, M., 1974. Influence des propriétés physiques et chimiques du sol sur la mise en valeur des sols forestiers. In "Écologie forestière: son climat, son sols, ses arbres, sa faune". P. Pesson, Gauthier-Villars: 115-127.
BOUDOT; J. P.; BECQUER, T.; MERLET, D.; ROUILLER; J., 1994. Aluminium toxicity in declining forests: a general overview with a seasonal assessment in a silver fir forest in the Vosges mountains (France). Ann Sci For. **51:** 27-51.
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.
CABRAL, M. T. et LOPES, F., 1992. Determinação das causas de morte do sobreiro nos concelhos de Santiago de Cacém, Grândola e Sines. Relatório síntese, ed. Estação Florestal Nacional: 102 p.
CHARARAS, C., 1974. La pression osmotique des essences forestières et ses rapports avec l'installation des insectes xylophages. In "Écologie Forestière", P. Pesson ed, Gauthier-Villars: 193-218.
CUMMING, J. R. ; WEINSTEIN, L. H., 1990. Aluminium-mycorrhizal interactions in the physiology of pich pine ssedlings. Plant Soil **125:** 7-18.
DAGNÉLIE, P , 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux.
DAJOZ, R., 1980. Écologie des Insectes Forestiers. col. " Écologie Fondamentale et Appliquée", ed. Gauthiers-Villars, Paris: 489 p.
DE VISSER, P. H. B., 1992. The relations between chemical composition of oak tree rings, leaf, bark, and soil solution in a partly mixed stand. Can. J. For. Res. **22**: 1824-1831.
DELATOUR, C., 1983. Le dépérissement des chênes en Europe. Rev. For. Fr. **4**: 265-282.
DOLÉDEC S.; CHESSEL, D., 1987. Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. I Description d'un plan d'observation complet par projection de variables. Acta Œcologica, Œcol. Gener. **8**: 403-426.
ESCHERICH, K., 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas - Ein Lehr- und Handbuch. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin: 663 p.
ESPAÑOL, F., 1964. Los Platipodidos de Cataluña (Col. Phytophagoidea). Bol. Ser. Plagas For. **7** (14): 115-117.
FABRICIUS, C., 1801. Systema eleutheratorum, II: 384 p..

FERREIRA, M. C. ; FERREIRA, G. W. S., 1989a. Mais Uma Praga da Azinheira. Gazeta das Aldeias nº 2961: 23-23.
FERREIRA, M. C. ; FERREIRA, G. W. S., 1989b. *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae), Plaga de Quercus suber L. Bol. San. Veg. Plagas, nº 4: 301-306.
FINK, S., 1988. Histology and histochemistry of leaf fall. In "Scientific basis of forest decline symptomatology" J.N. Cape & P. Mathy eds., Commission of the European Comunities, Research and Development Environmental Research Programme: 39-48.
GRAHAM, K., 1967. Fungal-insect mutualism in trees and timber. Ann. Rev. Entomol. **12**: 105-126.
GRAHAM, K., 1968. Anaerobic induction of primary chemical attractancy for Ambrosia beetles. Can. J. Zool., **46**: 905-908.
GUDERIAN, R.,1977. Air pollution-phytotoxicity of acidic gases and its significance in air pollution control. "Ecological Studies", New York, ed. Springer Verlag, nº 22.
HECHT-BUCHHOLZ, C. ; JORNS; C. A. ; KEIL, P., 1987. Effect of excess aluminium and manganese on Norway spruce seedlings as related to magnesium nutrition. J Plant Nutr **10**: 1103-1110.
HENTSCHEL, E. ; GODBOLD, D. S. ; MARSCHNER, P. ; SCHLEGEL, H. ; JENTSCHKE, G., 1956. The effect of *Paxillus involutus* Fr on aluminium sensitivity of Norway spruce seedlings. Tree Physiol. **12:** 379-390.
HEYDEN, L.V., 1870. Entomologische Reise nach den sudlichen Spanien der Sierra Guadarama und Sierra Moura, Portugal und den cantabrischen. Gedirgen. Berlin.
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.
KARBAN, R.,1983. Induced responses of cherry trees to periodical cicada oviposition. Œcologia **59**: 226-231.
LIEUTIER, F., 1992. Les réactions de défense des conifères et stratégies d'attaque de quelques Scolytides européens. Mém. Soc. r. belge Ent. **35**: 529-539.
MORRISON, I. K., 1974. Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretation : A review of literature. Departement of the Environment, Canadian Forestry Service nº 1343: 74 p.
NEVES, B., 1950. Introdução à entomologia florestal portuguesa. A Serra e o Homem. colecção Livros Agrícolas. Lisboa.
PEREIRA, H., 1982. Dosage des tanins du liège de *Quercus suber* L. Sep. do Vol XL dos Anais do Instituto Superior de Agronomia: 9-15.
PEREIRA, H.; BAPTISTA, C., 1993. Influence of raw-material quality and process parameters in the production of insulation cork agglomerates. Holz als Roh-und Werkstoff **51**: 301-308.
PEYERIMHOFF, P., 1919, Notes sur la biologie de quelques Coléoptères phytophages Nord-Africains. Annales de la Société Entomologique de France **28**: 257-258.
SEABRA, A.F., 1939. Contribuição para a história de entomologia em Portugal. Publicações da D.G.S.F.A., vol. VI, tomo I e II. Lisboa.
SIWEDCKI, R., 1989. A decline of oak forests caused by abiotic and biotic factors and attempts at biological research on this syndrome. Arboretum Kómickie, Rocznik **34**: 161-169.
SOUSA, E. M. R. ; DEBOUZIE, D., 1993. Contribution à la connaissance de quelques variables sylvicoles et écologiques associées au coleoptère *Platypus cylindrus* F., ravageur du chêne-liège au Portugal. Silva Lusitana **1**: 183-197.
STROHMEYER, VON F., 1907. Beiträge zur Kenntnis der Biologie von *Platypus* var.? *cylindriformis* Reitter. Entomologie Blätter **5**: 67-69.
SUTCLIFFE, J. F. & BAKER, D. A., 1974. Plants and mineral salts.studies in biology, nº 48. Edward Arnold Publishers: 60 p.
TEMES, S. B., 1986. Fertilización Forestal. Ed. Dep. Forestal de Zonas Húmedas, Xunta de Galicia: 143 p.
ULRICH, B., 1989. Forest decline in ecosystem perspective. Int. Congr. Forest Decline Res., Friedrichshsfen: 21-41.
WAINHOUSE, D.; CROSS, D. J.; HOWELL, R. S., 1990. The role of lignin as a defense against the spruce bark beetle *Dendroctonus micans*: effect on larvae and adults. Oecologia **85:** 257-265.

Phytopathological situation of cork oak (*Quecus suber* L.) in Portugal

Maria Natércia Sousa Santos

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

Abstract

As result of surveys and field observations carried out in Portugal, for the last five decades, it has been reported, an increase of cork oak mortality and referred its association with pests and diseases incidence.
Among the fungi populations considered as potential pathogens, the following have been pointed out::*Endothiella gyrosa* Sacc; *Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill; *Diplodia mutila* Fr. apu Mont; *Coryneum modonium* (Tul.) Griff. & Maubl; *Armillaria* spp; *Phytophtora cinnamomi* Rands. However, the type of association between cork oak and these fungi is not completely clarified. Recent studies led to the conclusion that none of fungi above referred seem to have, by itself, capacity to act as primary cause of cork oak decline Some of them will have, probably, an important role on decline acceleration.of trees already damaged by other unfavourable biotic and abiotic factors.

Introduction

Among the great number of fungi populations detected on cork oak in Portugal (Azevedo, 1971; Fonseca, 1991a,1991b; Santos, 1992; Brasier *et al*,1992), the following have been considered as pathogens to this species: Armillaria spp.; *Phytophtora cinnamomi* Rands; *Hypoxylon mediterraneum* (de Not.) Mill.; *Diplodia mutila* Fr. apu Mont.; *Corineum modonium* (Tull.) Griff. & Maubl.; *Endothiella gyrosa* Sacc. However, the research carried out to clarify the relationships between these potencial pathogens and cork oak didn't lead, for the most part, to conclusive results. Indeed, being these fungi pointed out as weakness parasites, all the environmental conditions affecting physiological equilibrium of trees, may be more important on diseases incidence than trees resistance. This fact is probably the responsible for failure of assays effectuated *in vivo* and as corollary, the unsuccessfulness of attempts to establish the type of association host-parasite. Otherwise, the efforts to predispose trees, under study, to be attacked by this potencial pathogens have focused mainly drought constraints (Azevedo & Macara,1963; Vannini, 1990, 1992; Luisi,*et al.* 1992) However, as it is generally accepted, the situation is of a considerable complexity, involving several order of factors (environmental, sylvicultural, social) which make almost impossible the controlled reproduction of conditions required to compatibilize host and pathogens. As it is referred by Shut (1992), the research on complex diseases is not a task for pathologists alone. Only the colaboration of researchers working on different biological and environmental disciplines, will lead to a successful management of complex diseases syndromes as it is the case of cork oak decline.

Main potencial pathogens in cork oak ecosystems

Armillaria mellea (Fr.) Kummer, very frequently found on shrubs and both fruit and forestry trees, was detected for the first time in Portugal by Canavarro (1905 cit. Azevedo 1970-1971).This fungus and *Armillaria .tabescens* Scop.ex Bres. was referred by Azevedo (1976) as cause of serious damages on cork oak, mainly the last one which is considered more virulent.

A. tabescens was recently isolated from health cork oak trees in center and south of this country (unpublised).
Armillaria complex frequently included in group of fungi populations associated to oak weakened trees, is referred in several european countries: (Guillamin *et al*,1985; Guillamin & Lung, 1985; Schill & Fleischer, 1990; Oszako, 1990; Oosterbaan, 1990; Intini, 1990; Anselmi & Puccinelli, 1992; Sicoli *et al.* 1992;)

Phytophtora cinnamomi, first recorded on cork oak, in Portugal, by Pimentel (1944) was recently isolated from declining cork oak trees and associated with this species mortality in Alentejo and Algarve Provinces (Brasier *et al*, 1992) According to the same author the disease may begin in valley bottoms before spreading onto the hillsides. Really , it has been verified that mortality is more accentuated in these valley bottoms where the watter remaining for long periods, may predispose the trees to be attacked by *P. cinnamomi* and other root rot fungi as *Armillaria* spp. Cobos *et al.*(1992) also refers, *P. cinnamomi* in Southest Spain woodlands, as probable cause of decline observed. However, no clear results have been achieved from inoculation tests.

Hypoxylon. mediterraneum, the causal agent of the wellknown cork oak "charcoal disease",was first recorded in Portugal by Camara (1930). This widespread fungus has been considered as responsible for the acceleration of decline process on trees previously damaged by other unfavourable environmental conditions (Azevedo, 1958; Barbosa, 1958; Santos & Macara, 1991).Really, the association between the presence of *H. mediterraneum* and trees entering in last decline phase (Santos & Martins, 1992) in adition to the remarkable signs produced on hosts, led to consider the fungus as a parasite with an important role on cork oak decline. However, the several attempts carried out, both in field and greenhouse, to assess its pathogenicity (Oliveira, 1931; Barbosa, 1958; Azevedo & Macara, 1963;) didn't clarify the relationships between *H. mediterraneum* and its preferencial host - the cork oak. Recently, the integration of results from several assays (Santos, 1992; Santos & Martins, 1992; Santos, 1994, unpublished) led to the conclusion that there are more arguments for than against the idea that *H. mediterraneum* has a prevailing saprophytic behaviour.

Diplodia mutila very common on cork and twigs respectively of health and decaying trees, was detected by Fonseca (1991a). According to this author the fungus has been the responsible for dieback of both cork oak and holm oak in this country. In Spain, Jacobs *et al*, 1992) also refer *D. mutila* as a possible contributor to cork oak decline. Luisi *et al.* (1992) obtained successfull inoculations on *Quecus cerris* L., *Q. pubescens* Willd. and *Q. trojana* Webb.on seedlings submitted to different water regimes.This fact lead to consider the pathogen as able to induce the death of litlle branches and crown transparency - a very frequent symptom observed since the begining of trees decline. Other authors (Vajna, 1986; Rossnev & Petrov, 1992) also pointed out the probable contribution of *D. mutila* on oak decay process.

Coryneum modonium occuring simultaneously with *D. mutila*, is also very common on cork and twigs (Fonseca, 1991b). However, there are no data enougth to sugest if it behaviours as primary or secondary pathogen or if it is one more, among the great number of colonisers of cork oak aerial components.

Endothiella gyrosa, the causal agent of the "orange rust disease" of cork oak (Macara, 1973, 1975) has been isolated from both health and affected cambial stem tissus and inner side of cork planks after extraction (Santos, 1992). As result of the sporadic references concerning this fungus, it seems that it is not frequent on oak species (including cork oak) in other countries beyond Portugal and Spain.This situation may result from the dificulty to detect the signs of the pathogen, only visible after debarking.In spite of to be less frequently found than *H. mediterranean*, it was considered by Oliveira (1931) much more agressive than this fungus.According to the same author the massive mortality of cork oak ,in river Tejo banks, this century begining, was mainly caused by *E. gyrosa.*

Conclusions

In spite of the attempts carried out to assess the role of fungi populations on declining process of cork oak, the situation is not clrarified. The main problem is that several factors (social, physical, climatic, anthropogenic,pests, diseases) occuring together, make dificult to understand the role of each one on this phenomenon.According to most of the authors, pathogenetic fungi are considered contributing factors on process decline. However, by supressing of tree defense mechanisms, their activity may be, a decisive factor on trees mortality.
The perservation of cork oak is issential mainly to the Mediterranean Basin, where this species is of a considerable economic and ecologic interest. To the effective integrated protection of these ecosystems, the implementation of an international well balanced programm focusing a better understanding of this complex situation is urgently need.

References

ANSELMI; N. & Puccinelli, M. 1992. Studies in Armillaria attacks on declining oak trees. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi) Italy.

AZEVEDO, N. F. S. 1958. O carvão do entrecasco do sobreiro. Publicacões dos Serviços Florestais e Aquícolas, **25**: 159-179.

AZEVEDO, N. F. S. & MACARA, A. M.1963. Quelques observations sur la pathogenicity du "charbon du liber". FAO/SCM/LG/63. Annexe IV

AZEVEDO, N. F. S. 1970-1971. Acerca da *Armillaria mellea* (Fr.) Kummer. Inoculações experimentais em *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don e *Quercus suber* L. Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais **XIII**: 39-50, 2ª série. Lisboa . Portugal

AZEVEDO, N. F. S. 1971. Forest Tree Diseases. Direcção dos Serviços Florestais e Aquícolas,pp 101. Lisboa.

AZEVEDO, N. F. S. 1976.Écologie des souches de l' Armillaria du Quercus suber L.. Agriculturae Conspectus Scientificus **39:** 485-493.

BARBOSA, M: A. F. 1958. O carvão do entrecasco. *Hypoxylon mediterraneum* (de Not.) Ces. et de Not. Contribuição para o seu estudo. Publicações da Direcção dos Serviços Florestais e Aquícolas **XXV**: 93-132.

BRASIER, C. M.; MOREIRA, A. C. ; FERRAZ, J. F. P. & KIRK, S. 1992. High mortality in Portugal associated with *Phytophtora cinnamomi.* Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi) Italy.

CAMARA, M. S. 1930. Contributions ad Mycoflorum Lusitaniae Centuriae VIII, IX. Anais do Instituto Superior de Agronomia. **3**: 84.

COBOS, J. M.; MONTOYA, R. & TUSET, J. J: 1992. New damages to the *Quercus* woodlands in Spain. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline" Selva di Fasano (Brindisi) Italy

FONSECA, N. 1991a. Seca dos ramos ("Dieback") em sobreiro e azinheira. Notícia da *Botryosphaeria stevensii* como agente responsável . Floresta e Ambiente nº 12: 27.

FONSECA, N. 1991b. Cancro e seca dos ramos em sobreiro e azinheira. Floresta e Ambiente n° 13: 60.

INTINI, M. G. 1990. *Armillaria* species on oaks in Southern Italy. Proceedings of an International Symposium. Kórnik. Poland

LUISI, N. R.; MANICONE, P.; SICOLI, G. & LERÁRIO, P. 1992. Pathogenicity tests of fungi associated with oak decline on *Quercus* spp.Seedlings grown at different water regimes. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi) Italy.

GUILLAMIN, J. J.; LUNG, B.; ROMAGNESI, H. & MARXMULLER, H. 1985. Systematicdes Armillaria du group Mellea. Conséquences phytopathologiques. European journal of Forest Pathology 15: 268-277.

GUILLAMIN, J. J.; LUNG, B. 1985. Étude de la specialization d' *Armillaria mellea* (Vahl) Kummen et *Armillaria obscura* (Seer.) Herink en phase saprophytique et en phase parasitaire. European Jounal of Forest Pathology **1 5**: 342-349.

JACOBS, K. A.; ALVAREZ, I. F. & LUQUE, J. 1992. Association of soil, site and stand factors with decline of *Quecus suber* in Catalonia, Spain. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline".Selva di Fasano (Brindisi). Italy.

MACARA, A. M. 1973. Acerca da avaliação das enfermidades do sobreiro em 1973. Boletim do Instituto deos Produtos Florestais - Cortiça - N°429. Lisboa. Portugal

MACARA, A. M. 1975. Estimativa em 1975 dos prejuízos causados pelas principais doenças do sobreiro num montado da região ribatejana. Boletim do Instituto dos Produtos Florestais - Cortiça - N° 444. Lisboa. Portugal.

OLIVEIRA, A. B. 1931. Apontamentos para o estudo de duas doenças do sobreiro. Revista Agronómica 19: 37-56.
OOSTERBAAN, A. 1990. Investigations on oak decline in the Netherlands (1986-1990). Proceedings of an International Congress "Oak Decline in Europe". Kornik. Poland.

OSZAKO, T. 1990. Evolution of the health of oak stands in Poland 1985-1989.Proceedings of an International Symposium "Oak Decline in Europe". Kornik. Poland.
OOSTERBAAN, A. 1990. Investigations on oak decline in the Netherlands (1986-1990). Proceedings of an International Congress "Oak Decline in Europe". Kornik. Poland.

PIMENTEL, A. A. L. 1944. Uma ameaça para os montados nacionais Direcção geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. Lisboa. Portugal.

ROSSNEV, B. & PETROV, P. 1992.On the pathological reasons for the aggravation on the health condition of turkey oak (*Quercus cerris* L.) in Bulgaria. Proceedings of an International Congress " Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi). Italy.

SANTOS, M. N..S. & MACARA, A. M. 1991. Cork oak decline in Portugal. Evaluation on damages produced. Proceedings of 10 th Forestry Congress. Paris. France.

SANTOS, M. N. S 1992. Micoflora do entrecasco de sobreiros em declínio. Actas do 2° Encontro sobre os Montados de Sobro e Azinho. Évora: Portugal.

SANTOS, M. N. S. & MARTINS, A. M. M. 1992. Cork oak decline. Notes regarding damage and incidence of *Hypoxylon mediterraneum*. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi) Italy

SICOLI, G.; MANICONI, R. P.; LUISI, N.; GENTILE, T. M.& LERARIO, P. 1992. A survey on declining oak woods in Southern Italy. Proceedings of an International Congress "Recent advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi). Italy.

SCHUTT, P. 1992. Oak decline in Central and Eastern Europe. A critical revew of a litlle understood phenomenon. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi). Italy.

SCHILL, H. & FLEISCHER, M. 1990. Morphological and mycological investigations on oak decline in Bavaria.Proceedings of an International Congress "Oak Decline in Europe". Kornik. Poland.

VAJNA, L. 1986. Branch canker and dieback of sessil oak (*Quecus petraea*) in Hungary caused by *Diplodia mutila*. European journal of forest Pathology 16: 223-229

VANNINI, A. 1990. Susceptibility of *Quercus cerris* to *Hypoxylon mediterraneum* at different levels of water stress. Proceedings of an International Congress "Oak Decline in Europe". Kornik. Poland.

VANNINI, A.; VALENTINI, R.; SANTURBANO, M. & TIRONE, G. 1992. Possible relationship among embolism, water potencial and susceptibility to *Hypoxylon mediterraneum* of some mediterranean oaks. Proceedings of an International Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline". Selva di Fasano (Brindisi). Italy.

LES CONTRAINTES EXERCÉES SUR LE CHÊNE-LIÈGE AU MAROC. EXEMPLE DE LA MAMORA

Mohamed El Yousfi

Ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire
Direction des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols, Rabat

Résumé

La subéraie marocaine atlantique est en regression continue; la Mamora, vaste zone forestière, a perdu la moitié de sa surface subéricole en l'espace de quelques decennies. L'auteur expose l'analyse des principaux facteurs responsables de la dégradation des forêts de chêne-liège notamment les facteurs édapho-climatiques, techniques, sylvicoles, l'action des ennemis naturels et de l'homme; des propositions de solutions techniques sont formulées. Sur le plan socio-économique et écologique le chêne-liège joue un rôle plus important que les essences actuellement introduites et mérite d'être conservé et régénéré.

Abstract

The morocan atlantic cork-oak area is in a continuous regression; the Mamora, a large zone of forest, has lost half of its surface of oak trees in the period of a few decades. The author exposes the analysis of the main responsible factors in the degradation of oak forests, mainly the soil and climatic, technical and sylvicultural factors, the action of pests and man. Some propositions of technical solutions have been formulated. On the socio-economic and ecological level, the cork-oak forest plays a more important role than the introduced essences, and deserves to be preserved and regenerated.

Introduction

Le chêne-liège joue un rôle écologique et économique incontestable, dans les pays circumméditerranéens. Malheureusement, cette essence subit des agressions diverses qui réduisent son étendue.
Au Maroc, la subéraie qui couvre environ 400.000 ha, assure plus de la moitié de la production forestière.
La Mamora object de la présente note est un vaste domaine forestier situé près de Rabat. Le chêne-liège y couvrait 133.000 ha en 1918, 83.000 ha en 1972 mais seulement 60.000 ha en 1982. Les travaux d'aménagement en cours permettront d'estimer la superficie actuelle du chêne-liège, plus faible à notre avis. Quant à l'état sanitaire de la subéraie, il est critique: 80% d'arbres malades et 10% de mortalités annuelles.
La régression du chêne-liège dans la Mamora est dûe à l'action combinée des facteurs édaphoclimatiques, des ennemis naturels, des hommes et des contraintes techniques et d'aménagement.
Dans la présente note nous exposons les contraintes exercées par le milieu et les ennemis naturels, ainsi que certaines pratiques d'aménagement inadéquates.

Les principales contraintes

1. Contraintes édaphoclimatiques

D'après Lepoutre (1965), les sols de la Mamora peuvent être schématisés ainsi: un horizon sablonneux profond ou pas reposant sur un plancher argileux imperméable.
Les sols dont le sable beige superficiel est séparé de l'horizon argileux par un horizon de sable rouge (1 à 2 m) sont favorables au développement du chêne-liège mais ils ne représente que 45% des sols de la Mamora.
Les sols formés par un horizon de sable beige reposant directement sur argile, sont considérés défavorables pour le chêne-liège. Si la profondeur des sables est faible ou nulle, l'hydromorphie

provoque des mortalités d'arbres sur pieds et rend la régénération par semis, plants ou rejets de souche très aléatoire. Les mortalités et les pertes d'ensouchement dans ces milieux étaient toujours importantes. Si la profondeur des sables est grande, l'état des chênes est d'autant plus mauvais que l'horizon sableux est plus profond (la profondeur peut dépasser 7 m). Les arbres déperissént en grand nombre à la fin de chaque été, les essais de régénération donnent des résultats insuffisants dans ces sols.
Les données météorologiques obtenues à partir de postes périphériques à la forêt ne permettent pas de mettre en évidence des changements climatiques suffisantes pour provoquer des perturbations écologiques.
A l'exception du tiers occidental subhumide, la Mamora est régie par un climat semi aride: 400 mm de précipitations annuelles, 5 mois de sécheresse, avec des températures supérieures à 25°C dèpassant 45°C en période de vent d'Ouest.
Durant les deux dernières décennies, l'impact de l'aridité climatique a été net. A la fin de chaque été, les arbres - surtout ceux affaiblis - perdent totalement leur feuillage. Une partie de ces chênes se refuille avec les premières pluies mais un grand nombre végète et meurt. Ce phénomène qui se répète chaque année, s'aggrave pendant les sécheresses exceptionnelles où les dégâts sont généralement allarmants.
En effet, ce sont les interventions de l'homme qui ont fait que les conditions de la forêt - surexploitée sur le plan biologique (eau, sol, flore) - soient devenues plus sèches que jadis où le chêne-liège supportait mieux les sécheresses grâce au maintien permanent de l'ambiance humide dans l'écosystème.

2. Contraintes techniques et d'aménagement

Au 18ème siècle la Mamora souffrait surtout d'incendies, les prélèvements en bois étant limités à cause d'une population riveraine faible. Au 19ème siècle les besoins croissants en charbon de bois des deux ville de Rabat et Salé avaient poussé à des coupes abusives; l'écorçage pour le tanin touchait un grand nombre d'arbres. En 1914, lors de sa prise en main par l'administration forestière, la Mamora était mutilée et on a procédé à des coupes de "Sauvetage" (Boudy, 1948), on effectue un premier démasclage et en 1923 une première récolte de liège de reproduction; entre 1942 et 1946, 170.000 quintaux de liège avaient été exploités. A l'issue de la dernière guerre mondiale, Boudy (1948) considère que la Mamora est surexploitée et devrait être laisée au repos pandant 40 ans; mais l'administration forestière pressée par des besoins financiers n'a pas pris en considération cette menace et avait intensifié les exploitations. Incendies, coupes et écorçage, défeuillaisons de *Lymantria dispar* avaient provoqué des pertes importantes de chênes-lièges et la subéraie s'en trouvait clairsemée.
Consciente de l'importance économique de la Mamora mais aussi de la fragilité de cette subéraie, l'administration forestière, élabore des plans d'aménagements pour une gestion rationnelle de ce domaine. En 1951 a eu lieu un premier aménagement, en 1960 une révision aboutit à un noveau règlement d'exploitation et en 1973 un autre aménagement.
Si les différents aménagements ont permis de réaliser une importante infrastructure, et de réglementer les coupes du chêne-liège et l'exploitation du liège, ils n'ont pas atteint par contre les autres objectifs en matière de protection et de restauration de la subéraie et ont contribué par certaines actions à sa régression même: a) en visant la seule rentabilité financière, les aménagements furent conçus en fonction de la demande du liège dans les marchés nationaux et internationaux. La conduite même de la subéraie, était dictée par des besoins financiers: traitement en taillis si le cours du liège male était plus avantageux que celui du liège de reproduction ou en futaie sur souche dans le cas contraire. Les pertes d'ensouchement, dues à ce mode de traitement ont réduit la densité de la subéraie; b) en considérant qu'une subéraie de moins de 100 souches par hectare est une moins bonne occupation des sols, l'aménagiste a sacrifié par déssouchage une bonne partie de la subéraie au profit des reboisements d'essences exotiques dont la supériorité économique n'est toujours pas prouvée; c) l'effet d'une forte pression exercée par le parcours n'a pas été bien évaluée (manque de données précises sur l'évolution du cheptel et les possibilités pastorales hors forêts). Les aménagements pastoraux n'ont pas résolu le problème du surpâturage dont les conséquences sont désastreuses.
A l'exception de quelques récents traitements insecticides contre *L. dispar* (1981) et quelques coupes hygiéniques limitées (1990), le gestionnaire s'est toujours contenté de prélever le bois et le liège, sans aucun autre soin pour l'arbre. La manière avec laquelle étaient menées ces exploitations, pendant

plusieurs campagnes, n'etait des meilleures. Ainsi, a -t-on procédé au démasclage des chênes complètement défeuillés par *L. dispar* ou en plein période de sécheresse, ce qui a affaibli les arbres et les a exposés aux attaques de parasites secondaire comme l'hypoxylon, qui attaque 85% des arbres sur pied.
Dans les conditions actuelles de la Mamora la régénération naturelle n'est plus possible: surpâturage, insuffisance des glandées, contraintes du milieu. La régénération par rejet de souche fut abandonnée provisoirement à cause des pertes d'ensouchement qui en résultent; celle par semis ou par plants, actuellement pratiquée, ne donne pas de résultats suffisants pour passer à des programmes de repeuplement ambitieux. Les difficultés de régènérer la chêne-liège ont poussé les forestiers à opter pour les plantations d'espèces exotiques plus faciles à réussir et si ces difficultés ne sont pas surmontées le reste de la subéraie sera également reconverti - sans le vouloir - en reboisements de pin et d'eucalyptus.

3. La pression exercée par les ennemis naturels

3.1. Insectes

Le chêne-liège héberge une faune nombreuse et diversifiée: Mahari (1980) a recensé plus de 60 espèces vivants occasionnellement ou en permanence sur la chêne-liège. Les premières études sur la faune nuisible de *Quercus* remontent au siècle dernier. Barbey (1925) en fait une première synthèse.
Au Maroc, les recherches menées par (De Lepiney, 1927, 1928, 1930; De Lepiney et Mimeur, 1932) ont permis de fournir une première liste d'insectes nuisibles, cette liste fut progressivement complétée par des entomologistes et forestiers.
Parmi ces insectes on doit distinguer des phyllophages, des xylophages, et divers autres ravageurs se nourrissant des glands, racines etc...
Quelques espèces méritent d'être connues à cause des dégâts qu'elles ont occasionnés. Nous rappelons ici brièvement leur biologie, telle qu'elle a été décrite (De Lepiney, 1928; De France, 1956) et complétons par des observations et recherches récentes menées à la Station de Recherches Forestières et à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
Les insectes qui se développent dans le bois et le liège sont nombreux; nous présentons ci-après les plus couramment rencontrés et ceux qui, à notre avis, sont les plus importants.
Crematogaster scutellaris (Ol.) (Hym. Formicidae): signalée par De Lepiney et Mimeur (1932), cette fourmi est toujours aussi abondante dans la Mamora (Belarbi, 1979) et pullule d'une façon extraordinaire (Mahari, 1980). *C. scutellaris* ne se nourrit pas de liège mais y èdifie son nid, comme elle le fait dans d'autres matériaux, écorces d'arbres divers, carton, etc... L'ètude menée par Belarbi (1979) montre que la plupart des chênes-liège hébergent des nids de cet insecte. Nous avons observé en 1980, que 100% des planches d'une pile de liège mâle, récoltées depuis plus de deux ans, étaient creusées par des galeries de *C. scutellaris*. Les attaques de cette fourmi provoquent des pertes importantes au liège mâle - surtout en dépôt - et déprécient énorment la qualité du liège de reproduction. C'est à notre avis l'ennemi le plus sérieux du liège du Maroc.
Cerambyx cerdo L. (Col. Cerambycidae): ce longicorne est généralement peu abondant dans les subéraies atlantiques: il fut signalé en Mamora par Chararas (comm. pers., 1977) et Fraval (comm. pers., 1981); nous l'avons observé personnellement en 1981 et 1982. Son abondance pendant les 3 dernières années serait dûe à l'afaiblissement des arbres provoqué par la sécheresse.
Cossus cossus L. (Lep. Cossidae) et *Zeuzera pyrina* L. (Lep. Cossidae) sont deux Lepidopteres très polyphages: *C. cossus* s'attaque à plus de 150 especes végétales. Ils ont été signalés sur chêne-liège par de nombreux auteurs. En Mamora, la présence d'autres essences et arbres fruitiers - notamment le peuplier, le figuier - font que ces deux xylophages s'attaquent de moins en moins aux chênes.
Les principaux défoliateurs du chêne-liège appartiennent à l'ordre des Lepidopteres: certains sont spécifiques du chêne (*Catocala nymphagoga* Esp., *Tortrix viridana* L.) d'autres sont très polyphages (*Lymantria dispar*), mais ne se développent normalement que sur chêne-liège.
La faune frondicole est riche et diversifiée (Mahari, 1980). Ici, nous ne traitons que des insectes qui provoquent les dégâts les plus importants.
Phalera bucephala L. (Lep. Notodontidae). Le papillon vole en juin-juillet. Les jeunes chenilles sont observées au début de septembre; au terme de leur développement (fin octobre), les chenilles se nymphosent au sol et ne donneront des papillons que pendant l'été prochain. *P. bucephala* est une

espèce monovoltine. De Lepiney (1930), attribue les défeuillaisons d'un îlot de chêne, près de Mechra El Hader aux chenilles de ce Lepidoptere.
Catocala nymphagoga (Esp.) (Lep. Noctuidae): cet insecte s'attaque aussi bien au chêne-liège qu'au chêne vert. Le papillon est présent entre juin et juillet. La ponte a lieu en été et les chenilles défeuillent les arbres au printemps. Cette chenille, responsable de quelques défeuillaisons signalées en 1932, est actuellement rare en Mamora. De Lepiney (1930) signale sa présence à Timahdit. Nous l'avons observée en début d'été 1980 dans les forêts de Taza et en 1981 et 1982 dans les iliçaies de Boulmane, Azrou, Ifrane, Ajdir, où la chenille a participé avec *Catocala nymphaea* Esp. et *Malacosoma neustria* L. parmi d'autres, à la défeuillaison de centaines d'hectares de chêne vert.
Orgya trigotephras (Boisd) (Lep. Lymantridae): la chenille est présente en même temps que celle de *Lymantria dispar* ce qui pourrait masquer les défuillaisons provoquées par cet insecte. La biologie n'est pas étudiée au Maroc, mais on peut penser qu'elle est similaire à celle de *L. dispar*. De France (1956) signale une invasion de *O. trigotephras* dans le canton A et B et dans le nord du canton D; ses chenilles étaient mèlangées en proportion très importantes à celles de *L. dispar* et causaient des défeuillaisons dans les zones infestées. Actuellement la chenille d'*O. trigotephras* est très courament rencontrée dans la subéraie de la Mamora, mais elle n'a jamais été observée en quantité importante par rapport à d'autres défoliateurs. L'insecte est toujours beaucoup plus rare que *L. dispar* (Fraval, comm. pers.).
Lymantria dispar L. (Lep. Lymantridae): est originaire du Japon. Son introduction au Maroc remonte à un siècle au moins. Les modalités de son extension dans l'ensemble des chênaies marocaines ont été décrites (El Yousfi, 1980).
En Mamora, l'insecte a été identifié dès avants 1920 et depuis de nombreuses études lui ont été consacrées. Les responsables forestiers dressent des cartes de défuillaisons depuis 1924. Entre 1924 et 1932 De Lepiney étudie *L. dispar*, son comportement et son complexe biologique. Il introduit un parasite actuellement abondant: *Ooencyrtus kuvanae* (How.) (Hyménoptere Encyrtidae). Mais les travaux les plus importants sont dûs à la Station de Recherches Forestières et surtout à l'I.A.V. Hassan II, et ceci depuis 1972. Ces travaux permettent une meilleure connaissance du complexe biologique de *L. dispar* et de quelques aspects de sa dynamique de populations. La chenille de *Lymantria* est très polyphage: en Mamora et à proximité, elle dévore, *Eucaliptus*, peuplier, pommier, poirier.. mais elle ne se développe normalement que sur chêne-liège. En période de fortes attaques on observe vers le mois de mai des défeuillaisons spectaculaires en Mamora. L'impact des défeuillaisons est très sérieux et il a fait l'objet de quelques études éparses: en Sardaigne, Magnoler et Cambini (1970) ont enregistré une perte d'accroissement importante: 63% en hauteur et 41% en diamètre; les pertes de liège sont de 60% l'année de défoliation. En Mamora les conditions climatiques édaphiques et sociales sévères, autorisent à penser que l'impact est plus important. En plus des pertes du liège et du bois les défeuillaisons répétées affaiblissent considérablement les arbres qui deviennent la proie de parasites secondaires (principalement *Hypoxylon mediterraneum* (de Not.)). On assiste à des mortalités importantes d'arbres sur pieds. La glandée est également affectée (Chemaou, 1982) et devient de plus en plus rare. Les jeunes plantations sont menacées à tout moment par l'invasion de chenilles provenant des chênes (De France, 1956; El Yousfi, 1980); la dégradation du parcours est incontestable: les chenilles escaladent les graminées et leur pullulation repousse le bétail. Les défeuillaisons activent l'asséchement de la strate herbacée. Les nuisances de *L. dispar* ont été évaluées ailleurs (Europe, Amèrique); au Maroc aussi, l'insecte présente une contrainte pour la subèriculture surtout dans les conditions où elle est pratiquée actuellement. La Direction des Eaux et Forêts a toujours été consciente de cette menace et a tenté depuis les années 1950 de lutter contre ce fléau. En 1957 un premier traitement est réalisé à l'aide de D.D.T. et d'H.C.H. sur environ 10.000 ha. Pendant plusieurs années aucune autre tentative n'est enteprise. Ce n'est qu'en 1975 et 1976 que des essais sont de nouveaux exécutés. Des produits bactériologiques à base de *Bacillus thuringiensis* Berl. ou chimiques (diflubenzuron), ont donné des résultats satisfaisants sur jeunes chenilles (Fraval *et al.*, 1977a, 1977b). Aussi, en 1981, avons nous utilisé une préparation à base de *B. thuringiensis* pour lutter contre *L. dispar* en Mamora (El Yousfi, 1981; Hamdaoui, 1981; Fraval, 1982).

3.2. Champignons

Les champignons parasites du chêne-liège sont assez nombreux. De Lecluse (1936) en recense 37 espèces; Malencon et Rieuf établissent une nouvelle liste en 1951; mais les 60 espèces de champignons détérminées n'ont fait l'objet que de descriptions sommaires, à l'exception de

Hypoxylon mediterraneum (de Not.), qui a causé d'énormes dègâts en subéraie de la Mamora (Malencon et Marion, 1951). *H. mediterraneum* est une parasite secondaire qui ne s'attaque qu'à des arbres faibles. Il est signalé sur *Eucalyptus camaldulensis*, *E. gomphocephala* et *E. robusta*, mais il ne se manifeste activement et abondamment que sur chêne-liège. En 1936 Malencon (in De France, 1956) décrit une mortalitè par taches des chênes-liège. De France (1956) signale une extension de la maladie entre 1948 et 1952, qu'il attribue à l'effet retardé de la sécheresse de 1945. Il cartographie des taches de mortalité de plusieurs hectares chacune en Mamora, et note que les dégâts s'étendent à d'autre subéraies notamment celles de M'Khenza, Sehoul, Timeksaouine où des mortalités aussi importantes sont relevées. Une carte, établie en 1949, montre qu'en Mamora *H. mediterraneum* sévit dans l'ensemble de la subéraie, les superficies attaquées étant d'environ 30.000 ha dont 10.000 ha dans le canton A. Actuellement la maladie s'étend, à la suite de la sécheresse de 1979 à 1981: les conditions défavorables augmentent la receptivité des chênes vis-à-vis du champignon et les rendent de plus en plus vulnérables à l'attaque. La lutte contre *H. mediterraneum* est essentiellement culturale: il faut tout d'abord un nettoyage général de toute la forêt, coupe de bois mort sur pieds et d'arbres dépérissants, recépage des branches attaquées et incinération de ces produits pour éviter la dissémination de la maladie.

4. L'action de l'homme

L'homme a été de tous temps le principal ennemi des forêts naturelles au Maroc. De nombreux écrits (Boudy, 1923) rapportent que la subéraie de la Mamora était ravagée par des incendies. On estime que les défrichements par les tribus voisines de la Mamora, ont été responsables de la réduction de la subéraie. Boudy (1948) évalue à pluisiers milliers le nombre d'arbres tués par les charbonniers et 1 million le nombre écorcés vers les années 1910. Cette destruction abusive a été freinée par la mise en place d'une Administration Forestière, qui a installé des postes de surveillance en forêt, élaboré les premiers plans de gestion et conçu les premiers aménagements. Les populations riveraines continuent à bénéficier de certaines usages (le parcours et le prélèvement du bois mort), sans provoquer d'action éconocive notable; mais très peu de temps après - dans les 3 villes voisines (Rabat-Salé et Kénitra) la population de 1936 a triplé en 1960 et a été multipliée par 5 en 1971 -, l'effet de l'action humaine s'est fait sentir pour devenir actuellement une menace sérieuse pour le chêne-liège. La valorisation du bois et du liège et d'autres produits des chênaies a favorisé des délits de coupe et de démasclage. L'augmentation progressive du cheptel a interdit une régénération naturelle éventuelle, et provoqué la mutilation des arbres par l'ébranchage et l'écimage pour la ramée.

Le chêne fut longtemps la principale resource énergétique des populations riveraines et des centres urbains voisins de la forêt. A cause de sa meilleure qualité comme bois de feu, il est vendu à un prix relativement plus élevé, ce qui a encouragé les délits. Le bois est prélevé également pour d'autres usages: bois de service, construction de maisons, de charrues... Les délits de coupe ont toujours été constatés, mais ils n'ont jamais été aussi inquiétants que pendant les 10 dernières années. Notons simplement que les conséquences que nous connaissons comme la perturbation des aménagements forestiers et l'impossibilité de leur application, la diminution de la densité, le déséquilibre du milieu deviendront plus graves, la régénération de la subéraie ne suit plus.

Les incendies de forêts sont soit intentionelles soit accidentales. Boudy (1948) consacre une analise précise à ce fléau. D'après lui les grand incendies, avant la création de l'Administration Forestière, étaient généralement volontaires. Après, le feu de forêt a été régi par des textes et il n'y a eu que très rarement des incendies criminels. Ceci n'empêche pas que plusieurs incendies ont été constatés chaque année. Entre 1960 et 1979, on a constaté 694 cas d'incendie dans le subéraie marocaines qui ont brûlé 11.900 ha de chêne-liège. En Mamora l'analyse des fiches parcellaires montre que les feux de forêts sont relativement rares puisque depuis 1920, 120 cas d'incendies seulement ont été verbalisés. La superficie parcourue par le feu est de 2.295 ha soit 42 ha/an, répartis entre résineux et feuillus. La superficie du chêne-liège brûlée est généralement réduite; on note une baisse importante des incendies de chêne. En tout cas cette essence est résistante et le feu ne provoque actuellement qu'un déséquilibre passager de l'arbre, à cause de l'absence de sous-bois.

La subéraie fournit d'autres produits comme les champignons, les glands qui sont prélevés par les riverains; mais la récolte des glands porte préjudice à l'arbre - le gaulage mutile le chêne sur pied - et diminue les chances de la régénération naturelle. Pour le moment cette contrainte n'est pas sérieuse - nos besoins en glands sont limités car les programmes de reboisement de chêne-liège ne sont pas

exécutés - mais devra être prise en considération si les problèmes techniques de reboisements sont surmontés. Dans ce dernier cas une organisation de la récolte des glands sera nécessaire.
La Mamora hébergeait une flore riche et nombreuse. Certaines espèces présentent un intérêt pastoral important. Le cheptel des populations usagères a de tous temps puisé sa nourriture des subéraies, sans porter préjudice à la forêt. Ce n'est que vers les années 1950 que le parcours commence à poser des problèmes et le premier aménagement l'a réglementé selon des rotations. Généralement 1/5 de la subéraie est mis en défens, le rest ouvert au parcours. En 1972, la charge fut de 100.000 U.G.B. environ, soit 0,76 U.G.B./ha de toute le Mamora et 1,25 U.G.B/ha pour la superficie occupée par la chêne-liège, ce qui représente 3,5 fois au moins la charge réelle (la forêt produit 350 U.F./ha, 0,3 U.G.B./ha environ).
En 1979, il ne restait plus que 60.000 ha de chêne-liège; le cheptel de 112.000 U.G.B. fut recensé et représente 1,9 U.G.B./ha, ce qui est énorme pour une forêt de chêne qui ne supporterait que le 1/5 au plus de cette charge; le supplément d'U.F. provient d'autres sources (zones agricoles), mais les plus souvent des écimages qui ont exagérement augmenté, surtout durant les 5 dernières années. Cette opèration se fait dans des conditions lamentables (les branches arrachées blessent l'arbre et favorisent l'installation d'*H. mediterraneum* parmi d'autres parasites). Les branches par terre sont débarassées de leur feuillage (0,05 U.F./kg) par le bétail. Ce délit n'a jamais été aussi grave et aussi important que pendant la sécheresse 1979-1981 car en plus du cheptel local existant, 16.000 bovins et ovins sont arrivés en Mamora des Rhamna, Chaouia et Doukkala.
Rappelons ici que les reboisements qui représentent actuellement plus de la moitié de la Mamora, sont fermés au parcours pendant une période da 5 à 7 ans après la plantation et lorsqu'ils sont ouverts au parcours le cheptel n'y trouve rien à pâturer, surtout dans les reboisements d'*Eucaliptus*. Le bétail se concentre dans la subéraie que le surpâturage de plus en plus intense dégrade. Schoenemberger (1979) parle de rareté et de disparition d'espéces pastorales en Mamora. En plus, le bétail consomme les glands et même les semis et compromet définititivement la régénération naturelle.

Conclusion

Au Maroc les forêts naturelles sont en perpetuelle lutte contre la sécheresse, les prédateurs et l'homme. L'état actuel des subéraies - déjà régressive - rend compte de ce phénomène, la dégradation rapide s'accélère avec le temps; nous avons évoqué certains aspects de l'action néfaste de l'homme et suggéré aussi - pour éviter que la forêt ne soit plus la seule réserve de pâturage ou de cultures - d'intégrer dans les aménagements forestiers des activités pour le développement de l'économie rurale et montagnarde: aménagement de parcours, arboriculture fruitière, valorisation de nouveaux sous produits forestiers, vulgarisation de certaines méthodes préservatrices des forêts, sensibilisation de l'opinion publique aux problèmes écologiques. Aussi les aménagements futurs seront'ils conçus sur la base de l'évolution démographique d'une région et de ses ressources potentielles et réelles. D'autre part, recherches et aménagements avaient pour objectif d'obtenir une meilleur production en bois et en liège et l'aspect écologique et de protection n'a pas été pris en considération, ce qui a mis en péril des composantes utiles pour l'équilibre biocoenotique d'une formation aussi fragile que la subéraie du semi-aride. Le maintien du chêne-liège en Mamora, malgré la forte pression exercée sur lui, est la preuve de la remarquable résistance de cet arbre, résistance dont aucune formation artificielle ne peut faire preuve dans de pareilles conditions. En plus de son rôle économique important, la Mamora représente une espace vert d'une grand valeur pour les 3 grandes villes limitrophes, et doit jouer un rôle vital dans la lutte contre la pollution qui sera engendrée par l'explosion démographique et le développement technologique de la région. Malheureusement l'avenir de cette forêt reste préoccupant. Nous pensons cependant qu'il est possible de rechercher des méthodes de gestion et d'aménagement - prenant en compte à la fois l'économie et l'écologie - dont la mise en oeuvre devrait permettre de minimiser l'impact des facteurs antagonistes, d'assurer une meilleure protection et d'entamer même une restauration. En effet, la stratégie actuellement élaborée et qui fait intervenir élus et pouvoir publiques, prouve bien la volonté de sauver le domaine de la Mamora - la constitution d'un comité "chêne liège" en 1990, l'installation d'un réseau de surveillance des principaux insectes en 1993, l'exécution pour la première fois de coupes sanitaires et des plantations de chênes liège montrent bien l'intérêt porté a la subéraie. La mise en oeuvre de cette stratégie suppose: - la recherche de techniques pour réussir la régénération à grande échelle par semis et par plants; - la réevaluation des limites de rajeunissement par rejets de souche; - l'abandon, à cause des pertes d'ensouchements, des coupes à

blanc etoc, comme mode de régénération, doit etre reconsidéré dans les conditions actuelles: devant l'insuffisance des autres modes de régénération, et la mortalité des arbres, il faut tenter d'en sauver une partie par des coupes de rajeunissement; l'intensification des opérations sylvicoles pratiques et l'élaboration d'un plan de sauvetage de la subéraie; l'elaboration d'un programme de développement des zones hors forêts, encouragement de la production fourragère et l'amélioration de la conduite du troupeau, amélioration des revenus des populations riveraines.

Bibliographie

BARBEY, A., 1925. Traité d'entomologie forestière: 385 pp.

BELARBI, A., 1979. Evaluation de la nuisibilité de *Crematogaster scutellaris* (Ol.), dans les subéraies atlantiques. Mém. Ing. Phytiatre. Doc. Lab. Zool. I.A.V. Hassan II, Rabat: 40 pp.

BOUDY, M., 1923. L'arbre et le forêts au Maroc. Conférence Direction des services de renseignements. D.R.E.F., Rabat: 28 pp.

BOUDY, P., 1948. Economie forestière nord-africaine. I. Milieu physique et milieu humain. Ed. Larose, Paris: 686 pp.

CHEMAOU, E., A., 1982. Etude de l'impact des défoliations de *Limantria dispar* sur les productions du chêne-liège. Mém. Ing. Agronome (Foresterie). I.N.A.V., Rabat: 90 pp.

DE FRANCE, P., 1956. Maladies des arbres. Doc. Ron. S.R.F., Rabat: 8 pp.

DE LECLUSE, R., 1936. Quelques champignons ennemies du chêne-liège au Maroc. Rev. Path. veg. et Ent. agr., France, 23 (3): 244-257.

DE LEPINEY, J., 1927. Les insectes nuisibles du chêne-liège dans la forêt de la Mamora (Maroc). Ann. Epiph. (Paris), 13: 145-147.

DE LEPINEY, J., 1928. Les insectes nuisibles du chêne-liège dans les forêts du Maroc (2éme étude). Ann. Epiph. (Paris), 14: 313-321.

DE LEPINEY, J., 1930. Contribution a l'étude du complexe biologique de *Limantria dispar* L. Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, 23: 66 pp.

DE LEPINEY, J. & MIMEUR, J. M., 1932. Notes d'entomologie agricole et forestière du Maroc. Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, 31: 195 pp.

EL YOUSFY, M., 1980. Etudes sur la dispersion des chenilles de *Lymantria dispar* (L.). Mém. Ing. Agronome (Phytiatrie). Doc. Lab. Zool. I.A.V. Hassan II, Rabat: 107 pp.

EL YOUSFI, M., 1981. Rapport d'activité du service de sylviculture et des sciences des sols. S.R.F., Rabat: 6 pp.

FRAVAL, A., 1982. Méthodes de lutte contre *Lymantria dispar* en subéraie marocaine. Actes Inst. Agron. Vet. Hassan II (Maroc), 2: 92-117.

FRAVAL, A., HERARD, F., JARRY, M., QUESTIENNE, P., VILAND, M.C. & VEIN D., 1977a. Note sur un traitement au moyen d'une préparation de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) contre *Porthetria dispar* L. en forêt de la Mamora (Maroc). Ann. Rech. For. Maroc, 17: 67-76.

FRAVAL, A., JARRY, M & QUESTIENNE P, 1977b. Traitements expérimentaux contre *Lymantria dispar* L. (Lép. *Lymantridae*) en subéraie de la Mamora au moyen de Diflubenzuron et de deux préparations à base de *Bacillus thuringiensis* Berl. Ann. Rech. For. Maroc., 17: 77-92.

HAMDAOUI, M., 1981. Surveillance et lutte contre *Lymantria dispar* en 1981 (canton A de la Mamora). Mem. Ing. Phytiatre. Doc. Lab. Zool. I.A.V. Hassan II, Rabat: 32 pp.

LEPOUTRE, B., 1965. Régéneration artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie de la forêt de la Mamora. Ann. Rech. For. Maroc., 9: 118 pp.

MAGNOLER, A. & CAMBINI, A., 1970. Effects of artificial defoliation on the growth of cork oak. For. Sci., 16 (3): 364-366.

MAHARI, S., 1980. Etude sur la communauté des insectes frondicoles dans la forêt de la Mamora (Maroc). Thèse 3e cycle "Ecologie méditerranéenne", Univ. Aix- Marseille III: 206 pp.

MALENCON, G. & MARION, J., 1951. Un parasite des subéraies nord-africaine l'*Hypoxylon mediterraneum* (D. Ntres) ces. et D. Ntre. Rev. For. Francaise, 11: 681-686.

MALENCON, G. & RIEUF, P., 1951. Index alphabétique des hôtes avec leurs parasites. Fungi Maroccani de Maire et Werner. Institut Scientifique Chérifien, Rabat, vol. ron.: 65 pp.

SCHOENEMBERGER, G., 1979. Ecologie du chêne-liège. Compte rendu du seminaire tenu à Rabat du 5 au 7 février 1979 sur *Lymantria dispar*. I.N.A.V., Rabat, Doc. Ron.: pp. B1-B5.

DEPERISSEMENT DU CHÊNE-LIÈGE AU MAROC: ETAT DES CONNAISSANCES ET PERSPECTIVES

M. Bakry & M. Abourouh

Division de Recherches et d'Expérimentations Forestières
B.P. 763. Agdal - Rabat, Maroc

Résumé

Le dépérissement du chêne-liège touche au Maroc l'ensemble des subéraies de plaines et de montagnes. Les facteurs identifiés sont principalement la dégradation du milieu naturel due à la pression humaine, le déficit hydrique dû à la sécheresse, les insectes phyllophages et les champignons pathogènes.
Les symptômes caractérisant ce phénomène sont les suintements du tronc et des branches maîtresses, l'éclaircissement de la couronne, la chlorose des feuilles, le développement de gourmands, la mortalité des branches périphériques et la nécrose des racines fines.
La mycoflore associée au dépérissement compte essentiellement *Diplodia mutila, Armillaria mellea, Hypoxylon mediterraneum, Stuartella formosa Fusarium oxysporum Coryneum sp., Alternaria sp., Aureobasidium sp., Pestalotiopsis sp., Funerea sp., Pythium sp., Dothiorella sp.,* et *Phoma sp.*.

Introduction

Le chêne-liège occupe au Maroc une superficie de 320.000 ha (Seigue, 1985) repartie selon des proportions à peu près égales entre la plaine et la montagne. Cette surface serait nettement en régression si on considère le rythme accéléré de la déforestation et des dépérissements. La forêt de la Mamora, qui occupait à elle seule vers 1951 une superficie de 115 000ha, est passée actuellement à moins de 60 000 ha.
La première grande vague de dépérissement du chêne-liège au Maroc a existé entre 1918 et 1928 (Boudy, 1951). Depuis, le déclin des subéraies a pris une allure de continuité avec des époques exceptionnellement graves situées entre 1943-1951 (Boudy, 1951; Malencon et Marion, 1952), 1981-1987 et 1991-1993 (Bakry, 1994). Le point commun entre ces phénomènes observés est le stress hydrique dû à de longues épisodes de sécheresse avec la prédominance des attaques de *Lymantria dispar* pour la première période, de l'*Hypoxylon mediterraneum* pour la période intermédiaire de l'*Hypoxylon mediterraneum* et surtout *Diplodia mutila* pour la dernière (Bakry et Abourouh, 1994). Les mêmes vagues ont été approximativement signalées en Europe par Delatour (1983, 1990). Les facteurs cités sont également la sécheresse, les insectes phyllophages et les champignons pathogènes.
Si les premières observations de ces dépérissements remontent au début de ce siècle, leurs études, par contre, n'ont démarré que vers les années 50. Les investigations conduites ont surtout concerné l'*Hypoxylon mediterraneum* (Defrance et Marion, 1951; Malençon et Marion, 1951, 1952) et *Lymantria dispar* (Fraval et *al.*, 1977 a et b; Questienne et Fraval, 1977; Fraval et *al.*, 1980; Fraval et Mazih, 1980; Fraval et *al.*, 1981).
Parmi les symptômes, actuellement observés dans les subéraies marocaines dépérissantes, certains comme le suintement du tronc et des branches maîtresses et le développement de stromas noirs carbonacés sont caractéristiques de la maladie du charbon due à *Hypoxylon mediterraneum*. D'autres, par contre, plaident en faveur de l'existence d'un complexe maladif dans lequel interviennent certainement plusieurs pathogènes.
C'est dans le but de bien cerner cette pathologie actuelle du chêne-liège au Maroc que nous avons réalisé ce travail dont les principaux résultats sont présentés dans ce papier.

Matériel et méthodes

1. Description des symptômes
Un réseau de placettes, couvrant en partie les subéraies de plaines et de montagnes est installé sur le terrain. Les symptômes de dépérissement aériens y sont périodiquement relevés et des échantillons prélevés au niveau du tronc, des branches et des feuilles sont sommairement examinés. Un arbre par placette fut abattu lors de cette étude pour permettre une analyse complète et détaillée. Ces observations sont complétées par des tournées de prospections, des enquêtes auprès du personnel forestier et par le dépouillement de documents officiels.

2. Analyses mycologiques
Au laboratoire tous les échantillons prélevés sur le terrain sont observés sous la loupe binoculaire. Des préparations microscopiques des fructifications fongiques observés sont faites pour leur caractérisation précise. Des isolements en cultures pures sont effectués à partir des tissus fructifères et des tissus malades préalablement désinfectés à leurs surfaces. Le milieu de culture utilisé est le PDA. L'incubation se fait à la température ambiante.

3. Tests du pouvoir pathogène
Certains champignons, obtenus en cultures pures, ont subi le test du pouvoir pathogène en pépinière. Les inoculations sont pratiquées à la suite d'une petite incision de la tige des plants de chêne-liège âgés d'un an. L'inoculum, sous forme de pastilles mycéliennes, est mis en contact avec les blessures qui sont protégées après par du papier aluminium. Les plants témoins reçoivent des pastilles d'agar stériles. Le protocole expérimental compte, chaque fois, deux traitements, répétés chacun 5 fois; chaque répétitions étant composée de 5 plants.

Résultats

1. Les symptômes de dépérissement
Les diagnostics de terrain révèlent l'état critique de toutes les subéraies y compris celles du nord. La classe des chênes sains n'existe pas dans les subéraies atlantiques. La régénération naturelle par semis fait partout défaut. Le rejet de souche est actuellement presque le seul moyen de rajeunissement; il s'accompagne malheureusement toujours par une perte d'ensouchement. Les écosystèmes à chêne-liège sont profondément perturbés par les défrichements, les coupes délictueuses, le surpâturage, l'émondage en période de disette, le gaulage pour le ramassage des glands doux et par les mauvais traitements sylvicoles. A ces contraintes à la fois socio-économiques et techniques s'ajoutent les problèmes de sécheresse et de parasitisme reduisant les chances de reprise des arbres même à l'intérieur des aires protégées.
Le diagnostic de terrain a permis de décrire tous les symptômes actuels de dépérissement sur les arbres adultes et sur les jeunes plants.
1.1. Symptômes sur les arbres adultes
Les symptômes les plus caractéristique des dépérissements actuels sont:

- Sur le houppier: la chlorose et la nécrose des feuilles, la mortalité des branches périphériques, l'éclaircissement de la frondaison et le départ de gourmands.
- Sur le tronc et les branches maîtresses: les suintements et le départ de gourmands .
- Sur les racines: la nécrose des racines fines.

En général on note, dans les stations dépérissantes, la diminution en nombre, le rapetissement et la décoloration en vert clair des feuilles. Le plus souvent, il ne reste sur l'arbre que les feuilles de l'année. Les stades moyens de dépérissement s'accompagnent par des mortalités partielles des branches et des nécroses sur l'écorce et les tissus de l'aubier. Le dépérissement généralisé s'amorce par une descente de la cime et

une extrême simplification de la ramification. Des flétrissements brusques frappent assez souvent et d'une manière individuelle certains arbres dans les subéraies. La mortalité, dans ce cas, survient assez rapidement en l'espace de 2 à 3 jours au maximum.

1.2. Symptômes sur les jeunes plants

Les plus caractéristiques sont: la brûlure des pousses, l'altération et le chancre des collets, la nécrose des feuilles et le flétrissement.

Les attaques au niveau du collet causent le dessèchement général de la partie aérienne de la plante. Celle-ci émet l'année suivante une nouvelle pousse qui part immédiatement sous la zone altérée. Le plant peut ainsi végéter plusieurs années sans jamais dépasser le stade de la pousse annuelle.

La brûlure de la pousse terminale se traduit par le départ des bourgeons axillaires qui donnent aux plants, après quelques années sur le terrain, un aspect en coussinet. Le plant ne s'individualise jamais et laisse partir de nombreuses branches rampantes sur le sol. Celles-ci deviennent la cible d'attaques cryptogamiques.

Les attaques du collet et la brulûre de la pousse terminale causent des dégâts évalués à 60% dans tous les périmètres actuels de régénération.

Les nécroses diminuent la capacité photosynthétique du plant et provoquent la chute précoce d'environ 50% de feuilles.

Le flétrissement concerne entre 30 et 60 % des plants. On pense qu'il est causé principalement par les attaques des vers blancs.

2. La mycoflore associée aux dépérissements

2.1. Champignons associés aux arbres adultes

Nos diagnostics de laboratoire lient les dommages sur les parties périphériques des arbres à la présence de Diplodia mutila. Ce champignon est trouvé uniquement dans les subéraies de plaine sur plus de 70% d'échantillons observés. Il attaque principalement les rameaux et les ramilles et provoque la nécrose de leurs tissus conducteurs. En culture pure, *Diplodia mutila* a une croissance radiale rapide qui peut atteindre, à une température de 24°C, une moyenne de 13,5 mm/jour. La formation des pycnides survient après environ 22 jours d'incubation. Les isolats de Ghaba Larache, située au nord, fructifient abondamment, tandis que ceux de la Mamora restent stériles.

Hypoxylon mediterraneum est présent dans toutes les subéraies marocaines. Sa fréquence d'isolement est d'environ 15% sur le dernier quart de la couronne et domine tous les isolements faits à partir du tronc et des branches maîtresses.

En plus de ces deux champignons, on a noté sur les arbres dépérissants la présence:

- D'*Armillaria mellea, Pleurotus sp.* et de *Fomes sp.* sur le collet et le tronc.
- De *Fusarium sp., Trichothecium roseoum, Stuartella formosa, Seimatosporium sp., Dothiorella sp., Coryneum sp., Phlyctaena sp., Alternaria sp., Phoma sp., Cytospora sp.* et d'autres champignons non encore identifiés sur les branches et les rameaux:
- D'*Alternaria sp., Aureobasidium sp., Arthridium sp.* et d'un champignon non encore identifié sur les feuilles.
- De *Fusarium oxysporum, Pythium sp., Botrytis sp., Mucor sp., Verticillum sp.* et de *Cylindrocarpon sp.* sur les racines.

2.2. Champignons associés aux jeunes plants

A partir des collets altérés des plants lignifiés, on a pu isoler six champignons: *Fusarium oxysporum, Pestalotiopsis sp., Funerea sp., Cylindrocarpon sp., Phoma sp.* et *Aspergillus sp.. Coryneum sp.,* est lié aux brûlures des pousses tandis que sur les feuilles, nécrosées on trouve les mêmes champignons que sur les arbres adultes.

3. Pouvoirs pathogènes

L'étude du pouvoir pathogène de certains champignons isolés en cultures pures montre ce qui suit:

- *Diplodia mutila* est doté d'un grand pouvoir pathogène indépendamment du régime hydrique des plants. Les premiers symptômes se manifestent entre la deuxième et la troisième semaine de l'expérimentation alors que leur flétrissement survient après environ 40 jours.
- *Hypoxylon mediterraneum* ne manifeste son pouvoir pathogène que sur les plants stressés.
- *Alternaria sp.* provoque des nécroses sur 70% des feuilles après 10 jours d'expérimentation.
- *Pestalotiopsis sp.*, *Fusarium oxysporum* et *Funerea sp.* n'ont par contre pas montré de pouvoir pathogène dans nos conditions expérimentales.

Discussion

Une comparaison des symptômes de dépérissement du chêne-liège au Maroc avec ceux décrits récemment sur différentes espèces de chêne en Europe, montre de grandes similitudes. Jacobs et *al.*, (1992) et Munoz Lopez et *al.* (1992) décrivent pour la même espèce en Espagne des symptômes très semblables. Les symptômes décrits en Italie par Ragazzi et *al.* (1989) et Vannini et Luisi (1990), notamment sur *Quercus cerris*, suivent le scénario de déclin de *Quercus suber* au Maroc.

Nos résultats, montrent, comme prévu, l'existence de plusieurs pathogènes associés aux dépérissements actuels du chêne-liège au Maroc. *Diplodia mutila* est par excellence le champignon le plus pathogène comparé à toute la mycoflore associée y compris *Hypoxylon mediterraneum*. Son pouvoir pathogène est indépendant du régime hydrique chez les jeunes plants, résultat en accord avec les travaux de Luisi et al. (1992). Au Maroc, ce champignon est responsable des dégâts qui touchent le dernier quart de la couronne dans toutes les subéraies atlantiques. En Espagne, ce pathogène est isolé à partir des branches et des rameaux morts de différentes espèces de chêne (Munoz et al., 1992). Il y est aussi fréquemment isolé de l'écorce du tronc du chêne-liège (Luque et Girbal, 1989), chose non encore réalisée au Maroc. Le pouvoir pathogène d'Hypoxylon mediterraneum s'exprime seulement sur des plants de chêne-liège sous stress hydrique. Les mêmes résultats sont obtenus en Italie sur Quercus cerris et Quercus pubescens (Vannini, 1987, 1990 a et b; Vannini et al., 1991, 1992; Luisi et al., 1992). *Coryneum sp.* empêche l'individualisation des plants, alors que les altérations des collets de nature fongique réduisent leurs vies au stade de la pousse annuelle. Les pathogènes foliaires diminuent considérablement la vigueurs des semis et des arbres adultes. Les pertes en feuilles dépassent très souvent 50 %. Le rôle dans le dépérissement de certains champignons tels que: *Fusarium sp.*, *Pythium sp.*, *Stuartella formosa*, *Dothiorella sp.*, *Cytospora sp.*, etc..., associés à des symptômes concrets, mérite d'être étudié. Le pathogène *Phytophthora cinnamomi* qui selon Brasier, (1992) est responsable du déclin de chêne-liège dans toute la péninsule Ibérique et les champignons vasculaires du genre *Ceratocystis* ainsi que *Collybia fusipes* responsable des nécroses racinaires sur les chênes en Europe (Guillaumin, et *al* 1985) n'ont toujours pas été observés sur les chênes-lièges dépérissants du Maroc.

Conclusion et perspectives

Les champignons pathogènes occupent une place importante dans le processus actuel de dépérissement des subéraies marocaines. On les trouve sur les différentes partie de l'arbre et du plant, sont responsables de leurs desfonctionnements et de leurs mortalités et constituent avec les vers blancs un obstacle mafeur à l'installation des régénérations assistées. Certaines espèces identifiées sont signalées également en Europe notamment en Espagne et en Italie.

Cette étude constitue une première contribution pour la connaissance de la mycoflore pathogène du chêne-liège dans notre pays. D'autres doivent suivre pour cerner encore plus la pathologie de cette essence et arriver à des moyens de lutte efficaces. Comme orientations à ces travaux, on propose:

- La mise en place d'un réseau permanent d'observation et l'élaboration de cartes phytosanitaires périodiques.
- L'isolement et l'identification précise de tous les pathogènes associés au déperissement.
- L'étude de la relation nutrition minerale-stress hydrique-attaques parasitaires.
- La recherche de moyens de luttes efficaces contre les principaux parasites identifiés.

Bibliographie

BAKRY, M., 1994. Dépérissement du chêne liège (*Quercus suber* L.) au Maroc: Symptômes et champignons pathogènes. Memoire de 3° cycle. Ecole Nationale Forestière d'Ingenieurs, Salé: 136 p.

BAKRY, M. et ABOUROUH, M., 1994. Nouvelles données sur le dépérissement du chêne liège (*Quercus suber* L.) au Maroc. Ann. Rech. Forest. Maroc, **28** (sous presse).

BOUDY, P., 1951. Economie Forestière Nord-Africaine. Tome 3: Description forestière du Maroc. (Publications de la Station de Recherches Forestières du Maroc). Ed. F. Moncho.

BRASIER, C.M., 1993. *Phytophthora cinnamomi* as a contributory factorin European oak declines. *In* "Recent advances in studies on oak decline" (LUISI, N., LERARIO, P. and VANNINI, A. Eds.). Proceedings of an international congress. Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18th. Dipartimento di Patologia Vegetale. Un. Degli Studi, Bari, Italy: 49-57.

DEFRANCE, P., et MARION, J., 1951. l'*Hypoxylon mediterraneum* au Maroc. Ann. Rech. Forest. Maroc, **1**: 137-139.

DELATOUR, C., 1983. Les dépérissements de chênes en Europe. R.F.F., **35**(4): 265-282.

DELATOUR, C., 1990. Oak decline and the status of *Ophiostoma* spp. on oak in Europe, France. Bulletin OEPP, **20**: 408-409

FRAVAL, A., et MAZIH, A., 1980. Mortalité de *Lymantria dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) sur trois placeaux de la subéraie de la Mamora, en 1978. Ann. Rech. Forest. Maroc, **20**: 269-288.

FRAVAL, A., HERARD, F., JARRY, M., QUESTIENNE, P., VILAND, M.C. et VEIN, D., 1977a. Note sur un traitement au moyen d'une préparation de *Bacillus thuringiensis* Berliner contre *Lymantria dispar* L. en forêt de la Mamora (Maroc). Ann. Rech. Forest. Maroc, **17**: 67-76.

FRAVAL, A., JARRY M., et QUESTIENNE, P., 1977b. Traitements expérimentaux contre *Lymantria dispar* L. (lep. Lymantriidae) en subéraie de Mamora au moyen de diflubenzuron et de deux préparations à base de *Bacillus thuringiensis* Berl. Ann. Rech. Forest. Maroc, **17**: 77-92.

FRAVAL, A., QUESTIENNE, P., et JARRY, M., 1980. Démographie de *Lymantria dispar* (L.) en subéraie de la Mamora; Etude le long d'un transect; 1976-1977-1978. Ann. Rech. Forest. Maroc, **20**: 3-64.

FRAVAL, A., LEFEVRE, J.L. et ZAMPIERO, D., 1981. Appareils pour l'analyse des pontes de *Lymantria dispar* (Insecta, Lepidoptera). Ann. Rech. Forest. Maroc, **21**: 209-228.

FRAVAL, A., MAZIH, A., EL YOUSFI, M., SAIDI, S. et CHAKIR, S. 1981. Introduction du *Baculovirus* de *Lymantria dispar* en forêt de Mamora (Maroc). Ann. Rech. Forest. Maroc, **21**: 297-315.

GUILLAUMIN, J.J., BERNARD, Ch., DELATOUR, C. et BELGRAND, M., 1985. Contribution à l'étude du dépérissement du chêne: pathologie racinaire en forêt de Tronçais. Ann. Sci. For., **2**(1): 1-22.

JACOBS, K.A., ALVAREZ, I.F. and LUQUE, L., 1992. Association of soil, site and stand factors with decline of *Quercus suber* in Catalonia, Spain. *In* "Recent advances in studies on oak decline" (LUISI, N.; LERARIO, P. and VANNINI, A. Eds.). Proceedings of an international congress. Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18th. Dipartimento di Patologia Vegetale. Un. Degli Studi, Bari, Italy: 193-203.

LUQUE, J. and GIRBAL, J., (1989). Dieback of cork oak *(Quercus suber)* in Catalonia (NE Spain) caused by *Botryosphaeria stevensii*. Eur. J. For. Path., **19**: 7-13.

LUISI, N., MANICONE, R.P., SICOLI, G. and LERARIO, P., 1992. Pathogenicity tests of fungi associated with oak decline on *Quercus spp.* seedlings grown at different levels of water regimes. *In* "Recent advances in studies on oak decline" (LUISI, N., LERARIO, P. and VANNINI, A. Eds.). Proceedings of an international congress. Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18th. Dipartimento di Patologia Vegetale. Un. Degli Studi, Bari, Italy: 85-93.

MALENCON, G., et MARION, J., 1951. Les modalités épidémiologiques de l'*Hypoxylon mediterraneum* (DNTrs.)(Ces et D. NTRS.) en Afrique du nord. A.F.A.S. **4**, (Tunisie): 7p.

MALENCON, G., et MARION, J., 1952. L'*Hypoxylon mediterraneum* (DNtrs.) Ces. et DNtrs. et son comportement épiphytique dans les chênaies nord-africaines. Supplément colonial à la Revue de Mycologie (HEIM.R Ed.). Laboratoire de Cryptogamie du Museum National d'histoire naturelle, Paris: 48-73.

MUNOZ LOPEZ, M.C., COBOS SUAREZ, P. Y MARTINEZ SAAVEDRA, G., 1992. La traqueomicosis de *Diplodia sp.* sobre *Quercus sp.* Bol. San. Veg. Plagas, **18**: 641-657.

QUESTIENNE, P., et FRAVAL, A., 1977. Etude des caractéristiques de la population de pontes de *Lymantria dispar* L. sur un chêne-liège, en forêt de Mamora. Ann. Rech. Forest. Maroc, **17**: 125-144.

RAGGAZI, A., DELLAVALLE FEDI, I. and MESTURINO, L., 1989. The oak decline: a new problem in Italy. Eur. J. For. Path., **19**: 105-110.

SEIGUE, A., 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonne uve et larose. Paris: 485p.

VANNINI, A., 1987. Osserazioni preliminari sul deperimento del Cerro *(Quercus cerris L.)* nell'Alto la zio. edagricole. Inf. Fitopat., **37**(9): 54-59.

VANNINI, A., 1990a. *Hypoxylon mediterraneum :* symptomatology and diffusion on Turkey oak in Central Italy In " Oak declinen in Europe" (SIWECKI R. and LIESE W. Eds.). Proceedings of an international symposium Kornik, Poland, May 15-18. Polish Academy of Sciences Institute of Dendrology, Kornik, Poland: 13-27

VANNINI, A., 1990b Susceptibility of *Quercus cerris* to *Hypoxylon mediterraneum* at different levels of water stress **In** "Oak declinen in Europe"(SIWECKI R. and LIESE W. Eds.). Proceedings of an international symposium Kornik, Poland, May 15-18. Polish Academy of Sciences Institute of Dendrology, Kornik, Poland : 165-175.

VANNINI, A. and LUISI, N., 1990. Oak decline and the status of *Ophiostoma* spp. on oak in Europe, France. Bulletion OEPP, **20**: 413-414.

VANNINI, A. and MUGNOZZA, G.S., 1991. Water stress: a predisposing factor in the pathogenesis of *Hypoxylon mediterraneum* on *Quercus cerris.* Eur. J. For. Path., **21**: 193-201.

VANNINI, A., LUISI, N., MANICONE, R.P. and SICOLI, G., 1992. Preliminary studies on predisposition to decline of some mediterranean oaks in relation to drought resistance. *In* "Recent advances in studies on oak decline" (LUISI, N.; LERARIO, P. and VANNINI, A. Eds.). Proceedings of an international congress. Selva di Fasano (Brindisi), Italy, September 13-18th. Dipartimento di Patologia Vegetale. Un. Degli Studi, BARI, Italy: 205-211.

APERÇU SUR LES INSECTES PHYLLOPHAGES DU CHÊNE-LIÈGE ET DU CHÊNE AFARES DE LA FORÊT DOMANIALE DE TAMENTOUT (SÉTIF)

Benmecheri Sabrina
Institut de Biologie, Laboratoire de Zoologie
Université de Sétif, 19000 Sétif, Algérie

Résumé
Les insectes phyllophages qui attaquent le chêne-liège et le chêne afares de la forêt domaniale de Tamentout sont essentiellement les coléoptères et les lépidoptères. Nombreux sont les chrysomelides et les curculionides qui se nourrissent du feuillage de ces deux chênes. Au sein des lépidoptères, seules les espèces mineuses sont représentées essentiellement, par le genre *Lithocolletis* s'attaquant au chêne afares et au chêne-liège. Beaucoup d'espèces phyllophages se développent sur le chêne afares entre autre *Lymantria dispar* L. et *Catocala promissa* D. & S. Les galles d'acariens, la fourmi *Crematogaster scutellaris* (Olivier) et le puceron *Thelaxes dryophila* (Schr.), sont abondants et causent d'importants dégâts sur les chênes.

Introduction

La forêt domaniale de Tamentout se situe en petite Kabylie. Elle couvre tout le massif de Tamezguida qui est le prolongement à l'Est de Sétif, d'un vaste ensemble géographique représenté par la chaîne numidique. Elle a une superficie de 6883,9 ha dont 3174 ha pour le versant Sud du massif. Ce versant Sud se subdivise en 8 cantons. Les principales essences forestières distribuées en peuplements purs ou mélangés sont des chênes de diverses espèces. La position en altitude varie de 700 à 1600 m. Les essences forestières dominant dans la forêt domaniale de Tamentout sont le chêne zéen et le chêne afares avec 3990,7 ha pour le premier et 1677,3 ha pour le second. Le chêne-liège représente au total 1127 ha (Anonyme, 1973).

Matériels et Méthodes

1. Lieux d'étude

Nous avons choisi pour la présente étude deux stations, une station de chêne-liège et une station de chêne afares. La station à chêne-liège Oul-Ben, se situe à 850 m d'altitude et à exposition Sud. La station à chêne afares Ain-Warde, est à 1000 m d'altitude et à exposition Sud.

2. Méthodes de travail

Les prélevements sont effectués au cours des saisons printanières et estivales 1991 et 1992. En 1991 l'échantillonnage qualitatif et quantitatif des chênaies a été effectué au rythme de deux sorties par mois, espacées de 15 jours, cela à partir du mois d'avril jusqu'au mois de septembre. Au cours de chaque sortie nous avons effectués des battages et différents prélèvements d'organes végétaux. En 1992, les sorties ont été ponctuelles et ont concerné des observations et des suivis de cycle d'insectes particuliers.

Le battage a été réalisée selon la méthode de Turner (Bigot & Kabakibi, 1987). Quatre battages sont effectués sur chaque arbre, sur des branches orientées selon les quatre points cardinaux et situées à hauteur d'homme (1,5 m du sol). Au niveau de chaque station 10 arbres sont choisis au hasard. La distance entre les arbres est d'une vingtaine de mètres.

Pour les prélevements d'organes végétaux nous découpions des rameaux de 75 cm de long dont nous faisions le dépouillage systématique au laboratoire. Ces techniques nous on permis d'obtenir les résultats suivants.

Résultats

La liste des insectes récoltés sur la frondaison du chêne-liège et du chêne afares est consignée dans le tableau suivant.

Tableau 1 - Inventaire des insectes frondicoles du chêne-liège (CL) et du chêne afares (CA).

ESPECES	CL	CA
Acariens		
Eriophyidae		
Eriophyes sp.	+	-
Homoptera		
Aphidae		
Lachnus roboris (L.)	+	+
Thelaxes dryophila (Schr.)	+	+
Cicadidae		
Tibicen plebejus (Scop.)	-	+
Dictyophoridae		
Dictyophora europaea (L.)	+	-
Coleoptera		
Carabidae		
Lamprias fulvicollis (F.)	+	+
Metabletus fuscomaculatus Motsch.	+	-
Calosoma inquisitor (L.)	-	+
Scarabeidae		
Oxythyrea funesta (Poda)	+	+
Cetonia speciosissima Scop.	+	+
Cetonia sardoa G. & P.	+	+
Dermestidae		
Attagenus bifasciatus R.	-	+
Coccinellidae		
Thea vigintiduopunctata (L.)	+	+
Coccinella algirica Kovar	-	+
Adalia decempunctata (L.)	-	+
Chrysomelidae		
Psylliodes sp.	+	+
Chrysomela grossa F.	-	+
Tituboea illigeri Lac.	+	+
Luperus sp.	+	-
Macrolenes bimaculata Rossi	+	-
Clytra sp.	-	+
Lachnaea cerealis Ol.	+	-
Lachnaea puncticollis Chevr.	+	+
Curculionidae		
Polydrosus maurus Peyerimhoff	+	+
Brachyderes pubescens Boh.	+	+
Rhynchites praeustus Boh.	+	-
Attelabus nitens Scop.	+	-
Curculio elephas Gyll.	+	-
Curculio glandium Marsh.	-	+
Apion nigritarse Kirby	-	+
Cantharidae		
Rhagonycha sp.	+	+
Malthinus striatulus N.	+	+
Malthinus sp.	+	+
Buprestidae		
Psiloptera tarsata (F.)	+	-
Agrilus viridis (L.)	+	+
Hymenoptera		
Cynipidae		
Cynips quercus centricola Kinsey	-	+
Cynips sp.	-	+

ESPECES	CL	CA
Formicidae		
Crematogaster scutellaris (Olivier)	+	+
Crematogaster sordidula Nyl.	+	-
Cataglyphis bicolor F.	+	+
Camponotus aethiops (Latr.)	+	+
Camponotus foreli Em.	-	+
Lepidoptera		
Noctuidae		
Astiotes dilecta (Hbn.)	-	+
Catocala promissa D. & S.	-	+
Catocala conversa Esper	-	+
Amphipyra berbera Rungs.	-	+
Cosmia trapezina L.	-	+
Ephesia nymphaea Esper	-	+
Oecophoridae		
Carcina quercana F.	-	+
Geometridae		
Scopula sp.	-	+
Ideae sp.	-	+
Cyclophora puppillaria (Hbn.)	-	+
Drepanidae		
Drepana uncinula Bkh.	-	+
Lymantriidae		
Lymantria dispar L.	-	+
Euproctis chrysorrhoea L.	-	+
Pyralidae		
Agriphila argenstrigella Ragnot	-	+
Chrysocrambus lambessellus F.	-	+
Gracilariidae		
Phyllonorycter sp.	+	+
Notodontidae		
Phalera bucephala L.	-	+
Tortricidae		
Cydia splendana Hbn.	+	-
Gelechiidae		
2 espèces non déterminées	+	-
Diptera		
Cecidomyiidae		
Dryomyia lichtensteini (F. Löw)	+	-

Discussion

Il ressort de la présente liste que l'ordre le plus important en nombre d'espèces est celui des coléoptères avec 21 espèces pour le chêne-liège et 22 espèces pour le chêne afares. L'ordre des lépidoptères est représentée par 17 espèces pour le chêne afares et seulement 3 espèces pour le chêne-liège. Les hymenoptères, les homoptères, les diptères et les acariens occupent le second rang avec respectivement 6, 3, 0, 0 espèces pour le chêne afares et 4, 3, 1, 1 espèces pour le chêne-liège. Nous constatons l'absence de lépidoptères phyllophages sur le chêne-liège, au cours de la période d'échantillonnage. Cette absence serait liée à la phénologie des chênes. En effet, le chêne-liège est une espèce sclérophylle alors que le chêne-afares est une espèce caduque. La phénologie de ces deux chênes est différente. Le débourrement conditionne pour une bonne part la survie des jeunnes chenilles. Elles sont très friandes des jeunnes bourgeons tendres, et ont peu de chance de survie au dépens du feuillage ancien, dans le cas des chênes à feuilles persistantes. Du Merle & Mazet (1983) constatent également que la coïncidence entre le débourrement des chênes et l'éclosion des oeufs de l'insectes conditionne donc la survie de ce dernier. Il faut une bonne coïncidence temporelle entre les

périodes d'apparition des jeunnes chenilles et la date d'ouverture des bourgeons de chênes qui doivent se trouver au stade trois, c'est à dire au stade de bourgeon tendre, présentant un début de décollement des écailles (Dajoz, 1980).
Concernant la forêt domaniale de Tamentout, le débourrement du chêne-liège, quand il a lieu, commence bien avant celui du chêne afares. En général, le chêne-liège débourre, vers le début du mois d'avril, le chêne afares vers la fin du mois d'avril. Il y a presque un mois de décalage entre la période de débourrement des deux chênes. Les chênes-lièges de la station d'étude choisie n'ont pas du tout débourré, au cours de l'année 1991. La frondaison était donc constituée uniquement de feuillage ancien. Cependant le chêne afares a débourré. Sa frondaison était constituée de feuillage rescent. Cet aspect de la phénologie du chêne-liège et du chêne afares pourraît expliquer l'absence de chenilles sur la frondaison du chêne-liège et leur présence sur celle du chêne afares. Les chenilles des lépidoptères cités se nourrissent de jeunne feuillage. Elles s'attaquent aux bourgeons. *Lymantria dispar* et *Euproctis chrysorrhoea* décapent complètement les feuilles et causent d'importantes défoliations. Certains rameaux restent complètement nus.
Concernant les coléoptères, à partir d'avril jusqu'en juin, ce sont surtout les chrysomelides et les curculionides qui sont les plus fréquents sur la frondaison des chênes. *Polydrosus maurus* crible les feuilles de tous petits trous, dévore les bourgeons et provoque ainsi leur déssechement. Cet insectes apparaît sur la frondaison des chênes de mai à juillet. *Brachyderes pubescens* taille des encoches sur le bord des feuilles. Il apparaît sur les chênes a partir du mois de mai jusqu'à septembre. *Attelabus nitens* et *Rhynchites praeustus* roulent les feuilles du chêne-liège et construisent des barillets pour y pondre leur oeuf. Le premier s'observe à partir de la mi-aout, le second de mai à juin. Les chrysomelides causent des cercles sur le bord des feuilles de chênes. Les cantharides vivent seulement sur la frondaison. Les galles d'acariens du genre *Eriophyes* causent d'importants dégâts sur le chêne-liège. La fourmi *Crematogaster scutellaris* et le puceron *Thelaxes dryophila* sont très abondants sur les deux epèces de chênes. La fourmi du chêne-liège est d'autant plus nuisible qu'elle crible le bois et diminue ainsi sa valeur marchande.

Conclusion

Cette première analyse nous a permis d'avoir une idée sur les insectes frondicoles du chêne-liège et du chêne afares de la forêt de Tamentout. Les coléoptères occupent le premier rang avec 21 et 22 espèces. Les dégâts qu'ils causent sur les deux chênes sont importants. L'absence de lépidoptères phyllophages sur le chêne-liège, leur présence sur le chêne afares indiquent que la phénologie des chênes et la chronologie du débourrement conditionnent de beaucoup la survie des chenilles.

Remerciements

Nous tenons à remercier Monsieur S. Doumandji professeur à l'Institut National Agronomique d'Alger, pour avoir bien voulu relire ce travail. Nos remerciments s'adressent également à l'équipe du Service Forestier de la Wilaya de Sétif pour leur collaboration, à la réalisation de ce travail.

Bibliographie

ANONYME, 1973. Mission Bulgare. Projet d'aménagement de la forêt domaniale de Tamentout. Min. Agri. Alger, 43 p.

BIGOT, L. & KABAKIBI, M., 1987. Evolution spatio-temporelle de la composition et de la structure du peuplement frondicole sur chêne-liège dans le massif des Maures (Var). Bull. Ecol. T. **18**(3): 157-168.

DAJOZ, R., 1980. Ecologie des insectes forestiers. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 478 p.

DU MERLE, P. & MAZET, R., 1983. Stades phénologiques et infestation par *Tortrix viridana (Lepidoptera, Tortricidae)* des bourgeons du chêne pubescent et du chêne vert. Acta. Oecologica, **4**(1): 47-53.

LE BOMBYX DISPARATE, *PORTHETRIA DISPAR* (L.) (LÉP. *LYMANTRIIDAE*) DANS LA SUBÉRAIE DE LA MAMORA (MAROC): TROIS MODES SUCCESSIFS DE RÉGULATION DES POPULATIONS

Claire Villemant * et A. Fraval **

*Laboratoire d'Entomologie du Muséum National d'Histoire Naturelle
45, rue Buffon, 75005 Paris (France).
** Département de Zoologie et Délégation Permanente à l'Environnement de l'INRA
147, rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07 (France)

Résumé

Ravageur des forêts répandu dans tout l'Hémisphère nord, le Bombyx disparate *Porthetria dispar* (L.) manifeste des pullulations cycliques dans plusieurs subéraies (*Quercus suber* L., Fagales) du Maroc. Des observations étendues sur une vingtaine d'années ont permis d'observer 3 régimes de dynamique des populations successifs, le premier ayant "fonctionné" pendant toute une gradation (10 ans), les deux autres ayant caractérisé une infestation locale ultérieure.

1. Le facteur trophique est quasi seul responsable de l'effondrement de la population ; après 2 ou 3 années d'augmentation des effectifs, survient la défoliation totale et brutale de l'arbre nourricier, qui entraîne la mort de presque toutes les chenilles, par famine (aucune virose ne se manifeste). Le chêne-liège se refeuille quelques semaines après (en été) mais, en réaction, ne débourre pas au printemps suivant et les chenilles survivantes, contraintes de s'alimenter d'un feuillage coriace et très peu nutritif, périssent.
2. Les insectes parasitoïdes des jeunes chenilles réduisent les effectifs de telle façon que la défoliation n'a pas lieu. Les parasitoïdes des chenilles âgées et des chrysalides éliminent une grande partie des survivants.
3. Les insectes prédateurs-démanteleurs des pontes consomment ou éloignent irrémédiablement du substrat nourricier la plupart des oeufs, ne laissant qu'une population très réduite.

Introduction

Au Maroc, *Porthetria dispar*, ravageur mondial des forêts de feuillus et de conifères, est présent dans toutes les forêts de Chêne-liège, *Q. suber* (L.), de Chêne-vert, *Q. rotundifolia* (Lamt.), ainsi que sur les Chênes à feuillage caduc, comme *Q. pyrenaica* (Willd.). On le rencontre parfois sur des arbres fruitiers (*Prunus spp.*). Signalé pour la première fois en 1919, à proximité de Rabat, le Bombyx disparate a été étudié par De Lépiney (1930) puis par Fraval et Hérard (1975), Hérard et Fraval (1980), Fraval (1984, 1986, 1989) et enfin par Villemant (1989 a et b, 1993), essentiellement dans les subéraies proches de la côte atlantique (entre Tanger au nord et Casablanca au sud). Ces subéraies sont des forêts-parcs, où *Q. suber* pousse en peuplements purs et équiennes. Les arbres sont âgés et beaucoup sont abîmés. Les buissons sont en densité très variable ; ils sont incomestibles pour *P. dispar*.

Quelques particularités sont à relever. Les papillons femelles sont absolument incapables de voler. La ponte a toujours lieu sur un support vertical ou surplombant, normalement sur le liège, jamais au sol Le complexe parasitaire, pauvre, ne compte qu'un seul parasite des oeufs, *Ooencyrtus kuvanae* (Howard), Hyménoptère Encyrtidae exotique, introduit en 1927-1928. Aucune épizootie n'a jamais été observée, le *Baculovirus* de *P. dispar* est absent. Les prédateurs-démanteleurs de pontes (PDP) constituent une guilde remarquablement active, sans équivalent ailleurs. Ce sont des insectes qui détruisent les oeufs soit directement (en les consommant), soit indirectement en disloquant les pontes

dont les fragments sont emportés par le vent (Villemant, 1993). Dans les conditions de la subéraie atlantique, les rares chenilles issues des oeufs tombés à terre et ayant échappé aux prédateurs, sont incapables d'atteindre le feuillage nourricier (Fraval, 1986). Les ennemis des chenilles et des chrysalides montrent une faible diversité.

Les pullulations de *P. dispar* s'étendent sur des surfaces considérables de forêt (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'hectares). Elles sont connues depuis les années 1910 et les zones défeuillées de la forêt de la Mamora ont été cartographiées chaque année. L'examen de ces cartes montre l'alternance de courtes périodes de latence générale (sans aucune défoliation) et de périodes de gradation (durant quelques années) au cours desquelles l'attaque semble se déplacer d'ouest en est puis d'est en ouest. Ce caractère cyclique, avec une période voisine de onze ans, se rencontre (avec synchronisme) dans quelques autres subéraies, beaucoup plus petites, éloignées de 100 km environ de la Mamora. Dans les autres forêts (en apparence identiques et de même origine), *P. dispar* ne pullule jamais (régime latent) ou tout à fait exceptionnellement. La dernière gradation, en forêt de la Mamora, a débuté en 1972 et s'est éteinte en 1982. Les surfaces défoliées ont varié en superficie et en emplacement (fig. 1). Compte tenu des capacités de déplacement de l'insecte, cet ensemble peut être considéré comme la juxtaposition de gradations locales asynchrones (Fraval et El Yousfi, 1989).

A partir des observations régulières faites entre 1976 et 1982 le long d'un dispositif en transect (long de 7 km) et sur un réseau de 240 points d'observations répartis sur 20 000 ha d'un seul tenant, entre 1979 et 1990, nous avons d'abord décrit le mécanisme de la gradation locale, dominé par le jeu du facteur trophique, puis 2 autres modes de régulation des populations de *P. dispar,* où interviennent en premier lieu les insectes entomophages Ces différents scénarios sont illustrés par la figure 2 où sont présentées parallèlement les évolutions qualitatives et quantitatives du feuillage de *Q. suber* et des populations de *P. dispar* pendant 4 années.

Mode I

Au départ (année 1), un faible effectif de chenilles de *P. dispar* (*grosso modo* entre 1 000 et 100 000 oeufs viables par arbre) consomme, au printemps, du feuillage nouveau ; en effet, l'arbre a, selon le schéma normal en Mamora, renouvelé entièrement son feuillage. La défoliation demeure très faible. Bien alimentés, ces individus engendrent une seconde génération beaucoup plus nombreuse. En dépit d'une mortalité assez importante par les ennemis des oeufs, les éclosions se font en masse et dans un laps de temps relativement court (1 mois environ). Les chenilles épuisent très vite le feuillage nouveau du Chêne-liège, en train de se former. Elles se portent alors, après un temps d'inactivité (de l'ordre d'1 semaine) à la fois sur le feuillage ancien et sur d'autres végétaux (comme le Palmier-nain, *Chamaerops humilis* L.), l'un comme l'autre coriaces et indigestes. Presque tous les individus meurent de faim. Quelques-uns parviennent à se chrysalider, engendrant la 3e génération de ce scénario. Les oeufs de cette génération sont en partie stériles, les prédateurs-démanteleurs et le parasite *O. kuvanae,* relativement très efficaces, détruisent une bonne part des oeufs viables. En outre, beaucoup d'embryons meurent avant l'éclosion (en réaction, au moins en partie, à la mauvaise alimentation des parents). Les chenilles qui éclosent sont en très petit nombre. En réaction à la défoliation qu'il a subie l'année précédente, l'arbre ne débourre pas, conservant le feuillage de la repousse exceptionnelle de juillet. Les chenilles sont alors confrontées à un feuillage ancien persistant qui ne permet pas leur développement. La gradation s'arrête là. La 4e année et la suivante, le Chêne-liège reprend progressivement son rythme normal de refeuillaison totale au printemps.

Mode II

Le point de départ est identique. Les conditions climatiques de l'automne et de l'hiver font que les éclosions, au printemps de l'année 2, sont très étalées dans le temps : un peu plus de 2 mois

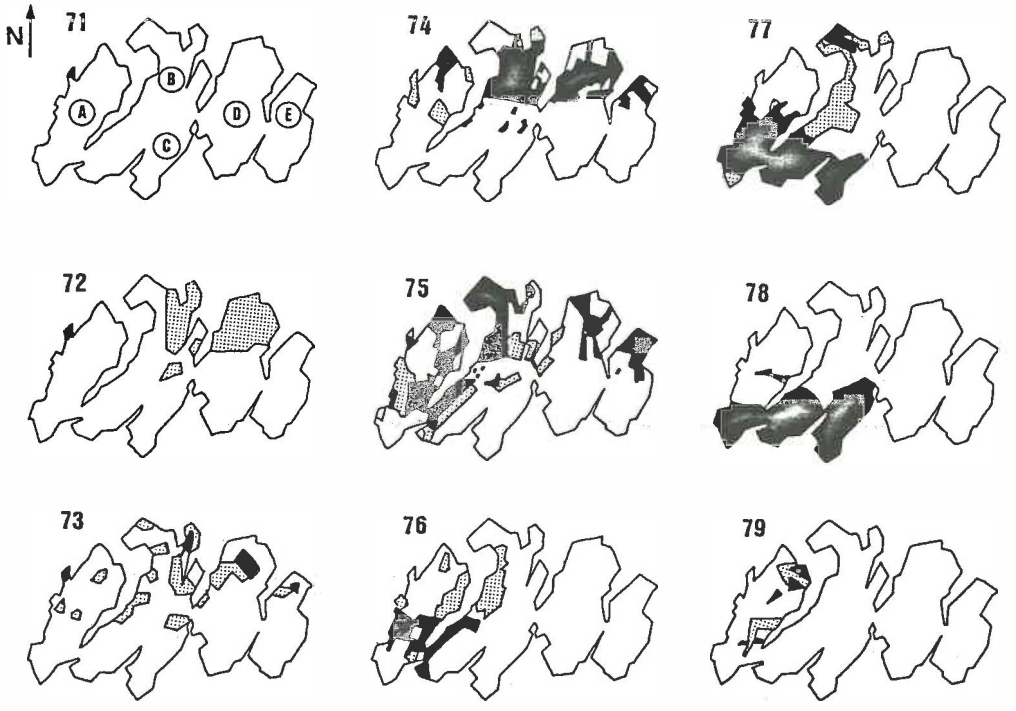

Figure 1 : Carte des défoliations provoquées par *Porthetria dispar* en subéraie de la Mamora de 1971 à 1979
A à E : cantons ; en noir : défoliation complète ; en pointillé : défoliation partielle

s'écoulent entre la première et la dernière éclosion observées dans la population. Plusieurs générations de parasitoïdes peuvent se succéder, sur les jeunes chenilles (*Cotesia melanoscela* (Ratz.), *Glyptapanteles porthetriae* (Mues.) et *Meteorus pulchricornis* Wesm) ou les chrysalides (*Brachymeria intermedia* (Nees). Leur impact global est considérable : l'effectif de *P. dispar* est fortement réduit et la défoliation n'est que partielle. Les adultes sont très peu nombreux. Cette situation résulte d'une part, de la mortalité provoquée par les parasitoïdes et, d'autre part, de mauvaises conditions trophiques rencontrées par les individus les plus tardifs, confrontés à du feuillage raréfié et âgé. L'effectif de *P. dispar* au départ de la 3e génération est faible. Les oeufs sont victimes en grande partie des prédateurs-démanteleurs et les chenilles subissent l'attaque des parasitoïdes, relativement très nombreux. L'année suivante (4e du scénario), le même phénomène se poursuit, entraînant l'anéantissement de la population.

Mode III

Le point de départ est toujours identique. Les oeufs subissent une forte mortalité du fait des prédateurs-démanteleurs, favorisés par des particularités du site (arbres très abîmés, offrant des ressources en abris et en nourriture relativement abondantes). Peu de chenilles éclosent ; la défoliation est insignifiante et les individus bien nourris ont une fécondité élevée. Au départ de la 3e génération, les oeufs, très nombreux, sont victimes en masse des insectes oophages. Les chenilles subissent une mortalité très forte, due aux parasitoïdes (cas général des très faibles populations). Les pontes de la 4e génération, peu nombreuses, sont totalement détruites par les prédateurs-démanteleurs.

Discussion

La régulation des populations de *P. dispar* par la réaction en retour de l'arbre (mode I) a été observée régulièrement en Mamora pendant toute la gradation 1972-1982, ainsi que dans d'autres subéraies atlantiques (Khemis Sahel et Aïn Felfel) et à Bou Hani (Rif). Ce phénomène évident n'avait pourtant pas été noté par De Lépiney (1930), étudiant la même forêt. Sans doute est-il lié à un état particulier de la subéraie (âge, état des arbres, climat) qui fait que les Chênes-lièges débourrent régulièrement au printemps et refont entièrement leur feuillage. On a constaté en effet que, dans des subéraies voisines où les arbres renouvellent leur feuillage partiellement chaque année, le Bombyx disparate ne pullule jamais.
Ailleurs, dans le Bassin méditerranéen, ce mode de régulation par famine est rarement signalé et toujours considéré comme accessoire (Luciano et Prota, 1984). Très peu de cas analogues sont connus chez les insectes phyllophages des arbres. La défoliation de *Betula pubescens* Ehrlich par la chenille de *Epirrita autumnalis* Bkh. (Lep. Geometridae) induit la résistance de l'arbre au ravageur selon 2 mécanismes (de nature inconnue) : l'un quasi immédiat, s'oppose au développement des individus de la génération en cours, l'autre induit une résistance de longue durée (Haukioja, 1982). Les populations de la Tordeuse du mélèze, *Zeirapheira diniana* Guenée (Lep. Tortricidae) se développent, dans des conditions climatiques favorables, jusqu'à provoquer des modifications du feuillage, qui devient défavorable et induit la rétrogradation (Baltensweiler *et al.*, 1977).
Le rôle décisif des ennemis naturels dans le déclin des populations de *P. dispar* a, en revanche, été observé par tous les auteurs. Il s'agit le plus souvent d'épizooties. Rappelons que celles-ci sont inconnues au Maroc, où la mortalité est due essentiellement à deux guildes d'entomophages : celle des prédateurs-démanteleurs de pontes et celle des parasitoïdes de chenilles et de chrysalides. Pendant la gradation étudiée, le modèle feuillage (mode I) a permis une prognose efficace (Fraval, 1989) alors que, postérieurement, appliqué à des pullulations localisées, il a été mis en défaut. Une nouvelle gradation semble avoir débuté en Mamora en 1991. A notre connaissance, le suivi des

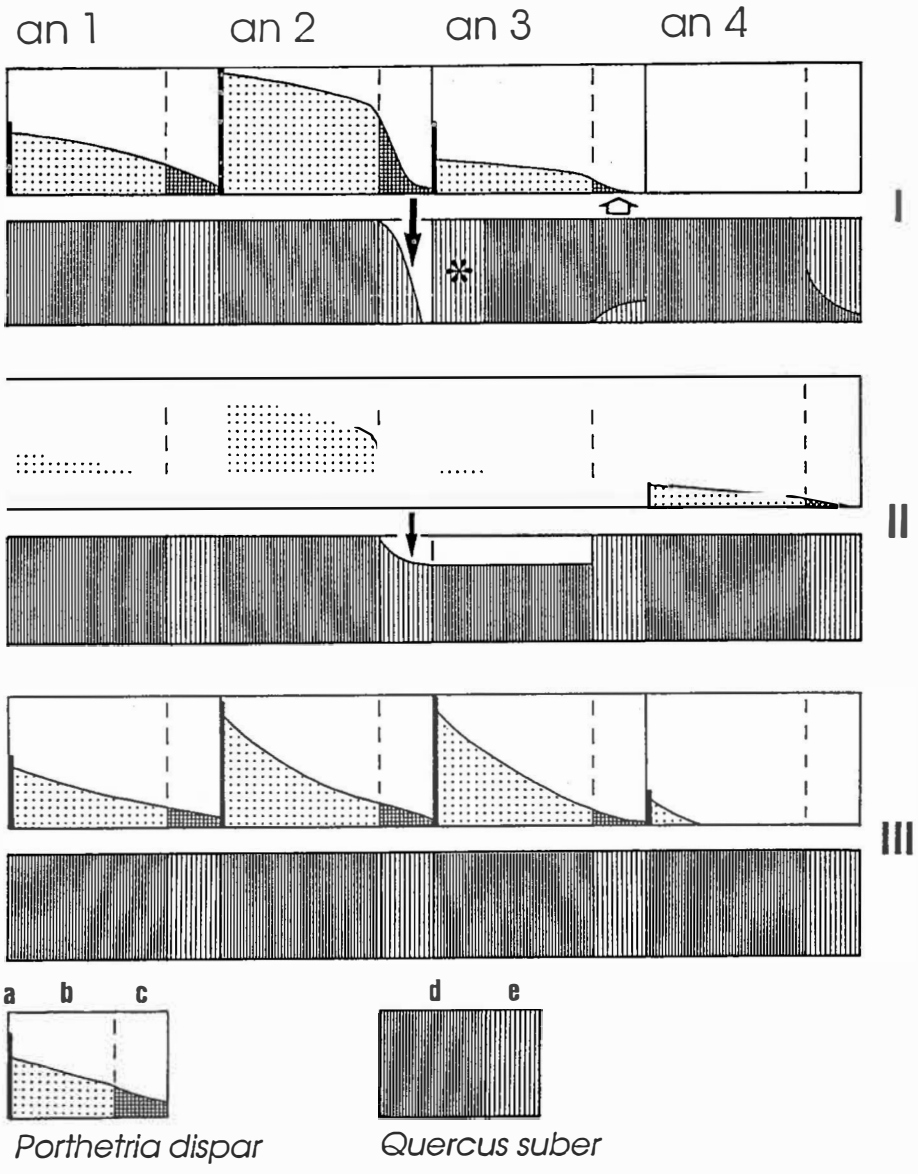

Figure 2 : Les trois modes de régulation des populations de *Porthetria dispar* en forêt de la Mamora.

I : régulation par réaction en retour de l'arbre; **II** : régulation par les parasitoïdes des chenilles et des chrysalides ; **III** : régulation par les prédateurs-démanteleurs des pontes;. ***Porthetria dispar*** : **a** (effectif d'oeufs pondus en juillet) ; **b** (oeufs vivants) ; **c** (chenilles, chrysalides et adultes); ***Quercus suber :*** **d** (feuillage ancien, défavorable) ; **e** (feuillage nouveau, favorable) ; flèches noires : défoliations ; astérisque : refeuillaison d'été ; flèche blanche : discordance phénologique.

dispositifs expérimentaux que nous avions installés a cessé. Doit-on reprendre et intensifier les investigations ? Ceci présenterait, à notre avis, peu d'intérêt. En effet, en l'absence de régénération, le parc d'arbres vieillit inexorablement. Sa décrépitude est accentuée presque partout par des ébranchages et des coupes sauvages et par un impact croissant des attaques du champignon *Hypoxylon mediterraneum* (D. Ntrs.) et d'insectes xylophages (*Cerambyx cerdo* L. et *Platypus cylindrus* F.) (Villemant et Fraval, 1993). Les conditions dans lesquelles *P. dispar* évoluera seront différentes de celles observées jusque là.

Références bibliographiques

BALTENSWEILER W., BENZ G., BOVEY P. & DELUCCHI V., 1977. Dynamics of large bud moth population. Annu. Rev. Entomol., **22** : 79-100.

DE LÉPINEY J., 1930. Contribution à l'étude du complexe biologique de *Lymantria dispar* L. Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, **23**, 66 p.

FRAVAL A., 1983. Echantillonnage de *Lymantria dispar* en subéraie marocaine atlantique. *In* S. FRONTIER : Stratégies d'échantillonnage en écologie animale. Paris : Masson : 273-290.

FRAVAL A., 1984. Influence de la qualité et de la quantité de l'alimentation sur les fluctuations des populations de *Lymantria dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) en forêt de la Mamora (Maroc). Agronomie, **4** (9) : 819-828.

FRAVAL A, 1986. La régulation des populations de *Lymantria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae) en subéraie marocaine atlantique: effets du climat, des entomophages et des facteurs anthropiques. Z. angew. Entomol., **102** (1) : 38-52.

FRAVAL A., 1989. Dynamique des populations. *In* A. Fraval : *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 53-72.

FRAVAL A., VILLEMANT C., CHORFI B. & RAMZI H., 1988. Etude des structures spatiales d'une infestation locale de la subéraie de la Mamora par le Bombyx disparate, *Lymantria dispar* (L.) (Lép. Lymantriidae), en 1987. Ecol. mediterr., **14** (3-4) : 101-119.

HAUKIOJA E., 1982. Inducible defences of white birch to a geometrid defoliator, *Epirrita automnata*. Proc. 5th. Int. Symp. Insect Plant relatioships, Wageningen : Pudoc : 199-203.

HÉRARD F., 1979. Action des ennemis naturels de *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) en forêt de la Mamora (Maroc). Entomophaga, **24** (2) : 163-175.

HÉRARD F. & FRAVAL A., 1980. La répartition et les ennemis naturels de *Lymantria dispar* (L.) (Lep. Lymantriidae) au Maroc; 1973-1975. Acta Oecol., Oecol. appl., **1** (1) : 35-48.

LUCIANO P. & PROTA R., 1984. Osservazioni su alcuni fattori che influenzano la dinamica i popolazione di *Lymantria dispar* L. *In* : 4e Simp. Dinamica Populazioni, Parme, 22-24 oct. 1981 : 125-139.

VILLEMANT C., 1989a. Ennemis naturels et introduits des oeufs et des pontes. *In* A. FRAVAL : *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 93-124.

VILLEMANT C., 1989b. Ennemis des chenilles et des chrysalides. *In* A. FRAVAL : *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 125-143.

VILLEMANT C., 1993. Les prédateurs-démanteleurs des pontes de *Porthetria dispar* dans les subéraies marocaines. Thèse Univ. Orléans. Vol 1 : 267 p., vol 2 (annexes) : 91 p.

VILLEMANT C. & FRAVAL A., 1993. La faune entomologique du chêne-liège en forêt de la Mamora. Ecol. mediterr.,. **19** (3-4) : 89-98.

WALNNER W.E. & WALTON G.S., 1979. Host defoliation: a possible determinant of gypsy moth population quality. Ann. entomol. Soc. Am., **72** (1) : 62-67.

DENSITÉ DE POPULATION DE *LYMANTRIA DISPAR* L. (LEPIDOPTERA LYMANTRIIDAE) DANS LES SUBÉRAIES DE LA HAUTE GALLURA (SARDAIGNE) PENDANT DEUX ANNÉES D'OBSERVATION

Anna Cerboneschi

Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania (SS), Italia

Abstract

During 1993 and 1994 a survey was carried out in one of more important cork-oak areas of Sardinia, to estimate the population density of *Lymantria dispar* L. and to provide informations about its control.
The population density was valued by counting the egg-masses at 35 sites, on groups of 40 cork-oak trees (4 radial lines of 10 trees, and each line directed toward one of the cardinal points) distributed over a 30,000 ha area. On the site with the highest density, a study was also conducted on the last generation of the insect with regard to the action of its natural enemies. Over two years several egg-masses were piked up to determine the fecundity and the fertility.
The incidence of the parasite species recovered from eggs, larvae and pupae in laboratory was valued.
The data concerning egg-masses density in 1993 and 1994 were compared. In addition these data were examined in relation to the results of the survey carried out on the eggs and on the incidence of mortality on the larvae and pupae, in order to value the evolutional trend of the population. It was determided that the population tends to increase.

Résumé

Des études sur *Lymantria dispar* L. ont été menées dans une des plus importantes zones à chêne-liège de la Sardaigne pendant les années 1993 et 1994 afin d'estimer la densité de population et d'obtenir des renseignements utiles pour le contrecarrer.
La densité de population a été évaluée par dénombrement des pontes sur un dispositif de 35 stations fixes d'observation, chacune composée de 40 arbres, placées en correspondance de subéraies et disposées sur une superficie de 30.000 ha environ.
Des recherches aussi ont été effectuées dans la station qui présentait la densité la plus élevée, sur la dernière génération de l'insecte et par rapport aux ennemis naturels.
En outre sur les pontes, déposées en 1993 et en 1994, ont été observés la prolificité et le pourcentage d'oeufs non fécondés.
On a examiné l'incidence de différentes espèces de parasites, repérés dans les oeufs, les larves et les chrysalides. Les données sur la densité des pontes dénombrées en 1993 et en 1994 sont mises en relation. Ces données ainsi sont comparées aux résultats des observations sur les oeufs et sur l'incidence des facteurs de mortalité sur les larves et les chrysalides, en essayant d'estimer la dynamique de population. Il résulte de tout cela que la densité de population du ravageur est en hausse.

Introduction

La Haute Gallura, située dans la Sardaigne Nord-Orientale, est l'une des plus importantes zones qui produit le liège de la Région. Le territoire entièrement granitique offre un paysage de collines et de montagnes. Elle atteint l'altitude maximale en correspondence du Mont Limbara (1362 m). Le 50% environ de sa superficie est couvert de bois de chêne-liège (*Quercus suber* L.) lesquels occupent le 80% du territoire de Tempio Pausania, Calangianus et Luras tandis que dans la zone d'Aggius ils recouvrent le 11%. Les subéraies présentent composition, densité et structure qui varient en rélation soit aux caractéristiques écologiques du site soit à l'utilisation liée a l'activité humaine. La grande partie d'elles est formée de futaies de même ou de différent âge, souvent associées au pâturage.
Dans cette zone sur la base des données météorologiques relatives à la période 1950-1980 (I.S.T.A.T.,1951-1981) relevées dans la station de Tempio Pausania du Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (40°54' de latitude Nord, 9°06' de longitude Est, 558 mètres d'altitude) placé plus ou moins au milieu de l'aire observée, la moyenne des précipitations est de 798 mm par an. Les précipitations se concentrent dans la période automne-hiver et le maximum est atteint en décembre (115,3 mm) tandis que le minimum s'enregistre en juillet (9,5 mm). Les moyennes des temperatures mensuelles sont comprises entre 6,3°C en janvier et 22,2°C en août. Le climat est caractérisé par une période chaude-aride de juin à août. Toutefois dans les différents sites observés la valeur des précipitations et la durée de la période chaude-aride varient par rapport à l'altitude. Le vent souffle de l'ouest avec majeure fréquence.
En Haute Gallura, périodiquement, par des cycles de 8-9 ans, les subéraies subissent des défoliations étendues (Luciano et Prota, 1982) provoquées par *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae) qui causent des dégâts à la production du liège (Cambini,1973,1975; Magnoler et Cambini,1970).
Au but de vérifier l'actuelle densité de la population du défoliateur sur le territoire d'observation, pendant la période de deux années, on a procédé à évaluer l'effectif des pontes et à étudier quelques indicateurs de la gradation sur la dernière génération de l'insecte.

Matériels et méthodes

La surveillance de la densité et de la distribution spatiale de *L. dispar* a été conduite sur une superficie de 30.000 ha environ, en parcourant l'aire entière et en effectuant des relevés particuliers dans 35 stations fixes d'observation dont la répartition sur le territoire reproduit partiellement un réseau de relèvement avant disposé par l'Istituto di Entomologia agraria dell'Università di Sassari. Les 35 stations, placées à une altitude qui oscille entre 200 et 540 mètres, sont situées en correspondance de subéraies ou de bois mixtes où le Chêne-liège prédomine.
La méthode de relevé utilisée est celle décrite par Fraval (Fraval *et al.*, 1978) dans les forêts du Maroc et déjà expérimentée en Sardaigne (Luciano *et* Prota, 1982b). Dans chaque station les pontes présentes ont été dénombrées sur 40 arbres disposés en 4 rangées de 10 plantes l'une après l'autre alignées et qui se départent du même point central commun vers chacun des points cardinaux.
Ces études d'observation ont été menées en automne 1993 et fin d'été 1994. Pour chaque station on a considéré aussi le nombre de plantes avec des pontes et le nombre de pontes présentes à une hauteur inférieure de 2 mètres depuis le sol.
Dans la station numéro 35 (Tempio Pausania, localité "Trinità") où, en 1993, la densité la plus

haute de pontes a été remarquée, on a retenu opportun mener un sondage détaillé sur les principaux facteurs de mortalité observés au stade oeuf, larve et chrysalide.
Les échantillons de pontes récoltés au hasard, pendant deux années d'observation ont permis, grace à l'aide d'un microscope binoculaire, le dénombrement des oeufs et le relèvement du taux de stérilité. Les pontes déposées en 1993 ont été analysées pour calculer ainsi le pourcentage d'oeufs parasités et prédatés et celui d'éclosion. En outre des pontes intactes, gardées dans des boîtes individuelles, sont utilisées pour observer l'émergence des adultes des parasitoïdes oophages.
En 1994, de mi-mai à mi-juillet, on a procédé à la récolte hebdomadaire d'échantillons de larves et de chrysalides afin d'étudier l'incidence des facteurs de mortalité. Chaque échantillon a été constitué en prélevant, au hasard, une centaine d'individus (environ) du feuillage des arbres à une hauteur, depuis le sol, comprise entre 1-2,5 mètres. L'âge des individus qui composaient chaque échantillon de larves a été noté. Les chenilles récoltées ont été rangées individuellement dans des boîtes de Pétri en verre de diamètre de 7cm pour les larves de I-III stade et de 9cm pour celles de IV-VI stade et mises en élevage. L'élevage a été réalisé dans un local climatisé à 25°C, 55-60% de H.R. et photopériode: 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité (Skinner *et al.*,1993). Les chenilles ont été alimentées par du feuillage frais de chêne-liège qui vient de la même zone du prélèvement. Des observations presque quotidiennes ont été accomplies sur chaque individu en notant le nombre et l'âge de ceux qui étaient morts, et l'effectif de parasites émergés. Chaque échantillon de larves a été maintenu en élevage pendant 15 jours. Toutefois des individus morts par des causes inconnues ont été gardés aux même conditions pour permettre l'éventuelle émergence retardée des parasites.
On a dénombré les femelles et les mâles pour chaque échantillon de chrysalides récoltées en forêt et on a pris note aussi de leur poids frais. Soit les chrysalides recueillies en forêt, soit celles obtenues des larves âgées, mises en élevage, ont été individuellement placées dans des boîtes en matière plastique avec un couvercle transparent et gardées dans le même local climatisé jusqu'à l'émergence des papillons ou des parasites.
On a identifié les parasites sur la base des caractères des adultes et des pupes (Marsh,1979; Sabroski *et* Readon,1976; Simons *et al.*,1979).

Résultats

En 1993 la présence de pontes du défoliateur n'a été remarquée qu'en 12 de 35 stations observées. La densité a été faible et n'a pas dépassé, en général, les 10 pontes sur 40 plantes examinées. Dans 2 sites (numéro 5 et 3) la densité a été respectivement de 13 et 20 pontes. Dans une station seulement (numéro 35) on a relevé une densité nettement plus élevée et égale à 97 pontes disposées sur 29 de 40 arbres avec la valeur moyenne de 2,5 pontes environ par plante (Fig.1).
Le sondage effectué, en fin d'été 1994, a mis en évidence une certaine augmentation du nombre des stations avec ovidépositions qui a atteint 16 stations. En comparant les données de la période de deux années d'observations on a vérifié aussi un accroissement général de la densité du ravageur. On a vérifié, en particulier, que la densité de pontes s'est accrue de 2 à 10 fois dans 8 sites où, en 1993, il y en avait déjà. Dans la station numéro 35 aussi, l'effectif de pontes s'est presque redoublé parvenant à 181 distribuées sur 36 plantes de 40 examinées et le nombre moyen de pontes a été de 4,5 par arbre. Dans l'ensemble on peut affirmer que la population du phitophage, sur le territoire observé, même s'elle garde une distribution pas uniforme et des nivaux de densité très variables de zone à zone, elle s'est plus que redoublée en une génération, passant en moyenne de 4,6 à 10,6 pontes par site examiné.
Les recherches conduites sur les pontes récoltées dans la station numéro 35 ont démontré que le

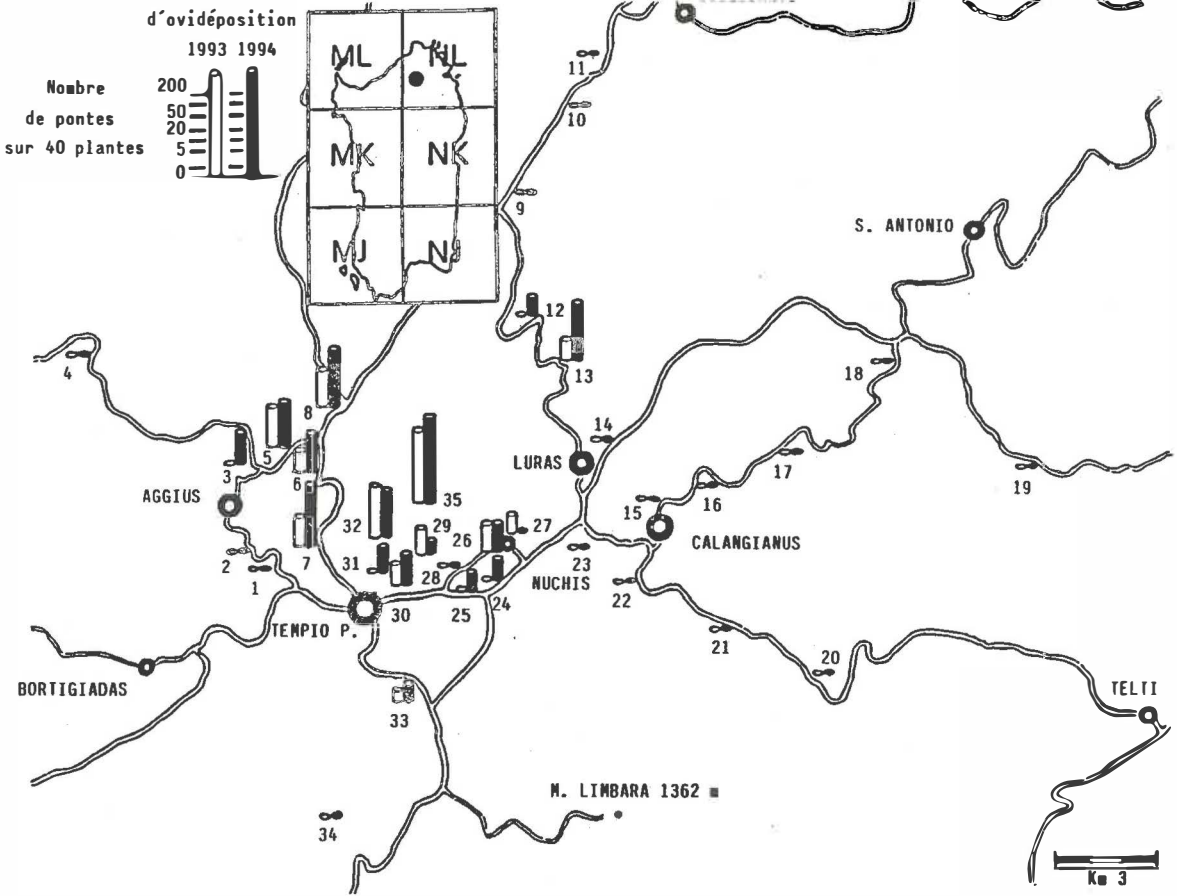

Fig. 1 - Densité de population de Lymantria dispar L. au stade d'oeuf relevée en 1993 et 1994 en Haute Gallura. Les valeurs sont formulées en log (n+1).

Tableau I - Caractèristiques des pontes de *Lymantria dispar* L. deposées en 1993 et en 1994 dans la station numéro 35 (Tempio Pausania, localité "Trinità").

Année d'ovidéposition	Pontes analysées (Nb.)	Taille (cm) (x ± d.s.)	oeufs par ponte (x ± d.s.)	oeufs non fécondés (%)
1993	20	3,53 ± 1,04	800,55 ± 267,74	1,70
1994	29	3,90 ± 0,82	832,55 ± 164,50	0,83

lépidoptère a eu, pendant les deux années, une fécondité élevée avec un effectif moyen d'oeufs par ponte de plus de 800. Le pourcentage d'oeufs non fécondés a été au contraire très faible (Tableau I). Sur les pontes déposées en 1993 l'activité aussi des parasitoïdes oophages a été limitée en concernant seulement le 14,2% des oeufs, et le pourcentage d'éclosion estimé a été de 69,2%. On a fait des observations détaillées qui ont démontré l'émergence des adultes d'*Anastatus disparis* Ruschka (Hymenoptera Eupelmidae) dans toutes les pontes tandis que le 50% d'elles a donné émergence des adultes d'*Ooencyrtus kuwanae* (Howard) (Hymenoptera Encyrtidae). Le 62,1% des adultes émergés par les pontes attachées par les deux espèces d'auxiliaires était *A. disparis*. L'activité de prédation observée sur les pontes déposées en 1993 a intéressé le 4% des oeufs et elle a été causée surtout par *Dermestes lardarius* L. (Coleoptera Dermestidae).

Des 786 individus récoltés au stade larvaire et placés en élevage il n'a résulté parasité à ce stade que 6,48% tandis que la mortalité de 1,9% est imputable à des causes pas encore déterminées mais peut-être dues à l'action des pathogènes. Il faut souligner que dans les chenilles de stade I a été remarquée l'absence de mortalitè alors que dans celles de II-IV stade elle a été faible (9,22% des 347 individus examinés) et causée en majeure partie par *Apanteles portetriae* Mues (Hymenoptera Braconidae) (8,9%) et incidemment par *A. melanoscelus* Ratz. émergé par un individu seulement. La mortalité aussi relevée dans les chenilles de derniers stades larvaires a été également basse: 4,69% imputable à l'activité des auxiliaires et 1,97% due à d'autres causes. Les parasites émergés ont été les Diptera Tachinidae *Blepharipa pratensis* (Meig.) (1,97%), *Exorista larvarum* L. (1,97%) et *Parasetigena silvestris* (R.-D.) (0,75%).

Une mortalité plus élevée au contraire a été subie par 394 larves des derniers stades qui se sont chrysalidées au laboratoire. 23,1% d'elles est resulté parasité, seulement le 2% est mort pour d'antres raisons, par conséquent la phase adulte a été atteinte par le 74,9%. La mortalité des femelles a enregistré 28,5% alors que des individus-mâles, 18,3% seulement n'a pas donné des adultes. Les auxiliaires émergés ont été *B. pratensis* avec une incidence de 22,3% et *E. larvarum* avec une incidence de 0,8%.

Par des relevés relatifs aux chrysalides récoltées en forêt on a vérifié que les mêmes avaient un poids frais remarquable par rapport aux données relatées en littérature (Fraval *et al*, 1989) (Tableau II). L'élevé poids frais des chrysalides est imputable, probablement, soit aux caractères génétiques de la population soit à l'environnement qui assure une qualité et une quantité optimales d'alimentation.

La mortalité des chrysalides aussi a été basse: 31,6% dont 25,1% causée par les auxiliaires et 6,5% par des diverses causes (Tableau III), en particulier, celle des femelles a été 33,8% alors que celle des mâles a été 19,5%. Parmi les parasitoïdes, *B. pratensis*, qui attaque le ravageur pendant les

Tableau II - Poids frais des chysalides de *Lymantria dispar* L. récoltées dans la station numéro 35 (Tempio Pausania, localité "Trinità") en 1994 (M = mâles; F= femelles).

Chrysalides observèes (Nb.)	Poids Frais (g) (x ± d.s.)	Poids maximal observé (g)
M 39	0,60 ± 0,09	0,84
F 241	2,35 ± 0,45	3,51

stades larvaires et en Sardaigne il est estimé la cause principale de mortalité du phytophage (Luciano *et* Prota, 1984), a eu une faible incidence (mâles: 8,7%; femelles: 19,6%.). *Brachimeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera Calcididae) qui attaque directement les chrysalides a eu une incidence de 4,3% sur les mâles et de 3,6% sur les femelles.

Tableau III - Incidence des facteurs de mortalité sur des chrysalides de *Lymantria. dispar* L. récoltées dans la station numéro 35 (Tempio Pausania, localité "Trinità") en 1994 (M = mâles; F = femelles).

	Individus observés	Parasitisme							Mortalité par d'autres causes		Mortalité totale
		B. pratensis		*B. intermedia*		Sarcophagidae		Totale			
	(Nb.)	(Nb.)	(%)	(Nb.)	(%)	(Nb.)	(%)	(%)	(Nb.)	(%)	(%)
M	46	4	8,7	2	4,3	0	0,0	13,0	3	6,5	19,5
F	245	48	19,6	9	3,6	10	4,1	27,3	16	6,5	33,8
Tot.	291	52	17,9	11	3,8	10	3,4	25,1	19	6,5	31,6

Les Diptera Sarcophagidae (au cours de détermination) qui pondent, de préférence, dans les chrysalides déjà blessées par d'autres parasites primaires (probablement Hymenoptera Ichneumonidae) (Campbell, 1963) sont émergé du 10% des chrysalides uniquement femelles (Tableau III). Dans le site d'étude, enfin, on a enregistré une trés faible présence de *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera Carabidae), prédateur de chenilles et chrysalides.
L'élevage individuel, soit des larves que des chrysalides, a permis d'observer des plusieurs cas de superparasitisme et de multiparasitisme. Parmi tous les individus parasités 31% a été évalué superparasité. Les chenilles âgées et les chrysalides femelles uniquement ont été l'objet de ce

phénomène. *B. pratensis* a superparasité 32% de ses victimes avec un nombre maximal d'individus émergé égal à 4 alors que 80% des victimes de *E. larvarum* a donné origine à plusieurs individus jusqu'à un maximum de 7. Le 4,7% des cas de superparasitisme a été provoqué par les Diptera Sarcophagidae avec un effectif maximal d'individus émergés égal à 9. En outre on a remarqué 2 cas de multiparasitisme produits par l'émergence de 2 individus de *B. pratensis* et 1 individu de *E. larvarum*. La considérable manifestation de superparasitisme est, probablement, imputable au poids élevé des chenilles du phytophage lequel a permis une faible compétition entre plusieurs larves de parasites dans le même individu-hôte.

Discussion et conclusions

La méthode d'échantillonage adoptée pour estimer la densité de population du défoliateur a permis d'obtenir des données utiles à la description assez précise des niveaux démographiques de *L. dispar* sur toute la superficie examinée. L'ensemble des éléments recueillis, pendant les deux années d'observation, ont démontré que la population s'est accrue même s'elle maintient des valeurs de densité au dessous du seuil de dégât. Toutefois, à l'avenir, pour acquérir des renseignements plus détaillés, il serait opportun d'augmenter le nombre des sites d'observation en tenant compte qu'un dispositif valable de contrôle de la densité du phytophage sur le territoire représente un instrument nécessaire à l'organisation d'un plan de lutte et à l'évaluation de son efficace à court et à long terme.

Pour mieux interpréter les données recueillies en 1994, relatives au parasitisme, il faut les comparer à celles obtenues par des études précédentes, lesquelles ont mis en évidence que l'action des ennemis naturels est strictement liée à la densité de l'hôte et en particulier aux phases qui caractérisent la dynamique des populations (Luciano *et* Prota, 1981 a, 1982b, 1986). Sur la base de ces recherches les valeurs d'incidence des facteurs de mortalité peuvent être utilisées telles que des indicateurs biologique de la gradation.

Au cours du sondage conduit sur oeufs, chenilles et chrysalides les valeurs d'incidence des antagonistes, celles globales et celles rapportées à chaque espèce de parasites, ont résulté faibles et se rapprochent de celles estimées en Sardaigne sur des populations de *L. dispar* au début de la progradation (Luciano *et* Prota, 1981b; Prota *et* Luciano, 1987).

L'accroissement de la population a été confirmé par les relèvements effectués après la période d'ovidéposition; en effet, l'effectif de pontes sur les 40 plantes observées s'est accru de 100% environ par rapport à l'année précédente. Ce phénomène, associé à l'élevée prolificité et au bas pourcentage d'oeufs non fécondés, indique que la prochaine année il y aura, probablement, une ultérieure augmentation de la densité du défoliateur. L'étude effectuée sur le dispositif de surveillance prédisposé sur le territoire de la Haute Gallura comparée à celle sur l'impact des ennemis naturels du ravageur a permis donc l'identification d'un des probables foyers de pollulation future.

En conclusion, les resultats de ce travail, qui a une valeur de recherche préliminaire, associés à d'autres données à la suite acquises, pourront fournir des renseignements utiles à l'organisation d'un programme de lutte biologique ou intégrée.

Remerciements

L'Auteur tient à remercier très vivement Monsieur Mario Poier pour sa collaboration à la récolte des données et Monsieur le Professeur Pietro Luciano de l'Istituto di Entomologia agraria dell'Università di Sassari pour ses conseils et pour la révision du traité.

Références citées

CAMBINI, A.,1973. Effetti delle defogliazioni causate dagli insetti sull'accrescimento e sull'istogenesi della quercia da sughero (Quercus suber L.). II - Indagini anatomo-istologiche sulla cerchia sugherosa. Mem. Staz. Sper. Sughero, Tempio Pausania, **36**: 47 pp.

CAMBINI, A.,1975. Effetti delle defogliazioni singole e duplici sull'accrescimento della quercia da sughero (*Quercus suber* L.) Mem Staz. Sper. Sughero, Tempio Pausania, **42**: 31 pp.

CAMPELL, R.W., 1963. Some Ichneumonid-Sarcophagid interaction in the gypsy moth *Porthetria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). Can. Ent., **95**: 337-345

FRAVAL, A., HERARD, F. & JARRY, M. 1978. Méthodes d'échantillonnage des populations de pontes de *L. dispar* en Mamora (Maroc). Ann. Zool. Ecol. anim., **10** (2): 267-279.

FRAVAL, A., GRAF, P., HAMDAOUI, M., KADIRI, Z., RAMZI, H., & VILLEMANT, C., 1989. *Lymantria dispar*. Actes éditions: 288 pp.

ISTITUTO CENTRALE DI STATISTICA, 1951-1981. Annuario di statistiche metereologiche. I.S.T.A.T., Roma.

LUCIANO, P. & PROTA, R., 1981a. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. II. Osservazioni sul parassitismo nel corso della gradazione. Mem. Soc. Ent. Ital., **60**: 227-234.

LUCIANO, P. & PROTA, R., 1981b. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. in Sardegna. I. Indicatori della gradazione ricavati dalle ovideposizioni. Studi Sass. Sez. III, Ann. Fac. Agrar. Univ. Sass. **27**: 137-160.

LUCIANO, P., PROTA, R., 1982a. Osservazioni sulla densità di popolazione di *Lymantria dispar* L. nelle principali aree subericole della Sardegna. Studi Sass. Sez. III, Ann. Fac. Agrar. Univ. Sassari **XXVIII**: 168-179.

LUCIANO, P. & PROTA, R., 1982b . Indagini sul parassitismo in aree forestali ad alta densità di *Lymantria dispar* L. Studi Sass. Sez. III, Ann. Fac. Agrar. Univ. Sassari **XXXVIII**: 153-167.

LUCIANO, P. & PROTA, R., 1984. Osservazioni su alcuni fattori che influenzano la dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. Atti 4° Simposio Dinamica Popolazioni (Parma 22-24 ottobre 1981): 125-139.

LUCIANO, P.& PROTA, R., 1985. Due metodi per valutare la densità di popolazione di *Lymantria dispar* L. Atti XIV Congr. Naz. It. Ent., 1985: 599-606.

LUCIANO, P. & PROTA, R., 1986. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. in Sardegna. III. Indicatori biologici della gradazione. Frustula Entomolgica, **VII-VIII** (XX-XXI): 613-630.

MAGNOLER, A., & CAMBINI, A., 1970. Effect of defoliation on the growth of cork oak. For. Sci., **16**: 364-366.

MARSH, P.M., 1979. The Braconid (Hymenoptera) parasites of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Ann. Entomol. Soc. Am., **72**: 794-810.

PROTA, R. & LUCIANO, P., 1987. Elementi di previsione delle infestazioni in sugherete sarde e prospettive di difesa. Atti del "Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno".(Firenze 15-16 ottobre 1987): 287-304.

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**(2): 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, Agriculture Handbook, **540**: 59 pp.

SKINNER, M., PARKER, B.L., WALLNER, W.E., ODELL, T.M., HOWARD, D. & ALEONG, J., 1993. Parasitoids in low-level populations of *Lymantria dispar* [Lep.Lymantriidae] in different forest physiographic zones. Entomophaga, **38**(1): 15-29.

STATISTICAL ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL FLUCTUATIONS OF *LYMANTRIA DISPAR* L. POPULATION IN N.E. SARDINIAN CORK-OAK REGION

Di Cola Giulio(*), Gilioli Gianni(*) & Luciano Pietro(**)

(*) Dipartimento di Matematica, Università di Parma
(**) Istituto di Entomologia, Università di Sassari

Abstract

The gypsy moth abundance spatial distribution, owing to the considerable ability both in active and passive dispersal of the species heavily affects its population dynamics. A statistical model is suggested to study, at regional scale, the role played by spatial distribution in the fluctuation of the gypsy moth population. Quantitative variations in gypsy moth egg-masses abundance has been analyzed through a nine-state Markov chain in order to describe the serial dependence of observed time-series.
In the proposed model spatial aspects of population dynamics have been represented considering the overall population of *L. dispar* as a set of local populations which are connected by individual dispersal. The contribution by nearby local populations to each local population dynamics is weighted as an inverse function of their distance.
The model allows to define a single step probability matrix (the time step is referred to a single generation, i.e. one year) for each local population. Basing on the state of this population in a generic year T, it is possible to forecast the most probable state expected for the successive years (e.g. T+1, T+2, ...).
To verify the forecast ability of this model, an application has been done on the situation in 1991, 1992 and 1993. The data expected for 1994 are in good agreement with abundance observed in this year only for one-step transition; this limitation rises from the reduced size of the historical series of data on which the transition matrices used by the model were determined. The model has been also used to make prediction, starting from situation in 1994, of abundance levels in the following years. The results indicate a substantial stationary situation of abundance levels both in space and time, with a slight trend to progradation in few sites which represent an initial focus of infestation.

Introduction

The gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae), is the most feared defoliator of *Quercus* sp. forests in Sardinia. Its population in fact has periodic fluctuations in abundance (Delrio *et al.*, 1991) during which, for 2 - 3 consecutive years, causes extensive, total defoliation, particularly in cork-oak forests (Prota & Luciano, 1989). Quantitative variations in the gypsy moth population were studied from 1980 on by means of density surveys of the egg stage in all the principal Sardinian cork-oak areas. Since a serial dependence was found to exist between the abundance of one year and that of the previous year, we thought it of interest to develop - using a Markov chain (Bhat, 1972) - a simple and effective model for predicting the temporal evolution of the fluctuations, and at the same time, the variations in spatial patterns of the species abundance distribution in the territory.

Materials and methods

The data used in this research refer to the abundance of the gypsy moth population and were collected between 1980 and 1994 in a homogeneous forest area of approximately 300 Km^2, situated in North-East Sardinia (Gallura) (Fig. 1). It is characterized by the presence of pure woods of *Quercus suber* L., which retain the underbrush typical of Mediterranean areas.
The surveys were carried out by an annual count, in 30 localities, of the number of egg-masses present on 40 trees (10, consecutive and aligned, along each of the four cardinal directions, starting from a common central reference point) (Fraval *et al.*, 1978). the plots considered were located along the main roads that cross the area and were 1 to 5 Km apart (Fig. 1).
The possibility of taking into account the spatial aspects of population dynamics derives from having considered the overall population of *L. dispar* in Gallura as a metapopulation that is a system of local populations which interact via individual moving among populations (Hanski & Gilpin, 1991). In this way it is possible to define the population dynamics at two different scales: a local scale (describing local variation in abundance of gypsy moth population) and a global scale (studying the metapopulation dynamics by means analysis of the fluctuations of the overall population of *L. dispar* in the region). Each local population is defined by the abundance recorded in each sampling site, and has a spatial location in the metapopulation which coincides with the center of the sampling site.
Since there is both active and passive dispersal, the dynamics of each local population is influenced not only by the abundance levels recorded in the site under consideration, but also by the abundance levels in neighboring sites.
The model we propose is a statistical tool which enables us to:
a) describe the serial dependence of the abundance of each site in relation to those in previous years, of the site itself and the surrounding ones;
b) predict, starting with the abundance recorded in a considered area and in a given year, the trend of that site's abundance in the following years.
With this aim, a nine-state Markov chain was considered:

$$\{X_n,\ X_n \in \{0,1,2.....8\}\}$$

where the vector of state X is represented by a pair of state variables (i , j) where i and j can assume values 0, 1, 2.
The first of these variables, i, represents the abundance level of *L. dispar* in the site considered, while the second variable, j, represents an averaged abundance for the sites located in a given area around the site being considered.
Since each variable can take on 3 values, the set of all possible stages will be given by the following 9 pairs of values:

(0,0)	(0,1)	(0,2)
(1,0)	(1,1)	(1,2)
(2,0)	(2,1)	(2,2)

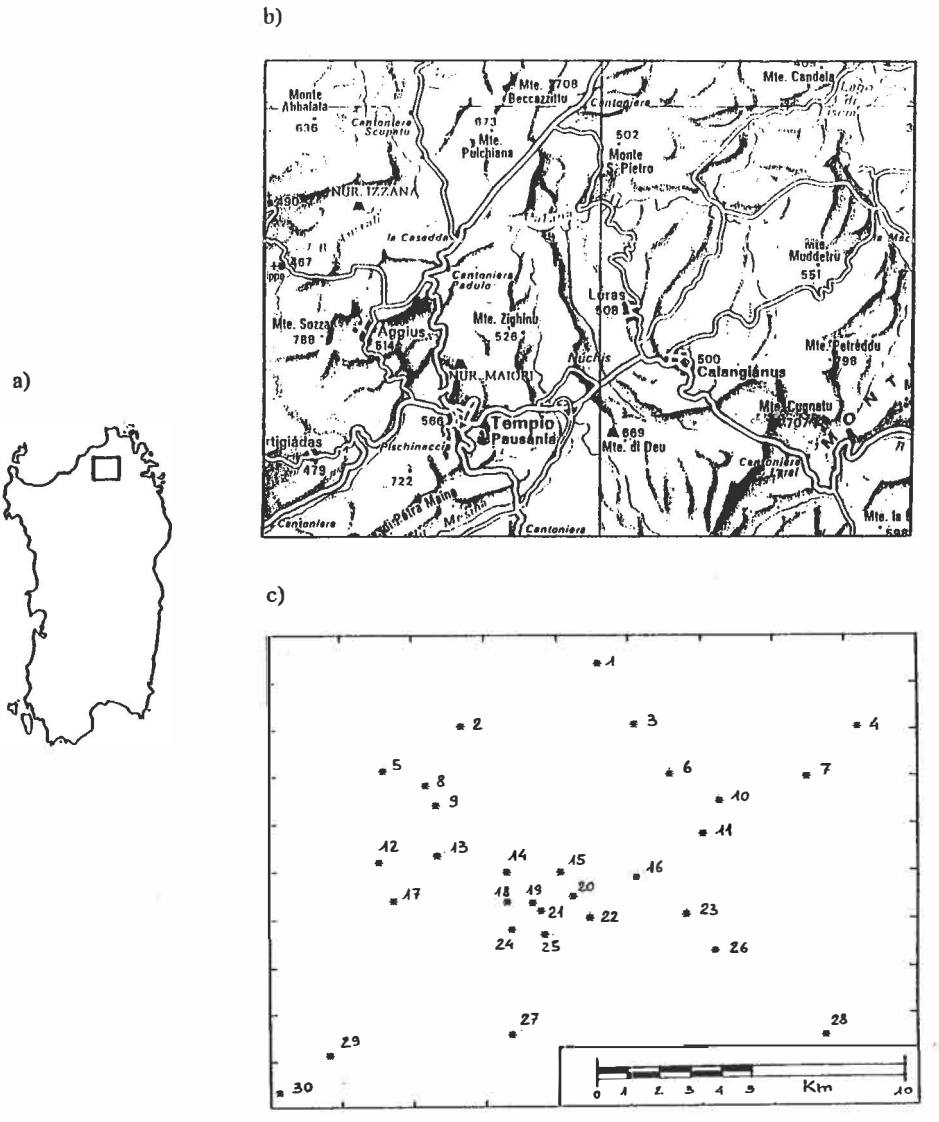

Fig. 1 - The forest area where gypsy moth population abundance was studied. a) Location of the area in North-East Sardinia. b) A topographic map of surveyed territory. c) Localization of sampling sites (which correspond to the site of each local population).

The values of the variables, which represent abundance intervals, were defined empirically regarding both the number of egg-masses per sampling unit (40 trees), and the degree of damage that the gypsy moth population causes.
Being S the population abundance and 0, 1, 2 the possible states, the following correspondences are determined:

- state 0: S = 0, (latency state, with no apparent damage to the vegetation);
- state 1: 0 < S <150 (intermediate state, with damage involving 50% of the vegetation at most);
- state 2: S > 150 (culmination state, with damage involving more than 50% of the vegetation).

The averaged abundance of the surrounding sites was calculated as the harmonic average of the abundance of all sites located in a circular area approximately 5 km in diameter, with its center in the site being studied. This range was taken as the outer limit to the dispersal capacities (active and passive) of *L. dispar* (Cameron *et al.*, 1979; Luciano & Prota, 1982; Luciano & Prota, 1983) and thus the outer limit also to the reciprocal influences among local populations.
The contribution by nearby sites to the dynamics of a site is weighed as an inverse function of their distance. As a whole, the averaged abundance of the surroundings, $\overline{S}_j$, is defined as:

$$\overline{S}_j = \frac{\sum_{j=1}^{n} S_j \frac{1}{r_j}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{r_j}}$$

where S_j is the abundance of the *j-th* site, and r is its distance from the center. The averaged abundance of the surrounding sites are then codified in terms of states of abundance 0, 1, 2, using the same procedure as for the abundance of the central site.
At this point, given the Markov chain $\{X_n, X_n \in \{0,1,2.....8\}\}$, with one space of the phases defined as:

$$\{(i,j),\ i = 0,1,2\ ;\ j = 0,1,2\},$$

it is possible to determine the transition probability at one step between state k given by (i_1, j_1) and the subsequent state (after one time step) h given by (i_2, j_2) as:

$$P_{hk}^{(1)} = P\left(X_1 = (i_2, j_2) \middle| X_0 = (i_1, j_1)\right)$$

With regard to the study of the numerical fluctuations of *L. dispar* populations, the time step refers to the interval between two consecutive observations, that is, a year.
On the basis of the transition probability between each possible pair of states, a transition probability matrix may be constructed at a step represented by the following matrix measuring 9 x 9:

$$\mathbf{P} = \{\mathbf{P}_{kh}\} = \begin{bmatrix} P_{00}P_{01}\ldots\ldots P_{08} \\ P_{10}P_{11}\ldots\ldots P_{18} \\ \\ P_{80}P_{81}\ldots\ldots P_{88} \end{bmatrix}$$

The elements of matrix **P** are calculated on the basis of experimental data as the relative frequency of the appearance of each specific transition over the total number of transitions for each line, evaluated as part of the historical series studied.
When an estimate of matrix **P** is known, it is possible to determine the probability that a certain site be found in a given state after a period of n years, the n-step transition probabilities can be easily obtained by simple matrix multiplication (Bhat, 1972):

$$\mathbf{P}^{(n)} = \mathbf{P}^{(n-1)} . \mathbf{P}$$

Actually, applying this recursive property of Markov chain a transition matrix of n steps may be obtained by the product of a matrix with itself, a number of times equal to n-1.

Results and discussion

By analyzing the abundance of the phytophagous population in the egg stage, it was possible to determine a transition probability matrix for each of the sites that define the reticular system of interconnected populations.
In order to define these matrices it was necessary to establish the set of sites that are assumed to influence each site considered. An analysis of the historical series of abundance enabled us to define the relative one-step transition frequencies starting from each of the nine possible initial states. Tab. 1 records an example of a one-step transition matrix.
Once a transition probability matrix has been defined, it is possible to know for each site, given a generic starting state T, what state the system will most likely evolve toward in the following year T+1, and, by repeatedly applying the recursive property of the Markov chains, in subsequent years as well: T+2, T+3 ... T+n.
The model we propose was first tested to check out the validity of the predictions obtainable through its use. To do this, we studied the state of the system in 1991, 1992 and 1993, and we estimated the most probable state, with regard to each site and its averaged surroundings, for 1994 - the year for which actual data are available for making a comparison between the expected state and the observed state. Tab. 2 reports this type of control for one-step (1993→1994), two-step (1992→1994) and three-step transitions (1991→1994).
From the results recorded in Tab. 2 it can be seen that the model has a remarkable capacity for predicting one-step transitions; in fact, for the 1993→1994 transitions (1-step) the abundance level predicted for each site and for its surroundings proved correct in 26 cases out of 30. The forecast capacities of the model are instead decidedly poorer for two- or three -year transitions, where the correct predictions are about half of all the predictions obtained.
In the cases in which there is not a correspondence between predicted and observed abundance often the errors result from over-estimating the predicted abundance with respect to those actually observed. As a matter of fact relatively high abundance levels, such as those recorded in 1991 and 1992, are sometimes

followed by a sudden phase of retrogradation that the model is not able to predict. On the other hand the spatial position of a site in the system of local populations gave no particular evidence of influencing the outcome of the predictions.

Tab. 1 - Transition probability matrix for the site number 9.

State at the time T	Probability of transition at time T+1								
	(0 , 0)	(0 , 1)	(0 , 2)	(1 , 0)	(1 , 1)	(1 , 2)	(2 , 0)	(2 , 1)	(2 , 2)
(0 , 0)	0,667	0,333							
(0 , 1)	0,500				0,500				
(0 , 2)									1,000
(1 , 0)									
(1 , 1)					0,667				0,333
(1 , 2)					1,000				
(2 , 0)									
(2 , 1)									
(2 , 2)		0,250	0,250			0,250			0,250

The model's poor predictive power for analyses concerning transitions of more than one year, especially if these transitions involve sharp inversions of gypsy moth abundance levels (progradation or retrogradation phases) may, hypothetically, derive from the reduced size of the data string forming the historical series from which the transition probabilities were calculated. It is possible that as the historical series of abundance data increases in size, the model's forecast capacities will also improve and become reliable for two- or three -year transitions as well.

The model's most effective use however is in trying to predict infestation levels in coming years, starting from the most recent data gathered. Considering the above-mentioned possibilities and limits of the proposed model, predictions for the abundance levels of *L. dispar* were limited to a time range of three years.

Tab. 3 gives the most probable states expected for each site and its surroundings in 1995 (a 1-step transition), 1996 (a 2-step transition) and 1997 (a 3-step transition); they were calculated using the transition probability matrices pertaining to each site, starting from the state observed in 1994.

The predictions for 1995, show that the population abundance will remains at similar levels as the previous year. In 9 cases out of 30, the state of the site and its surrounding areas undergoes no change at all; in a series of other cases, changes in the state of the surroundings are recorded, most often toward a decrease in abundance levels. In only 2 cases out of 30 - for sites 15 and 26 - there are clear indications of a local tendency toward a sharp increase in phytophagous abundance.

Predictions for the following years, bearing in mind their possible limits, confirm the low abundance of gypsy moth population. Only in few cases (sites 6, 12, 15, 19 and 26) there is a marked tendency toward an increase in the local abundance level. It is notable that the spatial location of these sites seems to point out the emergence of a focus of infestation near sites 9, 15 and 19 which will probably increase in his dimension in coming years.

Tab. 2 - Verification of model predictive abilities obtained comparing predicted abundance in 1-, 2- and 3-step transition with observed abundance. (yes, states that the forecast is correct; no, means that the forecast is wrong).

FORECAST VERIFICATION OF THE MODEL				
SITE	STATE IN 1994	OBSERVED VERIFICATION		
		1-STEP	2-STEP	3-STEP
1	(0,0)	no	no	no
2	(0,1)	yes	yes	yes
3	(0,1)	yes	yes	no
4	(0,0)	yes	no	yes
5	(0,1)	yes	yes	no
6	(0,1)	yes	yes	yes
7	(0,1)	yes	yes	yes
8	(0,1)	yes	no	no
9	(1,1)	yes	yes	yes
10	(0,1)	yes	no	no
11	(1,0)	yes	no	no
12	(0,1)	yes	no	yes
13	(0,1)	no	no	yes
14	(0,1)	yes	no	yes
15	(1,1)	yes	no	no
16	(0,1)	yes	no	yes
17	(0,1)	yes	yes	yes
18	(0,1)	yes	yes	yes
19	(1,1)	yes	yes	yes
20	(0,1)	yes	no	no
21	(0,1)	yes	yes	yes
22	(0,1)	yes	no	no
23	(0,1)	yes	yes	no
24	(0,1)	no	no	no
25	(0,1)	yes	no	no
26	(0,1)	yes	no	no
27	(0,1)	no	no	no
28	(0,0)	yes	yes	yes
29	(0,0)	yes	yes	yes
30	(0,0)	yes	yes	yes

Tab. 3 - Forecast of most probable abundance levels of gypsy moth population in 1995, 1996 and 1997 for each site and surrounding area.

FORECAST OF ABUNDANCE LEVELS: MOST PROBABLE TRANSITIONS				
SITE	STATE IN	EXPECTED STATE		
	1994	1995	1996	1997
1	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
2	(0,1)	(0,0);(0,1)	(0,0)	(0,0)
3	(0,1)	no forecast	no forecast	no forecast
4	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
5	(0,1)	(0,0);(1,2)	(0,0)	(0,0)
6	(0,1)	(0,1)	(0,1);(2,2)	(2,2)
7	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)
8	(0,1)	(0,0);(1,1)	(0,0)	(0,0)
9	(1,1)	(1,1)	(1,1)	(1,1)
10	(0,1)	(0,1);(1,1)	(0,1);(1,1)	(0,1)
11	(1,0)	no forecast	no forecast	no forecast
12	(0,1)	(0,1);(1,2)	(2,2)	(1,1)
13	(0,1)	(0,0)	(0,1)	(0,1)
14	(0,1)	(0,0)	(0,1)	(0,0)
15	(1,1)	(2,2)	(0,1)	(2,2)
16	(0,1)	(0,0);(0,1)	(0,1)	(0,1)
17	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)
18	(0,1)	(0,0)	(0,1)	(0,0)
19	(1,1)	(1,1);(2,2)	(2,2)	(2,2)
20	(0,1)	(0,0);(0,1)	(0,1)	(0,1)
21	(0,1)	(0,0)	(0,1)	(0,0);(0,1)
22	(0,1)	(0,0);(0,1)	(0,1)	(0,1)
23	(0,1)	(0,0);(0,1);(1,1)	(0,1)	(0,1)
24	(0,1)	(0,0)	(0,1);(1,1)	(0,0)
25	(0,1)	(0,0);(1,1)	(0,1)	(0,0)
26	(0,1)	(2,2)	(2,2)	(2,2)
27	(0,1)	(0,0)	(0,1)	(0,0)
28	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
29	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
30	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)

The maintenance of the population at low level which the model predicts for the year 1995 - 1997 is in agreement with the most probable trend of gypsy moth expected abundance in N.E. Sardinia; in fact gypsy moth in this cork-oak area shows cyclic fluctuations in abundance with a period of about 9 years (Delrio *et al.*, 1991) as the latest outbreak occurred in 1989-90 the next is not expected before 1998-99.

Conclusions

Variations in abundance of the different local populations of *L. dispar* (established by abundance levels recorded at the sampling sites) and the role played in this by the interconnections that occur among local populations owing to dispersal phenomena, were studied utilizing a 9-state Markovian model which proved to be useful for short-term predictions of the evolution of local infestation levels.
The reduced size of the historical series of data on which the transition matrices used by the model were determined, limits the reliability of predictions involving transitions longer than one year (transitions of two or more steps). For one-step transitions, those that forecast the level and spatial structure of the infestation from one year to the next, the model proved to be a useful instrument for obtaining predictive information, suitable for use in programming and management techniques related to gypsy moth control.
The proposed model may also be computerized and become an instrument which permits progressive up-dating of the system of analyses, with sampling results for the *L. dispar* populations entered each year so as to produce, year by year, really effective predictions.

References

BHAT, U. 1972. Elements of applied stochastic processes. Wiley & Sons, New York.
CAMERON, E.A., McMANUS, M.L. & MASON, C.J., 1979. Dispersal and its impact on the population dynamics of the gypsy moth in the United States of America. Bull. de la Soc. Entom. Suisse, **52**: 169-179.
DELRIO, G., LUCIANO, P., PROTA, R. & DI COLA, G., 1991. Analisi delle fluttuazioni di lepidotteri infeudati alla quercia da sughero in Sardegna. Atti Convegno "Problematiche Fitopatologiche del genere *Quercus* in Italia" (Firenze, 19-20 novembre 1990): 305-315.
FRAVAL, A., HERARD, F. & JARRY, M., 1978. Méthodes d'échantillonnage des popolations de pontes de *L. dispar* (Lep.: Lymantriidae) en Mamora (Maroc.). Ann. Zool. Ecol. anim., **10** (2): 267-279.
HANSKI, I. & GILPIN, M., 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. Biol. J. Linn. Soc. **42**: 1-16.
LUCIANO, P. & PROTA, R., 1982. Osservazioni sulla densità di popolazione di *Lymantria dispar* L., nelle principali aree subericole della sardegna. Studi Sass., sez. III, Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, **XXVIII**: 168-179.
LUCIANO, P. & PROTA, R., 1983. Indagini su una infestazione di *Lymantria dispar* L. in un comprensorio forestale della Sardegna. Atti XIII Cong. Naz. It. Ent.: 383-390.
PROTA, R. & LUCIANO, P., 1989. Elementi di previsione delle infestazioni in sugherete sarde e prospettive di difesa. Atti "Convegno sulle Avversità del bosco e delle specie arboree da legno" (Firenze, 15-16 ottobre 1987): 287-304.

LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LE BOMBYX DISPARATE *PORTHETRIA DISPAR* (L.) (LEP. LYMANTRIIDAE) AU MAROC

A. Fraval [*] & Claire Villemant [**]

[*] Département de Zoologie et Délégation Permanente à l'Environnement de l'INRA
147, rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07 (France)
[**] Laboratoire d'Entomologie du Muséum National d'Histoire Naturelle
45, rue Buffon, 75005 Paris (France).

Résumé

L'absence de parasitoïde des oeufs de *Porthetria dispar* comme celle de toute virose des chenilles de ce défoliateur du Chêne-liège (*Quercus suber* L., Fagales) au Maroc ont encouragé deux opérations de lutte biologique spécifiques. En 1924-1929 est introduit, depuis le Japon via les USA, un parasite des oeufs, l'Hyménoptère Encyrtidae *Ooencyrtus kuvanae* Howard ; en dépit d'une acclimatation réussie et d'une très bonne dispersion, cet auxiliaire apparaît sans effet sur les pullulations cycliques du ravageur. En 1979 et 1980, des applications inondatives puis inoculatives du *Baculovirus* de *P. dispar* ont déclenché localement la virose. D'autre part, des préparations commerciales de la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner sont utilisées pour protéger des zones sensibles de forêt, à la suite des essais réussis sur des parcelles en 1975 et 1976.

Introduction

Parmi tous les ravageurs qui ont fait l'objet de tentatives de lutte biologique, le Bombyx disparate, *Porthetria dispar* (L.) (= *Lymantria dispar*) a suscité des travaux particulièrement soutenus et importants. Un programme est demeuré célèbre, celui mené par Crossman et Howard, dès le début du XXe siècle, en vue de la recherche, de l'importation et de l'acclimatation de nombreux ennemis naturels du défoliateur, qui avait été introduit accidentellement sur la côte est des Etats-Unis en 1879. Bien avant, en 1840 à Poitiers, M. Boisgiraud avait installé des Calosomes sycophantes, *Calosoma sycophanta* L. (Col. Carabidae), sur des peupliers infestés de chenilles de *P. dispar* (Greathead, 1976). En 1927, le programme américain a été jugé efficace. Les 92 millions (environ) de parasitoïdes lâchés à diverses reprises et en différents lieux n'ont pourtant empêché ni la poursuite des ravages, ni l'expansion géographique du défoliateur sur le continent nord-américain. L'effort s'est alors quelque peu relâché, faute de succès probants et du fait des très bons résultats des traitements par les insecticides de synthèse (DDT et autres). Dans les années 70, l'European Parasite Laboratory du ministère de l'agriculture des Etats-Unis (USDA) a repris les prospections dans toute l'aire de répartition naturelle de *P. dispar*, notamment au Maroc, tandis qu'étaient publiés les comptes rendus des recherches récentes (Doane et McManus, 1974).

Acclimatation d'*Ooencyrtus kuvanae*

Dans les années 20, effrayés par les ravages du Bombyx disparate dans la forêt de la Mamora (vaste subéraie proche de Rabat), les forestiers marocains demandèrent à J. De Lépiney (entomologiste à l'Institut scientifique chérifien) une étude sur le ravageur. Constatant l'extrême pauvreté du cortège des ennemis naturels et, en particulier, l'absence de tout parasitoïde oophage, De Lépiney, en 1924, fit venir du Gypsy Moth Laboratory (aux Etats-Unis) des oeufs *de P. dispar* renfermant le parasite japonais *Ooencyrtus kuvanae* Howard (Hym. Encyrtidae). Cette première introduction fut un échec. En 1926, plusieurs élevages furent menés à bien dans des maisons forestières au sein de la forêt et plusieurs milliers d'adultes du parasitoïde furent lâchés en septembre 1927. L'opération fut répétée

les deux années suivantes. En 1929, l'auxiliaire était considéré comme acclimaté et c'est à lui qu'on attribuait la réduction des attaques du Bombyx disparate observée alors (De Lépiney, 1929 ; 1932).
En 1973, les prospections menées dans tout le pays par Hérard et Fraval (1980) montrèrent que l'Encyrtide avait colonisé la plupart des subéraies, surtout en plaine, et qu'il y détruisait une bonne proportion (25 à 50%) des oeufs du défoliateur. Les modalités de déplacement d'*O. kuvanae* et ses capacités de destruction des oeufs de *P. dispar* ont été précisées par Hérard (1978; 1979) tandis que Benazoun et Fraval (1983) ont évalué les possibilités de multiplication du parasite sur des oeufs morts. Toutes les observations récentes (Fraval, 1989) ont montré que cet entomophage s'est effectivement très bien acclimaté mais qu'il est, dans tous les cas, incapable d'enrayer la pullulation de son hôte. La première raison est d'ordre topologique : la femelle d'*O. kuvanae*, à la recherche d'un site de ponte, ne peut atteindre que les oeufs de la couche supérieure de la ponte de *P. dispar* (soit un peu plus de la moitié de l'effectif) ou les oeufs découverts de pontes attaquées par les prédateurs-démanteleurs (Coléoptères Dermestidae et Trogossitidae, Lépidoptères Tineidae et Pyralidae qui creusent dans les pontes et les bouleversent — *cf. in* Villemant, 1993). La seconde raison majeure est la brutalité des gradations de l'hôte qui s'oppose à un bon développement des populations du parasite.

Epandage de *Bacillus thuringiensis*

Les propriétés insecticides de la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner (" Bt ") sont connues depuis le début du XXe siècle et, en 1929, Metalnikov et Chourine montraient son efficacité vis-à-vis de *P. dispar*. L'homologation de cette bactérie contre le Bombyx disparate (et contre la Processionnaire du pin, principale cible en fait) date du début des années 70 et les essais réalisés alors au Maroc ont contribué à vérifier la bonne efficacité et la sélectivité de tels traitements.
Le premier essai eut lieu en 1975 (fin avril), sur une parcelle de 20 ha de la forêt de la Mamora. La préparation (du Dipel titré à 16 000 unités internationales / mg de matière active) fut appliquée par avion, à raison de 1 kg de matière active par hectare. L'aire traitée demeura feuillée, tandis qu'alentour les arbres étaient entièrement dénudés. Le dénombrement des parasitoïdes des oeufs et des chenilles de la génération suivante a établi que le traitement n'avait aucun effet néfaste sur cette faune auxiliaire. L'année suivante, un essai similaire, fait dans le même secteur, mettait en oeuvre deux spécialités : la Bactospéine et le Dipel. Dans les deux cas, les populations, peu denses, de *P. dispar* furent anéanties. Ces résultats positifs, joints au fait que les améliorations technologiques apportées aux préparations leur confèrent une efficacité plus régulière et permettent une plus grande souplesse quant au choix de la date de l'application (Fraval, 1993), font que le Bt est désormais utilisé dans la pratique courante de protection phytosanitaire de la forêt (Hamdaoui, com. pers.).
L'usage de préparations à base de *Bacillus thuringiensis* constitue un cas particulier de lutte biologique ; les traitements ressemblant tout à fait à ceux qui épandent des insecticides " classiques ". Outre leur image " biologique ", ces interventions ont l'avantage d'épargner les différents auxiliaires (ennemis des ravageurs et abeilles) comme la faune des dayas (mares temporaires) et d'être d'une totale innocuité vis-à-vis du bétail (fort nombreux dans ces forêts).

Lutte microbiologique à l'aide du *Baculovirus* de *P. dispar*

Contrairement à ce qu'on connaît des pays voisins, aucune épizootie à virus ne sévit au Maroc sur les populations du Bombyx disparate. Le *Baculovirus* de *P. dispar* a été étudié en Espagne (Romanyk, 1973), au Portugal (Cabral, 1977), en Sardaigne (Luciano et Prota, 1985), en Tunisie (Rabasse et Babault, 1975). Même placées, artificiellement ou naturellement, dans de mauvaises conditions (chocs thermiques, surpopulation, famine, etc.), les chenilles des subéraies du Maroc meurent sans que se développe la moindre virose.

Une première application d'une virusine préparée en France (INRA, La Minière) à partir de chenilles malades récoltées en Roumanie a été faite par avion sur 16 ha d'une parcelle de subéraie en Mamora. Au bout de 30 jours, les chenilles étaient mortes en position caractéristique, leur corps rempli de polyèdres. Une rétrogradation imprévue sur une vaste étendue englobant la zone traitée n'a pas permis de connaître le devenir transcyclique du virus (Mazih, 1979, non publ.). L'année suivante (1980), une tentative d'acclimatation (lâcher inoculatif) a été réalisée avec le stock de virusine restant. L'épandage s'est fait par des moyens terrestres, sur quelques sites proches d'un dispositif expérimental régulièrement suivi ; il visait des chenilles déjà âgées, capables de multiplier le virus sans périr immédiatement. Une forte mortalité a été enregistrée. Là encore, malgré une rétrogradation de la population, le virus a pu être repéré par frottis de chenille malades, sur le site de lâcher, au printemps 1981 (Chakir, 1981, non publ.).
La virusine apparaît donc comme efficace vis-à-vis des populations marocaines de *P. dispar* mais son usage, en tant qu'agent d'intervention pour juguler les pullulations du défoliateur, n'est pas envisageable actuellement : de telle préparations, obtenues à partir de l'hôte vivant (chenilles élevées ou cultures de tissus) sont encore trop chères. Le maintien du *Baculovirus* de *P. dispar* au sein du cortège des ennemis du ravageur serait-il possible, en dépit des particularités de la dynamique des populations, très " chaotique " , de ce dernier ? Plusieurs phénomènes s'opposent à la dispersion du virus (supposé acclimaté). En phase de rétrogradation générale, les individus sont très rares et, semble-t-il, disposés dans des lieux (" foyers ") éloignés les uns des autres. En phase de progradation, les individus bien nourris et bien portants n'expriment pas les symptômes de la virose (ne multiplient pas le virus) et en phase de culmination, les chenilles trop nombreuses par rapport aux ressources alimentaires disponibles meurent de faim avant d'avoir développé la maladie. De plus, la subéraie, comme les milieux voisins, ne renferme pas d'espèce voisine (genres *Porthetria* ou *Lymantria*) susceptible de servir d'hôte-relais.
L'ensemble des travaux sur ces tentatives de lutte microbiologique a été rapporté par Fraval *et al.* (1981).

Conclusion

Plusieurs opérations, ressortissant à diverses modalités de la lutte biologique, ont été menées à bien contre le Bombyx disparate dans les subéraies marocaines. L'introduction d'*O. kuvanae* montre un cas de succès apparent, limité à l'acclimatation : l'effet sur la dynamique des populations du défoliateur reste imperceptible. Le virus, efficace, ne s'est pas maintenu au sein des populations. Ceci peut être dû à un concours de circonstances, les applications s'étant révélées faites à la veille d'une rétrogradation générale. Il conviendrait en conséquence de renouveler ces opérations, en combinant lâchers inondatifs (curatifs) et lâchers inoculatifs. Actuellement, des préparations à base de Baculovirus sont utilisées en traitement d'espaces verts péri-urbains en Amérique du Nord et en Allemagne. Leur coût élevé limite leur emploi aux zones fréquentées par le public.
Il serait intéressant d'examiner d'autres organismes auxiliaires potentiels de lutte biologique. *Anastatus disparis* Ruschka (Hym. Eupelmidae) est présent — et relativement actif — en Espagne. *Calosoma sycophanta* a un impact extrêmement variable, ce qui est sans doute lié à la brutalité des gradations de sa proie, *P. dispar,* et à l'absence des autres défoliateurs pendant les périodes de latence de ce dernier (Villemant et Fraval, 1991). Ne pourrait-on pas envisager des transferts d'adultes du Calosome depuis les forêts de Chêne vert du Moyen-Atlas où il est très abondant ? Les prédateurs-démanteleurs constituent une guilde originale et capable d'une bonne efficacité. L'impact de ces entomophages pourrait sans doute être augmenté par des mesures visant à favoriser leurs populations (nourriture imaginale...). Le champignon *Entomophaga maimaga* Soper *et al.* (Entomphtorales, Entomophtoraceae) a été récemment reconnu comme un auxiliaire prometteur (Hajek et Roberts, 1991). Son introduction dans la subéraie corse est envisagée (Hérard, com. pers.).

Dans les conditions actuelles de surexploitation des subéraies marocaines par l'homme et le bétail, la priorité semble toutefois devoir être donnée à des mesures sylviculturales pour garantir la régénération et la bonne végétation des Chênes-lièges, les arbres francs de pied et intacts résistant naturellement très bien au Bombyx disparate (Villemant et Fraval, 1991).

Références bibliographiques

BENAZOUN A. & FRAVAL A., 1983. Etude au laboratoire des performances démographiques d'*Ooencyrtus kuvanae* How. (Hym. Encyrtidae). Actes Inst. agro. vét. (Maroc), **3** : 5-9.

CABRAL M.T., 1977. Papel das doenças na limitaçao natural das populaçoes de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Lymantriidae). Anais Inst. sup. Agron. (Lisbonne), **35** : 153-177.

DE LEPINEY J., 1929. Lutte biologique contre *Lymantria dispar* L. Bull. Soc. Sci. nat. Maroc, **9** : 12-13.

DE LEPINEY J., 1930. Contribution à l'étude du complexe biologique de *Lymantria dispar* L. Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, **23** : 100 p.

DOANE C.C. & McMANUS M.C., 1974. The Gypsy moth research toward integrated managment. Washington : USDA, Forest Serv. Techn. Bull., **1584** : 1-557.

FRAVAL A. (ed.), 1989. *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 220 p.

FRAVAL A., 1993. La lutte biologique contre les ravageurs des forêts ; historique et succès en France. *In* A. FRAVAL : Lutte biologique. Doss. Cell. Environ. INRA, **5** : 123-136.

FRAVAL A., MAZIH A., EL YOUSFI M., SAIDI S & CHAKIR S., 1981. Introduction du *Baculovirus* de *Lymantria dispar* en forêt de la Mamora, Maroc. Ann. Rech. for. Maroc, **17** : 67-76.

GREATHEAD D.J., 1976. A Review of Biological Control in Western and Southern Europe. Slough : CAB : 182 p.

HAJEK A.E. & ROBERTS D.W., 1991. Pathogens reservoirs as a biological control resource : introduction of *Entomophaga maimaga* to North American gypsy moth, *Lymantria dispar*, populations. Biol. Contr. **1** : 29-34.

HERARD F., 1978. Comportement des adultes d'*Ooencyrtus kuvanae* (Howard) (Hym. Encyrtidae) parasite oophage de *Lymantria diqpar* (L.) en forêt de Mamora (Maroc). Ann. Zool. Ecol. anim., **10** (4) : 603-611.

HERARD F., 1979. Action des ennemis naturels de *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) en forêt de la Mamora (Maroc). Entomophaga, **24** (2) : 163-175.

HERARD 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** (1) : 35-48.

LUCIANO P. & PROTA R., 1985. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* L. in Sardegna. III. Indicatori biologici della gradazione. Frustula entomol. NS., **7-8** (20-21): 613-630.

RABASSE J.M. & BABAULT M., 1975. Etude d'une pullulation de *Lymantria dispar* L. (Lep. Lymantriidae) dans les conditions méditerranéennes. Sci. agr. Rennes : 143-160.

ROMANYK 1973. Les gradations de *Lymantria dispar* en Espagne. Zastita bilja, **24**(124-125) : 285-288.

VILLEMANT C. 1993. Les prédateurs-démanteleurs des pontes de *Porthetria dispar* dans les subéraies marocaines. Thèse Univ. Orléans. Vol 1 : 267 p., vol 2 (annexes) : 91 pp.

VILLEMANT C.& FRAVAL A., 1991 (ed). La faune du Chêne-liège. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 336 p.

LES PRÉDATEURS-DÉMANTELEURS DES PONTES DE *PORTHETRIA DISPAR* (L.) (LEP. : LYMANTRIIDAE) EN SUBÉRAIE MAROCAINE

Claire Villemant

Laboratoire d'Entomologie. Muséum National d'Histoire Naturelle
45 rue Buffon, 75005, Paris (France)

Résumé

Au Maroc, *Porthetria dispar* (L.) subit une action répressive remarquable de la part d'insectes oophages, appelés "prédateurs-démanteleurs" car ils détruisent plus les pontes par dislocation que par prédation. En forêt de la Mamora, 14 espèces (10 Coléoptères dont 7 Dermestidae, 2 Lépidoptères et 2 Formicidae) attaquent les pontes, de juillet à mars, assurant une exploitation maximale de cette source de nourriture et favorisant l'action du parasite *Ooencyrtus kuvane* (Howard) (Hym. : Encyrtidae). Au sein de la guilde, les risques de compétition inter- et intraspécifique sont limités par diverses formes de ségrégation temporelle et spatiale. Un régime alimentaire fondamentalement saprophage, associé à de grandes capacités d'allotrophie, et un important polymorphisme du développement larvaire favorisent la survie de ces oophages face aux grandes fluctuations des populations de *P. dispar*. La densité et la répartition intra- et inter-stationnelle des prédateurs et de leur hôte dépendent de l'état sanitaire des Chênes-lièges. Entre 1987 et 1990, les prédateurs-démanteleurs ont joué un rôle déterminant dans l'élimination d'une pullulation localisée de *P. dispar* en Mamora. Le mauvais état sanitaire des stations infestées explique au moins en partie les exceptionnels taux de destruction observés (60 à 90% des oeufs).

Introduction

Parmi les très nombreux ennemis naturels du Bombyx disparate, *Porthetria dispar* (L.) (= *Lymantria dispar*), recencés à travers le Monde, les prédateurs oophages, à l'exception des oiseaux, sont considérés le plus souvent comme des antagonistes peu efficaces (Weseloh, 1990). Plus de 70 espèces d'Arthropodes, dont 36 Dermestidae et 14 autres Coléoptères, s'attaquent pourtant aux pontes du ravageur, mais seule une dizaine d'entre elles provoquent localement la destruction d'un grand nombre d'oeufs (Villemant, 1993). Les dégâts des insectes prédateurs oophages, peu connus en Amérique du Nord, ont été surtout observés en Sardaigne, en Roumanie, en Ukraine et dans l'ex-Yougoslavie (Brown et Cameron, 1982 ; Luciano et Prota, 1984), mais c'est au Maroc qu'ils demeurent les plus remarquables (Hérard, 1979 ; Chakir et Fraval, 1985 ; Villemant, 1993).

Le Bombyx disparate provoque des défoliations spectaculaires du Chêne-liège (*Quercus suber* L.; Fagaceae) dans certaines forêts de la bordure atlantique du Maroc (Fraval, 1989). En juin-juillet, la femelle du papillon dépose une unique ooplaque constituée par l'empilement de plusieurs centaines d'oeufs sphériques qu'elle enrobe des écailles issues de son extrémité abdominale. Le développement embryonnaire dure 2 semaines, il est suivi d'une longue diapause (estivo-hivernation) génétiquement déterminée et quasi-obligatoire. L'éclosion a lieu en mars-avril (Kadiri *et al.*, 1989).

La présence de *P. dispar* est signalée pour la première fois au Maroc vers 1920. Dès le premier inventaire dressé par De Lepiney (1930), le cortège de ses antagonistes apparaît remarquable par la faible diversité des ennemis des chenilles et des chrysalides, par l'absence de virose comme de tout parasite oophage autochtone, et par le rôle très important joué par les prédateurs oophages. Dès 1928, l'Hyménoptère Encyrtidae *Ooencyrtus kuvane* (Howard) est introduit du Japon, *via* les U.S.A. Le Chalcidien, répandu dans toutes les subéraies de plaine et de moyenne montagne, n'a jamais eu d'effet décisif sur l'évolution des pullulations du ravageur. Son impact atteint en moyenne 30% en

période de gradation. En entraînant certaines années la destruction de 60 à 90% des oeufs, les prédateurs oophages ont par contre un rôle repressif considérable. On les a appelés "prédateurs-démanteleurs" car, tout en dévorant des oeufs, ils provoquent généralement la dislocation plus ou moins grande des ooplaques. Les oeufs, détachés des pontes sous l'action du vent, tombent à terre et sont voués à la mort, tandis que ceux qui demeurent accolés au support sont plus facilement attaqués par le parasite *O. kuvanae*. Au Maroc, 22 espèces d'insectes ont été vues en train de consommer des oeufs du Bombyx disparate (tableau I).

Une ooplaque peut être "visitée", simultanément ou successivement, par plusieurs prédateurs oophages, la période de prédation de beaucoup d'espèces étant courte par rapport à la durée (9 mois) du stade oeuf de *P. dispar*. En l'absence de larves ou d'adultes, le passage d'un prédateur peut être mis en évidence par les traces qu'il a laissées : exuvies larvaires, crottes, fils de soie et plus rarement par ses dégâts spécifiques sur la ponte en place (fig. 1). En Mamora, 14 espèces de prédateurs des oeufs assurent une exploitation maximale de cette source de nourriture (fig.2). La ségrégation dans le temps n'étant pas parfaite, d'autres facteurs interviennent pour limiter la compétition interspécifique, que ce soit une ségrégation spatiale inter- et intra-stationnelle plus ou moins marquée, différents modes d'exploitation de la ponte ou l'extrême diversité des régimes alimentaires. Beaucoup d'espèces présentent en outre un grand polymorphisme du développement larvaire.

Tableau I : Les prédateurs oophages de *Porthetria dispar* au Maroc

Col. Dermestidae	
Dermestes lardarius (L.) *** **M**	**Col. Cleridae**
Attagenus civetta (Mulsant et Rey) *	*Opilo domesticus* (Sturm) * **M**
Attagenus trifasciatus (F.) * **M**	
Anthrenus sp. *	**Col. Melyridae**
Anthrenus (*Nathrenus*) sp. ** **M**	*Dasytes terminalis* (Du Val) ** **M**
A. verbasci (L.) **	
A. minutus Erichson ** **M**	**Col. Tenebrionidae**
A. pimpinellae delicatus Kiesenwetter ** **M**	*Akis tingitana* Lucas ** **M**
A. vladimiri Menier et Villemant *** **M**	
Trogoderma versicolor meridionalis Kraatz *** **M**	**Lep. Pyralidae**
Zhantievus lymantriae Beal **	*Aglossa caprealis* (Hübner) *** **M**
Megatominae indéterminé *	
	Lep. Tineidae
Col. Trogossitidae	*Niditinea fuscipunctella* (Haworth) ** **M**
Tenebroides maroccanus (Reitter) *** **M**	
Temnochila coerulea Olivier * **M**	**Hym. Formicidae**
	Aphaenogaster senilis disjuncta Santchi * **M**
Col. Cleridae (?)	*Crematogaster scutellaris* (Olivier) ** **M**
espèce indéterminée **	

*** : oophage vrai ; ** : oophage occasionnel ; * : oophage très occasionnel ; **M** : espèce présente en forêt de la Mamora.

Les principaux prédateurs-démanteleurs en Mamora : succession des différentes espèces au cours du stade oeuf de *Porthetria dispar*

L'attaque commence en juin-juillet, dès le début de la période de ponte de *P. dispar*. Pendant 2 ou 3 semaines, les larves de *Dermestes lardarius* dévorent préférentiellement les oeufs non embryonnés puis se nymphosent dans le liège. Début juillet, les larves âgées de *Tenebroides maroccanus* creusent des galeries dans les ooplaques. Elles les quittent à la fin de l'été pour se nymphoser dans une logette à l'intérieur du liège. Les larves de *Dasytes terminalis* et les Dermestidae, surtout *Trogoderma versicolor meridionalis* et *Anthrenus vladimiri*, attaquent les pontes dès juillet, profitant des galeries déjà forées par *T. maroccanus* pour en coloniser un plus grand nombre. *D. terminalis* s'enfonce dans le liège en automne tandis que les larves de la 2e génération de *T. v. meridionalis* et d'*A. vladimiri* restent inactives dans les masses d'oeufs jusqu'au printemps suivant. La colonisation des pontes par les autres *Anthrenus* est beaucoup plus occasionnelle et limitée dans le temps. Les fourmis *Crematogaster scutellaris* et *Aphaenogaster senilis* recherchent surtout les pontes parasitées par *O. kuvanae* dont elles arrachent les oeufs un à un sans provoquer de dislocation. Elles ignorent par contre les pontes dont la surface est demeurée intacte. Leurs dégâts sont particulièrement forts au cours de l'été. Les adultes d'*Akis tingitana* attaquent les pontes durant quelques semaines à la fin de l'été. Les dégâts des Lépidoptères *Niditinea fuscipunctella* et surtout *Aglossa caprealis* ne deviennent remarquables qu'au cours de l'hiver et au début du printemps

Impact des prédateurs-démanteleurs sur les pontes de *Porthetria dispar*

Trois espèces sont particulièrement efficaces, chacune de leurs larves étant capable de détruire presque tous les oeufs d'une ooplaque de taille moyenne (400 oeufs). Une larve de *D. lardarius* ou une chenille de la génération estivo-hivernale d'*A. caprealis* dévore la majeure partie des oeufs tandis que celle de *T. maroccanus* en consomme plus de la moitié et disperse le reste en creusant sa galerie. Un adulte d'*Akis tingitana* peut aussi détruire entièrement une ponte, mais ses dégâts demeurent occasionnels. Du fait de leur petite taille, la consommation moyenne des autres oophages dépasse rarement 40 oeufs par individu. Cependant, chacune des larves qui vit à l'intérieur d'une ponte (*T v. meridionalis, A. vladimiri, D. terminalis*) peut provoquer en outre la chute de plusieurs dizaines d'oeufs. L'impact des fourmis sur les pontes parasitées n'a pas été chiffré, mais il est loin d'être négligeable du fait de l'abondance d'*O. kuvanae* en Mamora dès le début de l'été. En enlevant des oeufs parasités à la surface des ooplaques, les fourmis favorisent aussi l'accès du parasite aux oeufs des couches profondes.
Entre 1987 et 1989, dans le secteur fortement infesté par *P. dispar*, presque toutes les pontes étaient parasitées par *O. kuvanae* et 40% montraient des dégâts de fourmis. Selon les secteurs, les attaques de *D. lardarius* ont concerné 10 à 60% des pontes et celles de *T. maroccanus* 13 à 50%. Les dégâts des chenilles âgées d'*A. caprealis* ont été observés sur 7 à 40% des masses d'oeufs. La présence des larves de *T. v. meridionalis* ou d'*A. vladimiri* a été constatée dans 3 à 23% des pontes (Villemant, 1993).

Ségrégation spatiale

La répartition spatiale des prédateurs oophages dépend de nombreux facteurs liés à la station, à l'arbre, à la strate, etc. Leur densité et leur répartition intra- et inter-stationnelle est aussi conditionnée par celles des populations de l'hôte comme par l'état sanitaire des arbres. Une particularité de la Mamora (et de nombreuses autres forêts marocaines) est son anthropisation croissante. Dans certaines zones, les déprédations causées par l'homme (incendies, exploitation du bois, du liège, des glands, du feuillage) sont considérables et s'ajoutent aux effets de la sécheresse

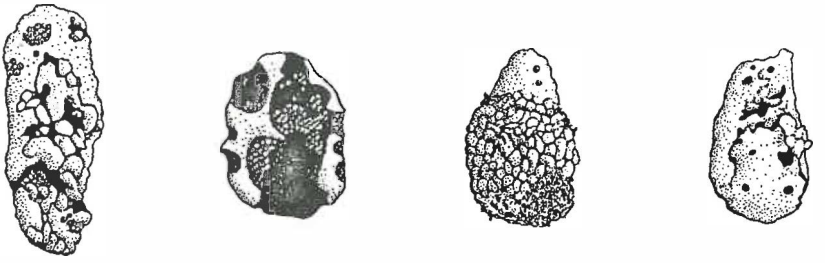

Figure 1 : Dégâts caractéristiques de prédateurs-démanteleurs
TMA : *Tenebroides maroccanus* ; **DLA** : *Dermestes lardarius* ; **ACA** : *Aglossa caprealis* ; **TVM** : *Trogoderma versicolor meridionalis* (ponte attaquée par plusieurs larves).

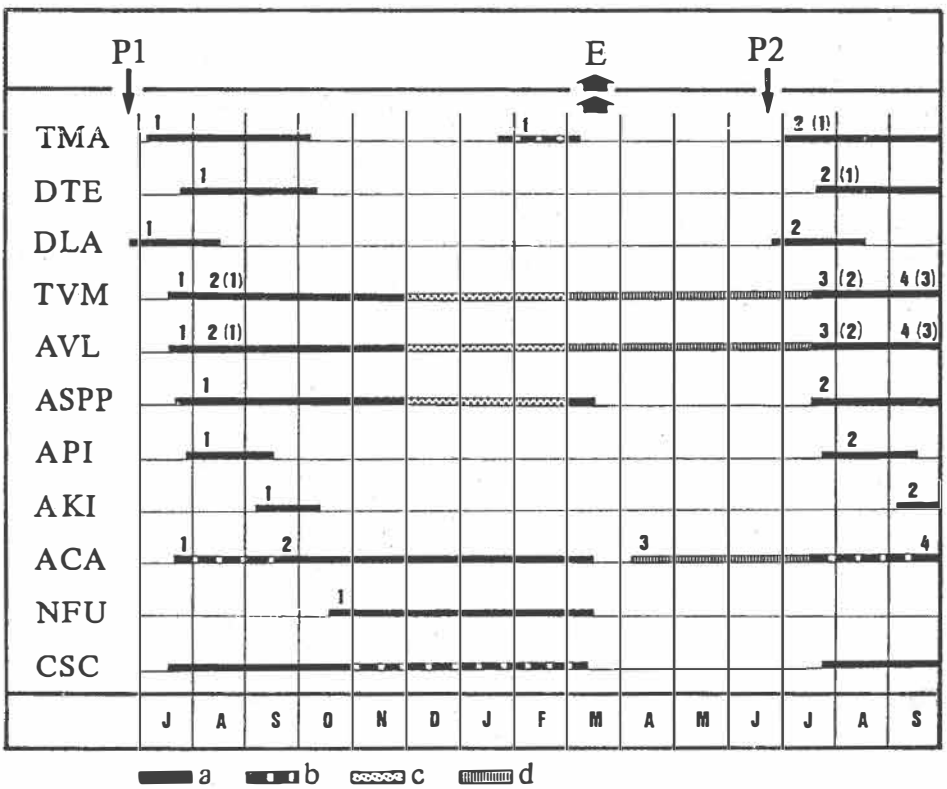

Figure 2 : Succession des prédateurs-démanteleurs dans les pontes pendant la durée du stade oeuf de *Porthetria dispar* en forêt de la Mamora

P : début de la ponte de *Porthetria dispar* (P1 : 1e génération ; P2 : 2e génération) **; E** : période d'éclosion des oeufs de *P. dispar* **; a** : période de prédation ; **b** : prédation limitée à quelques rares individus ; **c** : période de vie ralentie à l'intérieur de la ponte ; **d** : période de survie aux dépens des pontes écloses ; **1 à 4** : générations concernées (entre parenthèses : présence d'individus à développement prolongé de la génération précédente) ; **TMA** : *Tenebroides maroccanus* ; **DTE** : *Dasytes terminalis* ; **DLA** : *Dermestes lardarius* ; **TVM** : *Trogoderma versicolor meridionalis* ; **AVL** : *Anthrenus vladimiri* ; **ASPP** : *Anthrenus* spp (*A. verbasci*, *A.* (*Nathrenus*) sp. et *A. minutus)* ; **API** : *A. pimpinellae. delicatus* ; **AKI** : *Akis tingitana* ; **ACA** : *Aglossa caprealis* ; **NFU** : *Niditinea fuscipunctella* ; **CSC** : *Crematogaster scutellaris.*

prolongée des années 80. Les secteurs de forêt très dégradés constituent pour le défoliateur comme pour ses antagonistes oophages un environnement particulier qui leur est globalement favorable (Villemant *et al.*, 1991).
Le mode d'exploitation des oeufs favorise aussi une certaine ségrégation entre les oophages. Certains, comme *T. maroccanus*, *T. v. meridionalis*, *A. vladimiri* ou *A. caprealis*, creusent une galerie et demeurent longtemps à l'intérieur d'une même ooplaque. D'autres, au contraire, comme *D. lardarius*, *Anthrenus* sp., *A. pimpinellae delicatus* ou *Akis tingitana*, se déplacent d'une ponte à l'autre et prélèvent des oeufs sur les bords et à la surface, tout en exploitant d'autres sources de nourriture disponibles à proximité.

Capacités d'allotrophie

Lorsque les pontes de *P. dispar* sont rares ou absentes, les prédateurs oophages se maintiennent facilement dans le milieu grâce à leur grande polyphagie. La plupart ont un régime alimentaire fondamentalement nécrophage ou zoo- et phyto-saprophage. C'est le cas des Dermestidae, d'*Akis tingitana*, d'*A. caprealis*, de *N. fuscipunctella* et des fourmis. Avec ces dernières, seuls *T maroccanus* ou *D. terminalis* manifestent des moeurs réellement carnassières. Certains, comme *T. maroccanus* mais aussi les anthrènes et le trogoderme, peuvent en outre devenir granivores si l'occasion s'en présente. Tous les Dermestidae (sauf les larves de *D. lardarius*) sont capables de survivre aux dépens du pollen du Chêne-liège qui s'accumule parfois dans les anfractuosités de l'écorce. Les arbres déficients présentent une grande variété d'abris (trous, plaques de liège décollé) où s'accumulent toutes sortes de débris animaux ou végétaux qui assurent la survie de nombreux détritiphages (*A. caprealis* et Dermestidae, notamment) ; ceux-ci, à leur tour, nourrissent des carnivores . La diversification progressive de la guilde des prédateurs oophages de *P. dispar* et son rôle limitatif toujours plus important pourraient être ainsi (au moins en partie) une conséquence de la dégradation de plus en plus forte de la subéraie marocaine (Villemant et Fraval, 1994).
A un régime alimentaire diversifié, s'ajoute pour les prédateurs les plus efficaces (*T. maroccanus*, *D. lardarius*, *T. v.meridionalis* et *A. vladimiri*) une grande capacité de découverte des pontes, qui permet aux larves d'attaquer les oeufs du Bombyx disparate dès leur dépôt sur les troncs. L'intervention de facteurs attractifs, notamment de kairomones (comme peut-être la phéromone sexuelle émise par les femelles du papillon), reste à démontrer, même si nos observations en nature comme au laboratoire en suggèrent l'existence (Villemant, 1993).

Polymorphisme du développement larvaire

La plupart des prédateurs oophages de *P. dispar* présentent une hétérogénéité du développement larvaire permettant l'apparition échelonnée d'adultes sur plusieurs mois, voire plusieurs années. Les chenilles de la génération estivale de la pyrale *A. caprealis* se développent en 7 à 9 stades et donnent des adultes entre mars et juin de l'année suivante. Chez *T. maroccanus*, la plupart des larves se métamorphosent au bout de 3 mois (4 stades larvaires) mais quelques individus prolongent leur vie larvaire (6 stades) durant un an. De même, les larves de *D. terminalis* peuvent se développer en 1 ou 2 ans. Le plus grand polymorphisme du développement se manifeste chez les Dermestidae *T. v. meridionalis* et *A. vladimiri*. Parmi les individus d'une même génération, une forte proportion se développe en 2 à 4 mois (5 à 9 stades larvaires) et donne une descendance au cours du même été. Les individus à croissance lente interrompent leur développement durant la période hivernale et ne reprennent leur activité qu'au printemps. Ils se nourrissent alors de débris animaux divers, notamment ceux présents dans les pontes écloses, avant de s'attaquer aux oeufs de la nouvelle génération de *P. dispar*. Ces individus, qui peuvent atteindre jusqu'à 15 (*A. vladimiri*) et parfois plus de 19 (*T. v. meridionalis*) stades larvaires, donnent des adultes au cours de l'été, 1 ou 2 ans après leur

éclosion. Les autres anthrènes sont des prédateurs oophages plus occasionnels et, malgré un nombre variable de stades larvaires (5 à 9 selon les espèces et les individus), leur développement sur les pontes dure toujours environ un an (avec quelques exceptions cependant, dans le cas d'*A. verbasci*).
Les conditions de développement (qualité et abondance de la nourriture, température et hygrométrie du milieu, compétition intra- et interspécifique) interviennent pour une bonne part dans le déterminisme de ce polymorphisme bien qu'il existe aussi, incontestablement, un déterminisme interne d'ordre génétique (Hanski, 1988). Quoique peu nombreux par rapport à l'ensemble de la population, les individus à développement prolongé jouent parfois un rôle fondamental dans le devenir de celle-ci lorsque se produisent d'importantes modifications des conditions du milieu. Leur survie s'associe souvent à une diminution de la taille et des capacités de reproduction mais elle s'accompagne d'un actif comportement de dispersion, indispensable à la découverte d'un nouveau milieu, plus favorable à l'espèce (Danks, 1983). L'existence d'une vie imaginale longue, souvent associée à une quiescence dans une logette nymphale constitue pour plusieurs espèces (*T. maroccanus*, *D. lardarius* ou *A. pimpinellae delicatus*) une autre forme d'adaptation à la survie dans un milieu aux conditions instables.

Conclusion

La guilde des prédateurs oophages de *P. dispar* en Mamora est composée d'un assez grand nombre d'espèces dont les niches écologiques sont vastes et partiellement chevauchantes. Le partage des ressources alimentaires se fait essentiellement de façon indirecte, par une ségrégation temporelle et spatiale. La polyphagie comme le polymorphisme du développement sont des caractères adaptatifs qui conditionnent la survie des espèces dans un milieu aux conditions climatiques et nutritionnelles très variables dans l'espace ou dans le temps (Danks, 1992). Les individus à développement lent qui subissent parfois plusieurs arrêts de développement, si le milieu demeure défavorable plusieurs années durant, assurent ainsi la pérénité de l'espèce après la disparition du reste de la population sous l'effet de facteurs adverses. Cette particularité se retrouve notamment chez de nombreuses espèces méditerranéennes qui doivent faire face aux aléas du climat et aux variations annuelles relativement imprévisibles des populations de leur hôte (plante-hôte ou être vivant dépendant de cette plante-hôte) (Lamotte et Blandin, 1989 ; Lamotte *et al.*, 1991).
La très grande diversité des régimes alimentaires comme la faculté de résister à des jeûnes prolongés sont des facteurs favorables au maintien des prédateurs oophages sur les troncs des Chênes-lièges en l'absence de *P. dispar*. Grâce à leur fort potentiel de dispersion et à leur grande capacité de découverte de l'hôte, ces prédateurs peuvent s'attaquer rapidement aux pontes dès leur apparition sur les troncs. De plus, l'augmentation de leurs populations est favorisée non seulement par la présence de pontes de *P. dispar* mais aussi par celles des exuvies et des cadavres du défoliateur, qui s'accumulent en grand nombre dans les anfractuosités des troncs en période de pullulation. Tous ces éléments s'additionnent et expliquent la place importante qu'occupent ces antagonistes dans le complexe des ennemis naturels du Bombyx disparate au Maroc.
Entre 1897 et 1990, après une longue latence, l'amorce d'une nouvelle pullulation de *P. dispar* s'est faite dans un secteur de la subéraie qui souffre particulièrement des déprédations humaines et des attaques de xylophages. L'état sanitaire des arbres a favorisé à la fois la multiplication du Bombyx disparate (abris pour les chenilles, les chrysalides et les pontes, feuillage des arbres déficients favorable aux chenilles) et celle de ses antagonistes oophages, qui abondaient déjà dans le milieu avant l'apparition en masse du ravageur. Dans l'ensemble des stations infestées (renfermant en moyenne de 50 à plus de 350 pontes par arbre en 1988 et 1989), les antagonistes oophages ont provoqué chaque année la destruction d'au moins 60% et jusqu'à 90% des oeufs. En mars 1990, le taux de destruction a dépassé partout 90%, les rares oeufs encore intacts étant le plus souvent morts de déficience physiologique. Les quelques individus ayant éclos ont été éliminées au stade nymphal

par le parasite *Brachymeria intermedia* (Nees), de sorte qu'en juillet, le Bombyx disparate avait totalement disparu de ce secteur de la forêt.

Références bibliographiques

BROWN M.W. & CAMERON E.A., 1982. Natural enemies of *Lymantria dispar* (Lep.: Lymantriidae) eggs in central Pennsylvania, U.S.A., and a review of the world literature on natural enemies of *L. dispar* eggs. Entomophaga, **27** (3) : 311-322.

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. Hassan II, **5** (1-2) : 27-36.

DANKS H.V., 1983. Extreme individuals in natural populations. Bull. entomol. Soc. Am., **29** : 41-46.

DANKS H.V., 1992. Long life cycles in insects. Can. Entomol., **124** : 167-187.

DE LEPINEY J., 1930. Contribution à l'étude du complexe biologique de *Lymantria dispar* L. Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, **23**, 66 p.

FRAVAL A., 1989. Dynamique des populations. In A. FRAVAL : *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 53-72.

HANSKI I., 1988. Four kinds of extra long diapause insects : a review of theory and observations. Ann. Zool. fennici, **25** : 37-53.

HERARD F., 1979. Action des ennemis naturels de *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) en forêt de la Mamora (Maroc). Entomophaga, **24** (2) : 163-175.

KADIRI Z., RAMZI H. & VILLEMANT C., 1989. Cycle biologique. In A. FRAVAL: *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 23-46.

LAMOTTE M. & BLANDIN P., 1989. Originalité et diversité des écosystèmes méditerranéens terrestres. Biol. gallo-hell., **16** : 5-36.

LAMOTTE M., VILLEMANT C. & FRAVAL. A., 1991. La zoocénose de *Quercus suber*. *In* C. VILLEMANT & A. FRAVAL : La faune du Chêne-liège. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 253-296.

LUCIANO P. & PROTA R., 1984. Osservazioni su alcuni fattori che influenzano la dinamica i popolazione di *Lymantria dispar* L. In : 4e Simp. Dinamica Populazioni, Parme, 22-24 oct. 1981 : 125-139.

VILLEMANT C., 1989. Ennemis naturels et introduits des oeufs et des pontes. In A. FRAVAL : *Lymantria dispar*. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 93-124.

VILLEMANT C., 1993. Les prédateurs-démanteleurs des pontes de *Porthetria dispar* dans les subéraies marocaines. Thèse Univ. Orléans. Vol 1 : 267 p., vol 2 (annexes) : 91 p.

VILLEMANT C., BOUNFOUR M., BENHALIMA S. & OULD BOURAYA I.N., 1991. Faune du liège et des crevasses. In C. VILLEMANT & A. FRAVAL : La faune du Chêne-liège. Rabat : Actes Editions (Documents scientifiques et techniques) : 69-128.

VILLEMANT C. & FRAVAL A., 1993. La faune entomologique du Chêne-liège en forêt de la Mamora. Ecol. mediterr. **19** (3-4) : 89-98.

WESELOH R.M., 1990. Gypsy moth predators : an exemple of generalist and specialist natural enemies. In D.A. WATT, S.R. LEATHER, M.D. HUNTER & N.A.C. KIDD : Population Dynamics of forest insects. Andover : Intercept : 233-243.

POSSIBILITIES OF CULTURING *BRACHYMERIA INTERMEDIA* (NEES) (HYM. CHALCIDIDAE), A SOLITARY PUPAL GYPSY MOTH PARASITOID, ON ARTIFICIAL DIETS*

Maria Luisa Dindo

Istituto di Entomologia "Guido Grandi" dell'Università di Bologna
via Filippo Re, 6, 40126 Bologna, Italy

Abstract

The current state of the research on the *in vitro* rearing of *Brachymeria intermedia*, a solitary pupal endoparasitoid, is briefly reviewed. This chalcidid attacks many lepidopterous species, including *Lymantria dispar* (L.) and other important cork-oak defoliators. *B. intermedia* was reared to pupa on various chemically defined media, devoid of host material. Subsequently, it was demonstrated that it is capable of developing to adult both in *Galleria mellonella* L. pupae, that had been previously killed, and on sub-natural media based on *G. mellonella* pupal homogenate. Four oligidic diets were later tested for *B. intermedia*. The first two were based on bovine serum, whereas the other two contained commercial beef homogenate, a food for human babies (Plasmon®), as the main ingredient. Two adult females were obtained, one of which fecund, on the diet containing 80% commercial beef homogenate and 20% extract of *G. mellonella* pupae. Recently, *B. intermedia* was reared from egg to adult on three media based on commercial meat homogenates, integrated with 20% host pupal extract. Adults were comparable in size to host-reared individuals and were fecund. The highest adult yield was obtained on the veal homogenate-based diet. When, however, host material was reduced to 15% a few adults were obtained on veal diets. No larvae normally developed to pupae on diets containing 10% host pupal extract.

Introduction

The production of insect parasitoids in the numbers required for mass release in large-scale IPM programmes is at present very expensive for most species. This is mainly due to the fact that parasitoids have to be developed on insect hosts, natural or factitious, which, in turn, need food (either plant or artificial diet). At least theoretically, a promising solution to the problems associated with *in vivo* production is to eliminate both the host and its food by rearing parasitoids on artificial media, possibly easy to prepare and inexpensive (Mellini, 1975; Thompson, 1986).
Although artificial rearing techniques cannot yet compete economically with conventional rearing, progress has been made in reducing costs, especially for *Trichogramma* sp. (Hym. Trichogrammatidae) (see Bratti, 1990), *Eucelatoria bryani* Sabr. (Dipt. Tachinidae) (Bratti & Nettles, 1992) and *Exorista larvarum* (L.) (Dipt. Tachinidae) (Mellini *et al.*, 1994).
Most parasitic Hymenoptera reared to adult *in vitro* are oophagous or pupal. Generally, these parasitoids kill their host quickly and do not display a high degree of interaction with the living host physiology (Mellini, 1983).

Brachymeria intermedia is a polyphagous, solitary endoparasitoid of lepidopterous pupae. In cork-oak forests in Sardinia, this chalcidid is well known as a member of the parasitoid complex of *Lymantria dispar* (L.) (Lymantriidae) (Martelli & Arru, 1958; Prota, 1974; Luciano & Prota,

* The research was supported by MURST 60%.

1980/81; 1984), *Malacosoma neustria* L. (Lasiocampidae) (Martelli & Arru, 1958; Prota, 1974; Delrio *et al.*, 1983) and *Tortrix viridana* L. (Tortricidae) (Prota, 1974; Delrio *et al*, 1988).
In 1980, Thompson described partially successful attempts at rearing *B. intermedia in vitro* on several meridic diets (i.e. diets based on chemically defined compounds, but also containing some undefined ingredients). On these media, larvae completed development and eliminated faeces. However most individuals died as prepupae. A few pupae were obtained and no adults emerged.
In the present paper, the results till now obtained by rearing *B. intermedia* on different sub-natural and oligidic diets (that is, diets composed primarily of chemically undefined components) are briefly reviewed.

Materials and Methods

1. Rearing of *B. intermedia* in killed *Galleria mellonella* L. (Lep. Galleriidae) pupae and on sub-natural media (Dindo, 1990).

Pupae of the factitious host *G. mellonella* were killed by immersion in distilled water at 60°C for 12 minutes and immediately exposed to *B. intermedia* females. The number of adults emerged was compared to that obtained from pupae that had not been killed before parasitization. Moreover, *B. intermedia* eggs were collected upon dissection of previously superparasitized host pupae, surface sterilized and placed on sub-natural media based on *G. mellonella* pupal homogenate, prepared by the method described by Bratti & Monti (1988).

2. Rearing of *B. intermedia* on oligidic diets based on components of animal origin (Dindo & Campadelli, 1992).

B. intermedia was cultured from the egg stage on four media. The first (a) contained bovine serum (≈78%), *G. mellonella* pupal extract (≈18%), trehalose (2%), chicken egg yolk (2%). The host extract was prepared according to the method described by Bratti (1989). The second (b) contained lyophilized bovine serum (≈3.5%), in addition to the ingredients used in diet (a). The third (c) was based on commercial beef homogenate for human babies (Plasmon ®) alone, and the fourth (d) contained ≈80% commercial beef homogenate and ≈20% host extract.

3. Artificial culture of *B. intermedia* on oligidic diets based on commercial meat homogenates for human babies (Dindo *et al.*, 1994)

B. intermedia was reared from the egg stage on three diets respectively based on commercial beef, veal, and chicken homogenates for human babies (Plasmon®). All of them contained ≈80% homogenate and ≈20% *G. mellonella* pupal extract.
In order to investigate the possibility of reducing the amount of host material in the diet, three diets, all based on commercial veal homogenate, were compared. The three diets contained 20%, 15% and 10% host extract, respectively.

In all of the experiments, diets were supplemented with 0.006% gentamycin sulphate, to inhibit bacterial contamination (Bratti & Monti, 1988), and set in 1-2% agar, to prevent the larvae from being submerged. Eggs were collected as described in experiment 1) and placed singly into wells of plastic 24-well plates (Nunclon), each containing about 0.4 cc of diet. The plates were sealed and kept at 26±1°C under constant darkness, except during daily visual examination.

Results

1. *B. intermedia* was found to be able to develop in host pupae killed before being exposed to parasitoid females, but fewer adults (11.3%) emerged than from control host pupae (55%). Of 50 *B.*

intermedia eggs placed on *G. mellonella* pupal homogenate most hatched and two-thirds developed to mature larvae. However, only two larvae pupated and one fecund adult female was obtained. Despite the few adults obtained, it was demonstrated that complex physiological interactions are not indispensable to ensure successful parasitoid development.

2. On the bovine serum-based diets (a) and (b), partial success was achieved by Mellini *et al.* (1991, publ. 1994) by rearing the tachinid *Pseudogonia rufifrons* Wied. On these diets several puparia formed, but in most cases the adults failed to completely emerge. Diets (a) and (b) were however inadequate for *B. intermedia*, as on the first all larvae died prior to maturing and on the second a few larvae reached maturity, but no normal pupa was obtained. Diet (c), based on beef homogenate alone, was also completely inadequate, as, following egg hatching, no larval development occurred. On diet (d), composed of beef homogenate integrated with host material, several larvae matured and eliminated faeces. Some pharate and two normal pupae were obtained. Two adult females emerged from the normal pupae, one of which was fecund. The time for completion of larval development (up to the elimination of faeces) was approximately twice as long as that in the host, which generally takes 6-8 days at 26°C.

3. The commercial meat homogenates were selected as ingredients in artificial diets for *B. intermedia* because they were thought to contain all the necessary nutrients for the parasitoid, based on the assumption that the basic qualitative requirements of parasitic insects are similar to those of other animals (House, 1977).
In all of the diets, most eggs hatched and about 80% larvae reached maturity and eliminated faeces. Although most individuals died while pupating, a number of normal pupae and adults were obtained. The veal diet gave the highest percentage yield of adults (27.4%). The yields obtained on the beef and the chicken diets were 10.1% and 9.8%, respectively. The reason why veal homogenate was more efficient than were beef and chicken is presently unknown. From the composition reported on the label, however, was noted no apparent difference among the nutrient contents of the three homogenates.
The adults obtained in all of the diets were comparable in size to those reared from *G. mellonella* pupae and were fecund. The females readily oviposited in *G. mellonella* pupae. The eggs were viable and produced a normal second generation in the host. The development times from egg to adult were 1-2 days longer in the diets than those usually observed in the host at the same temperature.
When host material was reduced to 15%, a few pupae and adults were obtained on veal diets, whereas no pupae and adults were obtained on diets containing 10% pupal extract.

Conclusions

B. intermedia can be reared from the egg to the adult stage on oligidic diets. Commercial meat homogenates, that are practical and easy to use, are potentially effective ingredients in such media. More research is needed, however, to integrate them with adequate components, both to increase the yields of adults and reduce host material in the diet. It has to be emphasized that the final goal of the *in vitro* culture of parasitoids is to eliminate host rearing. This is obviously not possible if artificial media have to be integrated with host material. Complete *in vitro* culture of parasitoids on diets devoid of host components has to date been obtained for a few species, including *Trichogramma* spp. (see Bratti, 1990), *Brachymeria lasus* (Walk.) (Thompson, 1980), *E. bryani* (Bratti & Nettles, 1992), *E. larvarum* (Mellini *et al.*, 1994; Bratti *et al.*1994). Nettles (1990) showed that *in vitro* development of at least some species of parasitoids is dependent on certain host chemicals, the isolation and identification of which may be important for the development of media for *B. intermedia* devoid of host material.

Continuous rearing of *B. intermedia* in the absence of the host will necessitate oviposition by the adult female into the diet. Further study on parasitoid biology and behaviour is therefore required to determine physical and chemical cues leading to oviposition. Till now some success has been achieved in continuous artificial culture for a few parasitoid species of the genus *Trichogramma* (see Bratti, 1990).
Moreover, the utilization in IPM programmes of *B. intermedia* reared *in vitro* requires the comparison of the biological traits of the parasitoids obtained in the artificial media with those obtained from the host, in terms of longevity, fecundity and host selection behaviour.

Acknowledgements

Thanks are due to Prof. Egidio Mellini for reviewing the manuscript.

References

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. Ent. "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. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna **44**: 169-220.
BRATTI, A. & MONTI, M., 1988. Allevamento *in vitro* delle larve di *Pseudogonia rufifrons* Wied. (Dipt. Tachinidae) su omogeneizzato di crisalide di *Galleria mellonella* L. (Lep. Galleriidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, **43**: 115-126.
BRATTI, A. & NETTLES W.C., 1992. *In vitro* rearing of *Eucelatoria bryani*: improvements and evaluation of factors affecting efficiency. Entomol. exp. appl., **63**: 213-219.
BRATTI, A., CAMPADELLI, G. & MARIANI, M., 1994. Allevamento *in vitro* di *Exorista larvarum* (L.) su dieta priva di componenti derivati dall'ospite. Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" (in press).
DELRIO, G., LUCIANO, P. & PROTA, R., 1983. I parassiti di *Malacosoma neustria* L. in Sardegna. Atti XIII Congr. Naz. It. Ent.: 237-244.
DELRIO, G., LUCIANO, P. & PROTA, R., 1988. I parassiti di *Tortrix viridana* L. in Sardegna. Atti XV Congr. Naz. It. Ent.: 407-414.
DINDO, M.L., 1990. Alcune osservazioni sulla biologia di *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym. Chalcididae) *in vivo* e *in vitro*. Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, **44**: 221-232.
DINDO, M.L. & CAMPADELLI, G., 1992. Preliminary studies on the artificial culture of *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym. Chalcididae) on oligidic diets. Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, **46**: 93-99.
DINDO, M.L., SAMA, C. & FARNETI, R., 1994. Allevamento *in vitro* di un endoparassitoide pupale, *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae). Atti XVII Congr. Naz. Ital. Ent.: 639-641.
HOUSE, H.L., 1977. Nutrition of natural enemies. In: Biological control by augmentation of natural enemies (R.L. Ridgeway & S.B. Vinson, Eds.) - Plenum Press, New York:150-182.
LUCIANO, P. & PROTA, R., 1980/81. Indagini sul parassitismo in aree forestali ad alta densità di *Lymantria dispar* L. Studi Sass. , sez. III, Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, **28/29**: 153-167
LUCIANO, P.& PROTA, R., 1984. La dinamica di popolazione di *Lymantria dispar* (L.) in Sardegna. III. Indicatori biologici della gradazione. Frustula Entomologica, **7-8**: 613-630.
MARTELLI, M. & ARRU, G.M., 1958. Ricerche preliminari sull'entomofauna della quercia da sughero (*Quercus suber* L.) in Sardegna. Boll. Zool. agr. e Bachic, **II, 1**: 1-49.

MELLINI E., 1975. Possibilità di allevamento di insetti entomofagi parassiti su diete artificiali. Boll. Ist. Ent.Univ. Bologna, **32**: 169-220.

MELLINI, E., 1983. L'ipotesi della dominazione ormonale, esercitata, esercitata dagli ospiti sui parassitoidi, alla luce delle recenti scoperte nella endocrinologia degli insetti. Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna, **38**: 135-166.

MELLINI, E., BRATTI, A. & CAMPADELLI, G., 1994. Allevamento *in vitro* di *Exorista larvarum* (L.): diete e tecniche per la produzione massale. Atti XVII Congr. Naz. Ital. Ent.: 593-596.

MELLINI, E., CAMPADELLI, G. & DINDO, M.L., 1994. Possibile impiego di plasma bovino nell'allestimento di diete artificiali per le larve del parassitoide *Pseudogonia rufifrons* Wied. M.A.F. - Convegno "Lotta biologica", Acireale 1991 (G. Viggiani ed.), Ed. Ist. Sper. Pat. Veg., Roma: 41-54.

NETTLES, W.C., 1990. *In vitro* rearing of parasitoids: role of host factors in nutrition. Arch. Ins. Biochem. Physiol., **13**: 167-175.

PROTA, R., 1974. Note sulla cenosi lepidotterica di *Quercus suber* L. e sulle fluttuazioni di alcune specie dannose fotosensibili. Redia, **55**: 439-461.

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., 1981. *Brachymeria lasus*: culture *in vitro* of a chalcid insect parasite. Exp. Parasit., **52**: 414-418.

THOMPSON S.N., 1986. Nutrition and *in vitro* culture of insect parasitoids. Ann. Rev. Entomol., **31**: 197-219.

SURVEILLANCE ET LUTTE CONTRE LE BOMBYX DISPARATE AU MAROC

Mohammed Hamdaoui
Inspection Régionale de la Protection des Végétaux
Chefchaouen- Maroc.

Résumé

Le Bombyx disparate est un défoliateur redoutable des chênes au Maroc. Il provoque des défoliations partielles ou totales dont l'étendue peut atteindre plusieurs milliers d'hectares d'un seul tenant. Comme tous les ravageurs à rhytme cyclique, le niveau de population du Bombyx disparate passe par des pics de culmination entre lesquels, l'insecte reste présent à un faible niveau, pendant les périodes de latence qui peuvent durer de 6 à 12 ans. Au Maroc, la surveillance de ce ravageur se base sur l'interprétation des valeurs prises par un certain nombre de descripteurs des populations de l'insecte, du chêne-liège et de leur interaction. Le risque de défeuillaison est estimé à la base des valeurs observés concernant le nombre de ponte par arbre et le nombre d'oeufs viables par arbre. Quant au traitement phytosanitaire, il ne doit être appliquer qu'une fois les éclosions des oeufs et le débourrement du chêne-liège sont achevés. On ce qui concerne la stratégie de lutte; il est recommandé de traiter les foyers en période de progradation ou moment où les populations sont encore peu denses et peu étendues. Toute intervention en période de culmination ne risquerait que de reporter de 1 ou 2 ans plus tard la pullulation. Généralement les traitements sont effectués par voie aérienne. Les produits utilisés pour les traitements sont à base de *Bacillus thuringiensis* ou des inhibiteurs de croissance.

Introduction

Le Bombyx disparate *Portheria (Lymantria) dispar* est inféodé essentiellement aux chênes (*Quercus spp)*. L'insecte, vraisemblablement originaire du Japon, a gagné de proche en proche, quelques pays de l'Asie, l'Europe et l'Afrique du Nord. Au Maroc, *P. dispar* a colonisé toutes les forêts de chêne. Dans les suberaies atlantiques, où il est considéré comme le redoutable défoliateur, il pullule de façon cyclique.L'avant dernière gradation s'est étalée de 1972 à 1981 et la nouvelle pullulation à été enregistré en 1993 et en 1994.Une défoliation, même totale ne provoque pas la mortalité de l'arbre. Toutefois, elle se traduit par la réduction ou par la suppression des fonctions exercées par les feuilles, notamment la photosynthèse.

Surveillance

La surveillance peut être définie comme l'ensemble des procédures qui permettent de détecter les ravageurs, d'estimer leurs effectifs, d'évaluer le risque de dégâts, de mesurer les déprédations effectives et de prévoir l'évolution des populations (Fraval *et al.*,1989).
Comme tous les ravageurs à rythme cyclique, le niveau de population du Bombyx disparate passe par des pics de culmination entre lesquels, l'insecte reste présent, à un niveau faible, pendant les périodes de latence qui peuvent durer de 6 à 12 ans. Ces fluctuations dépendent de nombreux facteurs capables d'influer sur la multiplication et la survie de la population. Les plus importants semblent être la qualité et la quantité de la nourriture et le cortège d'ennemis naturels.
On distingue trois régimes:
- Le régime latent: les effectifs larvaires sont faibles et constants (chênaies de Taza)
- Le régime cyclique: caractérisé par l'alternance de fortes et de faibles densités de populations (forêt Mamora).

- la régime permanent: dans ce cas les populations de chenilles sont abondantes à l'éclosion, mais régulées par des entomophages (subéraie Bouhani à Larache).
Le mécanisme de régulation (faune auxiliaire, nutrition, etc.) des cycles ou le passage d'un cycle à l'autre ne sont pas encore élucidés, ce qui fait que le bombyx disparate est à pullulations parfois imprévisibles; d'où la nécessité d'une surveillance à long terme aboutissant à la construction d'un modèle d'évolution des populations fiable. A court terme la surveillance doit aboutir à la prévision des zones défeuillées et à la détermination, à l'avance, de la date de traitement.

Détermination des zones à traiter

Pour connaître les forêts de chênes à traiter contre le bombyx disparate, il faut déterminer les zones susceptibles de subir une défeuillaison totale ou partielle. Les résultats des trois opérations suivantes nous renseignent sur le risque de cette défeuillaison.
1. Cartographie des défeuillaisons.
Bien que la cartographie des défoliations ne peut être employée pour quantifier les populations de la génération suivante, elle permet de déterminer les zones d'observation pour l'estimation du nombre de ponte par arbre.
En effet l'observation systématique de toutes les stations fixes d'un réseau de surveillance demanderaient plus de moyens, et donnerait des résultats moins fiables en période de latence.
Ainsi les foyers d'infestations seront localisés dés leur apparition, et ne seront traités que, si les valeurs estimées des autres descripteurs confirme le risque d'une nouvelle défoliation.
2. Estimation de l'effectif de pontes par arbre.
La détermination de ce descripteur est une simple opération qui se réalise par le comptage à vue des pontes déposées au niveau du tronc ou des branches. Seulement, il faut distinguer entre les pontes anciennes (blanchâtres) et les pontes nouvelles (chamois ou jaunâtres). Pour chaque station d'observation ou transect, on estime l'effectif moyen des pontes par arbre , qui permet de classer les forêts selon une échelle approximative du risque de défeuillaison (tableau n°1) (Hamdaoui ,1988).

Tableau 1 - Echelle approximative du risque de défeuillaison.

Effectif de pontes/arbre	**risque de défeuillaison**
0 à 10	faible
10 à 50	moyen
50 à 100	fort
supérieur à 100	très fort

3. Estimation de l'effectif d'oeufs viables par arbre.
C'est une opération d'intérêt pratique car elle permet de minimiser les erreurs pouvant affecter l'estimation du nombre de pontes, et donne ainsi plus de précisions sur l'abondance prévue des chenilles. L'analyse de différents échantillons de pontes récoltées se fait sous la loupe binoculaire. En effet, après dépouillement des pontes on distingue les oeufs stériles, parasités et viables.

Détermination de la date de traitement

L'efficacité du traitement contre le bombyx disparate dépend, entre autres, de la date d'intervention. Le traitement phytosanitaire ne doit être exécuté qu'une fois les éclosions des oeufs et le

débourrement des arbres sont achevés. En effet, les produits actuellement utilisés n'agissent que par ingestion, par conséquent, la couverture insecticide du jeune feuillage (principale nourriture des chenilles néonates), doit être totale.

La lutte

Les subéraies comme les autres peuplements forestiers constituent un lieu permanent dans lequel des réseaux complexes d'interactions se créent, avec intervention de nombreux facteurs de régulation. Tout dérangement de ces interactions, peut déséquilibrer, à long terme, cet ensemble biologique. Par conséquent, la conception de la protection phytosanitaire en forêt doit être différente de celle appliquée en Agriculture.

Contre Bombyx disparate, la stratégie de lutte consiste à mener une surveillance vigilante des fluctuations de populations du ravageur. En phase de latence, les interventions phytosanitaires doivent être rigoureusement dirigées contre les foyers d'infestations pour éviter la progradation. En phase de progradation, les décisions de traitement sont prises en fonction du risque de défeuillaison déterminées par les valeurs des descripteurs de la prognose.

Au Maroc la première action de lutte contre le Bombyx disparate était de nature biologique. C'est en 1927 qu'a eu lieu l'introduction du parasitoïde *Ooencyrtus kuwanae* (Howard) (De Lepiney, in Fraval *et al.*, 1989) cet hyménoptère, originaire du Japon s'est acclimaté sans difficulté. Cependant il apparaît incapable d'empêcher les pullulations cycliques du ravageur.

L'utilisation d'un organo-chloré en 1957 sur 7600 ha a eu des effets négatifs sur l'environnement et depuis lors, la seule catégorie de produits chimiques utilisée en forêt marocaine est celle des inhibiteurs de la synthèse de la chitine (inhibiteurs de croissance) à base de benzoyl-urée. Les matières actives homologuées actuellement au Maroc sont le Diflubenzuron, Triflumuron et l'Hexaflumuron. Les spécialités à base de ces matières actives sont pulvérisées surtout en ULV à raison de 3 à 5 l/ha diluées dans du gaz oil.

Pour la lutte microbiologique ce sont les préparations à base de la bactérie *Bacillus thuringiensis* qui sont homologuées et utilisées à grande échelle. Elles sont pulvérisées en ULV à 5 l/ha quand elles sont diluées dans l'eau et à raison de 2 l/ha à l'état pure.

Les superficies traitées contre le Bombyx disparate depuis 1980 figurent dans le tableau n°2.

Tableau 2 - Superficies traitées contre le Bombyx disparate depuis 1980 (Graf & Hamdaoui, 1994).

Année	Superficie (ha)
1980	0
1981	11.000
1982	0
1983	0
1984	0
1985	0
1986	16
1987	376

Année	Superficie (ha)
1988	0
1989	70
1990	200
1991	912
1992	1.382
1993	720
1994	18.000

La pulvérisation des produits de traitement se fait surtout par voie aérienne, car les traitements terrestres sont souvent difficile à réaliser, surtout lorsque le terrain est inaccessible, les arbres sont trop haut où quand il s'agit de traiter en peu de temps, de grandes superficies. Ceci étant, il est toujours possible dans les situations particulières(lisières, petits foyers d'infestations, le long des

routes, etc.) d'intervenir à l'aide de pulvérisateur monté sur camion. C'est une opération qui est moins chère que l'intervention aérienne.
Il est difficile d'évaluer l'efficacité exacte d'un traitement contre le Bombyx disparate, car la période entre l'application du produit et la mortalité du ravageur peut durer plusieurs semaines, les chenilles mortes tombent par terre, et leur dénombrement devient impossible. Il reste la possibilité d'estimer l'effectif des chenilles vivantes par arbre avant et après le traitement pour juger l'efficacité de l'opération. L'autre moyen c'est la comparaison entre le nombre de ponte ancienne avec celui des pontes de la nouvelle génération.

Références bibliographiques

FRAVAL, A., GRAF, P., HAMDAOUI, M., KADIRI, Z., RAMZI, H., & VILLEMANT, C. 1989: *Lymantria dispar*, Documents scientifiques et techniques. Edition Acte, pp 220.
GRAF, P., HAMDAOUI, M., EL HASSANI, A., HARRACHI, K., MESSAOUDI, J., MZIBRI, M. & STIKI, A., 1994: Ravageurs et maladies des forêts au Maroc " Guide Pratique pour la protection phytosanitaire des forêts" (sous presse).
HAMDAOUI, M., 1988: Biologie et surveillance de *Lymantria dispar*. journées regionales sur la protection phytosanitaire des forêts, pp 36.

BACILLUS THURINGIENSIS IN THE MANAGEMENT OF GYPSY MOTH (*LYMANTRIA DISPAR* L.) IN SARDINIAN CORK-OAK FORESTS[1]

Andrea Lentini & Pietro Luciano

Istituto di Entomologia agraria, Università di Sassari

Abstract

Aerial spray trials with four preparations of *Bacillus thuringiensis* Berl. subsp. *kurstaki* against *Lymantria dispar* L. were carried out, during 1990-93 in Sardinian cork oak forests. Applications from 31.75 to 63.5 BIU/ha gave significant reductions in larval density (generally more than 80% at 15d after treatment) and good foliage protection, while the distribution of only 16 BIU/ha reduced larval density by less than 30%. In these experiments, *Bacillus thuringiensis* did not prove to have any direct effect on the beneficial insects.

Introduction

Extensive defoliation by the gypsy moth periodically causes damage to the Sardinian cork production (Cambini, 1971; Prota e Luciano, 1989). In response to the ever-increasing awareness of the need to control the gypsy moth infestations, large cork-oak forest areas were subjected to microbiological control tests, avoiding any upset to the delicate ecosystemic equilibrium. In particular, various preparations based on *Bacillus thuringiensis* Berl. subsp. *kurstaki* (*B.t.k.*) were distributed aerially, observing the product and modality most suitable to a Mediterranean enviroment. The present paper reports the results of the 4-year period 1990-93.

Materials and Methods

The products used were: Bactucide P (Caffaro), wettable powder, distributed at low volume (LV) in 1 Kg/ha dosage; Bactucide S (Caffaro), aqueous flowable concentrate formulation, distributed at ultra low volume (ULV) in 7 l/ha dosage; Bactospeine (Siapa), wettable powder, distributed at LV in 2 Kg/ha dosage; Foray 48 B (Novo Nordisk), aqueous flowable concentrate formulation, distributed at ULV in 2.5 l and 5 l per ha dosage.
Treatment was carried out by helicopter equipped with a 12-m bar carrying 52 hydraulic nozzles for LV distribution or 4 rotary nozzles (Micronair) for ULV distribution.
The trials were carried out on homogeneous forest areas. Three square plots were established for the untreated control and another three for each treatment. The plots varied in size from 20 ha to 49 ha according to the year. Treatments were assigned in a complete randomized block. Each plot was divided into 16 sub-plots, and 4 trees, nearest to the intersection points (excluding the peripherical ones), were labelled N, S, E and W. Gypsy moth population densities were determined by egg-mass counts on the 36 trees per plot before and after treatment.
Treatment efficacy was evaluated before treatment and then at 7, 14 and 21d by counting the larvae on four 30-cm branch tips corresponding with the 4 cardinal points in each of the 36 trees. The 4 branch tips were selected from the outer foliage at 3-4 m above the ground. These larval density data were elaborated statistically using analysis of variance. Observations on the parasitism were conducted on various larval instars collected randomly by beating trees in the centre of the relevant treatment plots (and also control) at 3, 7, 14, 21 and 28d after treatment. Untreated leaves were supplied as food for ca. 15d or until the later instars became pupae. Further collections were carried out by taking pupae

[1] Work supported by Italian Ministero delle Risorse Agricole Alimentari e Forestali, Special grant "Lotta biologica ed integrata per la difesa delle colture agrarie e delle piante forestali".

from the same sites. The samples collected were placed individually into plastic containers until emergence of the *Lymantria* adults or parasitoid. The pupae inert after ca. 20d were disected to verify whether death was due to entomophages.

Results

In 1990, treatment with 16 BIU/ha caused a 13% decline in the *Lymantria* larval population after 7d and a 29.8% decline after 14d without preventing total defoliation, whereas with ca. 60 BIU/ha more than 80% decline resulted. The latter afforded effective protection to the trees, notwithstanding, at the moment of intervention, the high degree of the infestation (more than 5 larvae/branch tip) with 30% of the population consisting of III instar larvae (Tab. I, 1990). In 1991, the infestation was less severe (2 larvae/brach tip) and intervention more timely (at least 90% of the larval population consisted of I and II instars); 32 BIU/ha was sufficient to cause ca. 80% mortality (Tab. I, 1991). In 1992 exceptionally low spring temperatures (12 °C-17 °C during the week following treatment) reduced larval food assimilation and metabolism with consequent reduction in treatment efficacy (Maksimovic, 1958; Yendol *et al.*, 1975), mortality being half that in preceding years (Tab. I, 1992, Foray). In 1993, a single application at 63.5 BIU/ha was compared with 2 applications a week apart at 31.75 BIU/ha. Efficacy was similar in both cases with mortality of more than 80% at 14d after the 1st application; during the 7d between the 2 applications, the larval population developed from 83% of I and II instars into 88% of III, IV and V instars, thereby rendering ineffective the 2nd application (Tab I, 1993).

Egg-mass sampling in 1990, a year of high infestation, showed far less new deposition in the control plots (-87.5%) whereas the reductions in the treatment plots were 28.4% (Foray 48B) and 44.4% (Bactucide P). In the later trials (years of low infestation), egg-mass reduction was generally proportional to larval mortality observed after treatment, with the exception of 1992, when applications of Bactospeine resulted in 19% egg-mass reduction compared with 38% in the control plots (Tab. I).

Among the parasitoids of the II, III and IV larval instars, the Braconids *Apanteles porthetriae* Muesebeck and *Meteorus pulchricornis* (Wesmael) were the most frequent, while *A. melanoscelus* (Ratzeburg) and the Tachinids *Compsilura concinnata* (Meigen) were somewhat infrequent. These parasitoids had little effect in any of the trated or untrated plots, excepting *A. porthetriae* which parasitized up to 30.34% control plot larvae in 1991. Among the other Tachinids, *Blepharipa pratensis* (Meigen) proved to be the most active, causing 36% mortality; its incidence in the controls generally equaled or exceeded that in the treated plots, excluding 1990 when the control larval populations were greatly reduced through starvation, preventing observation of larval parasitization in the later stages. *Parasetigena silvestris* (Robineau-Desvoid) appeared in 1991 and 1992 with as much as 7% mortality. *Exorista larvarum* (L.), however, only appeared sporadically during the 4 years (Tab. II).

Pupal parasitism was generally quite high. *B. pratensis*, the more prevalent entomophage, occurred more or less uniformly in all the plots, determinig up to 80% mortality. *Brachymeria intermedia* (Nees) (Calcididae) incidence was extremely variable, the higest values (from 30% to 45%) being recorded in the 1993 controls. Only rarely was the emergence noted of *E. larvarum* and the Ichneumonids *Pimpla istigator* (Fabricius) and *Theronia atalante* (Poda). However, a greater level of Ichneumonid activity can be presumed from the presence of Sarcophagids found in the pupae, most evident in 1992. The hyperparasite *Monodontoremus aereus* Walker was constantly obverved in the controls, whereas *Dibrachys cavus* Walker only occurred rarely (Tab. III).

Conclusions

Although it was not possible to compare exhaustively the effects of each of the four products in various cork-oak environments during the same year, useful information was obtained for their efficacious employment. Application at 16 BIU/ha (Bactucide P) was insufficient to provide adequate foliage protection, whereas ca. 60 BIU/ha (Foray and Bacxtucide S) caused more than 80% mortality even when 30% of the phytophagous populations already consisted of III instars, guaranteeing

Tab. I - Gypsy moth egg-mass and larval densities in *B.t.k.* treated and untreated cork-oak plots (Sardinia, 1990-93).

Year	Treatment	BIU/ha	Egg-mass per tree		Larvae per 30 cm branch tip			
			Pre-treatment	Post-treatment	Pre-treatment	Post-treatment		
						A*	B	C
			(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)	(n.)
1990	Foray 48B	63.50	43.9	31.4	5.16 a**	2.89 b	0.98 c	
	Bactucide P	16.00	53.3	29.6	5.07 a	4.37 a	3.59 a	
	Untreated		50.8	6.3	4.89 a	6.99 b	T.D.	
1991	Foray 48B	31.75	7.76	0.33	1.59 a	0.38 b	0.24 b	0.23 b
	Bactucide S	56.00	7.19	1.04	1.42 a	0.52 b	0.28 b	0.22 b
	Untreated		4.99	1.52	1.50 a	1.24 a	1.07 a	0.98 a
1992	Foray 48B	31.75	2.63	0.43	0.60 a	0.38 ab	0.28 b	0.25 b
	Bactospeine	32.00	1.93	1.55	0.77 a	0.46 b	0.45 b	0.49 b
	Untreated		2.04	1.26	0.91 a	0.94 a	0.83 a	1.08 a
1993	Foray 48B	31.75 x 2#	11.83	4.42	1.67 a	0.32 b	0.30 b	0.21 b
	Foray 48B	63.50	8.86	2.5	1.68 a	0.31 b	0.26 b	0.17 b
	Untreated		13.94	21.2	2.14 a	1.67 a	T.D.	

* Days after treatment: A = 7; B = 14; C = 21.
** Values reported in the same line followed by the same letter have no significant difference (P<0.05).
T.D. = total defoliation.
# The total distribution of 63.5 BIU/ha was applied in 2 equal doses a week apart.

Tab II - Parasitism of gypsy moth larvae in *B.t.k.* treated and untreated plots (Sardinia, 1990-93).

Year	Treatment	BIU/ha	% Parasitism						
			Apanteles porthetriae Muesebeck	*Apanteles melanoscelus* (Ratzeburg)	*Compsilura concinnata* (Meigen)	*Meteorus pulchricornis* (Wesmael)	*Exorista larvarum* (L.)	*Parasetigena silvestris* (Robineau-Desvoid)	*Blepharipa pratensis* (Meigen)
1990	Foray 48B	63.50							1.64 - 36.54
	Bactucide P	16.00					1.75		16.49 - 32.02
	Untrated								4.08 - 5.08
1991	Foray 48B	31.75	0.23 - 23.98	0.52		0.38		0.38 - 1.57	5.76 - 30.89
	Bactucide S	56.00	9.47			0.53		0.56 - 4.42	14.12 - 26.99
	Untrated		4.90 - 30.34			0.47		0.63	22.16 - 35.13
1992	Foray 48B	31.75	3.00			1.00 - 6.67		1.09 - 2.00	7.00 - 11.00
	Bactospeine	32.00		1.00	1.00	3.50	2.00	3.00	6.00 - 9.00
	Untrated					2.00 - 3.00		1.00 - 7.00	7.00 - 36.00
1993	Foray 48B	31.75 x 2	0.31 - 0.58	0.35					5.94 - 15.04
	Foray 48B	63.50	0.58			0.68			4.93 - 16.15
	Untrated		1.00			1.03	1.49		4.00 - 13.43

N.B.: one value only indicates that no other were found in the samples; otherwise, minimum and maximum values are reported.

Tab III - Parasitism of gypsy moth pupae in *B.t.k.* treated and untreated plots (Sardinia, 1990-93).

Year	Treatment	BIU/ha	% Parasitism						
			Exorista larvarum (L.)	*Blepharipa pratensis* (Meigen)	*Brachimeria intermedia* (Nees)	*Pimpla instigator* (Fabricius)	*Theronia atalante* (Poda)	*Diptera Sarcophagidae*	Hyper-parassites
1990	Foray 48B	63.50		41.63 - 54.49	2.39 - 5.80				0.58 - 1.67
	Bactucide P	16.00		38.83 - 39.00	4.24 - 13.57	0.26	0.94		1.58 - 4.94
	Untreated			26.00	5.86				9.60
1991	Foray 48B	31.75		57.78 - 63.38	2.82 - 11.06			0.47 - 2.51	
	Bactucide S	56.00		47.87 - 55.22	4.48 - 9.57			1.49 - 7.45	
	Untreated			61.71 - 64.66	4.06 - 4.42			0.40 - 1.80	0.40 - 1.35
1992	Foray 48B	31.75		60.50 - 80.00	1.00			5.00	
	Bactospeine	32.00		53.00 - 75.72	1.00			5.50	
	Untreated			41.11 - 72.93	1.11			11.04 - 40.00	1.11
1993	Foray 48B	31.75 x 2		32.00 - 48.50	3.00 - 7.50			3.00	
	Foray 48B	63.50	1.00 - 2.00	27.00 - 42.00	2.50 - 10.50			3.00	0.50
	Untreated			21.50 - 40.50	30.50 - 45.50			2.00 - 3.00	1.00

N.B.: one value only indicates that no other were found in the samples; otherwise, minimum and maximum values are reported.

effective control against the highest infestations. Accurate timing is essential: in the case of low infestations (2 larvae/brach tip), when at least 90% of the larval population consists of I and II instars, 32 BIU/ha determines more than 80% mortality. An important advantage is obtained from the application of the undiluted product at ULV, thereby providing greater aircraft productivity and reducing ground support requirements. Another important factor is the question of climate: as seen in the results, lowering of spring temperature can reduce treatment efficacy and necessitate a second application.

New deposition sampling did not always show proportional relationship between treated larvae mortality and egg-mass reduction. Large infestations normally result in total defoliation before larval maturity, and the consequent scarcity of food causes high mortality or emigration to less infested areas. Therefore, where treatment is confined to only a part of the highly infested area, new depositions will be numerous, following immigration of almost mature larvae. On the other hand, in lesser infestations egg-mass counting may serve as an index of treatment efficacy. Comparing treated areas with controls, attention must be given to mortality due to natural causes dependent upon population density; a lower mortality incidence due to Braconids was observed in the former than in the latter, probably attributable to death from treatment of the young instars possibly already parassitized. Also *B. intermedia* showed a higher percentage of parasitism in the controls, the adults prefering these sunnier, defoliated areas (Luciano et al., 1991 e 1992). The Ichneumonids (Hymenoptera) can be attracted by the relatively higher *L. dispar* population densities in the controls, as may be indirectly demonstrated by some cases of greater Sarcophagids (Diptera) emergence from the pupae than in the treated plots (Campbell, 1963). However, in these experiments, *B. thuringiensis* did not prove to have any direct effect on the beneficial insects.

References

CAMBINI A., 1971. Valutazione dei danni causati dagli insetti defogliatori alla quercia da sughero. Atti del 1° Convegno Regionale del Sughero (Tempio Pausania, 14-16 ottobre 1971): 327-339.

CAMPBELL R. W., 1963. Some Ichneumonid-Sarcophagid interaction in the gypsy moth *Porthetria dispar* (L.) (Lepidoptera Lymantriidae). Can. Ent., **95** (4): 337-345.

LUCIANO P., FLORIS I., LENTINI A., PROTA R., DEIANA P., LANGIU G., 1991. Impiego del *Bacillus thuringiensis* Berl. nella lotta alla *Lymantria dispar* L. in boschi di *Quercus suber* L. Atti Convegno "Problematiche fitopatologiche del genere Quercus in Italia" (Firenze, 19-20 novembre 1990): 341-355.

LUCIANO P., FLORIS I., LENTINI A., PROTA R., DEIANA P., LANGIU G., 1992. Impiego del *Bacillus thuringiensis* Berl. nella lotta alla *Lymantria dispar* L. in boschi di *Quercus suber* L. II. Risultati della sperimentazione condotta nel 1991. Redia, **75** (2): 549-563.

LUCIANO P., PROTA R., 1993. Risultati dell'applicazione di preparati a base di *Bacillus thuringiensis* Berl. a protezione dei boschi di *Quercus suber* L. M.A.F. - Convegno "Piante forestali", Firenze 1992 (coord. M. Covassi), ed. Ist. Sper. Pat. Veg., Roma: 117-124.

MAKSIMOVIC M., 1958. Experimental research on the influence of temperature upon the development and the population dynamics of the gypsy moth. *In*: Population dynamics of the gypsy moth: an annotated bibliography. U.S.D.A. Forest Serv. Gen. Technical Report NE48 (1978): 124 pp.

PROTA R., LUCIANO P., 1989. Elementi di previsione delle infestazioni in sugherete sarde e prospettive di difesa. Atti "Convegno sulle avversità del bosco e delle piante arboree da legno" (Firenze, 15-16 ottobre 1987): 287-304.

YENDOL W. G., HAMLEN R. A., ROSARIO S. B., 1975. Feeding behavior of gypsy moth larvae on *Bacillus thuringiensis* treated foliage. J. Econ. Entomol., **68**: 25-27.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The phytosanitary conditions of the cork-oak forests are for the most part very similar in 5 of the 7 countries where this species is found. The most common and harmful pathogenous agents in the various environments proved to be: *Cystodendron dryphilum*, *Lembosia quercina* and *Septogloeum dryophilum* responsible for leaf diseases and sometimes total defoliation; *Diplodia mutila*, *Endothiella gyrosa* and *Hypoxyon mediterraneum* cause withering and cankers on trunks and branches; *Armillaria mellea* and *Phytophthora cinnamomi* cause root and collar rot. The participants noted that over the past few years there has been a general worsening of the conditions of the cork-oak forests with the spread of serious decline. Studies should therefore be intensified not only on the specific composition and biology of the parasitic microflora, but in particular on the host-parasite relation and the role played by biotic and abiotic factors that predispose the trees to parasitic attacks. The pathologist's attention should also be focused on the study of fungi which grow on the cork (when this is still on the plant, after the bark has been removed, during and after the working) and which certainly influence its quality. Interesting research is being carried out at the moment in Portugal and Sardinia and it is hoped that this will soon be taken up by other countries too.

Among the phytophagous pests the lepidopterous defoliators (especially *Lymantria dispar*) are the most harmful and, where the forests are in poor condition and declining (such as in wide areas of Portugal and Morocco), serious damage can also be produced by bark insects (such as beetles *Coraebus florentinus* and *C. undatus* and the ant *Crematogaster scutellaris*) and xylophagans (among which the beetles *Platypus cylindrus* and *Cerambix cerdo*). The excellent results that have recently been obtained in the control of *L. dispar* by applying various preparations based on *Bacillus thuringiensis* were also illustred.

It became clear during the meeting that common research projects coul be adopted. This appeared immediately feasible for the observations on the *L. dispar* density variations using egg-mass sampling techniques already successfully adopted in Morocco and in Sardinia. Mathematical models, useful in the study of passive and active population dispersal phenomena and in the forecasting of attacks, will also be developed for this pest. The importance of setting up experiments on the applicability of the different techniques of biological control was also emphasized. It would be advisable to test the efficiency of release of entomophagous insects known for limited environments (e.g. predators of the eggs recorded only in Morocco) and also of parasitoids reared on artificial diets (e.g. *Exorista larvarum* and *Brachymeria intermedia*).

Pathologists and entomologists did agree that, in order to avoid conditions of plant stress, greater attention should be paid to the forest management of the cork-oak areas particularly in relation to: the trees and underwood density, the correctness of the cork removal operation (forgoing the removal of cork in the very dry years or in the case of strong attacks by pests or pathogenous agents), the rationalization of grazing and agricoltural exploitation to allow natural regeneration of the forest and keep the soil adequately fertile.

Partecipants appreciated the step taken by the IOBC/WPRS Council in forming the Study Group and ackowledged the usefullness of the exchange of knowledge. They hope to be able to set out in the immediate future some common research lines concerning:

- the ecophysiology of the plant;
- a more correct forest management;
- the creation of a service to identify pathogenous fungi;
- the study of the cork-oak entomofauna in the Mediterranean area;
- the improvement of common sampling methods and research;
- the elaboration of models for surveillance and forecasting of pest infestations;
- the use of the European surveillance grid of the forest phytosanitary conditions (E.U. regulations No. 3528/86 and 1696/87) and its extention to the Maghreb countries;
- the drawing up of a list of all researchers working on cork-oak forest protection.

In the first stage it is thought advisable that European researchers prepare programmes to submit to the E. U. that stress the collaboration with colleagues from the Maghreb countries, where a large part of the cork manifactured in Europe is produced. In order to verify the progress of work it was proposed to hold a new meeting within three years in Morocco.

At the end of the meeting, the participants insisted quite strongly upon the need to sensitize both the authorities and the public of the interested countries about the serious and widespread state of decline of cork-oak forests and on the necessity to ensure, in a short time, effective and efficient integrated protection so as to preserve this precious natural resource for future generations.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La situation phytosanitaire des forêts de chêne-liège dans cinq des sept Pays où cette espèce est répandue est similaire. Parmi les agents pathogènes les plus répandus et nuisibles dans les milieux considérés on trouve: *Cystodendron dryphilum*, *Lembosia quercina* et *Septogloeum dryophilum* responsables d'altérations foliaires ou de défoliations parfois totales; *Diplodia mutila*, *Endothiella gyrosa* et *Hypoxyon mediterraneum* responsables de desséchements et de chancres des troncs et des branches; *Armillaria mellea* et *Phytophthora cinnamomi* sont la cause des pourritures des racines et du collet. Les intervenants ont souligné que durant ces dernières années on a assisté a une aggravation générale de l'état sanitarie des forêts de chêne-liège et a l'extension du phénomène de dépérissement. On estime, donc, opportun d'intensifier les études pour approfondir les connaissances non seulement sur la composition spécifique et la biologie de la flore microscopique parasite, mais aussi sur les rapports particuliers qu'elle instaure avec l'hôte et sur le rôle joué par les facteurs biotiques et abiotiques qui influencent la sensibilité des plantes aux attaques parasitaires.
L'attention des pathologues devrait, en outre, s'orienter vers l'étude des champignons qui s'installent sur le liège avant et après déliégeage et même usiné, dépréciant la qualité de celui-ci. Des recherches intéressantes sont actuellement en cours au Portugal et en Sardaigne et il est souhaitable qu'elles soient, le plus tôt possible, étendues à d'autres Pays.
Parmi les ravageurs, les lépidoptères défoliateurs (surtout *Lymantria dispar*) jouent un rôle de grande importance. Dans certains milieux, où les forêts sont surexploitées et dépérissantes (comme au Portugal et au Maroc) les dommages causés par les insectes corticoles (les Coleopteres *Coraebus florentinus* et *C. undatus* et le Formicide *Crematogaster scutellaris*) ou xylophages (les Coleopteres *Platypus cilindrus* et *Cerambyx cerdo*) sont, de toute façon, aussi graves que ceux de *L. dispar*. On a, aussi, illustré d'excellents résultats récemment obtenus pour contrôler les infestations de ce défoliateur par l'application de produits à base de *Bacillus thuringiensis*.
Pendant la réunion est surgie la possibilité d'adopter des méthodes communes d'études et de recherches. Cela est immédiatement faisable pour les recherches sur les variations d'abondance des populations de *L. dispar* au stade d'oeuf, en diffusant des tecniques d'échantillonnage adoptées déjà avec succès au Maroc et en Sardaigne. Pour ce phytophage, en outre, on développera des modèles mathématiques utiles pour l'étude des phénomènes de dispersions actives et passives de ces populations et pour la prévision des infestations.
On a, aussi, souligné l'importance d'entreprendre l'expérimentation sur l'applicabilité de différentes techniques de lutte biologique. A cet égard, on trouve opportun de vérifier l'efficacité de la diffusion soit d'auxiliaires déjà connus dans des milieux limités (par exemple les prédateurs d'oeufs signalés au Maroc seulement) soit des parasitoides élevés sur des substrats artificielles (par exemple *Exorista larvarum* et *Brachymeria intermedia*).
De toute façon les pathologues et les entomologues défendent à l'unanimité la nécessité d'apporter une plus grande attention aux opérations sylvicoles: densité des peuplements et du sous-bois, amélioration des opérations de déliégeage en évitant les récoltes de liège pendant les années particulièrement sèches ou après les défoliations par les phyllophages ou les agents pathogènes, rationalisation du paturage et de l'exploitation agricole pour maintenir la régénération naturelle et une fertilité convenable du sol et éviter ainsi les conditions de stress des arbres.
Les participants au meeting ont sûrement apprécié l'initiative de l'OILB/SROP de constituer le groupe d'étude et ils ont reconnu l'utilité des échanges de connaissances que ce groupe a permis. Ils souhaitent entreprendre dans un futur proche certains programmes de recherche communs:
- ecophysiologie de la plante;
- problèmes de gestion forestière;
- création d'un service de détermination des champignons pathogènes;
- étude de l'entomofaune globale du chêne-liège dans l'ensemble de la Méditerranée;
- l'élaboration de modèles de surveillance et de prognose des pullulations des phyllophages;
- mise au point de méthodes communes d'échantillonnage et de recherche;
- utilisation du réseau européen de surveillance de la situation phytosanitaire des forêts (règlements U.E. N. 3528/86 et 1696/87) et son extension aux Pays du Maghreb;
- création d'un annuaire de tous les chercheurs travaillant dans ce domaine.

Dans cette première phase, on a trouvé opportun que les chercheurs des Pays européens préparent des programmes, à sousmetre à l'Union Européenne, qui prévoient la collaboration avec les chercheurs du Maghreb, d'où provient une grande partie du liège travaillé dans les entreprises européennes. Pour poursuivre un tel but, on estime opportun de fixer une nouvelle rencontre qui doit se tenir dans les prochains trois ans au Maroc.
Enfin, les participants au meeting ont insisté tout particulièrement sur l'opportunité de sensibiliser les gouvernants et l'opinion publique des Pays intéressés sur l'état grave du dépérissement des forêts de chêne-liège et sur la nécessité d'assurer une protection intégrée de la subéraie afin de conserver cette richesse naturelle pour les générations futures.