

Les arthropodes liés aux galbules et aux graines du genévrier thurifère, *Juniperus thurifera* L., dans les Atlas marocains

Mounia El Alaoui El Fels, Alain Roques, Ali Boumezzough

Citer ce document / Cite this document :

El Alaoui El Fels Mounia, Roques Alain, Boumezzough Ali. Les arthropodes liés aux galbules et aux graines du genévrier thurifère, *Juniperus thurifera* L., dans les Atlas marocains. In: Ecologia mediterranea, tome 25 n°1, 1999. pp. 95-110;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecmed.1999.1874>

https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_1999_num_25_1_1874

Ressources associées :

Juniperus thurifera

Fichier pdf généré le 07/03/2022

Abstract

The arthropods inhabiting cones (berries) and seeds of incense-juniper, *Juniperus thurifera* L., were surveyed in six sites of the High Atlas mountains and in seven sites of the Middle Atlas mountains. A total of 17 species, including six major phytophagous pests, were identified. The attack periods of the pest species were synchronised with the different phases of cone development. The annual fluctuations in cone crop resulted in a large variation in the percentage of cone damage. However, more than 50 % of the berries were usually damaged. Cone damage increased from the base to the top of the tree crown but the position of the cone within the crown did not influence pest attack. Overall and specific pest damage differed between sites in the High and Middle Atlas mountains. At Tizrag (High Atlas), an average number of 1.1 seeds per cone was observed before insect attack, but the number of full, sound seeds was only evaluated to 0.13 per cone after insect attack. In this stand, we estimated that a tree disseminated 3382 full seeds on the average whilst 24454 were likely to be released before pest attack ; i.e. a decrease of 86.2 %.

Résumé

La colonisation des galbules et des graines de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) par les arthropodes a été étudiée dans six peuplements du Haut-Atlas et dans sept peuplements du Moyen-Atlas. Dix-sept espèces, incluant six espèces phytophages principales, ont été identifiées. Une étroite coïncidence phénologique entre le développement des galbules et l'attaque des insectes a été observée. Les fluctuations annuelles de la production de galbules se traduisent également par des variations annuelles de taux d'attaque. Cependant, le pourcentage global de galbules attaqués est généralement supérieur à 50 %. Le taux d'attaque augmente du bas vers le haut de l'arbre, mais l'orientation du galbule sur l'arbre ne semble pas avoir d'influence sur l'attaque. Des différences de dégâts dus aux ravageurs ont été observées entre les différentes stations du Moyen et Haut-Atlas. A Tizrag (Haut-Atlas), on a estimé que le nombre de graines par galbule est égal en moyenne à 1,1 avant attaque des ravageurs mais, après attaque, le nombre moyen de graines pleines tombant au sol par galbule n'est plus que de 0,13. Sur ce site, le nombre moyen de graines pleines disséminées par arbre a été évalué à 3382 à partir d'un nombre potentiel de 24454 avant dégâts, soit une diminution de 86,2 % du nombre de graines susceptibles de donner naissance à des plantules.

Les arthropodes liés aux galbules et aux graines du genévrier thurifère, *Juniperus thurifera* L., dans les Atlas marocains

The arthropods related to cones and seeds of incense-juniper, *Juniperus thurifera* L., in Atlas mountains of Morocco

M.A. EL ALAOUI EL FELS ¹, A. ROQUES ² & A. BOUMEZZOUGH ³

¹ Université Ibnou Zohr, Faculté des Sciences, Dépt. Biologie, Laboratoire d'Agroforesterie, B.P. 28/S Agadir, Maroc
Tél. : (212) 8 22 09 57, Fax : (212) 8 22 00 01

² INRA, Zoologie Forestière, Ardon 45160 Olivet, France
Tél. : (33) 02 38 41 78 58, Fax : (33) 02 38 41 78 79

³ Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Laboratoire d'Ecologie Animale Terrestre, B.P. S/15 40001 Marrakech, Maroc
Tél. : (212) 4 43 46 49, Fax : (212) 4 43 67 69

RESUME

La colonisation des galbules et des graines de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) par les arthropodes a été étudiée dans six peuplements du Haut-Atlas et dans sept peuplements du Moyen-Atlas. Dix-sept espèces, incluant six espèces phytophages principales, ont été identifiées. Une étroite coïncidence phénologique entre le développement des galbules et l'attaque des insectes a été observée. Les fluctuations annuelles de la production de galbules se traduisent également par des variations annuelles de taux d'attaque. Cependant, le pourcentage global de galbules attaqués est généralement supérieur à 50 %. Le taux d'attaque augmente du bas vers le haut de l'arbre, mais l'orientation du galbule sur l'arbre ne semble pas avoir d'influence sur l'attaque. Des différences de dégâts dus aux ravageurs ont été observées entre les différentes stations du Moyen et Haut-Atlas. A Tizrag (Haut-Atlas), on a estimé que le nombre de graines par galbule est égal en moyenne à 1,1 avant attaque des ravageurs mais, après attaque, le nombre moyen de graines pleines tombant au sol par galbule n'est plus que de 0,13. Sur ce site, le nombre moyen de graines pleines disséminées par arbre a été évalué à 3382 à partir d'un nombre potentiel de 24454 avant dégâts, soit une diminution de 86,2 % du nombre de graines susceptibles de donner naissance à des plantules.

Mots-clés : *Juniperus thurifera*, Atlas, galbule, graine, ravageurs, dégâts

ABSTRACT

The arthropods inhabiting cones (berries) and seeds of incense-juniper, *Juniperus thurifera* L., were surveyed in six sites of the High Atlas mountains and in seven sites of the Middle Atlas mountains. A total of 17 species, including six major phytophagous pests, were identified. The attack periods of the pest species were synchronised with the different phases of cone development. The annual fluctuations in cone crop resulted in a large variation in the percentage of cone damage. However, more than 50 % of the berries were usually damaged. Cone damage increased from the base to the top of the tree crown but the position of the cone within the crown did not influence pest attack. Overall and specific pest damage differed between sites in the High and Middle Atlas mountains. At Tizrag (High Atlas), an average number of 1.1 seeds per cone was observed before insect attack, but the number of full, sound seeds was only evaluated to 0.13 per cone after insect attack. In this stand, we estimated that a tree disseminated 3382 full seeds on the average whilst 24454 were likely to be released before pest attack ; i.e. a decrease of 86.2 %.

Key-words: *Juniperus thurifera*, Atlas mountains, berry, seed, pest damage

ABRIDGED ENGLISH VERSION

The incense-juniper, *Juniperus thurifera* L. is a Cupressaceae species endemic of the western Mediterranean region. The species distribution is patchy, and natural stands still exist only in southern France, Spain and Morocco. From both economic and ecological points of view, the species is of great importance for the Moroccan forest ecosystem but it has been overexploited during the last four decades. At present, incense-juniper only covers 20,000 ha in Morocco; *i.e.* only 10 % of its potential distribution evaluated in 1990. Besides anthropic and ecophysiological factors, phytophagous pests may represent an important factor limiting the natural regeneration of *J. thurifera* but their role has been neglected for a long time. The present work therefore aimed *i)* to survey the cone (berry) and seed pests all over the Moroccan range of the species, *ii)* to define the phenological relationships between pests and cone development, and *iii)* to estimate damage to cones and seeds.

A pest survey was carried out in six stands of the High Atlas mountains and in seven stands of the Middle Atlas mountains. A total of 17 species, including 6 major pests, have been found. However, none of them appeared strictly related to *J. thurifera*, most species having been already recorded from other species of junipers growing in the Mediterranean range (*J. oxycedrus*, *J. phoenicea*). Among the phytophages (10 species), six of the species were strictly related to cones and could not develop in an other host (conophyte species, according to the classification proposed by Turgeon *et al.*, 1994) whilst four species were capable of developing in other habitats (heteroconophyte species). The four other species were predators and parasitoids, related to the phytophages. In addition, three bugs (Hemiptera) have been frequently observed on the cone surface but it could not be ascertained whether they prey on seeds or not. The pest attack periods were closely synchronised to the different phases of cone development. Most pests were observed to attack during the cone growth period. Damage importance seemed to depend on the place of the cone in the crown. Cone damage significantly increased from the basis to the

top of the crown but was not influenced by the orientation of the cone within the crown.

A survey of the percentage of damaged cones over time was carried out in the juniper stand of Tizrag (High Atlas) from 1987 to 1995. Annual fluctuations in cone crop resulted in large variations of the specific attack rate of pests. However, the overall damage was larger than 50 % of the cones in all years except in 1988, where the cone crop significantly increased from one year to the next. The populations of phytophagous pest were probably unable to adjust to this sudden increase in host abundance. Pest impact also depended on the specific composition of the entomological complex. Populations of conophytes were directly affected by a decrease in cone abundance but not those of heteroconophytes. In such a situation, the last-attacking conophytes (*e.g.* the lepidopteran *Argyresthia reticulata* and *Pammene oxycedrana*, and the seed chalcid *Megastigmus* sp.) were less abundant because most cones were precociously colonised by the early-attacking mite *Trisetacus quadrisetus*.

Overall and specific pest damage differed between stands, and between the High and Middle Atlas mountains. Mite damage was dominant in Middle Atlas whilst damage due to *A. reticulata* was more important in High Atlas mountains. The loss in seed yield because of pest activity was estimated. At Tizrag, an average number of 1.1 seeds per cone was observed before insect attack, but the number of full, sound seeds was only evaluated to 0.13 per cone after insect attack. In this stand, we estimated that a tree disseminated 3382 full seeds on the average whilst 24454 were susceptible of being released before pest attack; *i.e.* a decrease of 86.2 %. The decrease in seed numbers due to pests was thus much higher in Morocco than in juniper stands of southern France. Because other mortality factors further act upon germination and seedling establishment (*e.g.* predation by birds, mammals, cattle, competition with vegetation, soil problems...), it is hypothesised that cone and seed pests are a major limiting factor of natural regeneration because they largely decrease the potential number of seeds likely to germinate.

INTRODUCTION

Le genévrier thurifère, ou thurifère, est une espèce relique tertiaire fréquente en position sub-rupicole dans la partie ouest de la Méditerranée (sud de la France, Espagne, Maroc) (Vidaković, 1991). Les peuplements actuels de cette essence ne sont cependant que les vestiges d'une aire autrefois plus vaste. Ainsi, dans les Alpes du sud, la déprise humaine entraîne une dynamique de recolonisation et d'envahissement de ces milieux par les arbustes et les ligneux, essentiellement le pin noir et le pin sylvestre (Gauquelin & Lathuillière, 1995). Au Maroc, le thurifère occupe une large place en haute montagne à partir de 1700 m jusqu'à 3100 m d'altitude, où il constitue l'essence forestière la plus résistante aux conditions climatiques particulièrement sévères de ces zones. Dans

ces milieux, l'homme se trouve encore très lié aux ressources naturelles, et le thurifère constitue l'unique source pour ses divers besoins (chauffage, construction, fabrication d'un « goudron » servant en médecine vétérinaire, et apport en fourrage pour les nombreux troupeaux qui parcourent les pentes de l'Atlas). La surexploitation ainsi engendrée a réduit les forêts « extraordinaires » et « magnifiques » décrites par Emberger (1938) à de simples formations ouvertes, le plus souvent de faible densité (40 à 50 pieds/ha) et composées d'arbres très âgés et souvent mutilés (Badri *et al.*, sous presse). Alors que Boudy (1958) considérait que les peuplements naturels de thurifère occupaient 31 000 hectares à la fin des années 1950, on évalue actuellement leur superficie totale à seulement 20 000 ha. Cette valeur ne représente que 10 % de la surface « climacique » potentielle estimée par Barbero

et al. (1990). Par ailleurs, la dégradation anthropique et l'absence quasi-totale de régénération naturelle tendent inévitablement à entraîner une dégradation des sols et des versants dans des secteurs où seul le thurifère peut se maintenir (Dembner, 1987 ; Fromard & Gauquelin, 1993).

A ces facteurs d'ordre climatique et anthropique s'ajoute l'action des ravageurs des galbules, la production de graines saines en quantité suffisante comme condition nécessaire d'une bonne régénération naturelle ayant souvent été négligée. Aujourd'hui, on estime qu'environ 400 espèces d'insectes et d'acariens s'attaquent aux cônes et graines de conifères dans le Monde (Turgeon *et al.*, 1994). L'évaluation précise, qualitative comme quantitative, des dégâts causés par ces insectes s'avère de plus en plus indispensable, en particulier pour les essences ayant une régénération difficile comme le genévrier thurifère. Quatre espèces de ravageurs ont ainsi été décrites en France, avec un taux d'attaque des galbules variant entre 12 et 95 % (Roques *et al.*, 1984). En revanche, la faune Marocaine s'attaquant aux galbules du thurifère est mal connue, en dehors d'un travail préliminaire d'El Hassani & Messaoudi (1987). Notre étude a donc pour objet : i) d'inventorier les ravageurs des galbules dans des sites caractéristiques du thurifère à l'intérieur du Moyen et du Haut-Atlas, ii) de préciser la phénologie de leurs attaques vis-à-vis du développement du végétal hôte, et iii) d'estimer leurs dégâts et ses variations selon les sites et les années.

MATERIELS ET METHODES

Distribution du genévrier thurifère au Maroc et sites d'étude

Notre étude a été réalisée dans le Moyen et le Haut-Atlas. Le Moyen-Atlas constitue l'élément central de l'ensemble montagnard marocain, d'orientation nord-est/sud-ouest, et forme avec le Haut-Atlas une grande diagonale à peu près rectiligne. Il est limité au nord par le couloir sud-rifain qui le sépare de la chaîne du Rif, au sud par le Haut-Atlas et la Haute Moulouya, à l'est par la vallée de la Moyenne Moulouya, et à l'ouest par le Plateau Central. Du point de vue géologique, le Moyen-Atlas est une chaîne alpine formée au cours des mouvements tertiaires atlasiques. Dans les

causses supérieurs du Moyen-Atlas tabulaire, le thurifère apparaît en peuplements importants, dans les massifs qui culminent un peu en retrait de l'arc forestier occidental. Ce domaine, humide froid, inclut les zones de pluviosité maximale comme Ifrane (1650 m d'altitude, 1120 mm de pluviométrie annuelle). Cette série du thurifère peut être rapportée à l'ensemble des Thuriférais du domaine interne.

Dans le Moyen-Atlas plissé, le thurifère forme des forêts moyennes ou basses, claires à très claires. Dans ces localités, l'essence est considérée comme climacique. Sa distribution est liée aux gradients climatiques de froid et secondairement de sécheresse, nuancés par la disposition topographique locale et les compensations édaphiques (Lecompte, 1969). Les peuplements de thurifère se groupent ainsi en deux ensembles altitudinaux : i) un ensemble altitudinal supérieur, constitué par les peuplements sommitaux, sur les crêtes exposées des hauts reliefs de région (2200 -2400m) sur les trois principales lignes de reliefs qui se succèdent du nord-est vers le sud-est ; ii) un ensemble altitudinal inférieur, qui s'étage entre 2000 et 2200 m sur substrat calcaire ou calcaro-marneux. Les basses thuriférais sont dans l'ensemble plus vigoureuses et parfois en formation assez denses (Jbel Irhane, région du haut Guigou). A son niveau inférieur, le thurifère se mélange avec le chêne vert (Plaine Selrhert) (Lecompte, 1969). La localisation des stations étudiées dans le Moyen-Atlas est indiquée dans la figure 1, et les caractéristiques de ces stations sont résumées dans le tableau 1.

La figure 1 et le tableau 1 présentent également la localisation et les caractéristiques des stations étudiées dans le Haut-Atlas. Avec 4165 m dans le Jbel Toubkal, le Haut-Atlas marocain représente de très loin la partie la plus importante du complexe orographique nord-africain. Il s'étend sur plus de 700 km depuis l'Atlantique jusqu'aux confins orientaux du Maroc avec une orientation globale ouest/sud-ouest vers est/nord-est. Cette chaîne peut être subdivisée en trois parties : i) Haut-Atlas occidental entre Tizi-Mâchou au sud d'Imin'Tanout et la trouée de Tizi-n'Test ; ii) Haut-Atlas central entre Tizi-n'Test et le plateau des lacs ; iii) Haut-Atlas oriental entre le plateau des lacs et la frontière algéro-marocaine.

Stations	Alt. (m)	Nature du sol	Densité	Strates arborée et chaméphytique	Etage bioclimatique
Moyen-Atlas					
Michliffène	2000	calcaire / dolomie	+++	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Bupleurum spinosum</i>	Humide froid
Lac Affenourir	1850	marno-calcaire	++	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Bupleurum spinosum</i>	Humide froid
Agoulman sidi Ali	1900	calcaire	++	<i>Bupleurum spinosum</i> , <i>Cytisus purgans balansae</i> , matorral à Ericacées	Sub-humide semi-continental
Izdi Warg	2000	marno-calcaire	+++	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Bupleurum spinosum</i>	Humide à sub-humide froid
Aïn Kahla	1950	calcaire / basalte	+++	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Bupleurum spinosum</i>	Humide à sub-humide froid
Sidi Mguild	2000	calcaire	+++	<i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Bupleurum spinosum</i>	Sub-humide
Aïn Nokra	1800	marne	++	<i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Quercus rotundifolia</i>	Sub-humide semi-continental
Haut-Atlas					
Tizrag (Forêt des fiancées)	2450	limon- argile / sable	+++	<i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Bupleurum spinosum</i> , <i>Cytisus purgans balansae</i> , <i>Ptilotrichum spinosum</i> , <i>Daphne laureola</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Genista florida</i> , <i>Ribes uva-crispa</i> , <i>Stipa nitens</i>	Sub-humide à hiver très froid
Azzaden	2350	substrats siliceux	+++	<i>J. oxycedrus</i> , <i>Bupleurum spinosum</i> , <i>Thymus pallidus</i> , <i>Ormenis scariosa</i>	Semi-aride moyen à froid
N'Fiss	2350	schisteux	++	<i>J. oxycedrus</i> , <i>Bupleurum spinosum</i> , <i>Genista florida</i> , <i>Ptilotrichum spinosum</i> , <i>Ormenis scariosa</i> , <i>Stipa nitens</i> , <i>C. purgens balansae</i>	Semi-aride moyen à froid
Aït Bouguemmez	1850	schisteux	+++	<i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>J. phoenicea</i> , <i>Bupleurum spinosum</i>	Semi-aride moyen
Azourki	2400	schisteux	+	<i>Bupleurum spinosum</i> , <i>Cytisus purgans balansae</i> , <i>Ptilotrichum spinosum</i>	Semi-aride moyen
Zaouit Ahançal	2350	calcaire/ calcaro - marneux	++	<i>J. oxycedrus</i> , <i>Cytisus purgens</i> , <i>Vella integrifolia</i> , <i>Ptilotrichum spinosum</i> , <i>Ribes uva-crispa</i>	Semi-aride moyen

Tableau 1. Caractéristiques des stations étudiées dans les Atlas marocains. Densité des peuplements : + : < 20 % ; ++ : 20 - 35 % ; +++ : 35 - 54 %. Etages figurés d'après Lecompte (1969)

Table 1. Characteristics of the stands of *Juniperus thurifera* surveyed in the Atlas mountains of Morocco. Stand density: + : < 20 % ; ++ : 20 - 35 % ; +++ : 35 - 54 %. Vegetation typology after Lecompte (1969)

Les seules données climatiques fiables concernant les thuriféraires du Haut-Atlas reposent sur les relevés climatiques du poste d'Oukaïmeden, situé à proximité de la station de Tizrag (« forêt des Fiancées »). Les données recueillies de 1982 à 1994 indiquent une température moyenne annuelle de 8,3° C (moyenne des maxima : 12,7°C ; moyenne des minima : 4,2°C). La moyenne des maxima du mois le plus chaud (juillet) est de 22,2°C. Le mois le plus froid est janvier avec une moyenne des minima de -3,3°C. Le nombre moyen de jours de gel est de 115 par an, englobant presque tout le mois de janvier et celui de février. Le volume moyen des précipitations annuelles, qui se produisent en moyenne sur 101 jours, est de 536,3

mm. Les chutes de neige se répartissent sur 48 jours, essentiellement entre les mois de novembre et de mars, mais se prolongent parfois jusqu'à la fin du mois de mai. D'une façon relativement paradoxale pour un climat de type méditerranéen, c'est au mois d'août que les chutes de pluies *sensu stricto* sont les plus fréquentes (10,5 jours de pluie, sous forme d'orages en général), mais la moyenne des précipitations de ces mois reste cependant la plus faible de l'année (18,7 mm). La variabilité des précipitations annuelles est importante, le maximum des précipitations annuelles, enregistré sur la période d'étude, s'élevant à 744,1 mm alors que le minimum a été seulement de 379 mm.

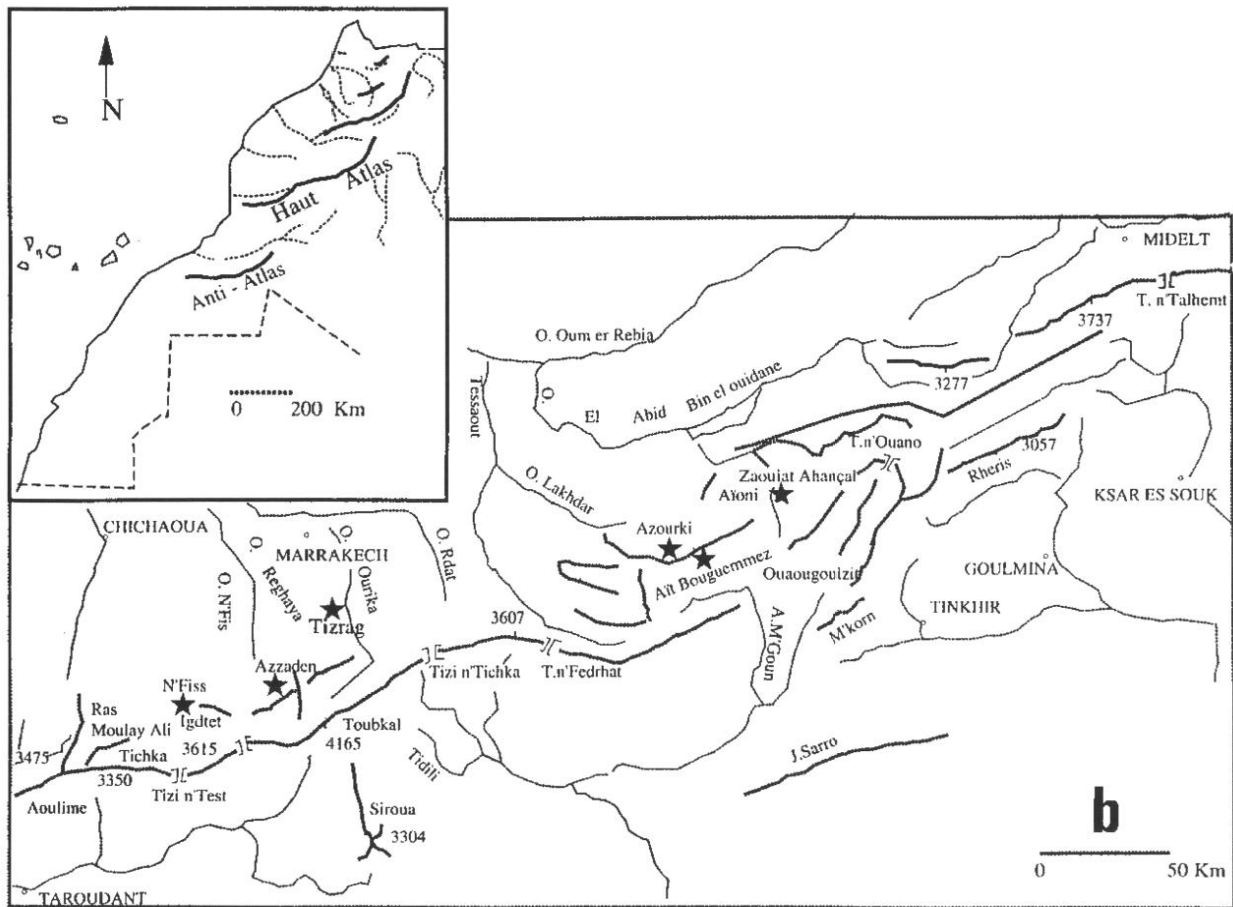
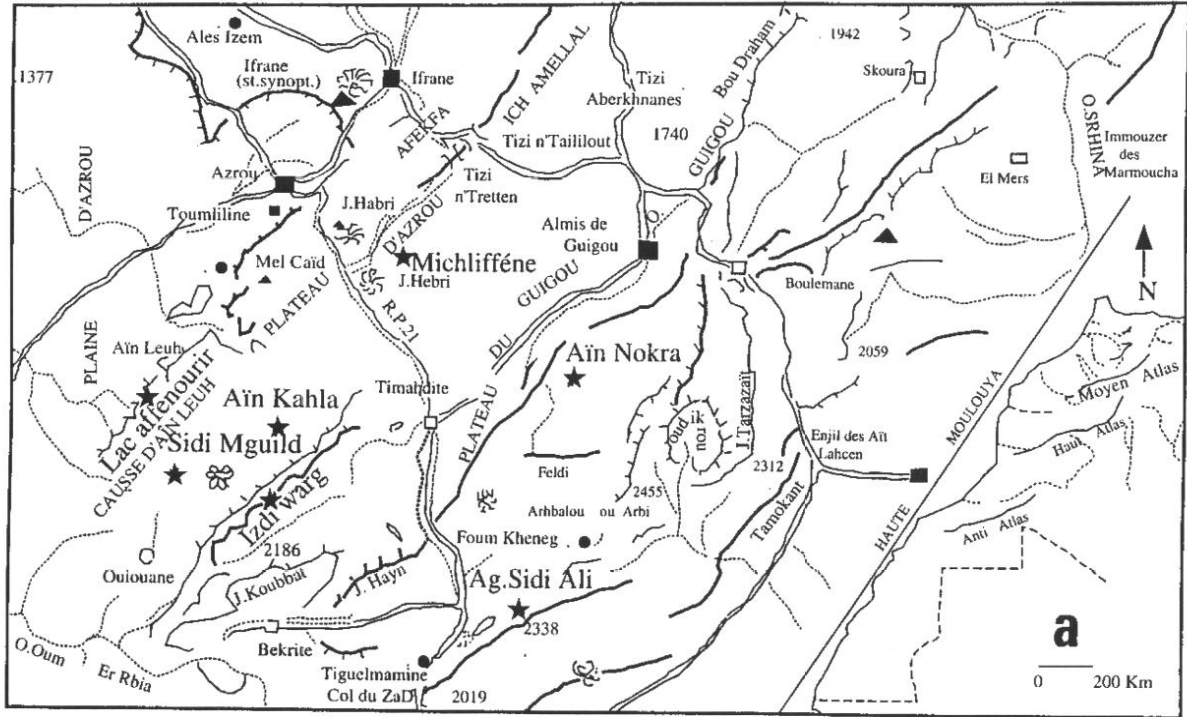


Figure 1. Localisation (★) des stations de *Juniperus thurifera* étudiées au Maroc : a) Moyen-Atlas ; b) Haut-Atlas
 Figure 1. Location (★) of the stands of *Juniperus thurifera* surveyed in Morocco: a) Middle Atlas mountains; b) High Atlas mountains

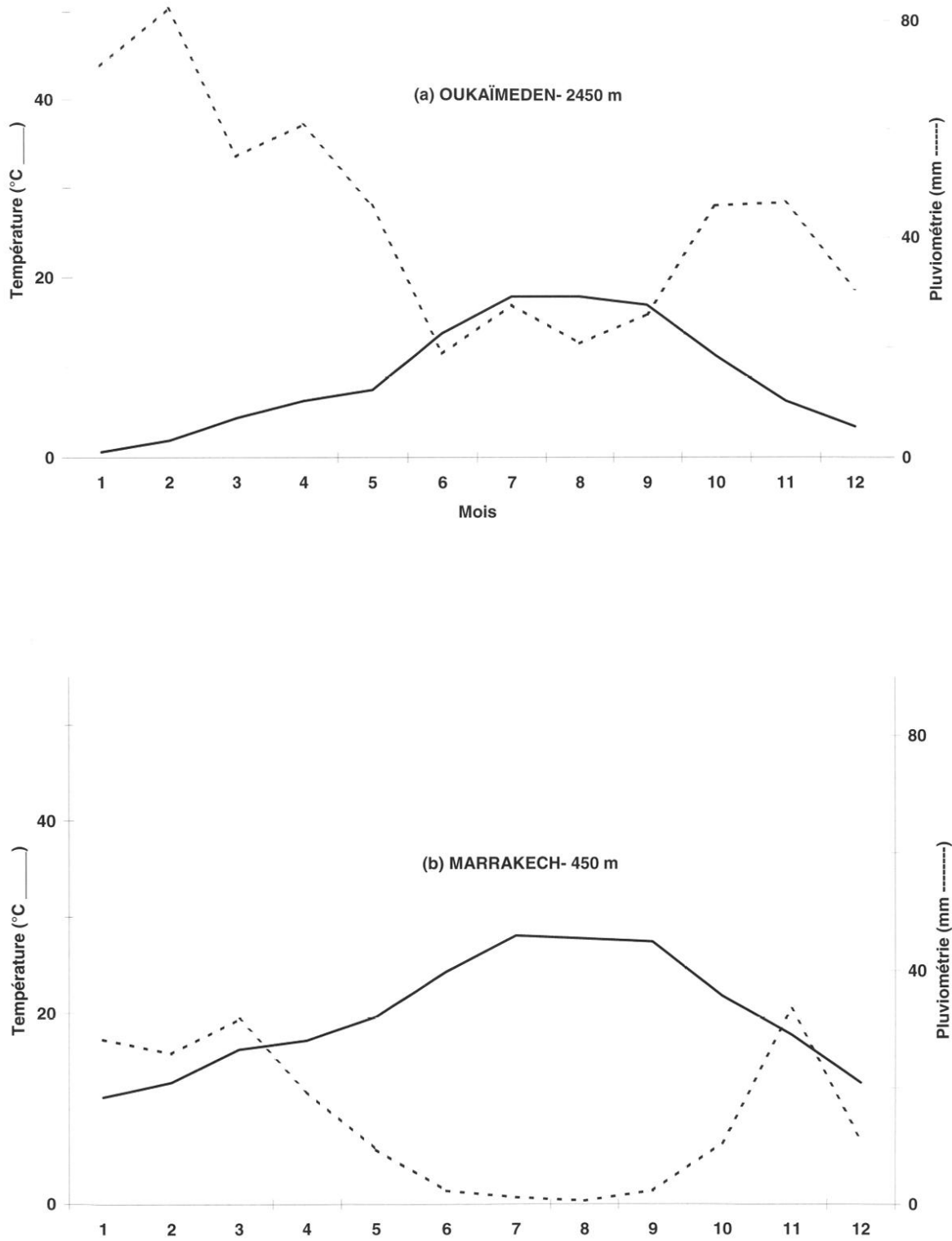


Figure 2. Diagramme ombrothermique comparé de la région d'Oukaïmeden et de Marrakech
Figure 2. Comparative regimes of temperature and rainfall observed at Oukaïmeden and Marrakech

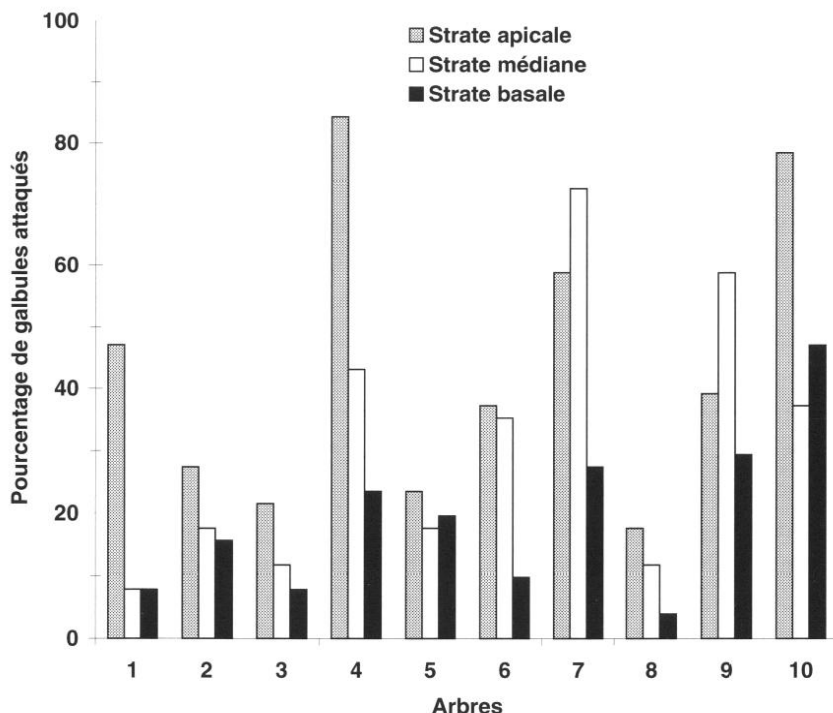


Figure 3. Variation de l'attaque des galbules de thurifère par les ravageurs en fonction de la strate sur 10 arbres du peuplement de Tizrag en 1993. Strate basale : moins de 1,5 m de hauteur ; strate médiane: entre 1,5 et 2,5 m de hauteur ; strate apicale : en général plus de 3 m de hauteur

Figure 3. Difference in pest damage to cones of *J. thurifera* according to the position of the cone within the crown of 10 trees in the juniper stand of Tizrag in 1993. Basis: branches less than 1.5 m high; medium: branches between 1.5 and 2.5 m high; apex: usually branches more than 3 m high

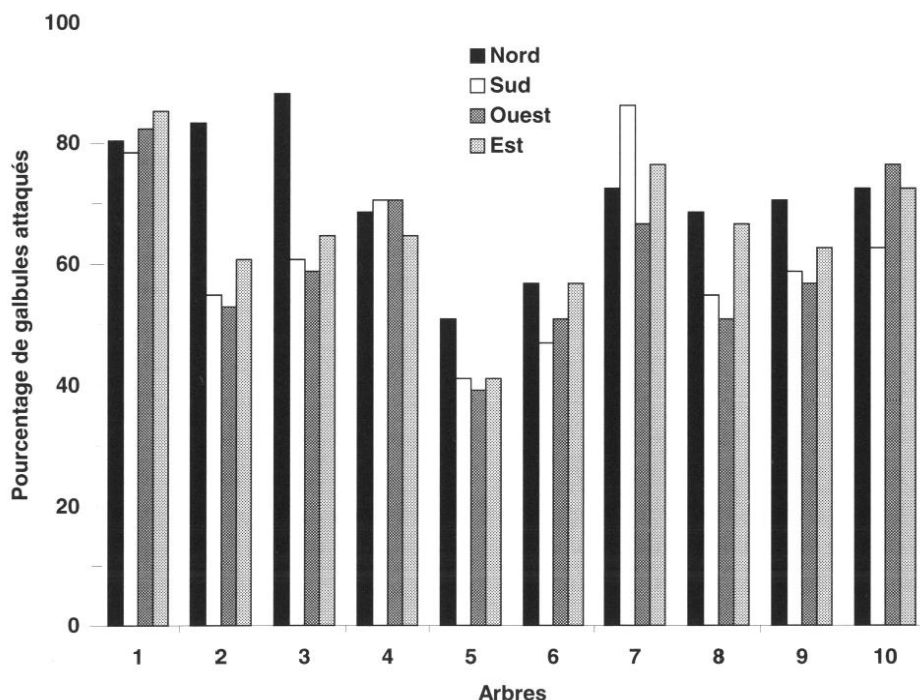


Figure 4. Variation de l'attaque des galbules de thurifère par les ravageurs en fonction de leur orientation sur 10 arbres du peuplement de Tizrag en 1993

Figure 4. Difference in pest damage to cones of *J. thurifera* according to the exposure within the crown of 10 trees in the juniper stand of Tizrag in 1993

Cependant, la variabilité moyenne annuelle de la pluviométrie n'est que de 23 %, soit une valeur nettement inférieure à celle mesurée dans la vallée de N'Fis à l'ouest de Marrakech (48 %) (Maselli, 1993). Le diagramme ombrothermique réalisé pour les treize années de mesure montre une saison sèche ($P < 2T$) de l'ordre de 4 mois s'étalant de juin à septembre (Figure 2). Cette période sèche est presque de 9 mois à Marrakech, qui se trouve seulement à 70 km au nord de l'Oukaïmeden mais à une altitude de 450 m. Le climat altimontain méditerranéen ne constitue qu'une variante du climat méditerranéen de plaine et s'en distingue grossièrement par une augmentation des précipitations et une diminution des températures. Replacée sur le climagramme d'Emberger, la thuriferaie de Oukaïmeden ($Q_2 = 74,4$) se situe donc dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver très froid, confirmant ainsi les observations de nombreux auteurs sur les peuplements à genévrier thurifère (Peyre, 1979 ; Alifriqui, 1986 ; Haloui, 1986 ; Ouhammou, 1986).

Analyse des dégâts d'arthropodes sur les galbules

Des récoltes de galbules ont été réalisées de 1993 à 1995 dans les sites décrits ci-dessus. Chaque récolte a consisté dans le prélèvement de 40 galbules sur dix arbres fructifères tirés au sort. Les galbules ont été collectés au mois de septembre de leur deuxième année de développement, la totalité des attaques des ravageurs ayant déjà été effectuée à ce moment. On a prélevé également des galbules tombés au sol sous chaque arbre.

Afin d'apprécier les variations éventuelles d'attaque selon la position des galbules sur l'arbre, on a procédé à des échantillonnages supplémentaires dans la station de Tizrag. Pour chacun des dix arbres échantillonnés, des prélèvements ont tout d'abord été conduits en distinguant trois strates depuis la base jusqu'au sommet du houppier de l'arbre. On a ainsi considéré une strate basale (branches les plus basses situées en général en dessous d'1,5 m de hauteur), une strate médiane (entre 1,5 et 2,5 m de hauteur) et une strate apicale (en général à plus de 3 m de hauteur). Dans chacune de ces strates, on a prélevé au hasard 40 galbules. Les prélèvements ont été réalisés tous les 15 jours afin de suivre le développement dans le temps du processus de colonisation des galbules. Afin d'apprécier l'influence de l'orientation des galbules sur l'arbre, on a ensuite collecté des galbules sur cha-

acun des arbres précédemment sélectionnés en tenant compte des quadrants de l'arbre (nord, sud, est, ouest), suivant une méthode mise au point par Zaoug (1993) pour l'étude de la dynamique des populations de la mouche de l'olivier dans la région du Haouz de Marrakech. Au niveau de chaque quadrant, on a prélevé au hasard 40 galbules sur l'arbre. Les galbules collectés dans chaque secteur de chaque arbre ont été placés séparément dans des sachets en papier pour être ramenés au laboratoire. Lors de chaque prélèvement, on a aussi noté la hauteur de l'arbre échantillonné et sa production en galbules pour les différentes années d'étude. Cette production a été appréciée suivant une échelle qualitative (1 : faible, 2 : moyenne, 3 : forte, 4 : très forte).

Afin d'étudier les relations entre l'évolution de la production annuelle de galbules et le taux d'attaque, dix arbres de la station Tizrag ont été suivis durant neuf années consécutives, de 1987 à 1995. Après estimation de la production en galbules de l'arbre, des prélèvements de 40 galbules mûrs par arbre ont été opérés en septembre de chaque année, suivant le même protocole que celui décrit ci-dessus. Dès leur récolte, les galbules ont été placés au laboratoire dans une étuve illuminée et réfrigérée de type Memmert® (Memmert GmbH + Co.KG, D-8540 Schwabach, Germany), sous des conditions constantes de température (20°C), de photopériode naturelle (16 L : 8 D), et d'humidité relative (70 %). Les galbules ont ensuite été examinés à l'aide d'une loupe binoculaire, suivant une méthode utilisée par Roques *et al.* (1984) pour étudier la faune s'attaquant aux structures reproductrices de divers genévriers méditerranéens, dont le thurifère. Pour chaque galbule, on a ainsi relevé la présence de dégâts externes (trous de sorties, changement de coloration, hypertrophie des graines, présence d'œufs ou de déjections...). Ensuite, le galbule a été disséqué, les parties attaquées notées, ainsi que la présence d'insectes et leur stade de développement. Le nombre total de graines du galbule a été compté, puis ces graines ont été séparées en graines pleines, vides et attaquées. Les larves et les nymphes prélevées au niveau des galbules ont été divisées en deux lots. Le premier lot a été conservé en alcool à 70°. Le deuxième lot a servi à réaliser des élevages individuels dans le but d'identifier les insectes adultes et de préciser leurs périodes d'émergence.

Espèces	Spécificité/ cône ¹	Structure attaquée ou hôte	Autres habitats
<i>Tristacus quadrisetus</i> Thomas (Acari : Nalepellidae)	C	graines (int.)	galbule <i>Juniperus</i> spp.
<i>Argyresthia reticulata</i> Staudinger (Lep. : Yponomeutidae)	C	graines/ tissus	feuillage (Europe)
<i>Pammene oxycedrana</i> Millière (Lep. : Tortricidae)	C	graines/ tissus	galbule <i>Juniperus</i> spp.
<i>Contarinia</i> sp. (Dipt. : Cecidomyiidae)	C	écailles/ graines (ext.)	?
<i>Megastigmus</i> sp. (Hym. : Torymidae)	C	graines (int.)	?
<i>Nanodiscus transversus</i> Aubé (Col. : Curculionidae)	C	tissus	galbule Cupressacée
<i>Oligotrophus</i> sp. (Dipt. : Cecidomyiidae)	H	tissus	feuillage thurifère
<i>Gelechia senticetella</i> Staudinger (Lep. : Gelechiidae)	H	tissus	feuillage thurifère
<i>Rhyzopertha dominica</i> Fabricius (Col. : Bostrichidae)	H	tissus	denrées stockées
<i>Helcogaster fibulata</i> Germar (Hem. : Pentatomidae)	?	graines ?	résineux ²
<i>Nysius</i> sp. (Hem.: Lygaeidae)	?	graines ?	?
<i>Gonocerus insidiator</i> Fabricius (Hem. : Coreidae)	?	graines ?	Arbustes à baies ³
<i>Diaspis</i> sp. (Hem. : Diaspididae)	H	surface du galbule	feuillage thurifère
<i>Bracon</i> sp. (Hym. : Braconidae)	P	<i>A. reticulata</i>	?
<i>Apanteles</i> sp. (Hym. : Braconidae)	P	<i>P. oxycedrana</i>	?
<i>Aprostocetus</i> sp. (Hym. : Eulophidae)	P	<i>Contarinia</i> sp.	?
<i>Pseudotorymus</i> sp. (Hym. : Torymidae)	Pa	<i>T. quadrisetus</i>	?

¹ C : conophyte; H : hétéroconophyte; P : parasitoïde; Pa : Prédateur

² Vidal, 1949 ; ³ Dupuis, 1965 ; Moulet, 1995

Tableau 2. Liste des arthropodes observés dans et sur les galbules du genévrier thurifère au Maroc, incluant leur spécificité vis-à-vis de l'hôte et leur régime alimentaire

Table 2. Listing of the arthropods observed on and within cones of *J. thurifera* in Morocco. Host specificity, trophic relationships, and other habitats are presented for each species

Ces élevages ont été réalisés dans des boîtes carrées en plexiglas, compartimentées en 25 cases de 18 x 18 mm, et présentant une partie supérieure recouverte d'un fin grillage. Les larves ont été élevées individuellement dans chaque compartiment afin d'éviter tout risque de cannibalisme ou de contamination. Les boîtes d'élevages ont été placées dans l'étuve et examinées quotidiennement afin de suivre le développement des insectes.

Analyse statistique

Avant analyse, les valeurs exprimées en pourcentage ont été transformées par la transformation angulaire ($\arcsin \sqrt{x}$) afin de stabiliser la variance. On a ensuite utilisé l'analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test de Duncan pour tester les différences

d'attaques observées entre strates et quadrants d'un même arbre. Le logiciel SPSS/PC version 7.9 (Hull & Nie, McGraw-Hill Book Company, 1981) a été utilisé pour ces analyses.

RESULTATS

Inventaire des arthropodes s'attaquant aux galbules et aux graines de thurifère au Maroc

Dix-sept espèces au total ont été observées, dont certaines n'ont pas pu être nommées au niveau spécifique (Tableau 2). On a mis en évidence un minimum de 6 espèces dites conophytes qui sont, pour reprendre la classification des relations cône-ravageur récemment proposée par Turgeon *et al.* (1994), des espèces strictement liées aux cônes et incapables de se développer dans un autre milieu au moins au Maroc, *Argy-*

resthia reticulata Staudinger ayant déjà été observée sur le feuillage de *J. thurifera* en Europe (Cleu, 1957). L'attaque de l'acarien *Trisetacus quadrisetus* Thomas se traduit, comme chez les autres *Juniperus* (Roques, 1983), par une hypertrophie des graines de thurifère, qui font alors saillie à l'extérieur du galbule. Les graines attaquées se dessèchent et présentent une coloration marron clair. Le chalcidien des graines, *Megastigmus* sp., qui a été observé durant cette étude est une espèce vraisemblablement nouvelle pour la science (El Alaoui El Fels & Roques, in prep.), dont le cycle larvaire se déroule entièrement à l'intérieur de la même graine.

Quatre espèces dites hétéroconophytes, capables de se développer dans d'autres milieux que le cône, et notamment sur feuillage de thurifère, ont également été obtenues. Parmi celles-ci, on peut noter des Hémiptères fréquemment observés sur la surface des cônes, mais leur relation avec le galbule n'a pu être définie avec certitude. Cependant, certains de ces Hémiptères pourraient être capables de se nourrir aux dépens des graines en insérant leurs stylets buccaux depuis la surface du cône, comme cela vient d'être montré pour le Lygaeidae *Orsillus maculatus* (Fieber) sur cyprès (Guido *et al.*, 1995). Enfin, cinq espèces de parasites et de prédateurs ont été trouvées durant les récoltes.

Phénologie d'attaque des ravageurs des galbules et des graines de thurifère au Maroc

Une étroite synchronisation a été observée entre l'attaque des différentes espèces de ravageurs et le développement du galbule, qui passe par trois phases principales. Durant la première phase, qui correspond à l'éclosion et l'individualisation de la fleur femelle et se déroule de l'automne de la floraison jusqu'en février de l'année suivante, l'attaque des ravageurs est très faible. Vers la fin de cette période, se manifeste l'action de l'acarien *T. quadrisetus* et celle du Cecidomyiidae hétéroconophyte *Oligotrophus* sp. La deuxième phase, qui débute en mars et dure jusqu'en novembre de l'année suivante, correspond à la croissance des galbules. Le début de cette période coïncide avec la reprise d'activité d'un autre hétéroconophyte, le Lépidoptère Gelechiidae *Gelechia senticetella* Staudinger, qui s'attaque aux jeunes galbules encore peu différenciés, mais surtout aux rameaux et aux jeu-

nes pousses. Certaines espèces d'Hémiptères, comme *Holcogaster fibulata* Germar et *Gonocerus insidiator* Fabricius, ont également été capturées à cette époque sur les jeunes galbules. Vers la fin juin, le développement du galbule s'accélère en relation avec les modifications importantes du climat observées à ce moment (élévation de température, augmentation du nombre d'heures d'ensoleillement...). Le galbule, qui atteint presque sa taille maximale, présente une couleur verte et des tissus tendres, gorgés en eau et riches en substances nutritives. La ponte des femelles des microlépidoptères spécialisés, *A. reticulata* et *Pammene oxycedrana* Millière, se déroule à ce moment sur la surface des galbules. A la même époque, intervient la colonisation par d'autres ravageurs conophytes comme *Contarinia* sp. et *Nanodiscus transversus* Aubé, ainsi qu'une nouvelle attaque de *T. quadrisetus*.

A la fin de cette période, les graines qui commencent à se différencier sont attaquées par un chalcidien Torymidae spécifique des graines, *Megastigmus* sp. La troisième phase du développement correspond à la lignification du galbule, qui arrive progressivement à maturité. Les occupants sont alors surtout des insectes non spécialisés comme *Rhyzopertha dominica* Fabricius ou les larves de l'Hémiptère *Nysius* sp., mais les larves spécialisées de *Megastigmus* sp. se développent encore à l'intérieur des graines en maturation.

Influence de la position du galbule dans l'arbre sur les attaques de ravageurs

La figure 3 présente les différences d'attaque enregistrées entre strates des 10 arbres échantillonnés dans le peuplement de thurifère de Tizrag. Le taux global d'infestation des galbules augmente progressivement de la partie basale ($19,4 \pm 7,5 \%$) vers la partie apicale ($45,3 \pm 4,24 \%$). Ces différences d'attaque entre strates sont significatives (ANOVA ; $F_{2,27} = 4,57$; $P = 0,02$), une affinité existant entre la strate médiane et la strate apicale d'une part, et entre la strate médiane et la strate basale d'autre part (test de Duncan).

La figure 4 présente les différences d'attaque totale des galbules entre quadrants des arbres de ce même peuplement de Tizrag. Le taux d'attaque ne varie pas significativement selon l'orientation du galbule (ANOVA ; $F_{3,36} = 1,709$; $P = 0,183$).

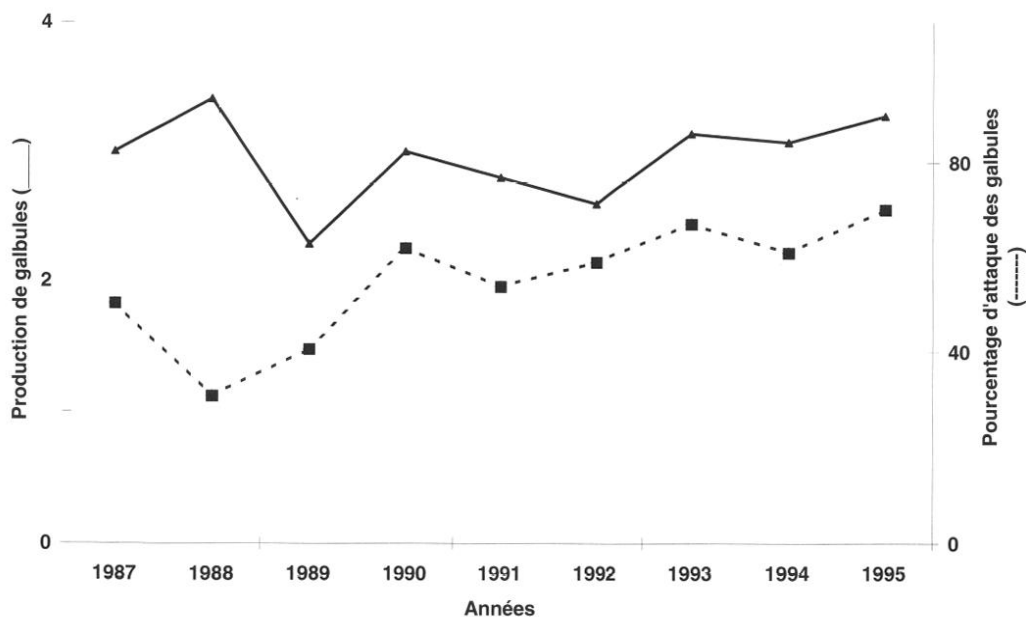


Figure 5. Fluctuations annuelles comparées de la production de galbules et de leur attaque globale par le ravageurs dans la thuriféraires de Tizrag entre 1987 et 1995

Figure 5. Comparative annual variations in cone crop and pest damage to cones in the juniper stand of Tizrag from 1987 to 1995

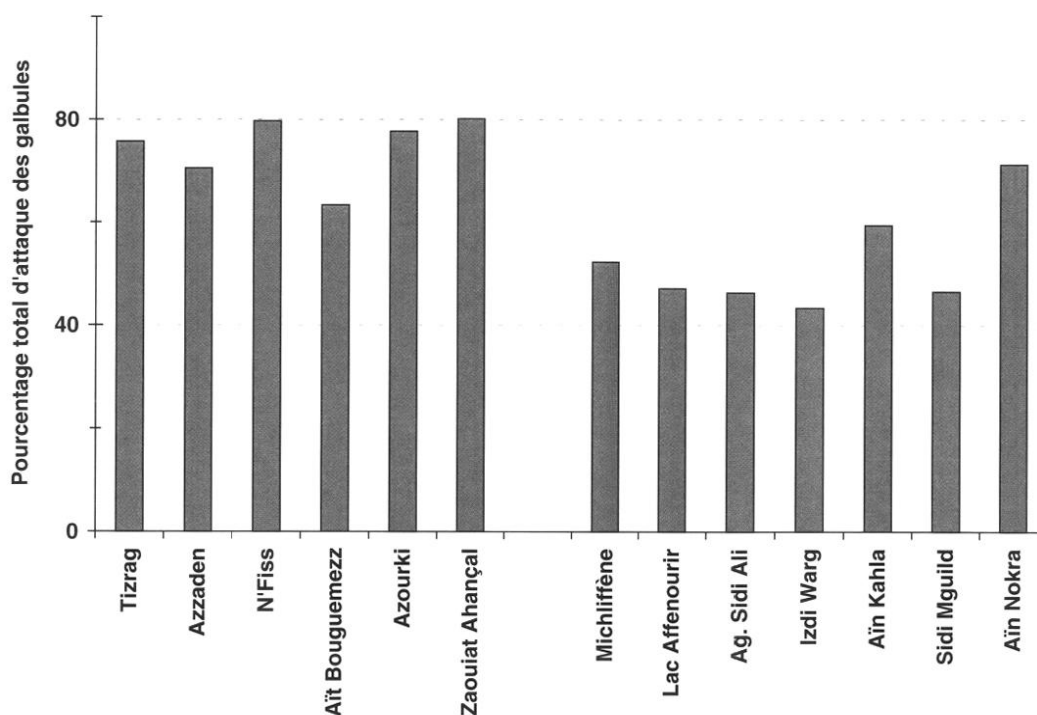


Figure 6. Pourcentage global d'attaque des ravageurs des galbules dans les thuriféraires marocaines étudiées en 1994

Figure 6. Overall pest damage to cones of *J. thurifera* in the Moroccan stands surveyed in 1994

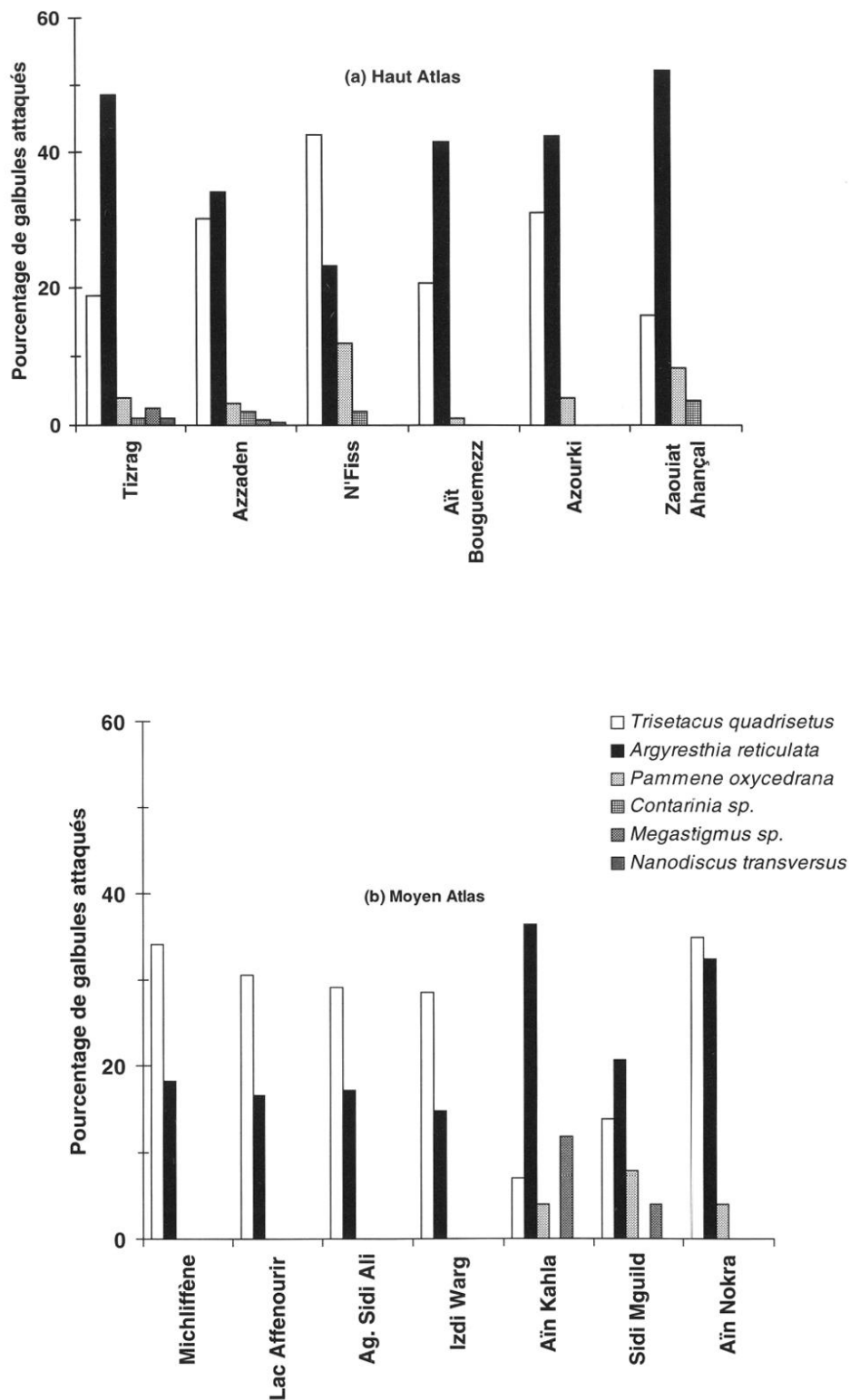


Figure 7. Pourcentage spécifique d'attaque des galbules par les différentes espèces de ravageurs suivant les stations du Haut-Atlas (a) et du Moyen-Atlas (b) en 1994

Figure 7. Specific percentage of cone damage due to the different pests observed in High Atlas (a) and Middle Atlas (b) mountains in 1994

Relation entre les fluctuations annuelles de la production de galbules, l'occupation des galbules et les variations du taux d'attaque

Le taux global d'attaque des galbules de thurifère a toujours été supérieur à 50 % de 1987 à 1995 à Tizrag à l'exception de l'année 1988, qui a été caractérisée par une augmentation importante de la production par rapport à celle de l'année précédente (Figure 5). Les diverses espèces de ravageurs ont été observées durant toutes les années d'étude, même lorsque la production de galbules a diminué. Cependant le taux d'occupation des galbules, comme le taux d'attaque spécifique, a largement varié d'une année sur l'autre. Durant les années de faible fructification, nous avons dénombré jusqu'à trois chenilles d'*A. reticulata* au sein d'un même galbule au début de la période d'attaque. La présence simultanée des chenilles d'*A. reticulata* et de *P. oxycedrana*, avec parfois celle des acariens *T. quadrisetus*, a également été constatée dans certains galbules alors que l'occupation d'un même galbule par plusieurs ravageurs n'a été que très rarement notée durant les années où la production était relativement plus importante.

Evaluation des dégâts sur galbules et graines dans le Haut-Atlas et le Moyen-Atlas

Le taux d'infestation des galbules varie largement entre sites (Figure 6). Il est cependant plus important au niveau des stations du Haut-Atlas où l'attaque varie entre 63 % (Aït Bouguemmez) et 80 % des galbules (Zaouiat Ahançal). Dans les stations du Moyen-Atlas, ce taux d'attaque se situe entre 44 % et 59 %. La dominance relative des diverses espèces de ravageurs dominants diffère également entre les deux massifs (Figure 7). *A. reticulata* domine dans les stations du Haut-Atlas (sauf à N'Fiss) alors que *T. quadrisetus* domine dans le Moyen-Atlas (sauf à Sidi Mguild et à Ain Kahla).

Une analyse plus précise des pertes en graines due à l'action des ravageurs a été réalisée à Tizrag, où le taux d'attaque des graines atteignait 74 %. Avant attaque des principaux ravageurs (mais après celle des acariens et d'*Oligotrophus* sp.), le nombre moyen de graines par galbule a été estimé à 1,1 dont 0,16 graine vide (soit un pourcentage de 14,4 % des graines) et 0,94 graine pleine (soit 85,6 % des graines). Après attaque des insectes, le nombre de graines pleines susceptibles d'être disséminées n'était plus que de 0,13

par galbule dans cette thuriféraire. Sur la base d'une production moyenne de 26015 galbules par arbre, on a ainsi pu extrapoler qu'en moyenne un genévrier thurifère de Tizrag n'est susceptible de produire que 3382 graines pleines alors qu'avant attaque des ravageurs il est susceptible d'en disperser 24454 en moyenne. Les ravageurs diminuent donc de 86,2 % le potentiel de graines susceptibles de donner naissance à des plantules.

DISCUSSION

Aucune des espèces, y compris celles strictement liées aux cônes (conophytes), identifiées à ce jour au Maroc n'est spécifique du thurifère, ces ravageurs étant connus pour s'attaquer aux autres espèces méditerranéennes de genévriers telles *J. cedrus* Webb & Berthelot, *J. oxycedrus* L. et *J. phoenicea* L. (e.g., *T. quadrisetus*, Roques *et al.*, 1984 ; *P. oxycedrana*, Roques, 1983 ; Guido & Roques, 1996 ; Bouaziz & Chakali, 1997 ; *N. transversus*, Roques, 1983). Comparée à la faune observée sur thurifère en Europe du sud (Roques *et al.*, 1984), la faune marocaine se différencie notamment par le remplacement du Lépidoptère Tortricidae *Pammene juniperana* Millière par l'espèce congénérique *P. oxycedrana*, par la présence du Coléoptère Curculionide *N. transversus* et celle du Lépidoptère Yponomeutidae *A. reticulata*, qui semble prendre la place du Gelechiidae *Brachyacma oxycedrella* Millière, mais d'autres Yponomeutidae du même genre ont été observés sur les galbules de diverses espèces de genévriers en Europe (Roques, 1983).

Comme les autres structures reproductrices de conifères, le galbule de genévrier peut être considéré comme une unité végétale vivante possédant une dynamique de développement propre, marquée par de rapides et continus processus de transformation physico-chimique qui aboutissent à la faire passer en quelques mois d'une structure indifférenciée à une structure hautement différenciée (Turgeon *et al.*, 1994). Les arthropodes susceptibles de coloniser le cône / galbule doivent être adaptés à ce milieu à évolution rapide. Il n'est donc pas surprenant qu'une coïncidence phénologique de même nature que celles qui ont été largement décrites sur mélèze, pins, etc. (voir Roques, 1988b pour une revue), ait été observée sur thurifère entre l'attaque des arthropodes et les phases de développement du galbule. En dépit des différences de faune, la succession des attaques de ravageurs obser-

vée au Maroc recoupe d'ailleurs largement celle notée sur thurifère dans le sud de la France, avec la prédominance d'hétéroconophytes au début et à la fin du développement du galbule et celle de conophytes durant la phase de croissance proprement dite (Roques *et al.*, 1984).

La place particulière occupée par la strate médiane de l'arbre, dont le taux de dégâts ne se différencie d'aucune des deux autres strates, permet de conclure que les prélèvements à partir de la strate médiane sont représentatifs, ce qui facilite et simplifie l'échantillonnage. Il est, en revanche, beaucoup plus délicat d'apprécier l'absence de différences de dégâts entre quadrants de l'arbre. En effet, la notion d'orientation du cône sur l'arbre peut ne pas refléter totalement les conditions microclimatiques en chaque point de cet arbre, la densité propre des peuplements de thurifère ne dépassant guère 50 %. En outre, les arbres diffèrent au niveau de la densité des branches, comme de la production en galbules par quadrant.

Les relations inverses entre les variations annuelles de production des galbules et leur taux d'occupation par les insectes ravageurs recourent les constatations faites sur plusieurs conifères de la famille des Pinaceae, pour lesquels ces deux variables sont étroitement reliées (Lyons, 1957 ; Mattson, 1971 ; Roques, 1977, 1988a). Cependant, les variations annuelles de production relevées chez les Cupressaceae semblent moins importantes que chez d'autres conifères et paraissent produire des effets moindres sur les populations d'insectes, comme on le constate avec la permanence d'un taux d'attaque annuel des galbules supérieur à 50 % à Tizrag (à l'exception de la seule année caractérisée par une augmentation importante de la production par rapport à celle de l'année précédente). Il est ainsi vraisemblable que les populations d'insectes n'ont pu répondre immédiatement à cette variation brutale de l'abondance de leurs hôtes.

L'impact de la production sur les insectes semble cependant dépendre du complexe entomologique impliqué (Roques, 1977). Les populations d'espèces conophytes, qui n'ont pas de source alternative de nourriture, sont directement affectées par la dimension et l'abondance des cônes. En revanche, les hétéroconophytes sont moins touchés car ils peuvent se développer aux dépens d'autres organes végétaux. Dans le cas des ravageurs de *J. thurifera*, le volume réduit offert par le galbule, comme les différences de phénologie existant entre espèces de ravageurs, tendent à limiter

l'augmentation du nombre d'individus et d'espèces par galbule en cas de faible production. Dans une telle situation, les espèces conophytes les plus tardives, comme celles des genres *Argyresthia*, *Pammene* et *Megastigmus*, ne trouvent plus de galbules disponibles et sont moins abondantes comparativement aux populations de l'acarien *T. quadrisetus* qui constitue le ravageur le plus précoce. A cela s'ajoutent des phénomènes de compétition inter- et intra-spécifique pour un milieu limité dans l'espace et dans le temps, tels cannibalisme et prédation entre larves (notamment entre celles d'*A. reticulata* et *P. oxycedrana*, comme cela a pu être confirmé en élevage). En revanche, la présence de *Contarinia* sp., qui peut se trouver dans les galbules également attaqués par *T. quadrisetus*, ne semble pas affectée par l'importance de la production en galbules.

Les différences de dégâts et de ravageurs dominants entre les sites du Moyen-Atlas, où le taux d'attaque des galbules atteint 59 % avec la dominance de l'acarien *T. quadrisetus*, et les sites du Haut-Atlas, où l'infestation atteint 80 % avec la dominance du microlépidoptère *A. reticulata*, suggèrent que les relations thurifère-ravageurs ne procèdent vraisemblablement pas d'un schéma évolutif unique. Ceci pourrait être en relation avec la colonisation apparemment plus récente du Moyen-Atlas par le thurifère (Labhar, 1992). Nos résultats méritent cependant d'être confirmés sur une plus grande amplitude temporelle.

Le nombre moyen de graines pleines restant par galbule après attaque des ravageurs au Maroc (0,13) est inférieur à celui indiqué par Roques *et al.* (1984) pour les peuplements de thurifère du sud-est de la France, où cette valeur s'établissait de 0,1 à 0,9 graine pleine par galbule après attaque des ravageurs, et pour ceux de Corse (0,3 à 0,9 graine pleine après dégâts de ravageurs), mais aussi à celui obtenu pour le genévrier endémique des îles Canaries, *J. cedrus* (0,36 à 0,89 graine pleine après dégâts) (Guido & Roques, 1996). Le nombre moyen de graines susceptibles d'être disséminées qui en résulte est ainsi très faible (moins de 3500 par arbre, soit moins de 14 % du potentiel de départ, à Tizrag). De plus, une fois les galbules correspondants tombés au sol, ces graines vont ensuite être soumises à l'action de nombreux autres facteurs de mortalité, comme la prédation par d'autres insectes, oiseaux et micromammifères ou la consommation par le cheptel, en plus des difficultés propres au processus de germination dans un milieu naturel. L'action com-

binée de ces différents facteurs limitant la régénération engendre un aspect très déséquilibré des peuplements comme celui de Tizrag, où l'on peut observer une minorité de jeunes sujets, les vieux arbres étant par ailleurs très mutilés (Badri *et al.*, sous presse).

En conclusion, si le complexe d'espèces inféodées aux galbules du thurifère au Maroc ne se différencie pas sur le plan qualitatif de celui observé dans le reste de l'aire de l'essence, il semble avoir un impact nettement plus important sur les potentialités de régénération naturelle des Thuriféraires en diminuant de manière plus drastique le stock de graines susceptibles de surmonter les agressions ultérieures prévenant leur germination ou le développement des jeunes plantules qui en sont issues. Ces données confirment les observations précédemment effectuées dans le seul Haut-Atlas (El Alaoui El Fels & Boumezzough, 1992, 1993 ; El Alaoui El Fels *et al.*, 1994). Il reste cependant à développer des études intégrées permettant de relier pratiquement importance de l'impact des ravageurs et dynamique de régénération, par exemple en suivant *in situ* la germination et le développement des plantules dans des conditions différentes d'attaque préalable d'arthropodes sur galbules et graines.

Remerciements

Nous tenons à remercier les instances de la Fondation Internationale pour la Science pour leur soutien financier à cette étude (Bourse N_D/2055-1, 93-96). Nous remercions également Mr. M. Alifriqui, responsable du laboratoire d'Ecologie Végétale, Faculté des Sciences Semlalia Marrakech, pour son aide sur le terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- Alifriqui M., 1986. *Contribution à l'étude du milieu et de la végétation dans le Haut-Atlas occidental d'Amizmiz (massif de l'Erdouz -Ighdat)*. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. 304 p.
- Badri W., El Alaoui El Fels M. A., Boumezzough A. & Gauquelin T., sous presse. Dépérissement des forêts au Maroc : cas du genévrier thurifère. In: Bakry M. (ed), *Colloque national sur le dépérissement des forêts au Maroc*, Rabat, 28-29 Février 1996.
- Barbero M., Quézel P. & Loisel R., 1990. Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *For. Médit.*, 12 : 193-215.
- Bouaziz K. & Chakali C., 1997. Diversity and impact of cone and seed insects in Algeria. In: Battisti A. & Turgeon J.J. (eds), *Proceedings 5th Cone and Seed Insects*

- IUFRO Working Party Conference*, Institute of Agricultural Entomology, Padova University : 193-207.
- Boudy P., 1958. *Economie forestière Nord-africaine, description forestière du Maroc*. Larose, Paris. 375 p.
- Cleu H., 1957. Lépidoptères et biocénoses des genévriers dans le peuplement du bassin du Rhône. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 126: 1-29.
- Dembner S.A., 1987. *Arrêter la désertification au Maroc. Profil de projet forestier n° 5*. FAO (Département des forêts), Rome. 4 p.
- Dupuis C., 1965. Etude de l'oligophagie de 3 punaises des genévriers et revue des plantes-hôtes des Héteroptères voisins. *Cahiers Natur.*, 21: 105-122.
- El Alaoui El Fels M. A. & Boumezzough A., 1992. Impact des ravageurs sur la régénération du genévrier thurifère dans le Haut-Atlas de Marrakech. In: Alifriqui M. & Ben Chaabane A. (eds), *Actes des premières journées de l'arbre*. Lab. Ecologie Végétale, Fac. Sci. Semlalia Marrakech, 7-8 Mai 1992 : 29-35.
- El Alaoui El Fels M. A. & Boumezzough A., 1993. Contribution à l'étude des thuriféraires marocaines : I- Le genévrier thurifère et son environnement dans le Haut-Atlas occidental (plateau de Tizrag et Matat). In: Bencherifa A. (ed), *Actes du deuxième Congrès des Géographes Africains*. Rabat et Agadir, 22-24 avril 1993 : 49-57.
- El Alaoui El Fels M. A., Boumezzough A. & El Alaoui M. D., 1994. Contribution à l'étude des thuriféraires marocaines : II- Le genévrier thurifère et son environnement dans le Haut-Atlas central Calcaire (bassin versant de l'Ahançal). In: Alifriqui M. & Ben Chaabane A. (eds), *Actes des deuxièmes journées de l'arbre*. Lab. Ecologie Végétale, Fac. Sci. Semlalia Marrakech, 20-21 Avril 1994 : 92-95.
- El Hassani A. & Messaoudi J., 1987. Les ravageurs des cônes et graines de conifères et leur distribution au Maroc. In: Roques A. (ed.), *Proceedings 2nd Cone and Seed Insects IUFRO Working Party Conference*, INRA, Versailles : 5-14.
- Emberger L., 1938. *Les arbres du Maroc et comment les reconnaître*. Larose, Paris. 318 p.
- Fromard F. & Gauquelin T., 1993. Les formations à genévrier thurifère au Maroc : un milieu et une espèce en régression. *Unasylva*, 44 : 52-58.
- Gauquelin T. & Lathuillière M., 1995. Les formations relictuelles à genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) : des milieux pré-steppiques remarquables dans les Alpes du sud et au Maroc. *Actes 7ème rencontres Agence Régionale Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur*. ARPE (BIOMES), Digne-les-Bains, 25-26 Octobre 1995 : 145-150.
- Guido M., Battisti A. & Roques A., 1995. A contribution to the study of cone and seed pests of the evergreen cypress (*Cupressus sempervirens* L.) in Italy. *Redia*, 78 : 211-227.
- Guido M. & Roques A., 1996. Impact of the phytophagous insect and mite complex associated with cones of Junipers (*Juniperus phoenicea* and *J. cedrus* Webb and Berth.) in the Canary islands. *Ecol. Médit.*, 22 : 1-10.
- Haloui B., 1986. *Contribution à l'étude de la végétation du bassin versant de l'oued Rhéghaya (Haut-Atlas de Marrakech)*. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. 123 p.

- Labhar M., 1992. Evolution récente du cèdre dans le Jbel Michlifène-Hebri, Moyen-Atlas occidental (1962-1990). In: Alifriqui M. & Ben Chaabane A. (eds), *Actes des premières journées de l'arbre*. Lab. Ecologie Végétale, Fac. Sci. Semlalia Marrakech, 7-8 Mai 1992 : 69-74.
- Lecompte M., 1969. La végétation du Moyen-Atlas central (esquisse phytogéographique et carte des séries de végétation au 1/200000). *Trav. Inst. Sc. Chér. Sér. Bot. et Biol. Veg.*, 31 : 1-34.
- Lyons L.A., 1957. Insects affecting seed production in red pine. IV: Recognition and extent of damage to cones. *Can. Entomol.*, 89 : 264-271.
- Maselli D., 1993. Contribution à l'étude de la pluviométrie du Haut-Atlas occidental au Maroc : répercussions sur l'environnement et l'exploitation agricole. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie, Thessaloniki*, 6 : 315-323.
- Mattson W.J., 1971. Relationship between cone crop size and damage by insects in red pine seed-production areas. *Can. Entomol.*, 103 : 617-621.
- Moulet P., 1995. *Faune de France 81: Hémiptères Coreidae euro-méditerranéens*. FFSSM, Paris. 336 p.
- Ouhammou A., 1986. *Recherches sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'Ourika (Haut-Atlas central, Maroc)*. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. 181 p.
- Peyre C., 1979. *Recherches sur l'étagement de la végétation dans le massif du Bou-Iblane (Moyen-Atlas oriental, Maroc)*. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Aix-Marseille III. 149 p.
- Roques A., 1977. Etude du complexe entomologique lié aux cônes de pin sylvestre en forêt de Fontainebleau. *Bull. Ecol.*, 8 : 415-434.
- Roques A., 1983. *Les insectes des cônes et des graines des conifères en France*. Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles. 150 p.
- Roques A., 1988a. Impact des insectes ravageurs des cônes et des graines sur les potentialités de régénération naturelle des principales essences constituant les forêts d'altitude du Briançonnais. In: Gensac P. (ed), *Régénération des forêts d'altitude*. Univ. Chambéry, Chambéry : 17-28.
- Roques A., 1988b. *La spécificité des relations entre cônes de conifères et insectes inféodés en Europe occidentale, un exemple d'étude des interactions plantes-insectes*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Pau. 242 p.
- Roques A. Raimbault J. P. & Goussard F., 1984. La colonisation des cônes et galbules des genévriers méditerranéens par les insectes et les acariens et son influence sur les possibilités de régénération naturelle de ces essences. *Ecol. Medit.*, 10 : 147-169.
- Turgeon J. J., Roques A. & de Groot P., 1994. Insect fauna of coniferous seed cones : diversity, host plant interactions, and management. *Ann. Rev. Entomol.*, 39 : 179-212.
- Vidakovi• M., 1991. *Conifers: morphology and variation*. Grafi ki zavod Hrvastke, Zagreb. 755 p.
- Vidal J., 1949. Hémiptères de l'Afrique du Nord et des pays circum-méditerranéens. *Mem. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 158: 180-181.
- Zaoug B., 1993. *Contribution à l'étude de la dynamique des populations de la mouche de l'olivier Dacus oleae Gmel. (Diptère, Tephritidae) dans la région du Haouz de Marrakech (Maroc)*. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. 112 p.