

POSSIBILITES DE RENFORCEMENT DE LA LUTTE CONTRE *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* DENIS ET *SHIFFERMULLER* (Lep., *Thaumetopocidae*) DANS LES REBOISEMENTS DE *Pinus halepensis* du "BARRAGE VERT"

ZAMOUM M.* et DEMOLIN G**. Collaboration technique de BENSIDI A. et BELABIOD A. ***

* Institut National de Recherche Forestière - B.P. 37 Chéraga, Alger, Algérie - (mzamoum@Yahoo.fr).

** Institut National de Recherches Agronomiques - Laboratoire Ecologie du Mont-Ventoux, 84340 Malaucène France - (guy.demolin@Wanadoo.fr). *** Station Régionale INRF, Route de Moudjebara, Djelfa, Algérie.

ملخص

إدماج طريقتين للحد من تكاثف دودة الصنوبر قد تم دراستها في منطقة السد الأخضر بالجلفة أين تمت عمليات التشجير بالصنوبر الحلبي. الطريقة الأولى: عبارة عن وضع فخاخ ضوئية لجلب ذكر الحشرة. مما سمح ملاحظة مدى نجاعة هذه الفخاخ حيث تم حصد أكثر من 20 000 حشرة في السنة منها 37 % لم تتكاثر بعد. مطابقة مع وضع الفخاخ التي تستعمل فيه الفيرومونات الجنسية. استعمال هذا النوع من الفخاخ بصفة معممة في تشجيرات حديثة النشأة تمكن من الحد من عملية وضع البيض عند هذه الحشرة. الطريقة الثانية: تخص الحد من أعداد دودة الصنوبر باستعمال حشرات طفيلية تعيش داخل بيضها. تم الحصول على نتائج ضعيفة منها 1.3 % و 20.6 % في منطقة الجلفة مقارنة بالمناطق الأخرى التي تعيش فيه هذه الحشرة. استعمال هذه الطريقة تمكن الحد من أعداد هذه الحشرة الفتاكة.

Résumé :

L'intégration de deux procédés pouvant réduire les effectifs de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, a été étudiée dans les reboisements de *Pinus halepensis* Mill. du " barrage vert " à Djelfa.

Le premier concerne le piégeage des adultes mâles qui a été effectué à l'aide d'un piège à double source lumineuse attractive. Il a permis de constater la performance de ce piège: plus de 20 000 individus mâles/ an ont été collectés dont plus de 37 % sont capturés avant leurs accouplements. Au même titre que le piégeage par phéromone sexuelle, l'utilisation de ce type de piège à grande échelle dans les jeunes reboisements permettrait l'échec du succès reproducteur et par la même de réduire l'abondance des pontes de cet insecte.

Le second est relatif à la réduction des effectifs de cet insecte ravageur par le complexe des ooparasitoïdes. En effet, l'incidence interannuelle de ce complexe est très faible à Djelfa (entre 1,3 et 20,6 %) par rapport à d'autres biotopes de l'aire de répartition de la processionnaire du pin où elle peut dépasser 60 %. A Djelfa, cette incidence semble varier en fonction des facteurs stationnels et d'une année à l'autre. Il est certain que l'utilisation des ooparasitoïdes dans les foyers d'infestation pourrait contribuer à la réduction des effectifs de cet insecte ravageur.

Mots clés: *Thaumetopoea pityocampa*, reboisement, *Pinus halepensis*, incidence, complexe des ooparasitoïdes, lutte intégrée.

INTRODUCTION

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, insecte défoliateur, est présente dans l'ensemble des pineraies et cédraies. Ses pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont notées dans les reboisements notamment ceux du "barrage vert".

La principale méthode de lutte préconisée depuis les années 1980 pour sauver les reboisements contre ce ravageur est l'utilisation d'insecticides d'ingestion de type microbiologique (*Bacillus thuringiensis*) ou inhibiteurs de la mue larvaire (Diflubenzuron) sur les deux premiers stades larvaires. En fait, cette méthode est la seule qui permettait, à cette époque, d'arriver à long terme à une autoprotection des reboisements en assurant l'accroissement normal de la biomasse foliaire jusqu'à la fermeture du peuplement et la préservation des ennemis naturels liés à *T. pityocampa*. Depuis 1992, il est possible de traiter en hiver et d'atteindre les trois derniers stades larvaires avec des insecticides à base de *B. thuringiensis* (DEMOLIN et al., 1993). L'avantage de cette nouvelle possibilité est d'intervenir uniquement sur les superficies atteintes (ZAMOUM et al., 1997).

Afin de toucher d'autres écophases aussi vulnérables que celles des stades larvaires, nous avons pensé à renforcer les méthodes de traitements insecticides avec d'autres techniques d'intervention qui peuvent s'insérer dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée. Pour cela, nous avons mené

dans le reboisement de Moudjebara d'une part, une étude sur les envois des adultes afin d'analyser leurs rythmes d'émergence pour organiser le piégeage de masse et d'autre part, sur l'incidence du complexe des ooparasitoïdes pour examiner la possibilité de son utilisation en lutte biologique.

MATERIELS ET METHODES

1. Milieu d'étude

La région de Djelfa est située à 300 km au sud d'Alger, à une altitude comprise entre 600 et 1550 mètres d'altitude, et elle est traversée en oblique par les monts des Ouled Naïls qui font partie de la chaîne montagneuse de l'Atlas saharien. Elle est caractérisée par un isolement géographique, car elle est limitée au Nord-Ouest par la région asylvatique des hauts plateaux et au sud par le Sahara. Notons que Djelfa fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid (STEWART, 1974). Les données climatiques concernant les années étudiées ont été recueillies dans la station de l'Office National de la Météorologie (ONM) située dans la ville de Djelfa à une altitude de 1144 mètres, une latitude Nord de 34° 41' et une longitude Est de 03° 15'.

Les protocoles expérimentaux ont été installés dans le reboisement de *Pinus halepensis* de Moudjebara d'une superficie de 13 000 ha, situé dans une enclave à relief relativement homogène. L'unique connexion de ce reboisement avec la forêt naturelle très

dégradée de Djellal Chergui se situe au sud. Au Nord, il est limité par la ville de Djelfa, à l'Ouest par la route de Laghouat et à l'Est par la commune de Moudjebara. La structure générale du peuplement est hétérogène du point de vue des taux de recouvrement qui varient de 10 à 100% (MISSOUM, 1991).

2. Piégeage lumineux des adultes

Un piège à deux sources lumineuses (type DEMOLIN) a été installé à Moudjebara (siège de la circonscription des forêts - 1160 mètres d'altitude) de 1992 à 1995 et cela, durant toute la période de vol des papillons, c'est à dire de la fin juin à début novembre; en 1992, le piège n'a fonctionné qu'à partir du 21 juillet. Deux relevés par jour ont été effectués du début à la fin de la période de vol des papillons l'un à 00h et l'autre chaque matin.

3. Estimation de l'incidence des ooparasitoïdes.

Les pontes recensées dans cinq parcelles d'étude en 1993, 1994 et 1995 ont été analysées (Tableau 1). Les recensements ont été effectués sur 35 arbres répartis sur un transect linéaire, situé dans la partie centrale de la parcelle et dans lequel un arbre sur 5 a été choisi. Les collectes de pontes ont été effectuées juste après les éclosions des chenilles c'est à dire dans le courant du mois d'octobre pour chacun des trois cycles de développement étudiés.

Les pontes collectées ont été mises une par une dans des tubes en verre bouchés des deux cotés à l'aide de coton et conditionnées sous abri extérieur à Djelfa. L'examen de ces pontes n'a été effectué que deux années après leurs collectes. Cela, a permis d'identifier et de dénombrer les sorties d'adultes des ooparasitoïdes prompts et différées.

Tableau 1: Caractéristiques physiques et floristiques des parcelles d'étude dans le biotope de Moudjebara.

Parcelles et date de plantation	Altitude (m)	Exposition	Espèces végétales associés à <i>P. halepensis</i>	Taux de recouvrement de la végétation	Hauteur (m)
M1 (1977-78)	1340	S	<i>Q. ilex</i> , <i>J. oxycedrus</i> et <i>S. tenassissima</i>	90 %	1-2,5
M2 (1971-72)	1180	NW	<i>A. herba alba</i>	70 %	1-2
M3 (1972-73)	1200	NE	<i>A. herba alba</i>	60 %	1-1,5
M4 (1980-81)	1120	S	<i>A. herba alba</i> + <i>S. tenassissima</i>	90 %	2-3,5
MN (1975-76)	1280	NE	<i>A. herba alba</i>	90 %	1-4,5

RESULTATS

1. Performance du piège lumineux

Au cours des périodes de piégeage, nous avons noté quelques imprécisions résultant de l'absence ou de déficit de captures certains jours dus à

des pannes du piège ou à la prédation du hérisson et du rat aux alentours du piège. Les résultats annuels montrent que la période totale de vol se situe entre le 1^{er} juillet et le 31 octobre (Figure 1).

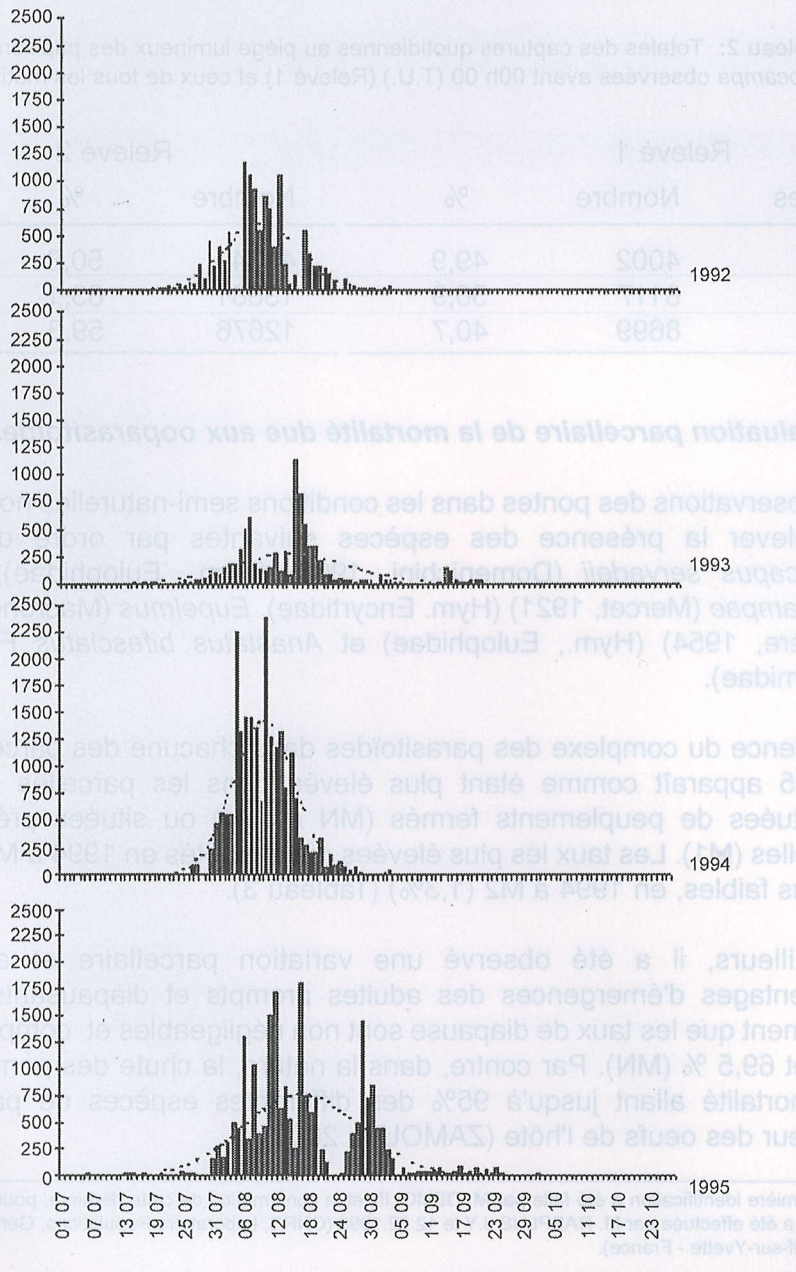


Figure 1:
Distributions
des
fréquences
journalières
de captures
d'adultes
mâles de *T.
pityocampa*
au piège
lumineux.

Dans le tableau 2, nous constatons que plus de 20 000 papillons mâles ont été capturés par le seul piège installé en 1994 et 1995. Il faut noter que plus de 37 % de ces captures ont eu lieu avant 00 h 00 (T.U.) et de ce fait avant leurs accouplements. En effet, dans les conditions semi-naturelles d'observation de l'éthologie des adultes, nous avons noté que les accouplements ont lieu, dans la majorité des cas après 2 h (T.U.) (ZAMOUM, 1998).

Tableau 2: Totales des captures quotidiennes au piège lumineux des papillons mâles de *T. pitycampae* observées avant 00h 00 (T.U.) (Relevé 1) et ceux de tous les matins (Relevé 2).

Années	Relevé 1		Relevé 2		Σ
	Nombre	%	Nombre	%	
1993	4002	49,9	4134	50,8	8136
1994	8117	36,9	13881	63,1	21998
1995	8699	40,7	12676	59,3	21375

2. Evaluation parcellaire de la mortalité due aux ooparasitoïdes

Les observations des pontes dans les conditions semi-naturelles nous ont permis de relever la présence des espèces suivantes par ordre d'importance¹: *Baryscapus servadeii* (Domenichini, 1966) (Hym., Eulophidae), *Ooencyrtus pitycampae* (Mercet, 1921) (Hym. Encyrtidae), *Eupelmus* (Macroneura) sp. nov. (Ferrière, 1954) (Hym., Eulophidae) et *Anastatus bifasciatus* Fonsc. (Hym., Eupelmidae).

L'incidence du complexe des parasitoïdes dans chacune des parcelles de 1993 à 1995 apparaît comme étant plus élevée dans les parcelles qui sont soit constituées de peuplements fermés (MN et M4) ou situées près des forêts naturelles (M1). Les taux les plus élevées ont été notés en 1994 à M1 (20,6%) et, les plus faibles, en 1994 à M2 (1,3%) (Tableau 3).

Par ailleurs, il a été observé une variation parcellaire et annuelle des pourcentages d'émergences des adultes prompts et diapausants. Il apparaît également que les taux de diapause sont non négligeables et compris entre 24,7 (M3) et 69,5 % (MN). Par contre, dans la nature, la chute des pontes engendre une mortalité allant jusqu'à 95% des différentes espèces de parasitoïdes à l'intérieur des oeufs de l'hôte (ZAMOUM, 2001).

1. La première identification a été faite par M. DEMOLIN et la confirmation de cette dernière, pour les trois premières espèces, a été effectuée par M. RASPLUS J.Y le 12.02.1996 (CNRS, Laboratoire Populations, Génétique et Evolution, INRA - Gif-sur-Yvette - France).

Tableau 3 : Evaluation parcellaire de l'incidence du complexe des ooparasitoïdes durant trois cycles de développement.

- (1) : Les pourcentages de parasitisme en 1995 sont sous estimés car les oeufs n'ont pas été disséqués
 (2) : Comparaison des moyennes par ponte obtenues en 1993 et 1994.

Parcelles	Dates de récolte (1)	Pontes examinées	Nombre d'oeufs examinés				Test t (2)
			Total a	Parasités b	b/a (%)	Moy./ponte ($\pm$ e.s.m.)	
M1	06/10/1993	237	28786	4123	14,3	19,9 $\pm$ 1,2	t=1,97 (p=0,04)
	04/10/1994	119	12789	2635	20,6	24,2 $\pm$ 1,7	
	17/10/1995	758	101272	10533	10,4	----	
M2	25/10/1993	41	4419	102	02,3	6,4 $\pm$ 1,2	t=2,05 (p=0,20)
	09/10/1994	41	4694	63	01,3	4,2 $\pm$ 1,2	
	18/10/1995	152	20553	1701	08,3	----	
M3	19/10/1993	105	10951	367	03,4	8,2 $\pm$ 1,2	t=1,99 (p=0,34)
	12/10/1994	128	14557	319	02,2	6,7 $\pm$ 1,1	
	21/10/1995	211	27452	2153	07,8	----	
M4	02/10/1993	391	45792	4029	08,8	13,9 $\pm$ 0,1	t=1,97 (p<0,0001)
	04/10/1994	337	40777	566	01,4	4,4 $\pm$ 0,5	
	16/10/1995	225	28389	3529	12,4	----	
MN	19/10/1993	33	5279	305	05,8	16,9 $\pm$ 5,1	t=2,02 (p=0,17)
	09/10/1994	35	5490	813	14,8	26,2 $\pm$ 4,4	
	22/10/1995	188	30167	1212	04,0	----	

DISCUSSION

1. Analyse du vol efficace des adultes

Le vol central est le plus dangereux car il favorise un taux élevé d'accouplement, et donc de descendance. A Moudjebara, ce vol se situe durant la première quinzaine du mois d'août alors qu'il a lieu au mois de juillet pour des biotopes d'altitudes similaires au Nord de l'Algérie (KHEMICI et al., 1988). La connaissance des dates précises de ce vol permettent d'organiser à l'avance le piégeage de masse (ZAMOUM, 1995).

En ce qui concerne la performance annuelle du piège lumineux, jusqu'à

21998 mâles ont été capturés en 1994 à Moudjebara, alors qu'au Mont-Ventoux (France) de 1970 à 1983 DEMOLIN (1987) n'a enregistré que des effectifs inférieurs à 300. Par ailleurs, cette performance se rapproche de celle qui a été obtenu avec l'utilisation d'une densité de 20 pièges à phéromone sexuelle à l'hectare dans une pinède près de Torriana en Italie (BARONIO et al., 1992). A Moudjebara, cela pourrait être du à la forte présence de *T. pityocampa*, au relief relativement plat et à l'uniformité de la structure du peuplement. Ces paramètres permettent à ce type de piège d'avoir un rayon d'action plus important. En effet, sur un rayon de 100 mètres environ autour du

site d'installation du piège, la présence de pontes a été réduite de manière significative par rapport aux parcelles témoins éloignées. De ce fait, nous pensons qu'un piégeage de masse, à l'aide du piège lumineux ou de la confusion sexuelle avec l'utilisation de la phéromone pourrait contribuer à la diminution des effectifs de *T. pityocampa*.

2. Efficacité des ooparasitoïdes

La réduction des effectifs de la processionnaire du pin par le complexe des ooparasitoïdes de 1993 à 1995 est comprise entre 1,3 et 20,6% et semble varier en fonction des caractéristiques stationnelles et d'une année à l'autre. Les résultats dans d'autres localités du bassin méditerranéen dépassent, en général, 50% et peuvent atteindre 70% (ZAMOUM, 1998).

En général, les causes des variations de l'action parasitaire sont multiples la plus vraisemblable est en relation avec la densité de l'hôte. Les études pluriannuelles effectuées dans différentes pinèdes par MASUTTI (1964), GERI (1980), TIBERI (1978) et BATTISTI (1989) ont abouti à la même constatation, à savoir que l'impact des parasitoïdes est plus élevé avant et après culmination des populations de *T. pityocampa*. Notons qu'à Moudjebara, parmi les principaux facteurs qui seraient en mesure de limiter sensiblement l'incidence des parasitoïdes, nous avons la chute des pontes qui peut engendrer dans certaines parcelles, une mortalité de plus de 90 % des nymphes et des adultes hivernants.

De l'avis de nombreux auteurs, les techniques de lutte biologique par l'utilisation d'auxiliaires peuvent contribuer à une action profonde mais non radicale sur les populations d'insectes ravageurs forestiers (DU MERLE, 1990). Dans le cas de Moudjebara, nous pensons qu'il serait très utile de renforcer l'action des ooparasitoïdes par un lâcher inondatif. TIBERI et al. (1994) a obtenu des résultats satisfaisants par de lâchers d'*O. pityocampae* obtenu à partir d'un élevage de masse sur hôte de transition au laboratoire. Néanmoins, du fait de l'absence d'infrastructures permettant des élevages intensifs d'auxiliaires en Algérie, nous suggérons plutôt la méthode qui consisterait à prélever des pontes dans des sites ou celles-ci renferment une proportion non négligeable de parasitoïdes en diapause puis de les transférer dans des stations sujettes à une infestation par le ravageur, ce qui permettrait aux ooparasitoïdes diapausants d'attaquer les pontes de *T. pityocampa* issues de la génération suivante.

CONCLUSION

Sur le plan pratique, les résultats de l'étude conduisent à donner quelques recommandations aux gestionnaires forestiers de Djelfa et ceux du "barrage vert" pour contenir dans les limites raisonnables les fortes pullulations de type "explosion" de *T. pityocampa*. D'abord, au même titre que la méthode de confusion sexuelle qui consiste à attirer et à piéger les mâles à l'extérieur des peuplements grâce à l'application de la phéromone sexuelle (DEMOLIN,

1987), l'utilisation du piège lumineux à deux sources attractives dans les sites névralgiques et durant le vol efficace des papillons pourrait donner des résultats satisfaisants dans les jeunes reboisements.

Les résultats acquis sur l'étude interannuelle des ooparasitoïdes ont permis de localiser les parcelles et les périodes les plus propices à des actions de lutte biologique par lâchers inondatifs ou d'introduction d'espèces non recensées à Djelfa, comme les *Trichogramma* sp. dont les techniques d'élevages et de lâchers sont déjà bien maîtrisés.

REMERCIEMENTS

Les travaux de recherche ont été réalisés dans le cadre du contrat de coopération scientifique entre l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA - France) et l'Institut National de Recherche Forestière (INRF - Algérie) portant intitulé: "Recherches forestières en protection des forêts et en sylviculture". Les auteurs expriment leurs vifs remerciements à M. P. DU MERLE pour ses conseils et suggestions et aux structures qui ont contribué à la réalisation de ce travail : la Direction Générale des forêts, la Conservation des forêts de Djelfa, le Département de Recherche en Protection des Forêts INRF de Baïnem et la station régionale INRF de Djelfa.

SUMMARY

The integration of two methods which can control the population dynamics of the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa*, was performed at Djelfa in the reforestation located in the " green barer ".

The first control method experimented concerns the mass male moths light trapping. The result show that more than 20 000 males moths were trapped for each year and more than 37 % are captured before mating. As well as the sex-pheromone trap, the use of our light trap in the young reforestation could avoid the reproductive success and reduce the eggs laying of this insect.

The opportunity to use the egg parasitoids for control was also studied. Indeed, the comparative study of the egg parasitoids complex incidence show that is very low in Djelfa (between 1,3 and 20,6%) whereas, in other pine forests located in different parts of the Mediterranean, this incidence can exceed 60 %. In Djelfa, the egg parasitoids incidence seems to vary according to the ecological factors in each plots and from one year to another. It is certain that the use of the egg parasitoids can reduce the population densities of the pest in the infected reforestation.

BIBLIOGRAPHIE

- BARONIO P., BALDASSARI N., SCARAVELLI D.**, 1992 - Evoluzione quantitativa di una popolazione di *Thaumetopoea pityocampa* (DEN. & SCHIFF) (Lepidoptera Thaumetopoeidae) trattata con il metodo della cattura in massa. *Frustula entomol.*, n° special, 14, 28, 1-9.
- BATTISTI A.**, 1989 - Field studies on the behavior of two egg parasitoids of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (*Tetrastichus servadei*, *Ooencyrtus pityocampae*; kairomone, host plant). *Entomophaga*, 34 (1), 29-38.

- DEMOLIN G.**, 1987.- La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., au Mont Ventoux. *Etudes Vauclusiennes*, n° spécial 3: 157-173.
- DEMOLIN G.**, **MARTIN J.-C.**, **LAVANCEAU P.**, 1993 - La lutte contre la processionnaire du pin - L'évolution des insecticides à base de *Bacillus thuringiensis*. *Phytoma*, **452**, 13-16.
- DU MERLE P.**, 1990 - Etudier les insectes ravageurs des arbres forestiers: Pourquoi ? Comment ?... Quelques résultats. *Forêts*, **42**, 4, 23-27.
- GERI C.**, 1980 - *Applications des méthodes d'études démécologiques aux insectes défoliateurs forestiers. Cas de Diprion pini L. (Hym., Diprionidae). Dynamique des populations de la processionnaire du pin dans l'île de Corse.* Thèse doct. Etat, Orsay, Université Paris Sud, 260 p.
- KHEMICI M.**, **ZAMOUM M.**, **DEMOLIN G.**, 1988 - Ecologie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera *Thaumetopoeidae*) en Algérie. Incidence du climat sur le comportement de l'insecte. *Ann. Rech. For. Algérie*, **3** (3), 67-75.
- MASUTTI L.**, 1964- Recherche sui parassiti oofagi della *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Ann. Cent. Econ. Mont. Ven. Univ. Padova*, **4**, 205-271.
- MISSOUM N.**, 1991- *Contribution à l'étude cartographique par télédétection spatiale d'un projet de mise en valeur steppique : cas de la bande forestière Aïn Ouessara - Djelfa et reboisement de Moudjebara*. Mem., Ing. d'Etat, Institut Nat. d'Agronomie El-Harrach, Algérie, 106 p.
- STEWART P.**, 1974- Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord Alger*, tome 65, Fasc. 1 et 2.
- TIBERI R.**, 1978- Notizie preliminari sull'incidenza dei parassiti oofagi nelle popolazioni di processionaria del pino in giovani pinete dell' Italia Centrale. *Redia*, **61**, 487-501.
- TIBERI R.**, **NICCOLI A.**, **SACCHETTI P.**, 1994 - Esperienze di lotta biologica contro la processionaria del pino con l'impiego di *Ooencyrtus pityocampae* allevato su *Nezera viridula*. MIRAAF- Convegno "Innovazioni e prospettive nella difesa fitosanitaria", Ed. Ist. Sper. Pat. Veg., Roma, 329-332.
- ZAMOUM M.**, 1995 - La chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Shiffermüller (Lep., *Thaumetopoeidae*). Publication de l'Inst. Nat. de Rech. For., Algérie, 11p.
- ZAMOUM M.**, **DEMOLIN G.**, **MARTIN J.C.**, 1997- Essai d'efficacité d'un insecticide microbiologique (Foray 48B) sur les stades L3 et L4 de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., *Thaumetopoeidae*) dans le reboisement de Moudjebara (Djelfa, Algérie). *Ann. Rech. For. Algérie*, **1**, 3-11.
- ZAMOUM M.**, 1998 - *Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de Thaumetopoea pityocampa Denis & Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie).* Thèse doct., Université de Rennes I, 247 p.
- ZAMOUM M.**, **DEMOLIN G.**, 2001- Mécanismes de régulation des populations de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., *Thaumetopoeidae*) en zone semi-aride (Algérie). Sem sur la conservation et la valorisation des ressources sylvo-pastorales, 19-90 déc. 2001, INRGREF Tunisie.