

Données sur les envols d'adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies semi arides.

ZAMOUM Mohamed*, DEMOLIN Guy**, SAI Karima*

Collaboration technique : BENSIDI Atia*, BAHAKEMI Salah*, TABELT Mohamed*

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

**Institut National de Recherches Agronomiques - Laboratoire Ecologie du Mont-Ventoux, 84 340 Malaucène France - (guy.demolin@Wanadoo.fr).

ملخص

الامتداد الحقيقي لفترة طيران فراشات دودة الصنوبر الجزارة (*Thaumetopoea pityocampa*) وسلوك نشاطهم الليلي قد تم توضيحهم خلال أربعة دورات حياتية لهاته الحشرة. أتضح أن تغيرات فترات خروج الفراشات مرتبط مع تواتر ومدة تواجد درجات الحرارة التي تتجاوز 30 إلا انه في نواحي شمال مناطق انتشار هاته الحشرة درجات الحرارة الأدنى هي التي تلعب دورا هاما. هذا يفسر تأخر الطيران الأصلي للفراشات الأسبوع الأول والثاني لشهر أوت في غابات الجلفة أما في شمال المغرب و غرب أوربا هذا الطيران يمكن تداركه في الأسبوع الثاني من شهر جويلية. هذه الدراسة اظهرت مدى فعالية استعمال الفخ ذو مبعثين للضوء والفخ للفيرومون الجنسي لتمكين من تعيين وجود هذه الحشرة في غابة ما و تدقيق فترات ظهور الفراشات. نتائج هذا العمل تسمح باقتراح تقنيات الصيد الكثيف لذكور الفراشات بالا فحاخ الضوئية و اللبس الجنسي. هذه الوسائل تقلص إلى حد معقول للوجود الكثيف لهذه الحشرة الضارة في مناطق المشجرات للمد الأخضر. كذلك تعيين نشاط الفراشات لدودة الصنوبر الجزارة تمكن من تنظيم بفعالية كل أنواع المكافحة وخاصة تلك التي تتعلق بالمكافحة البيولوجية التي تستعمل فيها أصناف فطريات البيوض.

RESUME

L'étendue réelle des vols et des rythmes circadiens des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* dans une zone semi-aride ont été mis en évidence sur quatre cycles de développement. La variabilité des émergences des papillons se montre influencée, par la fréquence et la durée des températures maximales supérieures à 30° C, alors que, ailleurs dans l'aire de répartition de l'insecte ce sont les températures minimales qui jouent un rôle majeur. Cela, explique le caractère tardif des vols principaux des adultes qui ont été observés au cours de la première quinzaine du mois d'août à Djelfa ; dans d'autres biotopes de même altitude situés au Nord du Maghreb et au sud de l'Europe ils ont été notés à la mi juillet.

Il apparaît, qu'au même titre que le piège lumineux à double source lumineuse, le piège à phéromone est un outil fiable pour préciser la présence et les rythmes d'envol de la processionnaire du pin. Les résultats de l'étude conduisent à proposer, dans le cas des jeunes reboisements du "barrage vert", l'utilisation des techniques de confusion sexuelle et/ou de piégeage de masse des adultes mâles afin de limiter raisonnablement les fortes pullulations de l'insecte ravageur par échec du succès reproducteur. Par ailleurs, les données obtenues sur les envols des adultes du ravageur permettent d'organiser efficacement les actions de lutte notamment celle ayant trait à la lutte biologique par des lâchers inondatifs d'ooparasitoïdes.

Mots clés: *Thaumetopoea pityocampa*, piégeage sexuel et lumineux, rythmes d'envol des adultes, reboisement, rythme circadien des papillons.

INTRODUCTION

L'absence de contraintes climatiques telle que l'insolation, qui dépasse les 1800 heures par an requis pour la survie de la processionnaire du pin, et l'enrésinement systématique de l'espace expliquent la surcolonisation de cet insecte ravageur dans les reboisements et plus particulièrement dans ceux du "barrage vert".

La démarche de l'étude effectuée à Djelfa est partie de la nécessité de recueillir des informations sur les rythmes interannuels d'envol et d'activité nocturne des papillons de cet insecte dans un environnement dont l'isolement géographique est presque total en limite sud de son aire de répartition.

Par ailleurs, la connaissance des dates d'émergence des papillons et de leur distribution temporelle est fondamentale pour "caler le cycle" c'est à dire pour déterminer à l'avance comment se situerait dans le temps les différents stades de son développement du ravageur dans un biotope donné. Les informations fournies par ce calage permettent d'une part, de comprendre le fonctionnement des populations de la processionnaire du pin, d'estimer ses possibilités de survie et, d'autre part, d'organiser les traitements contre les écophases ciblées.

MATERIELS ET METHODES

1. Piégeage lumineux

Deux pièges lumineux à double attraction (type Demolin) ont été utilisés de 1992 à

1995 et cela durant toute la période de vol des papillons, de la fin de juin au début de novembre ; en 1992, les pièges n'ont fonctionné qu'à partir du 21 et du 22 juillet. L'un des deux pièges a été installé à Moudjebara (siège de la circonscription des forêts) à 1160 m d'altitude et l'autre à Senalba Chergui à 1380 m (Mezreb-El-Aali). En 1993, ce dernier a été déplacé vers le site de Mergueb situé à 1240 m d'altitude.

Les relevés ont été effectués tous les matins du début à la fin de la période de vol des papillons. Les adultes de *T. pityocampa* ont été séparés des autres espèces de lépidoptères puis triés par sexe.

2. Piégeage sexuel

Un piège sexuel (Type FARMOPLANT) a été installé à Moudjebara de 1992 à 1995 en même temps que le piège lumineux. Afin d'assurer le maximum de captures, le piège a été placé sur un arbre, en bordure de parcelle, à une hauteur de 1,80 m au-dessus du sol (EINHORN et al., 1983).

Ce piège a été appâté avec une capsule de 1 mg de phéromone sexuelle de synthèse qui a été changé tous les mois. Le dispositif de piégeage est constitué d'un entonnoir avec à sa base un sachet en polystyrène dans lequel les papillons sont capturés. Les relevés ont été effectués tous les jours durant la période de vol.

3. Rythmes d'émergences horaires

Les chrysalides, avec ou sans diapause renforcée, originaires des parcelles d'étude

ont été triées par sexe puis élevées, dans des conditions semi-naturelles, sur un lit de sciure dans des boîtes plastiques fermées de 25,5 x 13 x 7 cm. À partir du début juillet, les lots de chrysalides avec et sans diapause renforcée ont été mis sous surveillance journalière et les émergences des adultes notées de 18.00 à 08.00 heure ; l'heure T.U. (heure locale = T.U. - 1) a été utilisé comme base de temps afin de les comparer avec ceux des populations du nord de l'aire de distribution de l'insecte, notamment en ce qui concerne les rythmes horaires d'émergence des adultes et la durée de la formation des ailes, l'appel sexuel, l'accouplement et la ponte.

Pour étudier le comportement des adultes nous nous sommes appuyé sur la méthode décrite par DEMOLIN (1969). Dès l'émergence de l'adulte, nous lui présentons un support constitué d'une brindille de bois d'un diamètre d'environ 0,5 cm et d'une longueur de 10 cm que nous piquons ensuite dans un bac rempli de terre. L'adulte grimpe sur ce support et s'inhibe. Nous observons les adultes jusqu'à la formation totale de leurs ailes. Une fois celles-ci formées, nous transportons le bac de terre dans une cage grillagée et contenant des branches de pin. Durant toutes ces manipulations, le bac reste placé en permanence sous une ampoule d'une puissance de 60 Watts afin de maintenir les papillons en état d'inhibition jusqu'à ce que les femelles soient prêtes pour l'accouplement.

Cette inhibition par la lumière est absolument nécessaire pour éviter les envols intempestifs dans la cage. Tout

défaut de manipulation est à éviter car, en cas de blessures, les possibilités d'accouplement, de vol des femelles et de ponte sont compromises.

RESULTATS

1. Envols des adultes

L'analyse des données se rapportant aux captures interannuelles des adultes au piège lumineux dans le tableau 1 permet de constater que la période totale de vol se situe entre le 1er juillet et le 31 octobre à Moudjebara et entre le 6 juillet et le 20 octobre à Senalba Chergui. Le vol principal des papillons (entre 25 et 75% des captures) s'étale sur une période de 4 à 10 jours à Senalba Chergui et de 7 à 18 jours à Moudjebara, respectivement du 6/8 au 27/8 et du 3/8 au 17/8. En ce qui concerne le vol total, sa date médiane est relativement tardive à Moudjebara (entre le 10 et le 16 août) et son étendue importante (de 91 à 118 jours); à Senalba Chergui la date médiane est plus précoce (entre le 5 et le 12 août) et l'étendue de la période de captures plus faible (entre 69 et 91 jours).

Par contre, la période de capture des papillons au piège à phéromone est moins étendue que celle enregistrée avec le piège lumineux. Lorsqu'on compare les dates des 50 % et 90% de capture au piège à phéromone et celles relatives au piège lumineux, on met en évidence deux cas :

- soit les captures ont été plus précoces avec le piège sexuel qu'avec le piège lumineux (écarts positifs) mais elles ont été moins étalées (1993 et 1995),

Tableau 1 : Paramètres de dispersion des distributions de fréquences des captures d'adultes mâles aux pièges lumineux.

Biotope	Année		1 ^{ere}	Quartile	Médiane	Quartile	Dernière	Vol
			capture	bas		haut	capture	principal
			a	b	c	d	e	f=d-b
Moudjebara	1992	Date	21-juil	06-aoû	10-aoû	13-aoû	24-oct	
		Etendue		16	4	3	72	7
		Eff. cumulé	11	3560	6945	9147	11555	5587
		% capture	0.1	30.8	52.6	79.2	100	48.4
	1993	Date	07-juil	07-aoû	16-aoû	18-aoû	31-oct	
		Etendue		31	9	2	74	11
		Eff. cumulé	1	2322	4809	6181	8136	3859
		% capture	0.01	28.5	59.1	76.0	100	47.4
	1994	Date	17-juil	06-aoû	10-aoû	14-aoû	29-oct	
		Etendue		20	4	4	76	8
		Eff. cumulé	1	6147	11072	17213	21998	11066
		% capture	0.02	27.9	50.3	78.3	100	50.3
1995	Date	01-juil	09-aoû	14-aoû	27-aoû	27-oct		
	Etendue		39	5	13	61	18	
	Eff. cumulé	1	5511	10707	16304	21375	10793	
	% capture	0.01	25.8	50.1	78.3	100	50.5	
Senalba Chergui	1992	Date	22-juil	04-aoû	10-aoû	13-aoû	29-sep	
		Etendue		13	6	3	47	9
		Eff. cumulé	3	487	1015	1348	1759	861
		% capture	0.2	27.7	57.7	76.6	100	49.0
	1993	Date	21-juil	09-aoû	12-aoû	16-aoû	20-oct	
		Etendue		19	3	4	65	7
		Eff. cumulé	1	312	401	573	759	261
		% capture	0.1	41.1	52.8	75.5	100	34.4
	1994	Date	14-juil	03-aoû	05-aoû	07-aoû	21-sep	
		Etendue		20	2	2	45	4
		Eff. cumulé	1	2378	5623	7160	9445	4782
		% capture	0.01	25.2	59.5	75.8	100	50.6
1995	Date	06-juil	07-aoû	11-aoû	17-aoû	05-oct		
	Etendue		32	4	6	49	10	
	Eff. cumulé	1	902	1535	2342	2928	1440	
	% capture	0.03	30.8	52.4	80.0	100	49.2	

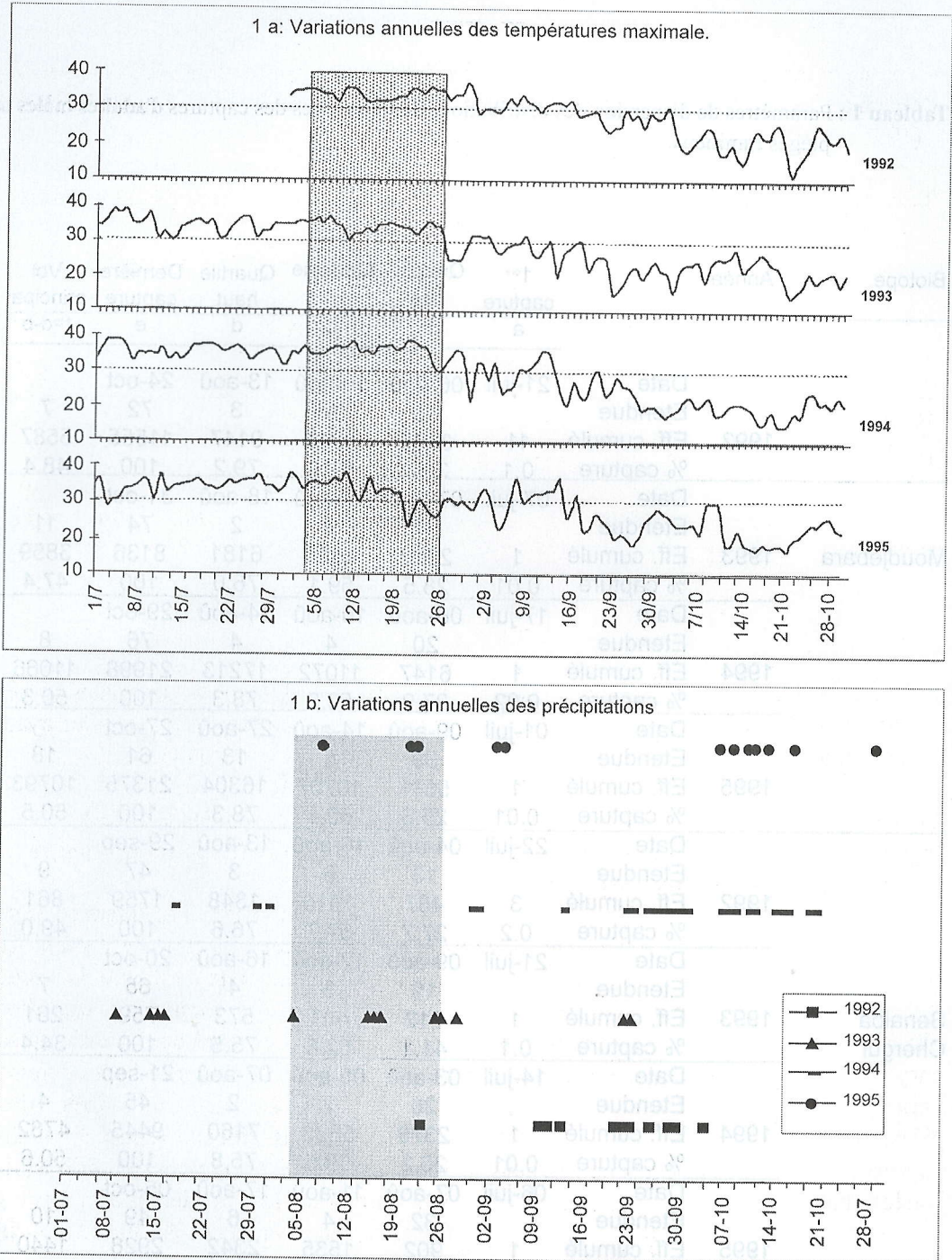


Figure 1: Variations journalières des températures maximales (Fig. a) et des précipitations ayant engendré des pannes (Fig. b) au cours des périodes de piégeage lumineux. La zone ombrée représente le vol principal des papillons.

- soit, au contraire, les captures ont été plus tardives avec le piège sexuel (écarts négatifs) et l'on a alors observé un resserrement de la distribution des captures au piège lumineux (1992 et 1994).

Tableau 2: Effectifs et dates des 50 et 90 % des captures d'adultes mâles aux pièges lumineux (PL) et à phéromone sexuelle (PS) à Moudjebara.

Année	Période	Capture totale		50 %			90 %		
		PL	PS	PL	PS	ΔJ	PL	PS	ΔJ
1992	21/7-24/10	11 555	189	8/8	13/8	-5	19/8	26/8	-7
1993	7/7-31/10	8 136	148	15/8	10/8	+5	26/8	19/8	+7
1994	17/7-2/11	21 998	224	10/8	15/8	-5	17/8	23/8	-6
1995	1/7-27/10	21 366	279	14/8	11/8	+3	30/8	19/8	+11

D J : écart en jours entre les pièges lumineux et sexuel.

2. Rythmes d'émergence de papillons issus des chrysalides en diapause prolongée

En ce qui concerne les émergences des papillons provenant des chrysalides ayant subi une diapause prolongée (Figure 2), nous remarquons, qu'en général, dans les conditions semi-naturelles, les rythmes des sorties sont proches de ceux enregistrés avec le piège lumineux et de ceux observées chez les échantillons de chrysalides à cycle annuel. Toutefois, il apparaît que l'étendue de la période d'émergence des femelles est plus grande que celle des mâles et cela pour les deux années étudiées.

La comparaison annuelle de la date du 50 % d'émergence montre qu'en 1995 celle-ci

a été plus tardive pour les mâles et les femelles chez les lots de chrysalides ayant subi une diapause prolongée.

3. Rythme circadien des adultes présentant une diapause prolongée

En comparaison avec les résultats obtenus pour les adultes n'ayant pas subi de diapause pluriannuelle (Tableau 3), nous constatons que la population d'adultes provenant de chrysalides à diapause prolongée présente une protandrie moins importante (30 mn), un arrêt des émergences plus précoce (entre 3h et 3h 30) et enfin un écart moyen plus faible (1h 30) entre les sorties des mâles et les femelles, avec un retard de 30 mn de ces dernières (Figure 3).

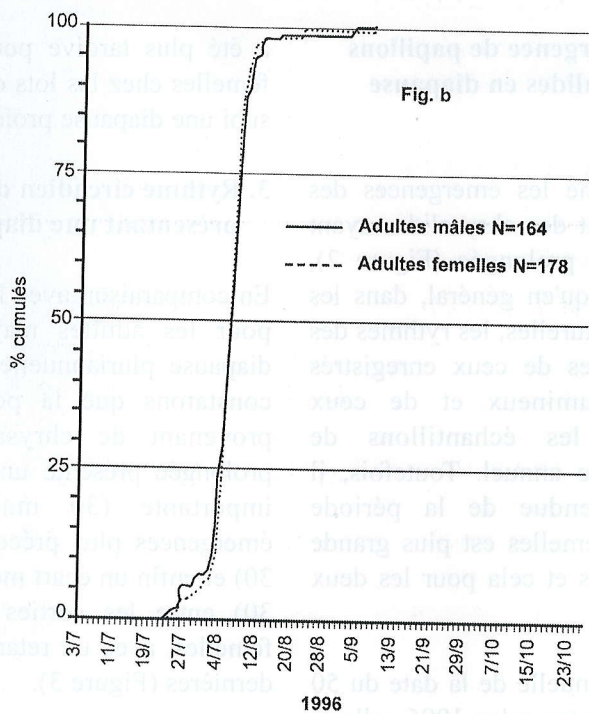
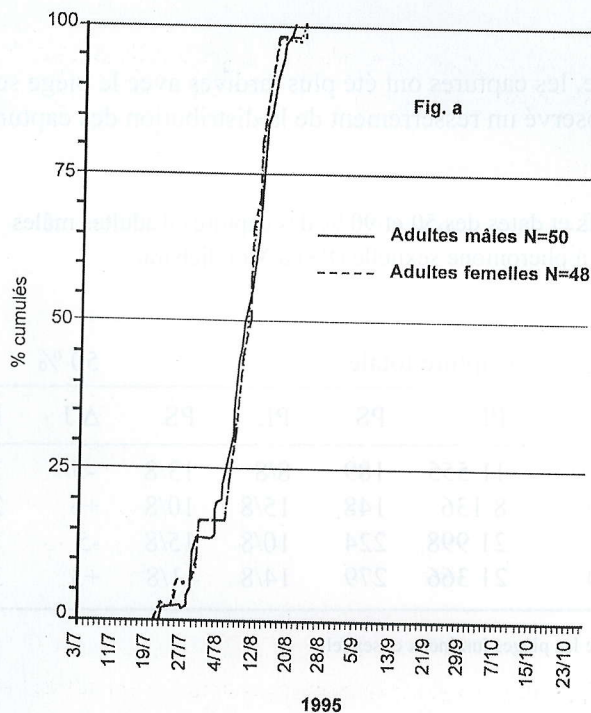


Figure 2 : Emergences de papillons issus de chrysalides conditionnées au laboratoire et ayant subi une diapause prolongée.

Tableau 3 : Rythmes horaires d'émergence au laboratoire des papillons issus de chenilles prélevées à Moudjebara et Senalba Chergui en 1994 et 1995 (en heure TU).

A : début des émergences
 B : 50% des émergences
 C : arrêt des émergences

Biotope	Sexe	1994			1995		
		A	B	C	A	B	C
Moudjebara	♂♂	17-17:30	21:30-22	4:30-5	17-17:30	21-21:30	2:30-3
	♀♀	17:30-18	23:30-00	7-7:30	18:30-19	22:30-23	4-4:30
S.Chergui	♂♂	17:30-18	21-21:30	4-4:30	17-17:30	21-21:30	3:30-4
	♀♀	18:30-19	0-0:30	5-5:30	18:30-19	22:30-23	4:30-5

Tableau 4 : Caractéristiques des différentes séquences comportementales des adultes mâles (N=41) et femelles (N=41) au laboratoire.

Déploiement des ailes :

1. Dépliage des ailes
2. Dépliage des ailes en position verticale
3. Position de repos

	Durée formation alaire (en mn)						Appel heure (T.U)	Accouplement		Ponte	
	♂♂			♀♀				heure (T.U)	durée (en mn)	heure (T.U)	durée (en mn)
	1	2	3	1	2	3					
Min.	5	5	6	5	5	10	02:40	2:40	06	5:40	45
Max.	25	19	13	23	12	53	06:09	07:00	43	8:20	56
Moyenne	12,3	10,6	24,2	12,4	11,4	27,4	---	---	23	---	52

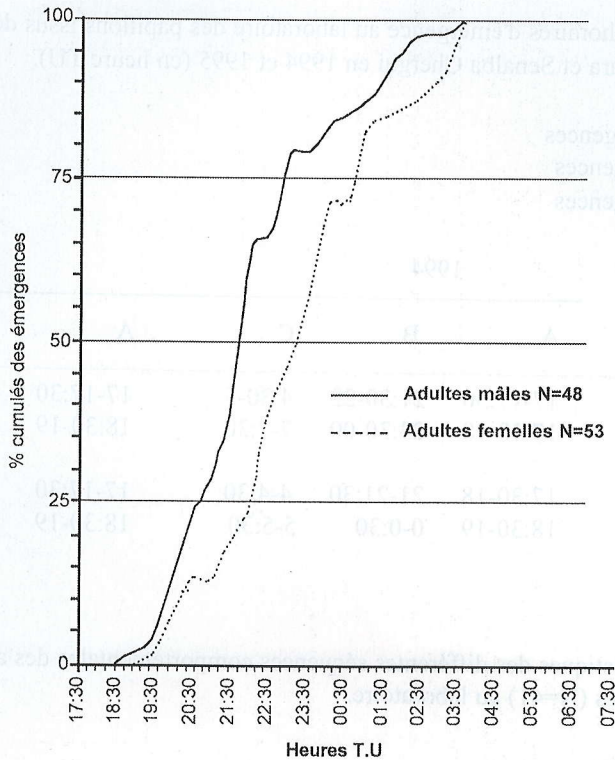


Figure 3 : Rythmes horaires d'émergence observés en 1995 chez des papillons issus de chrysalides ayant subi une diapause prolongée d'un an.

4. Ethologie des imagos

Dans le tableau 4, nous avons récapitulé quelques données comparatives entre les papillons mâles et femelles concernant les séquences comportementales relatives à la formation des ailes. Les moyennes obtenues pour l'ensemble des séquences ne semblent pas être différentes entre les deux sexes (test t ; $p > 0,05$). Nous constatons un écart d'environ 2 mn pour le dépliage, d'1 mn pour atteindre la position dite verticale et de 7.

Le début de l'appel des mâles par les femelles, qui se manifeste par la dévagination des glandes sexuelles, n'a été

noté qu'entre 2h 40 et 6h 10 et le début de la séquence de ponte n'a été observée qu'à partir de 5h 30.

DISCUSSION ET CONCLUSION

1. Caractéristique du vol des adultes

L'envol des papillons mâles dans la nature qui a été matérialisé au piège lumineux regroupe des individus de populations variées, issues de biotopes différents et de sites d'enfouissement des chenilles plus ou moins ensoleillés, avec mélange d'individus suivant un cycle annuel ou non. Il est certain que la population totale mâle, mise

en évidence par le piège lumineux, est loin de représenter le "vol efficace" c'est à dire celui qui donnera réellement une descendance et qui par conséquent sera à l'origine de la mise en place de la population de pontes dans le biotope. Ce vol central est potentiellement le plus dangereux car il favorise un taux élevé d'accouplement, et donc de descendance. Dans nos deux biotopes, il est groupé et centré sur le mois d'août alors qu'il a lieu au mois de juillet à Chréa (1400 m d'altitude) (KHEMICI et al., 1989; ZAMOUM et DEMOLIN, 1997 & 2002) et au Mont-Ventoux (700 m d'altitude) (DEMOLIN, 1987; ZAMOUM, 1992).

Par ailleurs, les papillons constituant les vols tardifs (à partir de la troisième semaine du mois d'août dans le cas de nos biotopes) n'ont que rarement une descendance car il a été difficile de retrouver les pontes correspondantes. De toute façon, les pontes issues de ces papillons auraient une durée d'incubation de plus de 45 jours puis les jeunes chenilles un développement ralenti, particularités qui se traduiraient par une moindre résistance aux températures minimales durant la saison hivernale et par leur disparition (DEMOLIN, 1987; ZAMOUM, 1998; ZAMOUM et DEMOLIN, 1997, 2000 & 2001).

La différence d'étendue de la période de capture qui a été observée entre le reboisement de Moudjebara et la forêt naturelle de Senalba Chergui pourrait résulter de l'altitude plus élevée dans cette dernière. Dans ce biotope, la présence de différents étages de peuplement serait également en mesure d'atténuer la microvariabilité spatiale des conditions

climatiques, particulièrement au niveau des sites d'enfouissements. Ainsi, une hétérogénéité de ces sites se traduit par un étalement des captures au piège lumineux. Les zones situées à l'ombre sont en effet propices à un ralentissement de la morphogénèse des adultes, particulièrement lorsque les températures printanières sont basses ce qui a été le cas en 1995 (Figure 1). Notons également que le choix des zones d'enfouissement dépend de la période durant laquelle les processions de nymphose ont eu lieu. En général, les sites ensoleillés sont choisis par les processions précoces et les sites ombragés par les processions tardives.

En outre, les émergences tardives des mâles qui ont été observées à Djelfa ont été également notées dans des pineraies en Espagne (CUEVAS et al., 1981) et sur le littoral méditerranéen dans la forêt de Baïnem (AIRZEN et MESSAOUDENE, 1992) en Algérie ou dans les Pouilles en Italie (TRIGGIANI et al., 1992). A Djelfa, au même titre que les températures minimales, les températures maximales, qui dépassent fréquemment 30° C au mois de juillet et août (Figure 1), peuvent soit ralentir la morphogénèse des adultes et donc provoquer des émergences tardives (1993 et 1995), soit induire un report des émergences à l'année suivante par la mise en place d'une diapause prolongée (1994) (ZAMOUM, 2002).

Par ailleurs, les écarts constatés entre les rythmes de captures d'adultes au piège lumineux et ceux à phéromone sexuelle pourraient être expliqués par plusieurs causes pouvant influencer directement la performance des pièges sexuels. Comme chez d'autres lépidoptères ravageurs, les

causes sont directement liées aux conditions météorologiques (LAVALEE *et al.*, 1988), au site d'emplacement des pièges (SANDERS, 1983; EINHORN *et al.*, 1983) et, enfin, à la densité des adultes et à leur niveau d'agrégation (DU MERLE, 1985). Dans le cas de *T. pityocampa*, une forte densité de papillons femelles a pour conséquence de rendre les capsules attractives moins performantes (DEMOLIN, 1985).

2. Emergences d'adultes avec diapause prolongée

En général, les fluctuations journalières des heures d'émergence peuvent être occasionnées par les modifications barométriques. En effet, un grain orageux peut reporter au lendemain les sorties des adultes avec comme conséquence une plus grande précocité de l'heure d'émergences pour les adultes retardés.

Il apparaît que les régimes horaires d'émergences observés à Djelfa sont similaires à ceux cités pour les populations non diapausante du Mont-Ventoux par DEMOLIN (1969), si l'on tient compte que cet auteur a présenté les résultats en heure locale, pour des vols de juillet et non d'août, et qu'il existe un léger décalage en longitude et un fort décalage (10°) en latitude ce qui entraîne une période de scotophase plus longue de 2 heures.

3. Particularités liées au comportement des adultes

Par rapport au population de papillons du Mont-Ventoux la durée des séquences comportementales relatives à la formation

des ailes de papillons provenant de Djelfa apparaît comme étant plus longue. Un écart d'environ 2 mn pour le dépliage, d'1 mn pour atteindre la position dite verticale et de 7 mn pour la position de repos a été constaté. De plus, pour le début de l'appel des mâles par les femelles, qui n'a été noté qu'entre 2h 40 et 6h 10 à Djelfa pour les populations du Mont-Ventoux il commence plus tôt (vers 0h 30) pour se poursuivre jusqu'à la levée du jour. Enfin, le début de la séquence de ponte n'a été observée qu'à partir de 5h 30, alors que DEMOLIN (1969) a pu l'observer à partir de 3h 30.

Les écarts horaires observés entre Djelfa et le Mont-Ventoux pour les différentes séquences comportementales pourraient être expliqué par le fait que nos observations ont été réalisées en "cage" alors que DEMOLIN (1969) s'est basé sur des séries d'observations nocturnes réalisées en forêt. Par ailleurs, le caractère tardif des comportements de ponte qui a été observé à Djelfa par rapport au Mont-Ventoux pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs. Les plus importants se rapportent en premier lieu au taux d'hygrométrie qui peut constituer une contrainte pour le vol et le dépôt des oeufs chez les femelles. Dans la nature et au laboratoire, nous avons trouvé dans certains cas, des femelles mortes collées aux oeufs. Signalons que les oeufs avant d'être pondus sont enrobés de colle provenant de la glande collétérique. A Djelfa, durant la période de vol des papillons en 1994 et 1995, le taux minimum moyen d'hygrométrie a été de 20 % et le taux maximum n'a pas excédé 65 % et n'est atteint qu'à environ 6h 00. En deuxième lieu, à la différence des durées de scotophase liée à la latitude entre les deux

biotopes. Enfin, en troisième lieu, à l'utilisation comme support de pontes des rameaux feuillés de pin d'Alep et non de pin noir d'Autriche. Cette dernière essence est la plus favorable pour accélérer le choix des femelles et déclencher son comportement de ponte.

SUMMARY

The *Thaumetopoea pityocampa* moths flights real extent and their circadian rhythms in an semi-arid zone were carried out for four life's cycles. The moths flies variability is shown influenced, by the frequency and duration of the maximum temperatures which are higher at 30°C, whereas, elsewhere in an other conditions of this insect area distribution the minimal temperatures play a major role. That, explains the late character of the principal moths the pine processionary moths flying period who were observed during first or in second week of August in Djelfa; in the forests located at the same altitude level in the North Africa and the south of Europe the moths flies were noted at the middle of July.

It appears, that as well as the double source luminous trap, the pheromone trap is an interested tool for specify the presence and the pine processionary moths flying period. In the case of the "green Barrer" reforestations the results of this study show that is possible to use of the sexual confusion techniques and/or moths mass trapping in order to control the population of this insect pest. In addition, the data obtained give the possibility to organize effectively some biological control in particular that using the ooparasitoïds complex.

Key words:

Thaumetopoea pityocampa, pheromone and luminous trap, the pine processionary moths flying period, reforestation, moths rhythms circadian.

REMERCIEMENTS

Les travaux de recherche ont été réalisés dans le cadre du contrat de coopération scientifique entre l'INRA - France et l'INRF - Algérie. L'auteur remercie M. DEMOLIN pour son aide à la réalisation de ce travail, MM. P. DU MERLE et J.P. FABRE de l'INRA d'Avignon pour leurs suggestions et, également, à l'appui de l'INRF et la Conservation des forêts de Djelfa.

BIBLIOGRAPHIE

- AIRZEN N., MESSAOUDENE M., 1993 - Bio-écologie de la processionnaire du pin dans la forêt de Bainem (Algérie), Mem. Ingéniorat, USTHB, Alger, 65 p
- CUEVAS P., MONTOYA R., BELLES X., CAMPS J., COLL A., GUERRERO M., RIBA M., 1981 - Application of the (Z)-13-hexadecen-11ynyl acetate as potential control agent of the processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Denis and Schiff.). "Les colloques de l'INRA", INRA publ., n° 7.
- DEMOLIN G., 1969 - Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. Ann. Sci. for., 26 (1), 81-102.
- 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., 1985 - Limites d'utilisation du piégeage sexuel pour la surveillance des populations de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae). Colloque INRA "Pheromone sexuelle", Espagne, 4p.

- DU MERLE P., 1985 - Piégeage sexuel de *Tortrix viridana* L. (Lep., Tortricidae) en montagne méditerranéenne. II. Relation entre le nombre de captures et le niveau des populations. Rendement des pièges. *Z. angew. Entomol.*, 100, 272-289.
- EINHORN J., MENASSIER P., MICHELOT D., RIOM J., 1983 - Piégeage sexuel de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Notodontidae) par des attractifs de synthèse. Premiers essais dans le Sud-Ouest de la France. *Agronomie*, 3 (6), 499-505.
- KHEMICI M., ZAMOUM M., DEMOLIN G., 1988 - Ecologie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) en Algérie. Incidence du climat sur le comportement de l'insecte. *Ann. Rech. For., Algérie*, 3 (3), 67-77.
- LAVALÉE R., REGNIERE J., MORISETTE J., 1988 - Influence de la température et des précipitations sur le vol des mâles de *Zeiraphera canadensis* en plantations d'épinettes blanches. *Phytoprotection*, 69, 99-103.
- SANDERS C. J., 1983 - Local dispersal of male spruce budworm (Lepidoptera : Tortricidae) moths determined by mark, release, and recapture. *Can. Ent.*, 115, 1065-1070.
- TRIGGIANI O., DE LILLO E., ADDANTE R., 1993 - La processionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera : Thaumetopoeidae), e i suoi nemici naturali in puglia. *Entomologica*, 27, 139-167.
- ZAMOUM M., 1992 - Evaluation de quelques facteurs de mortalité agissant sur une population de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) depuis le départ des chenilles en procession de nymphose jusqu'à l'émergence des adultes. Etude biologique particulière sur deux parasitoïdes: *Phryxe caudata* Rond. (Dipt., Tachinidae) et *Coelichneumon rudis* Fonsc. (Hym., Ichneumonidae). DEA Univ. des Sci. de Rennes I, 30 p.
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., MARTIN J.C., 1997 - Essai d'efficacité d'un insecticide microbiologique (Foray 48 B) sur les stades L3 et L4 de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (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 et Schiffmüller. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). Thèse de Doctorat, Univ. des sci. de Rennes I, France, 247 p.
- ZAMOUM M., KHEMICI M., DEMOLIN G., 1999 - Eléments constitutifs de la stratégie de lutte intégrée contre *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les reboisements du "Barrage Vert" - Cas de Moudjebara (Djelfa). Acte 1^{er} séminaire "Développement des zones arides et semi-aride", Djelfa, 7p.
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., 2000 - Reduced natural enemies pressure at the end of larval cycle of *Thaumetopoea pityocampa* Denis and Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) in a subsaharian region (Djelfa - Algeria). Poster, IUFRO Cogress, 7-12/8/2000
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., 2001 - Mécanismes de régulation des populations de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) en zone semi-aride (Algérie). Sem. sur la conservation et la valorisation des ressources sylvo-pastorales, 19-20/12/2001, INRGRF Tunisie.
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., 2002 - The pine processionary caterpillars life cycle, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) in the bioclimatic conditions of a subsaharian region (Djelfa, Algeria). Comm. Sym. Intern., Rabat (Maroc) du 6 au 11 mai 2002, 14p.