

Rhythmes et heures d'activité de vol nocturne des Arctiidae (Lepidoptera) européens

Autor(en): **Robert, J.C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society**

Band (Jahr): **55 (1982)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-402034>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Rythmes et heures d'activité de vol nocturne des Arctiidae (Lepidoptera) européens

J. C. ROBERT^{1, 2}

¹ Laboratoire d'Ecologie Animale, Faculté des Sciences et des Techniques, La Bouloie, Route de Gray,
25030 Besançon Cedex

Rhythms and flight activity times of European arctiid moths – The author introduces and discusses the night flight times of 17 species of Arctiid-moths; the data were obtained by the use of timing light-traps. The classification by types of nocturnal flight suggested by the data about Geometridae (ROBERT, 1979) is now applied to the studied Arctiid moths. The author discusses the interest of nocturnal flight types for systematic and for the study of the action of external factors.

Plusieurs travaux réalisés en Europe occidentale donnent des renseignements plus ou moins précis sur les heures de vol nocturne de Lépidoptères hétérocères appartenant à la famille des Arctiidae³.

WILLIAMS (1935, 1939) fut le premier auteur à fournir des indications précises sur la chronologie de vol nocturne d'espèces appartenant à cette famille. Ses recherches ont été réalisées à l'aide d'un piège lumineux à séparation temporelle des captures. La durée de chaque période correspond au huitième de celle de la nuit, du coucher au lever du soleil, elle est donc variable avec l'époque de l'année.

Les résultats sur les heures de vol obtenus par ce chercheur concernent *Eilema lurideola* ZINCK. (Lithosiinae) *Spilosoma lubricipeda* L. *S. luteum* HUFN., *Diaphora mendica* CLERCK. (Arctiinae).

Plus récemment HICHTEN *et al.* (1969) ont réalisé quelques piégeages nocturnes en séparant les captures selon 5 périodes à partir de la tombée de la nuit, les 4 premières ayant une durée de 1 h 30. Bien que portant sur trois nuits seulement, les résultats de cet auteur sont particulièrement nets en ce qui concerne les périodes de captures de *Spilosoma lubricipeda* L. et *S. luteum* HUFN.

BAKER (1970) a réalisé en laboratoire l'actographie de ces deux espèces.

Les trois auteurs précédemment cités ont travaillé en Angleterre. En Allemagne, KURTZE (1974) a récolté manuellement des Arctiides devant une source lumineuse; on peut considérer les résultats horaires obtenus par ce chercheur comme des références, la technique utilisée étant beaucoup plus précise que les pièges lumineux à séparation temporelle utilisée par WILLIAMS (1935, 1939) et HICHTEN (1969). Les recherches de BAKER (1970) menées en laboratoire dans des conditions trop artificielles avec perturbations de la photopériode naturelle doivent être considérées avec prudence.

Quant à KURTZE il ne donne que l'heure du pic maximum d'activité de vol nocturne des Lépidoptères étudiés.

² Collaboration technique: C. VARIN, J. C. ROUGEOT, C. PROUTEAU

³ Pour cette publication nous suivrons la classification donnée par P. LERAUT (1980).

Tabl. 1: Classification en types de vol nocturne des Arctiidae européens dont on connaît l'heure d'activité.

	Angleterre			Europe continentale		N° graphique	Type de vol ★
	WILLIAMS (1935-1939)	HUCHTEN (1969)	BACKER (1970)	KURTZE (1974)	ROBERT (1980)		
N° LERAUT							
F. ARCTIIDAE							
S.-F. Lithosiinae							
3874 <i>Setina irrorella</i> L. (252)					+	1	5b
3878 <i>Miltochrista miniata</i> Forst. (255)					+	2	5b
3881 <i>Atolmis rubricollis</i> L. (285)					i		
3882 <i>Cybosia mesonella</i> L. (251)					+	3	5b
3885 <i>Eilema sororcula</i> Hufn. (246)					+	4	5b
3887 <i>E. griseola</i> Hübn. (241)					+	5	5b(a)
3890 <i>E. lutarella</i> L. (244 partim)				+	+	6	5b
3893 <i>E. complana</i> L. (239)				+			
3894 <i>E. lurideola</i> Zinck. (240)	+			+	+	8	3a
3895 <i>E. deplana</i> Esp. (238)					+	9	4(0) _a
3898 <i>Lithosia quadra</i> L. (247)					i		
S.-F. Arctiinae							
3906 <i>Arctia caja</i> L. (282)				+	+	10	1b
3917 <i>Diacrisia sannio</i> L. (273)					+	11	1b
3921 <i>Spilosoma lubricipeda</i> L. (269)	+	+	+	+	+	12	2a(b)
3922 <i>S. luteum</i> Hufn. (270)	+	+	+	+	+	15	2b(3b)
3924 <i>Diaphora mendica</i> Clerck. (275)	+						3
3926 <i>Phragmatobia fuliginosa</i> L. (267)				+			
Total des espèces	4	2	2	7	14		

i: résultats indicatifs obtenus à partir d'un faible nombre de captures.

★: pour les explications concernant les types de vol se reporter au chapitre correspondant.

Récemment AUBERT⁴ a obtenu des résultats en Suisse en séparant par période d'une heure les captures réalisées au pièges lumineux (publication en préparation).

En utilisant une technique originale de piégeage lumineux (ROBERT, 1970, 1973a, 1973b) nous avons étudié dans le Jura français les heures de vol nocturne de nombreuses espèces de Lépidoptères hétérocères; nous pouvons donner des indications pour 17 espèces d'Arctiidae.

Le tableau 1 donne la liste des espèces européennes d'Arctiidae étudiées en Angleterre et sur le continent (sauf celles capturées par AUBERT en Suisse).

TECHNIQUES D'ÉTUDES DE L'ACTIVITÉ DE VOL DES ARCTIIDAE

Les techniques de piégeage lumineux à séparation temporelle des captures

Déjà utilisée par WILLIAMS (1935) et reprise depuis par de nombreux auteurs cette méthode donne des résultats variables sur le plan de la précision horaire.

⁴ PR. J. AUBERT, Directeur du Muséum de Lausanne.

Le piège automatique que nous avons mis au point (ROBERT, 1973a), utilise une lampe mixte de 125 watts dont l'émission lumineuse est limitée dans l'espace à un tronc de pyramide de 30 degrés d'angle.

Cette directionalité permet des études plus précises dans l'espace; il est ainsi possible de travailler avec deux pièges lumineux très proches l'un de l'autre, ce que nous avons fait régulièrement.

Les insectes attirés sont recueillis et tués dans des bacs de récolte changés automatiquement toutes les 30 minutes.

Un certain nombre de dispositifs supplémentaires: soufflerie, jets de vapeurs de gaz cyanhydrique etc. tendent à optimiser l'efficacité du piégeage automatique.

Si nous comparons l'heure du maximum d'activité de vol que nous avons obtenue par piégeage lumineux pour *Eilema sororcula* et *Spilosoma luteum* avec celle que donne KURTZE (1974) pour les mêmes espèces (figs. 4 et 15), nous constatons qu'elles sont pratiquement identiques.

Par contre si l'on compare nos résultats avec ceux obtenus par WILLIAMS (1935) sur les mêmes espèces d'Arctiidae, on note en général un retard des heures de vol obtenues par WILLIAMS par rapport à ce que l'on observe dans nos résultats.

Bien que TAYLOR (1961) ait constaté des différences entre les résultats obtenus avec les pièges lumineux et les pièges à suction, il semble que la première technique reflète bien, chez la majorité des insectes, les fluctuations de la quantité de vol nocturne.

Notre conviction s'appuie sur des comparaisons de résultats de piégeage lumineux avec ceux obtenus par actographie et piégeage à l'aide de phéromones sexuelles.

BATISTE (1973) signale même que le piégeage lumineux reflète plus fidèlement dans la nature le vol sexuel des mâles que les pièges à phéromones femelles qui sont concurrencés par l'émission des femelles sauvages. De même DEBROISE (1977) et PERSSON (1971) constatent pour les Noctuidae, une coïncidence entre les résultats obtenus par actographie et par piégeage lumineux.

La différence de conception dans le principe de capture des pièges est très importante; leur comparaison est donc nécessaire.

Captures dans les pièges non directionnels

Dans ce type de piège classiquement utilisé par la plupart des auteurs, la capture peut avoir lieu au moment de l'arrivée des insectes attirés. C'est le cas le plus favorable pour les résultats chronologiques.

Mais beaucoup d'insectes ne tombent pas à ce moment et tournent de façon désordonnée autour de la lampe avant de s'immobiliser (DEMOLIN, 1964). Les espèces de grande taille à vol rapide (Noctuides, Sphingides) ou à «vol lourd» (Notodontides) de même que les insectes à «vol direct» (Céléoptères, Trichoptères) sont habituellement capturés pendant cette phase; certains pièges sont d'ailleurs munis de baffles, d'aspirateurs ou de grilles électrifiées qui améliorent la chute des insectes (voir SOUTHWOOD, 1968, PETERSON, 1964, LE BERRE in LAMOTTE, 1969).

Pour beaucoup d'insectes et particulièrement pour ceux qui ont un «vol léger» comme les Planipennes, les Lépidoptères Géométrides, Tortricides etc. le vol est interrompu avant que la capture n'ait eu lieu; ces insectes se posent donc sur le piège en pleine lumière, éventuellement sur les baffles, et restent immobiles

jusqu'au lever du jour qui provoque généralement leur envol; certaines captures peuvent avoir lieu à ce moment.

Pendant cette période d'inactivité les autres insectes arrivant au piège et particulièrement les grosses espèces: Arctiides, Noctuides... provoquent souvent l'envol et la chute dans le piège d'individus immobilisés depuis longtemps. Ce phénomène est susceptible de provoquer un retard important de l'heure de la capture par rapport à l'heure réelle d'arrivée au piège.

Les travaux de BERNHARD *et al.* (1964) et de EDWARDS (1962) permettent d'expliquer l'immobilisation qui suit la phase de vol désordonné autour de la source lumineuse attractive.

Ces chercheurs montrent en effet que lorsque la luminosité nocturne ambiante augmente, même faiblement, elle provoque chez les Lépidoptères nocturnes une augmentation de la pigmentation oculaire et corrélativement une diminution de l'activité de vol.

Le seuil de luminosité nocturne qui inhibe totalement le vol est bas chez les Noctuidae (quelques millièmes de Lux) comme l'ont montré DUFAY (1964) et PERSSON (1971); la valeur est plus élevée chez les Tortricidae (MANIET *al.*, 1974). Nous n'avons aucune indication en ce qui concerne les Arctiidae.

Il est donc probable que les pièges lumineux non directionnels inhibent l'envol des insectes nocturnes situés dans la zone d'éclairement jusqu'à une distance différente pour chaque espèce et peut-être chaque sexe et qui correspond à une valeur précise de la luminosité ambiante.

Capture dans les pièges directionnels

Dans ce cas les insectes pénètrent dans le piège à l'heure même où ils arrivent vers la lampe; les deux phases suivantes: vol désordonné et immobilisation (DEMOLIN, 1964) se produisent dans l'enceinte de capture du piège.

Beaucoup d'insectes tombent d'eux-mêmes dans les boîtes de récolte de faune, les autres sont «choqués» par un mélange d'air et de gaz cyanhydrique soufflé dans le piège pendant les 5 minutes qui précèdent le changement automatique des bacs de récolte (ROBERT, 1973a).

Des retards d'heure de capture peuvent se produire chez les espèces résistantes au cyanure comme par exemple les *Procris* (Zygaenidae) et certains Sterrhinae (Géométrides).

En ce qui concerne l'action de la lumière du piège sur le comportement des insectes évoluant dans leur milieu (vol trivial), il faut noter que dans le cas du piège directionnel les individus non capturés continuent leur évolution dans une zone non éclairée artificiellement, leur comportement étant peu affecté.

Il est également possible de déceler avec ce type de piège les groupements monospécifiques de Lépidoptères en activité de vol nocturne.

Les pièges lumineux omnidirectionnels doivent au contraire perturber la biologie des Lépidoptères nocturnes principalement chez les espèces de petite taille, à forte densité et à faible capacité de déplacement; ils sont ainsi utilisables essentiellement pour l'étude des grosses espèces à vol rapide.

Sites de piégeages

En Europe, les recherches sur la chronologie de vol nocturne des insectes réalisées à l'aide de pièges lumineux, ont généralement été faites à proximité de milieux urbanisés.

C'est le cas de WILLIAMS (1935), de HICTEN *et al.* (1969) en Angleterre, de PERSSON (1971) en Suède, de KURTZE (1974) en Allemagne qui ont travaillé à proximité d'habitations en bénéficiant de l'alimentation du réseau électrique général.

KURTZE et PERSSON signalent les problèmes que leur posent les éclairages publics: concurrence avec les pièges, modification du comportement des insectes.

Notre ensemble de recherche autonome échappe à ces contraintes grâce à l'utilisation de groupes électrogènes et d'enregistreurs à mouvements mécaniques ou alimentés par batteries.

Le choix des sites d'étude a été fait de façon à pouvoir tester notre technique de recherche sur des peuplements entomologiques riches et stables. Nous avons donc réalisé nos piégeages dans des prairies permanentes pâturées du Jura français central; le sol, peu épais, est installé sur un substratum calcaire fissuré. Ces prairies présentent une grande diversité de microclimats et corrélativement d'espèces végétales et animales, en particulier d'insectes.

Nous avons réalisé nos piégeages lumineux dans trois sites à des altitudes différentes: 300 m (Marchaux près de Besançon), 500 m (Chassagne près d'Ornans) et 900 m (Bonnevaux-Frasne vers Pontarlier).

Dans les trois milieux, l'association végétale dominante appartient au *Bromion*: le Brome dressé (*Bromus erectus* HUD.) constitue le fond de la végétation herbacée; les trois pelouses sont parsemées de buissons, en particulier de *Juniperus communis* L. A Chassagne certains faciès appartiennent au *Xérobromion* avec des plantes méditerranéo-montagnardes comme *Anthyllis montana* L., *Rhamnus saxatilis* JACQUIN, *Fumana procumbens* DUN.

A Bonnevaux l'influence de l'altitude est sensible et l'association (*Mesobromion*) présente localement une tendance hygrophile indiquée par la présence de *Parnassia palustris* L.

Présentations graphiques des résultats de piégeage nocturne

Les résultats sont donnés soit en pourcentages, soit en nombres réels de captures lorsque le total de celles-ci est faible; ce chiffre est indiqué sur les figures pour chaque sexe et chaque espèce.

Ce cumul comprend toute les captures obtenues sur plusieurs années quelque soit le biotope ou la climatologie. Quelques histogrammes correspondent aux résultats d'une seule nuit de piégeage dont la date est indiquée.

KURTZE (1974) a donné l'heure du maximum d'activité de chaque espèce sans décrire l'ensemble des variations du vol nocturne.

Dans nos précédentes publications (ROBERT, 1979a, 1979b, 1980a) nous avons présenté des graphiques qui correspondent au cumul horaire de toutes les captures de mâles et éventuellement de femelles pour chaque espèce.

Cette présentation nous a permis de montrer que l'activité de vol nocturne présentait souvent plusieurs pics, ce qui avait déjà été observé par EDWARDS (1962) en actographie.

Cet auteur appelle pic principal, la phase d'activité de vol la plus importante; l'heure spécifique d'activité nocturne maximale donnée par KURTZE correspond donc au «primary peak» d'EDWARDS.

Dans des conditions thermiques particulières un des pics secondaires peut dominer le pic d'activité principal (ROBERT, 1979b, 1980a); il s'agit cependant de conditions climatiques exceptionnelles et les résultats globaux, correspondant à

une moyenne des conditions climatiques, constituent une bonne approche des caractéristiques de vol de chaque espèce.

Nous donnons à titre comparatif les résultats publiés par WILLIAMS (1935, 1939) et HICHTEN (1969) qui concernent des variations de captures dans des pièges lumineux et ceux de BAKER (1970) obtenus par actographie.

L'heure du maximum d'activité indiquée par KURTZE (1974) pour 5 espèces d'Arctiides que nous avons également étudiées est signalée sur les graphiques de ces espèces, ce qui permet d'apprécier l'écart entre les résultats horaires obtenus «à la main» par cet auteur et ceux obtenus à l'aide de nos pièges automatiques à séparation temporelle.

Pour quelques espèces où nous avons peu de captures, nous donnons cependant l'heure probable du maximum d'activité; nous avons montré à propos des Pyralidae Crambinae (ROBERT, 1980a) qu'un petit nombre de captures permettait de déterminer l'heure du maximum de vol nocturne chez les espèces qui présentent un rythme d'activité très net.

Pour certaines espèces, nous indiquerons seulement l'heure du maximum d'activité de vol nocturne, comme l'a fait KURTZE (1974).

Les résultats sont donnés dans l'ordre systématique proposé par LERAUT (1980) et présentés dans le tableau 1. Le pic de vol principal qui doit correspondre au vol sexuel des mâles (ROBERT, 1980a) est indiqué lorsqu'il est très net par un symbole spécial: voir fig. 1.

LES HEURES DE VOL NOCTURNE DES ARCTIIDAE

Résultats personnels, comparaison avec ceux obtenus par d'autres auteurs

Les heures de vol nocturne des Lithosiinae

Setina irrorella L.

Obtenu à partir de 164 captures de mâles et seulement 2 de femelles, la fig. 1, illustrant les variations de quantité de vol nocturne, présente plusieurs pics rapprochés de niveau assez semblable; le pic principal situé en demi-heure 11 correspond à un peu plus de 15% des captures, il est immédiatement suivi en demi-heure 12 par une période de faible activité avec moins de 5% de prises.

Miltochrista miniata FORST.

Cette espèce (fig. 2) présente également des pics de vol nocturne très rapprochés, la répartition de l'activité est remarquablement semblable à celle de l'espèce précédente *Setina irrorella*. Le pic principal est comme pour cette dernière situé en demi-heure 11, la demi-heure 12 correspond à une période d'activité plus faible qui est certainement partiellement masquée sur le graphique par le «débordement» des deux pics de forte activité de vol qui l'encadrent (ROBERT, 1980a).

Atolmis rubricollis L.

Quelques captures de mâles de cette espèce permettent de situer un maximum d'activité de vol environ 4 heures après le coucher du soleil. AUBERT (in litt.) montre une période nocturne assez longue en milieu de nuit.

Cybosia mesonella L.

Bien que présentant une répartition horaire d'activité de vol nocturne différente des deux premières espèces, cet Arctiide montre (fig. 3) 4 pics de vol extrêmement nets, séparés par des périodes de très faible activité, ce qui a déjà été observé avec *Setina irrorella* et *Miltochrista miniata*.

Nous avons déjà noté pour les Geometridae (ROBERT 1979b) qu'il existe souvent chez des espèces proches sur le plan systématique une grande similitude dans les types d'activité de vol nocturne. Cette hypothèse permet de penser que les trois espèces (figs. 1, 2, 3) pourraient être assez proches sur le plan phylogénique bien que classées par les systématiciens dans des genres différents.

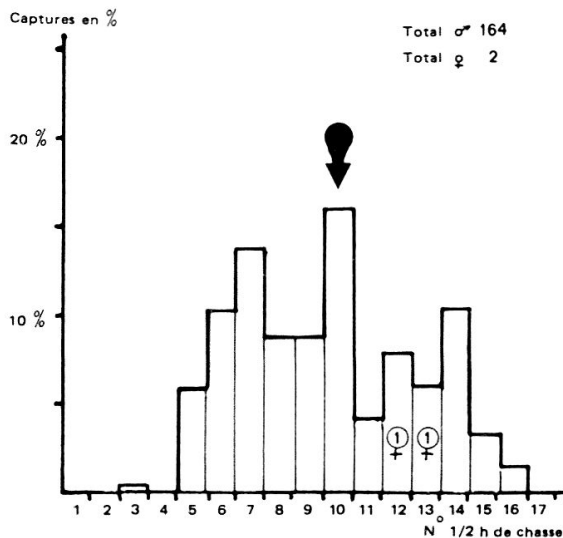


Fig. 1: Répartition des captures nocturnes de *Setina irrorella*. Dans cette fig. et les figs. suivantes le symbole special indique l'heure présumée de l'appel sexuel

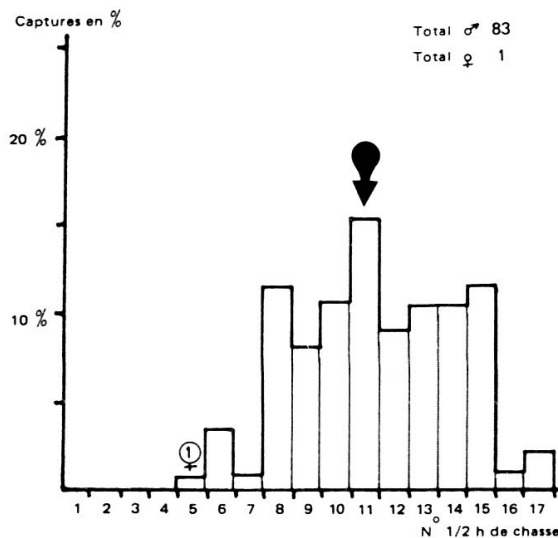


Fig. 2: Répartition des captures nocturnes de *Miltochrista miniata*

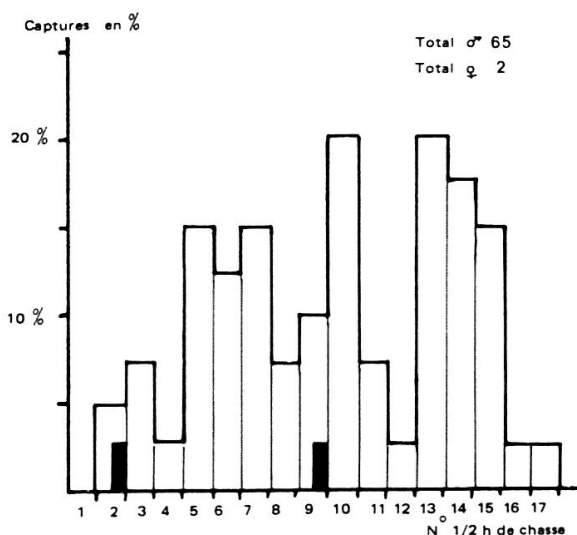


Fig. 3: Répartition des captures nocturnes de *Cibosia mesonella*. Dans cette fig. et des figs. suivantes les colonnes claires représentent les mâles, les colonnes noires les femelles

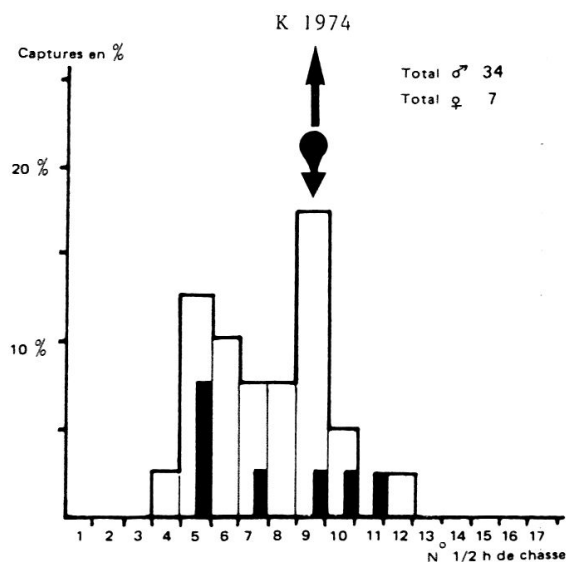


Fig. 4: Répartition des captures nocturnes de *Eilema sororcula*. K 1974 = heure indiquée par KURTZE

Eilema sororcula HUFN.

La fig. 4 illustre l'activité de vol nocturne de *Eilema sororcula*; on constate que les mâles présentent deux pics nocturnes en demi-heures 5 et 9, les femelles semblent avoir un net pic de vol en demi-heure 5. Le premier pic est confirmé par AUBERT (in litt.), cependant cet auteur n'a pas différencié les sexes.

La période 9 correspond sans doute au vol sexuel des mâles en réponse à l'appel des femelles.

Pour cette espèce KURTZE (1974) indique un maximum d'activité de vol 4 h 30 après le coucher du soleil. Nous avons signalé cette heure sur notre graphique 6 par une flèche épaisse annotée K. 1974; compte tenu du fait que notre première demi-heure débute 15 minutes après le coucher du soleil, on note une bonne correspondance des résultats horaires.

Eilema griseola HÜBN.

Cette espèce présente également deux pics d'activité de vol nocturne (fig. 5), mais ils sont plus rapprochés que pour l'espèce précédente. On observe qu'il existe une période de vol commune aux mâles et aux femelles en demi-heure 5, comme chez l'espèce précédente.

La deuxième période de vol en demi-heure 7 correspond certainement au vol des mâles en réponse à l'appel des femelles posées; cette coïncidence entre un maximum de captures de mâles et un minimum de captures de femelles est très constante dans nos résultats (ROBERT, 1979a, 1979b, 1980a, 1980b, 1981 et à paraître).

Eilema lutarella L.

La fig. 6 illustre la répartition horaire de captures de 401 mâles et de 10 femelles. Nous avons constaté à propos des Crambinae (ROBERT, 1980a) que lorsque le graphique de captures était asymétrique il y avait en réalité deux pics de

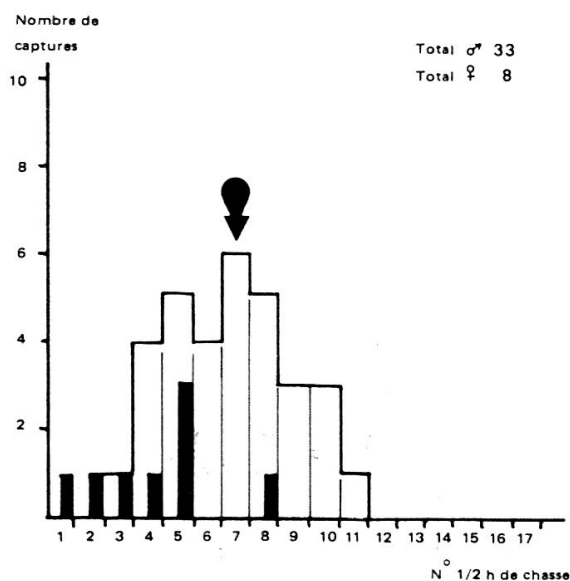


Fig. 5: Répartition des captures nocturnes de *Eilema griseola*

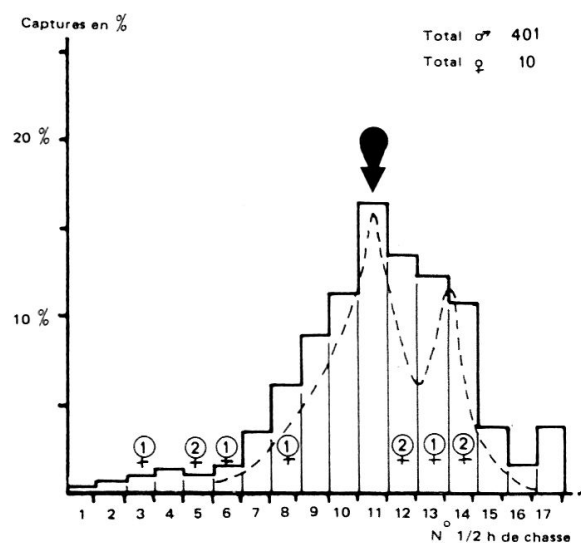


Fig. 6: Répartition des captures nocturnes de *Eilema lutarella*

vol nocturne proches. Ainsi, bien que le graphique de *E. lutarella* soit apparemment unimodal, nous pensons qu'il existe en réalité deux pics de vol des mâles: un pic sexuel (pic principal) en demi-heure 11 où l'on note l'absence de captures de femelles, et un second pic (pic secondaire d'EDWARDS, 1962) situé dans la demi-heure 13; l'écart horaire serait d'environ 1 heure comme pour l'espèce précédente. Le premier pic est confirmé par AUBERT (in litt.).

Eilema complana L.

Pour ce Lithosiinae nous n'avons actuellement pas suffisamment de captures pour avoir une idée précise de la répartition temporelle de l'activité nocturne. KURTZE (1974) indique une activité maximale 3 heures après le coucher du soleil. Pour AUBERT (in litt.) le maximum de captures a été obtenu au milieu de la deuxième moitié de la nuit, ce qui laisse présumer que cette espèce présente deux pics d'activité nocturne.

Eilema lurideola ZINCK.

Le piégeage lumineux a permis de récolter 55 mâles et 38 femelles de cette espèce.

Les résultats obtenus pour les deux sexes sont donnés en chiffres réels (fig. 7). On note une grande concordance dans les types d'activité, mâles et femelles présentant un vol nocturne pratiquement continu et synchrone; il existe cependant un pic de vol commun dans la demi-heure 12, soit environ 6 heures après le coucher du soleil.

Ce résultat concorde assez bien avec les résultats de WILLIAMS (1935-1939) (fig. 8); par contre l'heure du maximum d'activité donné par KURTZE (1974), soit 4 heures après le coucher du soleil, ne coïncide absolument pas avec nos observations et celles de WILLIAMS. Les conditions climatiques, en particulier la température, sont peut-être responsables de la différence apparente de résultats. Chez les Crambinae (ROBERT, 1980a) nous avons constaté que lorsqu'il existe plusieurs pics

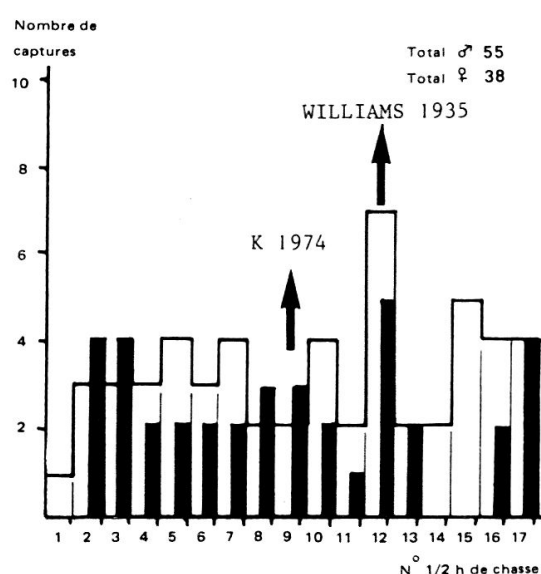


Fig. 7: Répartition des captures nocturnes de *Eilema lurideola*

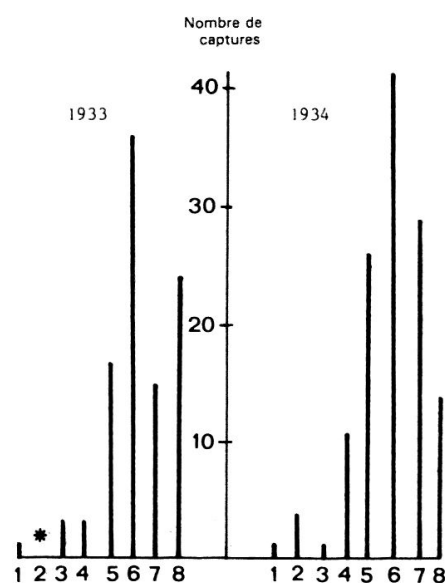


Fig. 8: Répartition des captures nocturnes de *Eilema lurideola* (d'après WILLIAMS, 1935)

de vol, les basses températures provoquaient une activité importante dans l'une des périodes de vol précédant le pic principal. Cette espèce se prête mal à une comparaison, car elle ne présente pas d'activité rythmique nette dans nos résultats.

Eilema deplana Esp.

La fig. 9 illustre les variations d'activité de vol nocturne pour les deux sexes. Cette espèce fait exception chez les Arctiides étudiés, puisque nous avons capturé plus de femelles (25 individus) que de mâles (11 individus).

Malgré la faiblesse du nombre des captures on note, comme chez l'espèce précédente, une activité de vol nocturne assez continue. Il n'existe vraisemblablement pas de pic de vol important chez ce Lithosiinae. Dans le cas contraire on constaterait, même avec un faible nombre de captures, un groupement significatif des prises dans une période nocturne donnée comme c'est le cas pour *Arctia caja* (voir fig. 10). Nous avons discuté cet aspect en détail dans une précédente publication concernant les Crambinae (ROBERT, 1980a).

Lithosia quadra L.

Le groupement de quelques captures de mâles de cette espèce en milieu de nuit laisse présumer de l'existence d'un maximum de vol nocturne 4 à 5 heures après le coucher du soleil. Ce résultat est confirmé par AUBERT (in litt.).

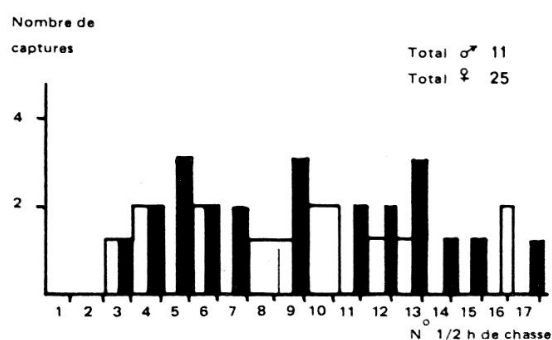


Fig. 9: Répartition des captures nocturnes de *Eilema deplana*.

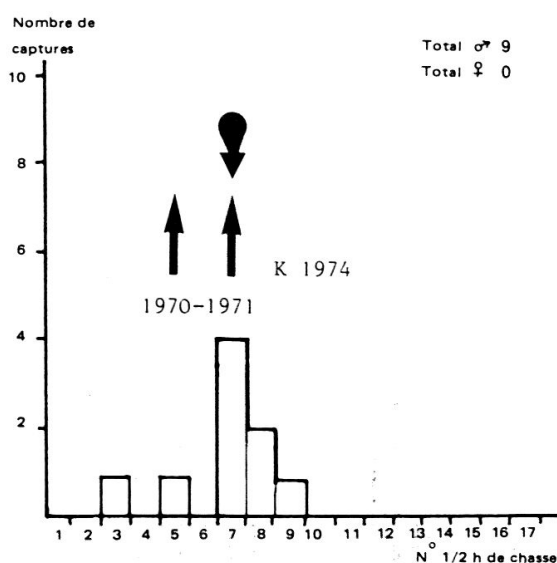


Fig. 10: Répartition des captures nocturnes de *Arctia caja*

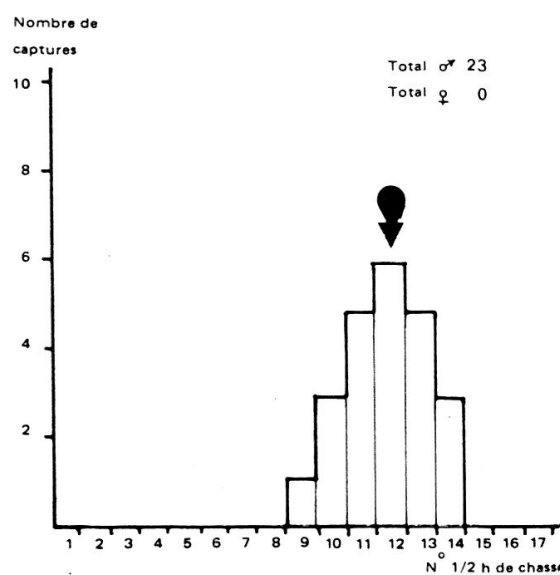


Fig. 11: Répartition des captures nocturnes de *Diacrisia sannio*

Les heures de vol nocturne des Arctiinae

Arctia caja L.

Nous n'avons obtenu que 9 captures de mâles de cette espèce; nous présentons leur répartition horaire sur la fig. 10, un pic de vol est très net en demi-heure 7.

KURTZE (1974) indique que le maximum de vol nocturne de cette espèce se produit entre 3 h (observations de 1971) et 3 h 30 (1970) après le coucher du soleil; on constate sur la fig. 10 qu'il y a une coïncidence remarquable avec nos observations.

Diacrisia sannio L.

Les mâles de cette espèce ont incontestablement une unique phase de vol nocturne ayant son maximum d'intensité 6 h 30 après le coucher du soleil, (fig. 11). AUBERT (in litt.) confirme ce résultat. L'émission de phéromones par les femelles a vraisemblablement lieu à la même heure. Il est cependant connu que cette espèce vole également de jour mais nous n'avons trouvé dans la littérature aucune indication sur l'heure de vol diurne.

Spilosoma lubricipeda L. – *S. luteum* HUFN.

Nous présentons simultanément ces deux espèces, car contrairement aux autres arctiidés déjà étudiés, plusieurs publications nous donnent des éléments de comparaison.

En effet, nous possédons pour ces espèces des résultats de recherches menées en Angleterre par WILLIAMS (1935-1939), HICHTEN (1969) et BAKER (1970) et en Europe occidentale par KURTZE (1974) et AUBERT (in litt. 1981).

En ce qui concerne *Spilosoma lubricipeda* on constate sur la fig. 12 illustrant les résultats que nous avons obtenus par piégeages lumineux, qu'il existe une période de forte activité de vol nocturne en début de nuit.

Ce pic de vol des mâles en demi-heure 3, confirmé par AUBERT (in litt.), précède l'activité des femelles qui reste à un niveau beaucoup plus faible.

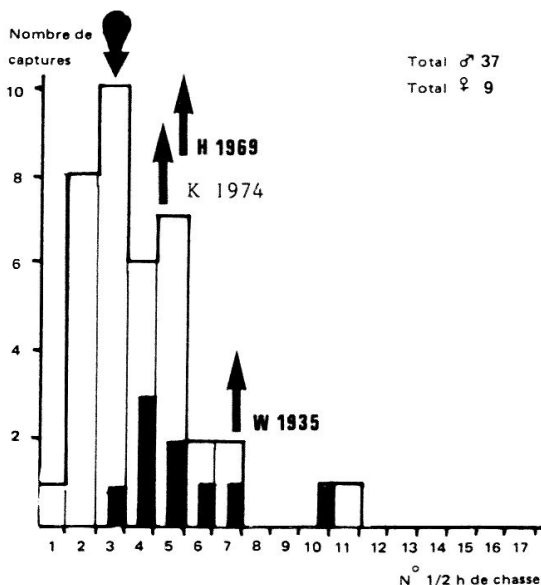


Fig. 12: Répartition des captures nocturnes de *Spilosoma lubricipeda*. W 1935 - résultat de WILLIAMS (1935); H 1969 - résultat de HICHTEN et al. (1969)

Les données de WILLIAMS (fig. 13) et de HICTEN *et al.* (fig. 14) obtenues également par piégeages lumineux sont assez proches, mais avec une précision temporelle moins satisfaisante. Ces auteurs ne donnent pas de renseignements en ce qui concerne les heures de vol des femelles; les deux sexes n'ont pas été séparés, d'où sans doute l'écart observé (in litt).

KURTZE (1974) a observé un maximum d'arrivées des individus de *S. lubricipeda* autour d'une source lumineuse attractive 2 h 15 après le coucher du soleil (voir fig. 12), ce qui est très proche de nos propres résultats et de ceux de WILLIAMS, de HICTEN et de AUBERT.

Les enregistrements actographiques réalisés par BAKER (1970) sont assez semblables; mais les différences observées entre l'activité des individus provenant d'élevage et ceux pris dans la nature paraissent difficilement explicables.

Les résultats obtenus en laboratoire par BAKER montrent une activité de vol nocturne beaucoup plus étendue dans le temps que ceux obtenus par piégeage lumineux; ceci est peut-être dû aux conditions expérimentales.

BAKER indique les heures de vol G.M.T. mais ne précise pas la date des observations qui doivent correspondre au mois de juin si l'on considère la phénologie de l'espèce. Les indications de cet auteur permettent de situer l'heure de l'appel sexuel des femelles environ 1 h 30 après le coucher du soleil.

On constate sur la fig. 12 que cela correspond assez exactement au pic de vol nocturne principal («primary peak» d'EDWARDS, 1962) que nous avons observé par piégeages lumineux pour les mâles de *Spilosoma lubricipeda*. Nous confirmons donc ici l'idée déjà avancée par EDWARDS (1962) selon laquelle le pic principal, lorsqu'il est très net, correspond au vol sexuel des mâles. En général, le nombre des captures de femelles est à ce moment nul ou très faible (appel des femelles immobiles) (ROBERT, 1980a). Lorsqu'il y a synchronisation entre les heures des pics d'activité de vol des mâles et des femelles, il s'agit vraisemblablement d'une

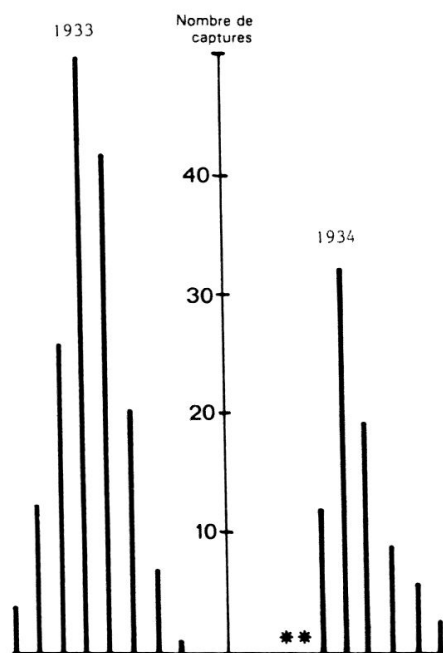


Fig. 13: Répartition horaire des captures nocturnes de *Spilosoma lubricipeda* (d'après WILLIAMS, 1935)

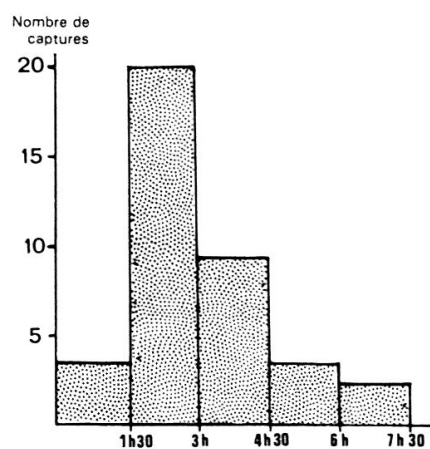


Fig. 14: Répartition horaire des captures nocturnes de *Spilosoma lubricipeda* (d'après HICTEN *et al.* 1969)

activité de vol non sexuelle dont l'origine ne peut pas être définie dans l'état actuel de nos connaissances. Le pic d'activité des femelles synchronisé avec celui des mâles pourrait correspondre à un pic de vol des femelles fécondées (HOLLOWAY *et al.*, 1975).

Comme dans les précédentes publications (ROBERT, 1979a, 1979b, 1980a) nous indiquons par un symbole particulier le pic d'activité de vol nocturne présumé d'origine sexuelle, déterminé selon les critères qui viennent d'être indiqués (voir légendes de la fig. 1).

En ce qui concerne l'espèce *Spilosoma luteum*, nos résultats sont présentés dans la fig. 15. On note qu'il semble exister deux pics très proches. L'heure du vol principal coïncide exactement avec celle donnée par KURTZE (1974) qui indique que le maximum d'activité de cette espèce se produit 4 heures après le coucher du soleil.

Si on établit une comparaison avec les données de WILLIAMS (fig. 16) et HICHTEN *et al.* (fig. 17) ainsi qu'avec celles de BAKER obtenues par actographie (fig. 18), on constate une divergence nette de résultats; ceux qui ont été obtenus

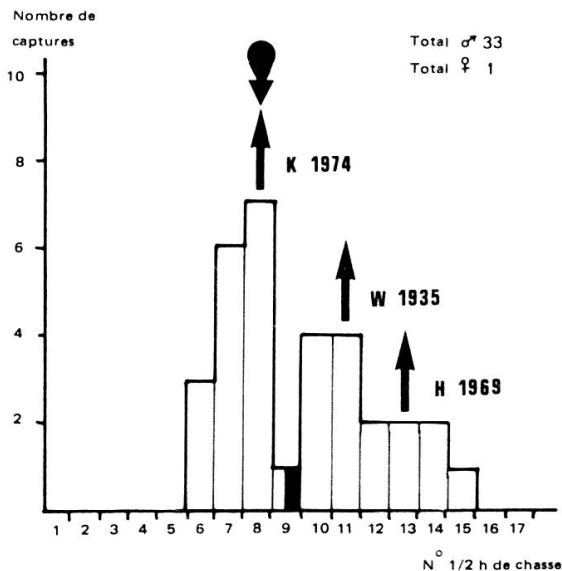


Fig. 15: Répartition des captures nocturnes de *Spilosoma luteum* (voir fig. 12)

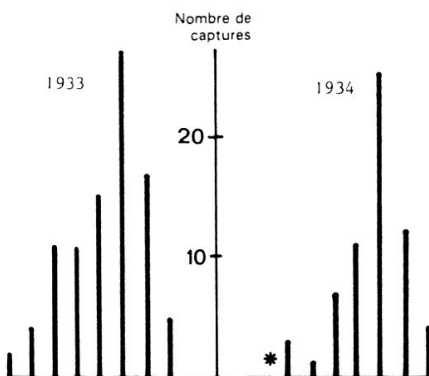


Fig. 16: Répartition horaire des captures nocturnes de *Spilosoma luteum* (d'après WILLIAMS, 1935)

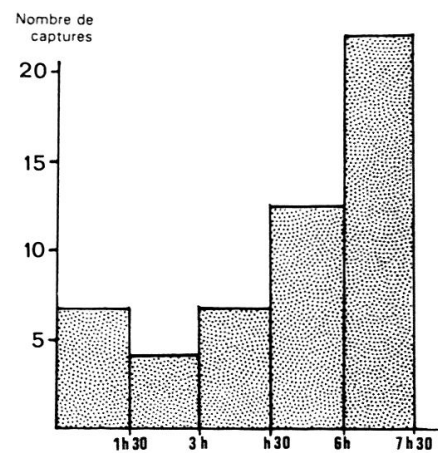


Fig. 17: Répartition horaire des captures nocturnes de *Spilosoma luteum* (d'après HICHTEN, 1969)

en Angleterre, avec une précision variable selon les auteurs, indiquent tous pour *Spilosoma luteum* un pic de vol immédiatement après le coucher du soleil et un deuxième plus important en fin de nuit, ce qui est fondamentalement différent de nos propres observations et de celles de KURTZE (fig. 15).

Parmi les hypothèses plausibles permettant d'expliquer cet écart, nous retiendrons essentiellement la possibilité de l'existence de races éthologiques volant à des heures différentes en Angleterre et en Europe occidentale continentale.

Il faut noter que des différences éthologiques de réponse des mâles aux phéromones de leur propre espèce a été signalée récemment chez des Lépidoptères dont les populations sont pourtant géographiquement en contact (ARN, 1980; com. orale)⁵.

Phragmatobia fuliginosa L.

En Europe il semble que seul KURTZE ait publié des données propos de l'activité de cette espèce. Le pic de vol nocturne des mâles se produit selon cet auteur entre 1 heure et 1 h 30 après le coucher du soleil. Cet arctiide présente donc une activité nocturne précoce comme *Spilosoma lubricipeda*. On ne sait pas si des pics secondaires existent. AUBERT (in litt.) confirme la présence d'un puissant pic de vol dans la deuxième heure de la nuit.

Discussion des résultats concernant l'activité de vol des Arctiidae

Les types de vol nocturne des Arctiidae

Cette présente étude permet de compléter une classification concernant les types de vol nocturne observés chez les Lépidoptères hétérocères (ROBERT, 1979b).

Ce classement est inspiré des travaux de HANSKI (1975) sur le vol diurne de Diptères brachycères et de ceux d'EDWARDS (1962) qui a étudié par actographie le vol spontané de Lépidoptères hétérocères appartenant à diverses familles dont une espèce aux Arctiidae.

La classification proposés (ROBERT, 1979b) n'est basée que sur la répartition horaire de la quantité d'activité de vol nocturne; la technique employée, le piégeage lumineux, ne permet pas d'avoir d'indications en dehors de la phase nocturne.

Nous proposons ainsi 7 types de vol nocturne qui pourront sans doute être complétés en particulier par la connaissance du vol diurne.

Nous résumons ci-dessous cette classification:

- Type 1: un seul pic important vers le milieu de la nuit,
- Type 2: plusieurs pics de vol nets, le principal situé dans la première partie de la nuit,
- Type 3: plusieurs pics, le plus important étant situé dans la deuxième partie de la nuit,
- Type 4: activité de vol nocturne pratiquement constante,

⁵ Colloque «Les phéromones sexuelles et les médiateurs chimiques chez les insectes». Colmar. Station de Zoologie de l'INRA, 25-27 novembre 1980.

Niveau d'activité de vol

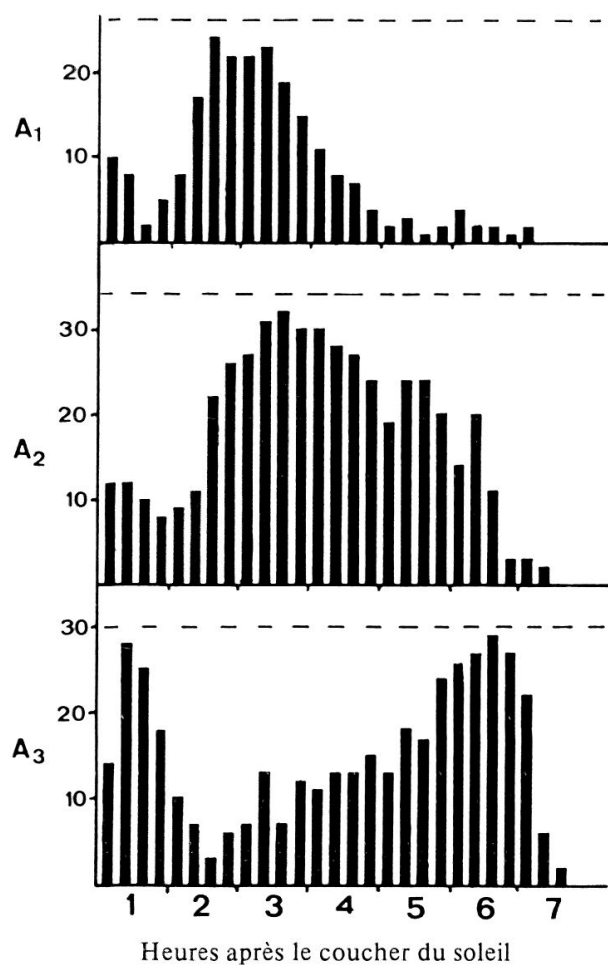


Fig. 18: Enregistrements actographiques (d'après BAKER, 1970) A₁ *Spilosoma lubricipeda* (élevage); A₂ *Spilosoma lubricipeda* (sauvage); A₃ *Spilosoma luteum* (sauvage)

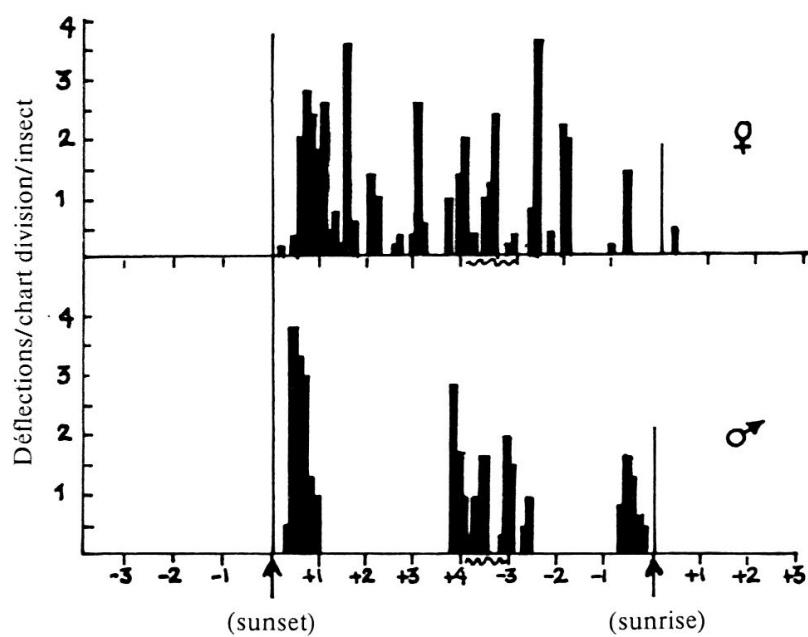


Fig. 19: Actographie de *Halisidota argentata* PACK. d'après EDWARDS (1962)

Type 5: un ou plusieurs pics de vol situés en milieu de nuit,
Type 6: activité de vol non franchement nocturne, mais se situant au crépuscule (6+) ou à l'aube (6-),
Type 0: activité de vol mal définie, caractéristiques instables ou peu nettes.

Les types 1 à 4 et 0 ont été établis à partir des différentes répartitions d'activité nocturne observées avec les Géométridae (ROBERT, 1979b), les types 5 et 6, non envisagés dans la publication citée, ont été observés; pour le premier chez les Arctiidae, objet de la présente publication (figs. 1 à 6), pour le second chez de nombreuses espèces de Tortricidae et de Microlépidoptères (ROBERT, 1980).

Il est probable que d'autres types de vol pourront être définis lorsque notre connaissance de la répartition horaire de l'activité de vol, en particulier diurne, aura suffisamment progressée.

Des lettres juxtaposées aux chiffres donnent une indication sur l'activité relative des femelles pendant la nuit:

- a: femelles actives,
- b: femelles peu actives ou inactives.

Le type d'activité 5 s'observe fréquemment chez les Arctiidae, puisque 6 espèces sur 13 appartiennent à celui-ci (voir tableau 1).

Le seul Arctiidae étudié en actographie par EDWARDS (1962), au Canada, *Halisidota argentata* PACK. présente une activité nocturne du type 2a (fig. 19).

GRAHAM *et al.* (1964) donnent les heures de vol nocturne d'un Arctiide capturé par piégeage lumineux horaire au Texas (*Estigeme acraea* DRURY); le vol nocturne est également du type 2a.

On se reportera au tableau 1 qui résume les types de vol nocturne pour les Arctiidae européens, dont on connaît suffisamment les caractéristiques d'activité.

On constate qu'il existe une grande diversité de types de vol selon les espèces; une certaine imprécision subsiste pour *Eilema deplana* (fig. 9) bien que les résultats obtenus pour les mâles et les femelles soient très concordants.

Rappelons le problème posé par l'espèce *Spilosoma luteum* (figs. 15-18) pour laquelle nos résultats, ceux de KURTZE et de AUBERT permettent de classer l'activité nocturne dans le type 2 (pic de vol principal en début de nuit), alors que selon les données de WILLIAMS, HICHTEN et BAKER, elle appartient, en Angleterre, au type 3 (pic de vol principal en fin de nuit).

Types de vol et position systématique

DEVILLERS *et al.* (1980) considèrent que «l'isolement éthologique est avec l'isolement géographique le mécanisme le plus efficace pour empêcher le rapprochement des sexes».

En effet beaucoup d'espèces très proches vivent ensemble dans le même milieu tout en restant parfaitement séparées, même lorsque les mâles d'une espèce répondent à la phéromone femelle des autres.

Ainsi BIWER *et al.* (1978) ont par exemple montré à propos de deux Tortricidae que l'heure de vol était le facteur essentiel d'isolement des espèces qui possèdent des phéromones sexuelles très semblables.

CARDÉ (1974) observe un phénomène analogue pour deux Arctiides américains du genre *Holomelia*.

Nos observations, concernant les caractéristiques de vol nocturne d'un nombre important d'espèces de Lépidoptères hétérocères, nous ont montré que dans de nombreux cas il existait une grande similitude comportementale entre des espèces appartenant à la même sous-famille, par exemple celle des *Crambinae* (ROBERT, 1980a), ou au même genre, comme le genre *Ortholita* chez les *Geometridae* (ROBERT, 1979b).

Ce phénomène est noté également à propos des *Arctiidae* pour 3 espèces de *Lithosiinae*: *Setina irrorella* (fig. 1), *Miltochrista miniata* (fig. 2), *Cybosia mesonella* (fig. 3) qui bien que classée dans des genres différents montrent une grande similitude de type de vol. Il faut noter que dans les classifications les plus récentes (LERAUT, 1980) elles sont très voisines; leur comportement semblable confirme le bien fondé de ce rapprochement.

Des espèces voisines présentent donc souvent une similitude éthologique quant à la structure de l'activité de vol; mais l'heure du maximum d'activité des mâles qui correspond au vol sexuel («primary peak» d'EDWARDS, 1962) est différente. Les espèces cohabitant dans l'espace et dans le temps et qui possèdent des phéromones sexuelles proches restent ainsi parfaitement séparées.

Dans cette hypothèse on peut s'attendre à ce que celle de *Setina irrorella* (fig. 1) et de *Miltochrista miniata* (fig. 2) soient très différentes puisque ces deux espèces semblent voler à la même heure.

On constate que la technique du piégeage lumineux lorsqu'elle est suffisamment précise dans l'espace et dans le temps (ROBERT, 1973a) peut être complémentaire de méthodes d'investigation biochimiques.

Elle permet en particulier d'apprécier sur le plan éthologique la validité de certaines divisions systématiques basées sur des critères purement morphologiques.

Types de vol et action de la température

CHAUVIN (1969) signale avec insistance l'action très particulière de la température sur l'activité des animaux. En effet ce facteur ne modifie généralement pas le rythme de l'activité biologique, mais peut fortement influencer la quantité de cette activité (amplitude du rythme). Ce phénomène complique énormément les observations obtenues dans la nature à propos de l'action de la température, et les erreurs d'interprétation semblent nombreuses.

En ce qui concerne l'activité de vol nocturne des Lépidoptères hétérocères, plusieurs travaux confirment les conclusions de CHAUVIN (1969), en particulier ceux de PERSSON (1971), SOWER *et al.* (1971) et ROBERT (1979b, 1980a, 1981).

Par contre d'autres chercheurs notent une influence du facteur thermique sur l'heure du maximum d'activité.

Les travaux de MEYER (1969), BATISTE *et al.* (1973), THIBOUT (1974), KURTZE (1974), MANI *et al.* (1974), COMEAU *et al.* (1976), RAHN (1977), CHARMILLOT *et al.* (1979) entre autres, montrent que l'heure du maximum d'activité de vol de certains Lépidoptères peut être modifiée considérablement par les facteurs externes dont la température. Selon MEYER (1969) la variation peut atteindre 4 heures.

Nous avons comparé les résultats obtenus, en tenant compte de l'appartenance des espèces aux types de vol définis dans le chapitre précédent, nous avons observé qu'une grande stabilité des heures de vol est constatée avec les types 1, 2, 3 et 5. Ceci semble indiquer qu'il existe chez les espèces présentant ces «modèles d'activité» un net rythme endogène synchronisé par la photopériode et indépen-

dant de la température (BECK, 1968; CHAUVIN, 1969). Les variations observées dans des conditions très diverses ne dépassent pas 30 minutes en moyenne, même d'une année à l'autre (ROBERT, 1979b, 1980, 1981).

On ne peut cependant conclure que les Lépidoptères hétérocères qui présentent des types de vol différents (4, 6+, 6- et 0) ne possèdent pas de rythme endogène.

En particulier il faut remarquer que chez les espèces qui appartiennent au type 6+ (activité de vol crépusculaire) le seuil lumineux du déclenchement d'activité de vol est assez élevé (plusieurs dizaines de lux) et peut être atteint à des heures très différentes, ce qui entraîne des variations parallèles de l'heure des pics d'activité (MANI *et al.*, 1974). Il semble en être de même pour les espèces à vol matinal (type 6-) (CHARMILLOT *et al.*, 1979). Dans les deux cas, le rythme d'activité peut rester fixé par rapport à l'heure du déclenchement lumineux, bien que l'heure observée pour l'activité de vol soit très variable d'un jour à l'autre.

Le type 4 correspond à une activité nocturne pratiquement constante et se traduit dans les piégeages par une répartition très régulière des captures, sauf dans les premières et les dernières demi-heures de la nuit où le piège lumineux est moins efficace.

Statistiquement et compte tenu de l'hétérogénéité des conditions de l'étude dans la nature il est évidemment possible que quelques captures se retrouvent groupées, ce qui peut donner l'impression que l'espèce appartient au type 0 (activité irrégulière).

On constate donc la difficulté de séparer dans bien des cas les espèces appartenant réellement au type 4 de celles qui présentent effectivement une activité de vol nocturne de type 0.

L'exemple de l'Arctiide *Eilema deplana* (fig. 9 et tableau 1) est particulièrement démonstratif à cet égard.

Dans nos résultats, des espèces ont pu être classées dans le type 0 parce qu'elles possèdent un rythme endogène très rapide qui ne peut être observé par notre méthode de piégeage, dont le rythme de capture est de 30 minutes.

Certaines espèces pourraient également être classées dans le type de vol 0, tout en possédant un rythme endogène de vol nocturne polymodal, lorsque le seuil de luminosité d'entrée en activité est élevé et donc susceptible de subir le soir des variations horaires suffisantes pour brouiller les résultats dans les cumuls.

Enfin, il est probable que dans les résultats obtenus, certaines espèces présentent réellement des caractéristiques instables et irrégulières sur le plan de la rythmicité de l'activité de vol nocturne; elles peuvent être dues à plusieurs causes et en particulier à de fortes différences comportementales individuelles (RAHN *et al.*, 1967), peut-être d'origine génétique.

On peut donc évoquer une instabilité génétique de l'espèce qui peut affecter uniquement le comportement mais également le phénotype. C'est une hypothèse que nous avons déjà avancée (ROBERT, 1979b) en analysant nos résultats et ceux d'EDWARDS (1962) à propos du vol nocturne des Geometridae.

Dans l'état actuel de nos connaissances le type 0 est très difficile à caractériser et des études complémentaires devraient être entreprises pour les espèces qui ne semblent pas posséder de caractéristiques éthologiques très stables.

De nombreuses espèces nuisibles aux plantes cultivées soumises à une intense pression de sélection (variétés végétales, pesticides, etc.) pourraient être dans ce cas, ce qui rend leur étude sur le plan éco-éthologique particulièrement délicate.

Les espèces de Lépidoptères Arctiides étudiées semblent en général présenter des caractéristiques spécifiques stables. Les résultats apparaissent cependant moins nets en moyenne que pour d'autres groupes comme les Pyralidae par exemple (ROBERT, 1980a, 1981); cela tient vraisemblablement à une différence d'efficacité de la méthode de piégeage selon les familles (ROBERT, 1973a, 1980a).

CONCLUSIONS

Cette publication présente l'essentiel des résultats concernant la répartition horaire de la quantité d'activité de vol nocturne des Arctiidae d'Europe occidentale.

Ce travail a été réalisé à partir des études de WILLIAMS (1935-1939), HICHTEN *et al.* (1969), BAKER (1970) et KURTZE (1974); elles sont complétées par nos propres recherches dans le Jura moyen français et celles de J. AUBERT dans le Jura Suisse (in litt.).

Les données utilisées n'ont cependant pas la même valeur pour chacune des 17 espèces citées puisque pour certaines nous connaissons seulement l'heure du maximum d'activité, pour d'autres nous disposons en plus de nos résultats détaillés de ceux obtenus par les 5 autres auteurs.

Nos propres données concernent 14 des 17 espèces étudiées dans cette publication.

Le piégeage lumineux lorsqu'il est suffisamment précis dans l'espace et dans le temps (ROBERT, 1973a) permet de connaître rapidement, les caractéristiques spécifiques essentielles du vol nocturne tant sur le plan temporel que quantitatif.

Cette technique, utilisée en conditions naturelles, apparaît donc comme complémentaire des méthodes d'études biologiques de laboratoire; le piégeage lumineux reste même la seule technique utilisable pour les espèces qui ne peuvent être élevées artificiellement, par exemple lorsqu'on ne connaît pas la chenille (ROBERT, 1981).

L'étude du vol nocturne des Arctiidae, réalisée dans la présente publication, ainsi que celle concernant diverses familles (ROBERT, 1980) nous ont permis de compléter une classification de l'activité de vol nocturne des Lépidoptères proposée précédemment (ROBERT, 1979b).

La classification nouvelle comporte 7 types de vol nocturne au lieu de 5; parmi ceux-ci les types 1, 2, 3 et 5 correspondent à des espèces présentant un rythme d'activité très stable et très marqué, lié à un rythme endogène.

Des conclusions ne peuvent être encore clairement dégagées pour les types 4, 6+, 6- et 0 qui recouvrent différentes situations.

L'analyse de la répartition horaire de la quantité d'activité de vol nocturne chez des espèces de Lépidoptères hétérocères étroitement apparentées sur le plan systématique, laisse penser que dans la nature l'isolement copulatoire ne comporte pas seulement «des stimuli visuels, auditifs et chimiques» (MAYR, 1969); il faut y ajouter l'action souvent prédominante des rythmes spécifiques d'activité.

RÉSUMÉ

L'auteur présente et discute les résultats concernant l'heure d'activité de vol nocturne obtenue par piégeage lumineux à séparation demi-horaire pour 17 espèces d'Arctiidae européens.

Une classification en types de vol nocturne établie à propos des Geometridae (ROBERT, 1979) est appliquée aux Arctiidae étudiés.

L'auteur discute de l'intérêt des types de vol nocturne pour la systématique et pour l'étude de l'action des facteurs externes.

BIBLIOGRAPHIE

- BAKER, C. R. B. 1970. *The effect of temperature on the flight and mating of some moths in the genus Spilosoma*. Ent. exp. et appl. 13: 474-483.
- BATISTE, W. C., OLSON, W. H. & BERLOWITZ, A. 1973. *Codling moth: influence of temperature and daylight intensity on periodicity of daily flight in the field*. J. Econ. Entomol. 65: 1741-42.
- BECK, S. D. 1968. *Insect photoperiodism*. Academic Press, London, 288 pp.
- BERNHARD, C. G., OTTOSON, D. & BERLOWITZ, A. 1973. *Quantitative studies on pigment migration and light sensitivity in the compound eye at different light intensities*. J. Gen. Phys. 47: 465-478.
- BIWER, G. & DESCOINS, CH. 1978. *Approche d'un mécanisme d'isolement sexuel entre quatre espèces de Tortricidae du Genre Grapholitha*. C. R. Acad. Sci. Paris, F. 286, série D, 875-877.
- CARDÉ, R. Y. 1974. *Diel periodicities of female calling and male pheromone attraction in Holomelina aurantiaca (Lepidoptera: Arctiidae)*. Can. Ent., 934-935.
- CHARMILLOT, P. J., VALLIER, R. & TAGINI-ROSSET, S. 1979. *Carpocapse des prunes (Grapholitha funebrana Tr.): étude du cycle du développement en fonction des sommes de température et considérations sur l'activité des papillons*. Bull. Soc. Ent. Suisse 52: 19-32.
- CHAUVIN, R. 1969. *Précis de Psychophysiologie tome II. Le comportement animal*. Masson, Paris, 420 pp., 270 fig.
- COMEAU, A., CARDE, R. T. & ROELOFS, W. L. 1976. *Relationship of ambient temperatures to diel periodicities of sex attraction in six species of Lepidoptera*. Can. Ent. 108: 415-418.
- DEBROISE, C. 1977. *Recherches écologiques sur les Lépidoptères hétérocères de la Lande. Etude de la dynamique de population de Lycophotia porphyrea (Lep. Noctuidae)*. Thèse 3^e cycle, Université de Rennes.
- DEMOLIN, G. 1964. *Réflexion sur le comportement des insectes nocturnes soumis à une source lumineuse attractive. Application à une nouvelle technique de piégeage*. Congrès à Rennes de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences 71: 15-24.
- DEVILLERS, CH. & MAHE, J. 1980. *Mécanisme de l'évolution animale*. Masson, Paris, 143 pp.
- DUFAY, C. 1964. *Contribution à l'étude du phototropisme des Lépidoptères Noctuides*. Thèse. Université Lyon. Masson, Paris.
- EDWARDS, D. K. 1962. *Laboratory determinations of the daily flight times of separate sexes of some moths in naturally changing light*. Canad. J. Zool. 40: 511-530.
- HANSKI, I. 1975. *Trap-survery of flies and their diel periodicity in the subarctic Kevo Nature Reserve, northern Finland*. Ann. Ent. Fenn. 41: 2.
- HICHTEN, E. T., JACKSON, C. M. & MEERS, G. H. A. 1969. *The flight times of some nocturnal moths*. Entomologist. 102: 80-85.
- HOLLOWAY, R. I. & SMITH, J. W. 1975. *Free-running and phase-setting of locomotor behaviour of the adult lesser cornstalk borer*. Ann. Ent. Soc. Am. 69: 848-850.
- KURTZE, W. 1974. *Synökologische und experimentelle Untersuchungen zur Nachtaktivität von Insekten*. Zool. Jb. Syst. 101: 297-344.
- LAMOTTE, M. & BOURLIERE, F. 1969. *Problème d'Ecologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Masson, Paris, 304 pp.
- LERAUT, P. 1980. *Liste systématique et synonymique des Lépidoptères de France, Belgique et Corse*. Alexanor, ISSN 0002-5208, 334 pp., Bull. Soc. Ent. France, ISSN 015-0517.
- MANI, E., RIGGENBACH, W. & MENDIK, M. 1974. *Tagesrhythmus des Falterfangs und Beobachtungen über die Flugaktivität beim Apfelwickler (Laspeyresia pomonella L.)*. Bull. Soc. Ent. Suisse 47: 39-48.
- MAYR, E. 1974. *Populations, espèces et évolution*, 2 ed., Herman, Paris, 496 pp.
- MEYER, D. 1969. *Der Einfluss von Licht und Temperaturschwankungen auf Verhalten und Fekundität des Lärchenwicklers Zeiraphera diniana (Gn.)*; Rev. Suisse de Zool. 76: 93-141.
- PERSSON, B. 1971. *Influence of light activity of noctuids (Lepid.) in South Sweden*. Ent. Scand. 2: 215-232.
- PETERSON, A. 1964. *Entomological techniques*. 10^e éd. Edwards Brothers, inc., Michigan, 435 pp.
- RAHN, R. & LABEYRIE, V. 1967. *Importance de l'hétérogénéité de l'attraction sexuelle exercée par les femelles d'Acrolepia assectella Zeller*. C. R. Acad. Sci. Paris, 265, série D, 427-429.
- RAHN, R. 1977. *Nouvelles données sur l'influence de facteurs externes (lumière et température) sur le rythme d'activité de reproduction chez Acrolepia assectella (Lep. Plut.)*. Ann. Zool. Ecol. Anim. 9: (1), 1-10.
- ROBERT, J. CL. 1970. *Nouvelles possibilités d'étude statistique des insectes à activité nocturne par utilisation de pièges UV automatiques originaux et traitement de données multiples par ordinateur*. Ann. Sci. Univ. Besançon, 3^e série, Zool. Physiol. Biol. anim. fasc. 6: 65-71.
- ROBERT, J. CL. 1973 a. *Description d'un piège entomologique lumineux directionnel et automatique*. Bull. Ecol. 4: 215-223.
- ROBERT, J. CL. 1973 b. *Protocole des recherches entreprises à l'aide d'un ensemble de deux pièges UV automatiques et d'enregistreurs*. Ann. Sci. Univ. Besançon, 3^e série, fasc. 10: 61-69.

- ROBERT, J. CL. 1979 a. *Détermination des caractéristiques du vol nocturne d'Insectes par utilisation du piégeage lumineux*. C. R. Acad. Sci. 242: série D, 1183-1186.
- ROBERT, J. CL. 1979 b. *Les caractéristiques spécifiques du vol nocturne des Geometridae: heures, rythme et niveau d'activité*. Ann. Sci. Univ. Besançon, 3^e série, fasc. 15: 65-89.
- ROBERT, J. CL. 1980 a. *Chronologie et intensité des activités de vol nocturne chez huit espèces de Lépidoptères Crambinae*. Ökol. Gener. 1: 3, 267-291.
- ROBERT, J. CL. 1980 b. *L'activité de vol nocturne de Lépidoptères appartenant à diverses familles*. Ann. Sci. Univ. Franche-Comté Besançon, 4^e série, fasc. 1: 3-20.
- ROBERT, J. CL. 1981. *Les heures de vol nocturnes de quelques Lépidoptères Pyralidae*. Bull. Soc. Ent. France. 86: 145-155.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1968. *Ecological methods*. Methuen, London, 391 pp.
- THIBOUT, E. 1974. *Effects of light factors and temperature on sexual activity and its rhythmicity in the leek-moth, Acrolepia assectella*. Z. (Lep. Plutellidae). J. interdiscipl. Cycle Res. 5: 381-390.
- WILLIAMS, C. B. 1935. *The times of activity of certain nocturnal insects, chiefly Lepidoptera, as indicated by a light trap*. Trans-R. Ent. Soc. Lond. 83: 523-555.
- WILLIAMS, C. B. 1939. *An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part 1*. Trans. R. Ent. Soc. Lond. 90: 79-129.

(reçu le 3 mai, 1982)