

FLUCTUATIONS SAISONNIÈRES DES INSECTES ENTOMOPHAGES, CAPTURÉS PAR PIÉGEAGE, DANS PLUSIEURES BIOTOPES DE L'ÎLE DE SÃO MIGUEL, AÇORES

MARIA ODÍLIA CRUZ DE BOELPAEPE

ARQUIPÉLAGO



CRUZ DE BOELPAEPE, MARIA ODÍLIA 1991. Seasonal fluctuations of entomophagous insects captured by traps in several habitats on São Miguel Island, Azores. - *Arquipélago*. Life and Earth Sciences, 9:11-23. Angra do Heroísmo. ISSN 0870-6581.

A detailed list of the main entomophagous insects caught in water traps and fluctuations in their numbers throughout the flight activity of aphids on potato crops, are given for several habitats on São Miguel island. Parasites, not specifically of aphids, belonging to Braconidae, Chalcidoidea, Ichneumonidae were more numerous than aphidophagous predators like Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae and Syrphidae. Among the hymenopterous parasites of aphids (Aphidiidae), *Aphidius* and *Ephedrus* were the predominant genera. Predacious insects like Syrphidae were more numerous than Neuroptera and Coccinellidae. *Episyrphus balteatus* and *Metasyrphus corollae* were both very common. The Neuroptera were mainly represented by *Hemerobius* sp. Studies showed a chronological coincidence between the flight activity of Aphidiidae and the beginning of the summer flight of *Macrosiphum euphorbiae* and *Aulacorthum solani* in different biocenoses. In contrast flight activity of the hoverflies and lacewings coincided with the summer flight of *Myzus persicae* and the peak of summer flight of *M. euphorbiae*. The results indicated that the logarithms of the mean numbers of aphidiphagous insects + Chalcididae + Proctotrypidae and aphid vectors (*A. solani* + *M. euphorbiae* + *M. persicae*) per trap were correlated. Variations of altitude between 300 and 520 m did not affect the population levels of entomophagous or aphidophagous insects, whereas the protection by woods of coniferae reduced the entomophagous number but increased the proportion of aphidophagous predators.

CRUZ DE BOELPAEPE, MARIA ODÍLIA 1991. Flutuações sazonais dos insectos entomófagos capturados pelas armadilhas atractivas em vários habitats da Ilha de São Miguel, Açores. - *Arquipélago*. Ciências da Natureza, 9:11-23. Angra do Heroísmo. ISSN 0870-6581.

O presente trabalho comporta o inventário dos principais grupos de insectos entomófagos capturados por armadilhas atractivas e as suas flutuações numéricas, durante o período da actividade de voo dos afídeos vectores de vírus da batateira, em diversos habitats da Ilha de São Miguel. Os parasitas não especificamente de afídeos pertencentes aos grupos Braconidae, Chalcididae, Ichneumonidae foram mais abundantes que os predadores afídídeos: Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae e Syrphidae. Entre os himenópteros parasitas de afídeos (Fam. Aphidiidae) predominaram os géneros *Aphidius* e *Ephedrus*. Insectos predadores, como os Sífídeos, foram capturados em maior número que os Neuropteros e os Coccinélídeos. *Episyrphus balteatus* e *Metasyrphus corollae* foram as espécies mais comuns. Os Neuropteros estiveram principalmente representados pelo género *Hemerobius*. Os resultados das capturas revelaram uma coincidência cronológica entre o voltinismo dos Afídeos e a fase inicial do voo de verão de *Macrosiphum euphorbiae* e *Aulacorthum solani* em diferentes biocenoses da Ilha de São Miguel. Por outro lado, a actividade de voo dos Sífídeos e Neuropteros coincidiu com o voo de verão de *Myzus persicae* e com o pico de voo de *M. euphorbiae*. A resposta numérica do predador em relação à presa exprime-se por uma correlação entre os logaritmos dos números médios dos insectos afídídeos + Calcídeos + Proctotríptídeos e os dos afídeos vectores (*A. solani* + *M. euphorbiae* + *M. persicae*) capturados por armadilha. No que respeita à topografia, constatou-se que diferenças de altitude, entre os 300 m e 520 m, não constituíram um obstáculo à penetração dos insectos úteis enquanto que a protecção por florestas de coníferas reduziu os efectivos globais dos entomófagos, mas aumentou a proporção dos predadores afídídeos.

Maria Odília Cruz De Boelpaepe. INIA, Centro Nacional de Protecção da Produção Agrícola, Tapada da Ajuda, 1300 Lisboa, Portugal

INTRODUCTION

L'usage abusif et non discriminé des pesticides dans la protection des cultures aboutit inéluctablement à la destruction des équilibres biocénotiques et à l'altération des chaînes alimentaires. Par voie de conséquence, les scientifiques ont voulu à maintes reprises reformuler les programmes de lutte contre les ravageurs, axés principalement sur l'application de nouveaux produits de synthèse.

Le concept de lutte intégrée, introduit par FRANZ (1962), marque une étape décisive dans la révolution de la stratégie de contrôle des ennemis des cultures. Cet auteur préconise en effet la coordination de différents moyens de lutte (mesures prophylactiques fondées sur l'amélioration des techniques culturales, lutte chimique, lutte biologique, intervention des facteurs de l'environnement) pour empêcher que les populations des ennemis des cultures puissent provoquer des dégâts d'importance économique. La notion de lutte intégrée s'est approfondie au fil des années grâce aux apports de la FAO (1967), de l'OILB (1977) et de certains auteurs (AMARO 1979, 1982; AUDEMARD & al. 1982). Ainsi la protection intégrée des cultures comporte un ensemble de méthodes compatibles avec les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, tout en donnant priorité, suivant les seuils d'intervention fixés, aux mesures qui permettent la limitation plus rationnelle des ravageurs. Cette nouvelle conception exige une meilleure adéquation de la lutte chimique en tenant compte du seuil de dégâts économiques et du rôle important joué par les organismes utiles dans la régulation des populations d'organismes nuisibles.

Dans une perspective de collaboration européenne a été créée en 1980 l'organisation EURAPHID, financée par le programme de "Lutte biologique et intégrée" de la Commission des Communautés Européennes. Il s'agit d'une organisation scientifique dont le but est de promouvoir une stratégie de protection de l'environnement et la lutte contre les ravageurs au moyen d'un dépistage synoptique continu des populations aériennes des insectes dans toute l'Europe (TAYLOR 1984).

En ce qui concerne la lutte biologique, nous savons que le comportement d'un entomophage dans le choix de l'hôte ou de la proie comprend diverses étapes successives et distinctes: la découverte de l'habitat de l'hôte, la découverte et la prise de possession de l'hôte et enfin l'adéquation de l'hôte (JOURDHEUIL 1978). Partant de ces données, nous avons commencé par évaluer les ressources naturelles en aphidiphages (parasites et prédateurs) de certains biotopes de l'Île de São Miguel à partir de l'importance des captures hebdomadaires des formes ailées récoltées dans les pièges à eau. Des connaissances précises sur l'activité de vol des entomophages et la disponibilité de la proie sont d'ailleurs indispensables pour caractériser la spécificité d'attaque de ces insectes (RABASSE & al. 1978).

Quant à l'étude des rapports entomophages-proie, elle a fait l'objet de recherches complémentaires en laboratoire, d'une part, pour connaître le développement et la fécondité de certains aphidiphages en fonction de la température (CRUZ DE BOELPAEPE 1982), et d'autre part pour évaluer leurs aptitudes trophiques (FERRAN & al. 1984a,b).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour chaque biotope, la fréquence des principaux groupes d'entomophages a été déterminée en dénombrant leurs effectifs dans les pièges colorés à eau qui étaient utilisés en même temps pour l'étude de l'activité de vol des pucerons de la pomme de terre. Dans la plupart des biotopes retenus ont été placés 4 pièges par parcelle d'essai: deux unicolores ("jaune bouton d'or") entre les alignements de la culture et deux bicolores du type de Moericke à l'extérieur du champ. Tous ces pièges étaient à déplacement vertical de façon à maintenir leur ouverture au sommet de la végétation (CRUZ DE BOELPAEPE 1990).

La bande jaune du spectre solaire (5000 à 6000 Å), la plus attractive pour les pucerons, attire aussi les diptères (BRUNEL & LANGOUET 1970). Quant aux autres groupes de prédateurs, notamment les Chrysopidés et les Coccinellidés, ils ne montrent aucune préférence particulière

pour les couleurs - jaune, bleu, noir, rouge, vert, orange et blanc - testées pour le piégeage (CAPINERA & WALMSLEY 1978).

Dans le but de préciser les genres des hyménoptères endoparasites des pucerons de la pomme de terre, nous avons de temps en temps récolté sur les plantes des pucerons momifiés. Ceux-ci ont été mis dans une étuve à une température de 21 ± 1 °C afin de permettre l'identification des imagos dès leur sortie des momies. Faute de personnel, nous n'avons pas pu dénombrer les formes immatures des parasites et prédateurs sur feuilles de pomme de terre.

L'entomofaune, capturée dans les pièges colorés des différents biotopes où étaient cultivées les variétés Désirée, Maris Piper et

Pentland Deil a été prélevée une fois par semaine, en même temps que les pucerons. Dans les biotopes concernés, dont les particularités écologiques se trouvent décrites dans un article précédent (CRUZ DE BOEL-PAEPE 1990), nous avons identifié les entomophages jusqu'au niveau genre ou espèce, à l'aide des clefs de détermination de BERLAND (1971), PERRIER (1971), SEGUY (1971), SEMERIA (1980) et STARÝ (1960).

RÉSULTATS

1. Entomophages récoltés dans les pièges à eau

L'inventaire de l'entomofaune utile est donné dans de Tableau 1.

Tableau - 1

Inventaire des insectes entomophages capturés dans les pièges jaunes à eau.
List of the entomophagous insects caught in yellow water traps.

Ordre: COLEOPTERA
Famille: COCCINELLIDAE
Coccinella undecim-(11-)punctata L.
●rdre: DIPTERA
Famille: CHAMMAEMYIDAE
Leucopis sp.
Famille: SYRPHIDAE
Episyrphus balteatus De Geer + + +
Sphaerophoria flavicauda Ztt. +
Sphaerophoria scripta L. +
Metasyrphus corollae Fab. + + +
Syrphus ribesii L. +
Ordre: HYMENOPTERA
Famille: APHIDIDAE
Aphis sp. + +
Ephedrus sp. + +
Praon sp. +
Toxares sp. +
Famille: BRACONIDAE
Sous-famille: Alysiinae
Adelius sp. + +
Aphaereta sp. + + +
Sous-famille: Braconinae
Habrobracon sp. + + +
Sous-famille: Helconinae
Meteorus sp. + +
Sous-famille: Microgasterinae
Apanteles sp. + +

Ordre: HYMENOPTERA
Famille: CHALCIDIDAE
Sous-famille: Chalcidinae
Chalcis sp. + +
Sous-famille: Eucharidinae
Eucharis sp. + +
Famille: EULOPHIDAE
Sous-famille: Eulophinae
Elachistus sp. +
Famille: CYNIPIDAE
Eucoila sp.
Famille: ICHNEUMONIDAE
Sous-famille: Cryptinae
Cryptus sp. + +
Sous-famille: Ichneumoninae
Apanteles sp. +
Eristicus sp. +
Hemiteles sp. + +
Sous-famille: Ophioninae
Helwigia sp. +
Ophion sp. + +
Sous-famille: Pimplinae
Phaenolobus sp. + +
Famille: PROCTOTRYPIDAE
Sous-famille: Ceraphroninae
Lygocerus sp.
Ordre: NEUROPTERA
Famille: CHRYSOPIDAE
Chrysopa carnea Stephens
Famille: CORYDALIDAE
Corydalis sp.
Famille: HEMEROBIIDAE
Hemerobius sp.

Les signes +, ++, +++ indiquent l'abondance relative des genres ou espèces d'insectes entomophages l'intérieur de chaque famille.

The signs +, ++, +++ indicate the relative abundance of the genera or species of entomophagous insects within each family.

Par piège les fréquences moyennes cumulées des principaux groupes d'entomophages, en particulier celle des hyménoptères, diffèrent beaucoup d'un biotope à l'autre (Tableau 2).

Parmi les insectes trouvés dans les pièges à eau, les hyménoptères dont les capacités aphidiphages ne sont guère connues - c'est le cas des Braconidae (69.2 à 90.9 %), Ichneumonidae (1.9 à 6.4 %) et Chalcidoidea (2.8 à 12.2 %) - ont été les mieux représentés.

Chez les Braconidae, *Aphaereta* et *Habrobracon* sont les genres le plus souvent rencontrés. Or les membres de cette famille peuvent parasiter divers groupes d'insectes: lépidoptères (BERLAND 1971; BILIOU & al. 1971; DAUMAL & al. 1973; HAWLITZKY 1970), coléoptères xylophages (BERLAND 1971) et diptères (CALS-USCIATI 1972). Certaines espèces du genre *Aphaereta* sont des parasites bien connus de la mouche de l'oignon, *Delia antiqua* Meigen (WHISILECRAFT & al. 1984). Parmi les Ichneumonidae, ce sont les genres *Hemichneumon* (Ichneumoninae) et *Phaenolobus* (Pim-

plinae) qui ont prédominé. D'autre part, nous avons souvent identifié des hyperparasites du genre *Cryptus* (Cryptinae). Signalons que les Ichneumoninae parasitent préférentiellement les lépidoptères tandis que les Pimplinae ont une gamme d'hôtes diversifiée, comprenant des coléoptères, des lépidoptères (CARTON 1973), des hyménoptères et des arachnides (BERLAND 1971). Parmi les Chalcidoidea, nous n'avons trouvé aucun représentant des familles Aphelinidae (parasites de pucerons) et Pteromalidae (hyperparasites d'insectes aphidiphages). Les Chalcididae identifiés appartiennent aux genres *Chalcis*, parasite des larves de Stratiomyides, et *Eucharis*, parasite de fourmis (BERLAND 1971). Notons encore la présence de l'hyperparasite *Lygocerus* sp. (Proctotrypidae), observé en laboratoire à partir de momies de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas); c'est aussi un parasite des hyménoptères du genre *Fraon* (BERLAND 1971). Cette forme de parasitisme, qualifiée de secondaire, est défavorable, car il réduit le parasitisme primaire

Tableau - 2

Principaux groupes d'insectes entomophages et leurs fréquences moyennes par piège cumulées.

Most important groups of entomophagous insects and their cumulative mean frequencies per trap.

Cultivars	Désirée				Maris Piper				Pentland Dell			
Biotopes	A		B		C		D		E		F	
Altitude	550 m	%	420 m	%	550 m	%	430 m	%	520 m	%	300 m	%
Braconidae	223.5	90.9	129.5	90.3	257.0	87.7	66.0	76.7	88.5	81.3	36.0	69.2
Chalcidoidea	9.5	3.9	4.0	2.8	17.0	5.8	7.5	8.7	13.3	12.2	5.5	10.5
Ichneumonidae	7.0	2.8	5.5	3.8	12.2	4.1	5.5	6.4	2.0	1.9	1.5	2.9
Aphidiidae	1.5	0.6	2.5	1.7	3.0	1.0	0.5	0.6	1.8	1.7	4.5	8.7
Coccinellidae	0.0		0.0		0.0		1.5		0.0		1.5	
Névroptres	0.5	1.8	0.5	1.4	0.5	1.4	1.0	7.6	0.5	2.9	0.5	8.7
Syrphidae	4.0		1.5		3.5		4.0		2.7		2.5	
	246.0		143.5		293.2		86.0		108.8		52.0	

A, C: Achadinha do Nordeste; B, F: Santo António de Nordestinho; D, E: Achada das Furnas.

A, B, C: Champs sans brise-vent.

Fields without forest barriers against prevailing winds.

D, E: Champs protégés par un bois de *Cryptomeria japonica*.

Fields protected by a wood of *Cryptomeria japonica*.

F: Champ protégé par un bois de *Cryptomeria japonica* et une haie de *Cupressus* sp.

Field protected by a wood of *Cryptomeria japonica* and a hedge of *Cupressus* sp.

au sein des populations aphidiennes (BOURNOVILLE 1978).

La fréquence des parasites de pucerons a varié d'un biotope à l'autre. Les Aphidiidae représentent au maximum 8.7 % des insectes utiles capturés (cas du biotope protégé de Pentland Dell, à 300 m d'altitude). Dans cette famille, les genres *Aphidius* et *Ephedrus* étaient les plus fréquents tant dans les pièges que dans les échantillons prélevés sur les plantes.

Les insectes prédateurs à régime aphidiphage (Coccinellidae, Chrysopidae, Hemerobiidae et Syrphidae) présentent ensemble une fréquence supérieure à celle des Aphidiidae comme le tableau 2 semble l'indiquer pour plusieurs biotopes prospectés. Parmi les prédateurs, les Syrphes ont été les plus nombreux. *Episyrphus balteatus* De Geer et *Metasyrphus corollae* Fab. prédominent parmi les espèces de syrphes capturées.

Le genre *Hemerobius* (Hemerobiidae) a été le plus fréquent des névroptères. Quant aux coccinelles, elles n'ont été rencontrées que dans le biotope protégé de Maris Piper (à 430 m d'altitude) et celui de Pentland Dell (à 300 m d'altitude), vers la fin de la période du vol de dissémination de *M. euphorbiae*.

La fréquence absolue de l'ensemble des entomophages capturés semble être moins élevée dans les biotopes protégés, contrairement à ce qu'on a constaté pour la fréquence relative des prédateurs aphidiphages (Tableau 2).

2. Coïncidence spatio-temporelle entre les vols des insectes entomophages et des pucerons de la pomme de terre

Pour chaque cultivar, nous n'avons pris en considération qu'un seul biotope, en général celui pour lequel on a trouvé une corrélation entre les captures des pucerons et des insectes entomophages, pendant la période d'augmentation de l'activité de vol des trois principaux vecteurs aphidiens *Aulacorthum solani* (Kltb.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et *Myzus persicae* (Sulz.).

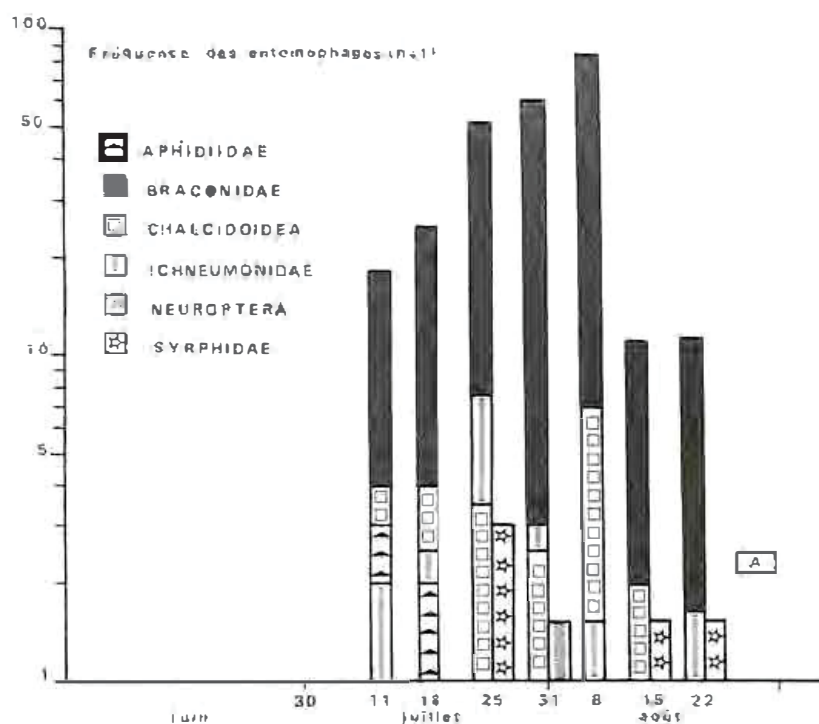
Dans le champ non protégé du cultivar Maris Piper (Fig. 1A) à 550 m d'altitude (Achadinha do Nordeste), l'activité de vol des

Aphidiidae coïncide avec la phase initiale du vol de dissémination de *M. euphorbiae* et d'*A. solani*. Comme le montre de diagramme, la fréquence de ces hyménoptères parasites culmine dans la deuxième semaine du mois de juillet. Bien que la présence de certains parasites (Braconidae, Chalcidoidea, Ichneumonidae) continue à se manifester ultérieurement, aucun des genres identifiés (Tableau 1) ne comprend, à notre connaissance, d'espèces à régime aphidiphage. L'activité de vol des Aphidiidae dans le biotope en question est remplacée vers le 25 juillet par celle des prédateurs. A partir de cette date, la fréquence des syrphes dans les pièges colorés décroît jusqu'à la dernière semaine du mois d'août. Leur action est toutefois secondée à la fin juillet par la présence éphémère des névroptères (*Hemerobius* sp.). L'activité de vol des syrphes commence lorsque les captures de *M. euphorbiae* sont en nette augmentation et avant que ne se produise le vol de dissémination de *M. persicae*.

Dans le champ non protégé du cultivar Désirée (Fig. 1B), à 550 m d'altitude (Achadinha do Nordeste), l'activité de vol des Aphidiidae, observable entre la première et la dernière semaine de juillet, couvre toute la période du vol de dissémination d'*A. solani* et le début du vol de dissémination de *M. euphorbiae*. Quant aux syrphes, ils apparaissent vers la fin juillet, atteignant leur fréquence maximale à la mi-août. La présence éphémère des névroptères (*Hemerobius* sp.), au début du mois d'août, vient s'ajouter à celle des syrphes. Dans le champ protégé du cultivar Pentland Dell (Fig. 2), à 520 m d'altitude (Achada das Furnas), l'activité de vol des Aphidiidae se déroule entre la première et la dernière semaine du mois de juillet et coïncide avec le vol de dissémination d'*A. solani* ainsi que la phase initiale d'accroissement des captures de *M. euphorbiae*. Dès la deuxième semaine d'août, le parasitisme fait place à la prédation. Les syrphes sont alors les aphidiphages les plus abondants dans ce biotope tandis que les névroptères (*Chrysoperla carnea* Stephens) n'apparaissent que vers la fin août.

Pour deux des biotopes retenus, nous avons mis en évidence l'existence d'une corrélation entre les logarithmes des fréquences moyennes

A: Cultivar Maris Piper



B: Cultivar Désirée

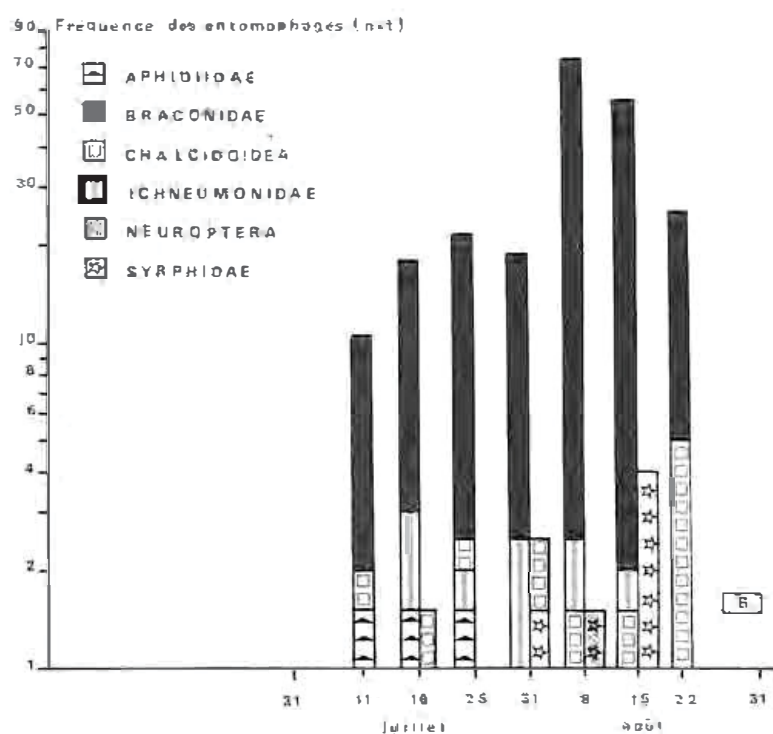


Fig. 1 - Fluctuations saisonnières de l'activité de vol des principaux groupes d'insectes entomophages dans deux champs non protégés contre les vents dominants, à 550 m d'altitude (Achadinha do Nordeste). Fréquences toujours indiquées à partir de l'origine.

Seasonal fluctuations in flight activity of the most important groups of entomophagous insects in two potato fields without protection against prevailing winds, at 550 m (Achadinha do Nordeste). Frequencies always plotted from the origin.

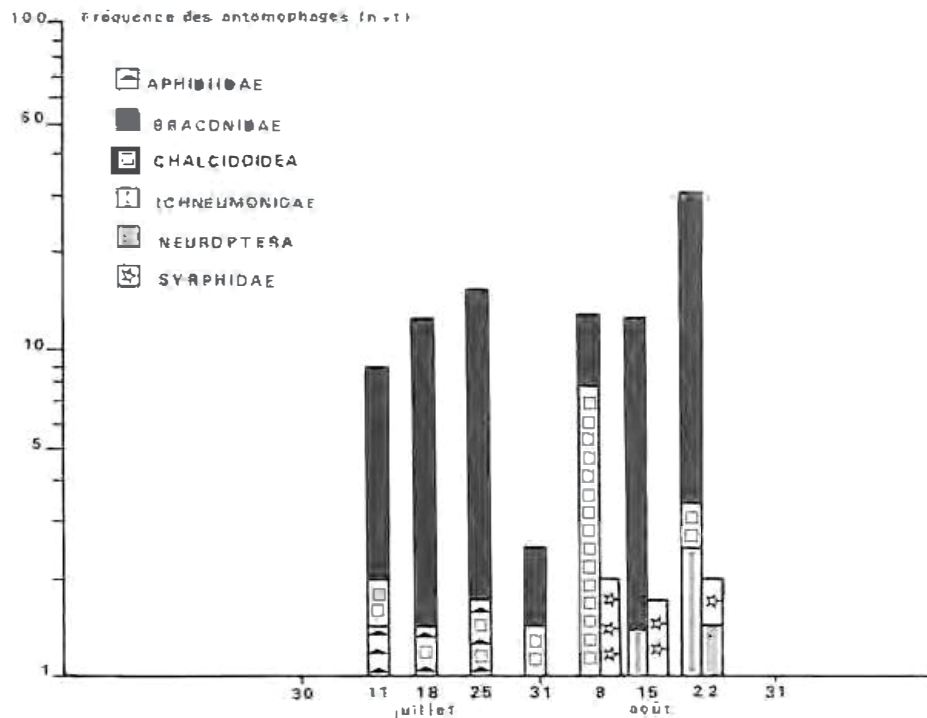


Fig. 2 - Fluctuations saisonnières de l'activité de vol des principaux groupes d'insectes entomophages dans le champ du cultivar Pentland Dell, protégé par un bois de *Cryptomeria japonica*, à 520 m d'altitude (Achada das Furnas).

Seasonal fluctuations in flight activity of the most important groups of entomophagous insects in the potato field of cv. Pentland Dell, protected by a wood of *Cryptomeria japonica*, at 520 m (Achada das Furnas).

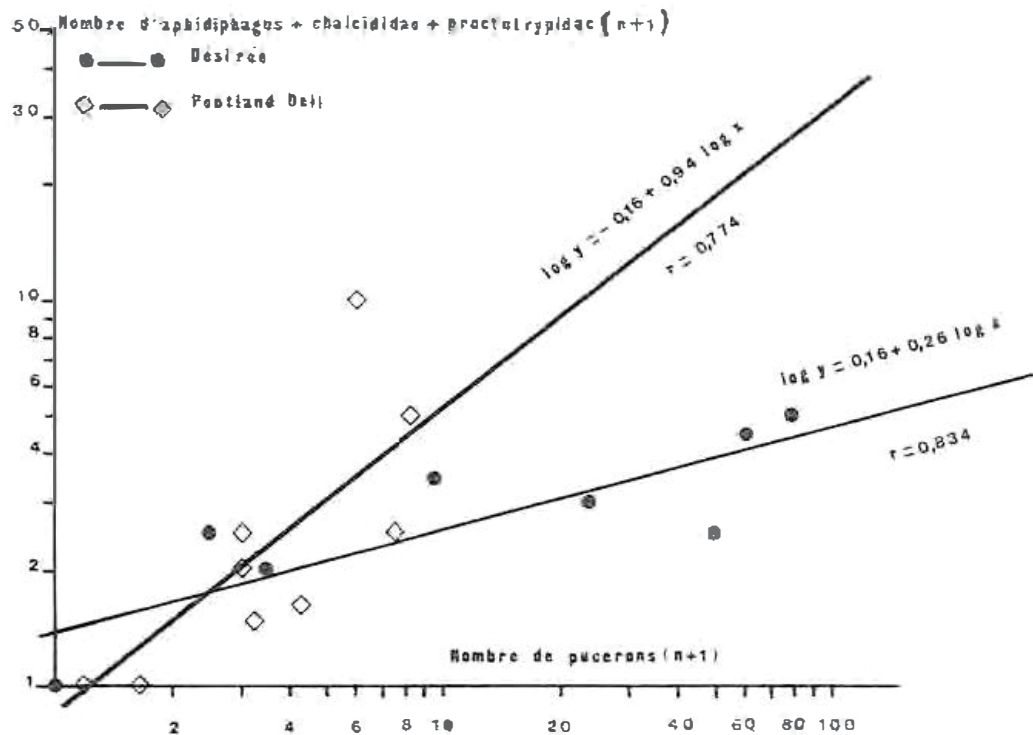


Fig. 3 - Relation linéaire entre les logarithmes des nombres moyens (+1) d'insectes aphidiphages + Chalcidoidea + Proctotrypidae et des pucerons (*A. solani* + *M. euphorbiae* + *M. persicae*) par piège.

Linear relationship between the logarithms of the mean numbers (+1) of aphidophagous insects + Chalcidoidea + Proctotrypidae and aphids (*A. solani* + *M. euphorbiae* + *M. persicae*) per trap.

(+ 1) des insectes aphidiphages + Chalcididae + Proctotrypidae et des trois principaux vecteurs de virus, capturés par piège. Tel est le cas du champ protégé du cultivar Pentland Dell, à 520 m d'altitude ($r = 0.774$, $t = 3.20$, $P < 0.02$ pour 7 degrés de liberté) et du champ non protégé de Désirée, à 550 m d'altitude ($r = 0.834$, $t = 4.02$, $P < 0.01$ pour 6 degrés de liberté). Ces coefficients de corrélation sont plus élevés que ceux obtenus en tenant compte uniquement des insectes aphidiphages. Les équations des droites de régression sont données dans la Fig. 3. Ces résultats indiquent que, dans les deux biotopes concernés, l'augmentation des captures de ces insectes entomophages est proportionnelle à celle des pucerons de la pomme de terre. Comme les

données des pièges ne se rapportent qu'aux ailés qui sont très mobiles, ces corrélations ne donnent qu'une idée relative des potentialités d'équilibre entre les deux groupes d'insectes antagonistes, ne permettant donc pas d'extrapoler quant aux relations réelles prédateurs - proies au sein de la culture de pomme de terre.

3. Importance numérique des captures des insectes entomophages selon les conditions écogéographiques

La comparaison des nombres moyens des captures d'insectes entomophages ou aphidiphages entre deux biotopes d'un même cultivar a permis d'analyser l'influence des barrières végétales et de l'altitude sur l'abondance des

Tableau - 3

Action combinée de l'altitude et des barrières végétales sur la fréquence moyenne par piège des entomophages et aphidiphages.
Combined action of altitude and forest barriers on the mean frequency of entomophgous and aphidophagous insects.

Cultivars	Champ Field	Altitude (m)	Entomophages Entomophagous		Aphidiphages Aphidophagous	
			$\bar{x} \pm s / \sqrt{n}$	t	$\bar{x} \pm s / \sqrt{n}$	t
Désirée	sans brise-vent	550	30.75 \pm 8.49	1.22	2.00 \pm 0.43	1.84
	without forest barriers	420	17.94 \pm 4.86		1.00 \pm 0.27	
Maris Piper	sans brise-vent					
	without forest barriers	550	36.59 \pm 10.06		2.94 \pm 0.74	
	protégé contre les vents du N-NE et SW with forest barriers against winds from N-NE and SW	430	10.19 \pm 2.43	2.39*	1.94 \pm 0.55	1.02
Pentland Dell	entouré de brise-vent					
	surrounded by a forest barrier	520	13.73 \pm 3.82		2.29 \pm 1.05	
	protégé contre les vents du N-NE et SW with forest barriers against winds from N-NE and SW	300	7.25 \pm 1.70	1.55	1.88 \pm 0.61	0.34

* Valeur de t significative au niveau de probabilité 0,05 pour 14 degrés de liberté.

t -value significant at the 0,05 probability level for 14 degrees of freedom.

formes ailées dans les pièges.

Nous avons trouvé qu'il n'y a pas de différence significative entre les fréquences moyennes des entomophages ou aphidiphages par piège dans les biotopes à comparer soumis à des conditions de protection identiques, même s'ils sont situés à des altitudes différentes (Tableau 3). Tel est le cas des deux champs du cultivar Pentland Dell, protégés par des barrières végétales (conifères) et situés à 300 et 520 m d'altitude. Il faut remarquer que la différence d'altitude entre ces biotopes n'a eu aucune incidence sur le nombre d'entomophages par piège. Il en est de même pour les deux champs non protégés du cultivar Désirée, à 420 et 550 m d'altitude. Seul le biotope protégé de Maris Piper, à 430 m d'altitude, présente des fréquences moyennes d'entomophages significativement inférieures à celles du champ non protégé de la même variété, à 550 m d'altitude (Tableau 3).

En général, les insectes entomophages ont été plus abondants dans les habitats exposés (cultivars Désirée et Maris Piper) se trouvant à plus haute altitude (550 m). Par contre la fréquence relative (%) des prédateurs à régime aphidiphage (syrrhes, névroptères et coccinelles) a été plus élevée dans les biotopes protégés par des sites boisés (Tableau 2).

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Grâce aux nombreuses données recueillies en 1980 nous disposons, pour différents biotopes caractéristiques de l'île de São Miguel, de renseignements utiles sur la coïncidence spatio-temporelle entre les vols des insectes aphidiphages et ceux des trois principales espèces aphidiennes vectrices de virus de la pomme de terre. L'étude des fluctuations saisonnières de l'activité de vol des entomophages permet indirectement de prévoir les époques où l'activité parasitaire ou prédatrice pourrait être plus importante, puisque cela est en rapport avec la période de reproduction de ces insectes (RABASSE & al. 1978).

Les hyménoptères prédominant dans tous les biotopes étudiés sont ceux dont les aptitudes

trophiques vis-à-vis des pucerons sont inconnues, notamment les Braconidae. Ils sont plus abondants dans les biotopes non protégés vers la fin de juillet ou le début août, mais leur nombre diminue à la fin de la saison de culture. Ce fait est en accord avec les observations de BROADBENT (1948) dans les champs de pommes de terre. Par contre, les parasites spécifiquement aphidiphages, les Aphidiidae, représentent à peine une petite fraction des entomophages, capturés (0.6 à 8.7 %). Dans cette famille, *Aphidius* sp. et *Ephedrus* sp. comptent parmi les insectes aphidiphages les plus répandus. D'après CHAMBER & CHEVIN (1984), l'importance relative des différents taxons d'hyménoptères varie non seulement en fonction du type de piège, mais aussi suivant la localité, la culture ou l'époque de l'année. Selon BAILLIOT & TREHEN (1974), une fréquence élevée de captures en pièges jaunes pour une espèce donnée révèle sa grande abondance dans le biotope, mais l'absence de captures ne signifie pas nécessairement la disparition de cette espèce dans le milieu.

Un trait commun, relevé dans la plupart des biotopes à partir des données des captures de pucerons et d'aphidiphages, est certes l'activité prononcée des Aphidiidae au début de la saison de culture dès l'apparition des ailés d'*A. solani*. C'est pendant cette époque d'activité de vol que les Aphidiidae effectuent leurs pontes dans les hôtes aphidiens. Aussi l'action parasitaire de ces hyménoptères pourrait jouer un rôle non négligeable dans la limitation des premières colonies aphidiennes, comme cela a d'ailleurs été signalé en cultures de pomme de terre (ROBERT 1979). L'activité de vol des syrrhes et des névroptères devient importante à la fin de la saison lors du vol de dissémination de *M. persicae* et de la phase culminante du vol de *M. euphorbiae*. Les larves provenant des pontes effectuées par les syrrhes pendant leur période de vol pourraient contribuer à la décroissance, au cours du mois d'août, des populations de *M. euphorbiae* dans le champ de Pentland Dell à 520 m d'altitude et de *M. persicae* dans le champ de Désirée à 550 m d'altitude. De tous les syrrhes identifiés, *Episyrphus balteatus* De Geer est le plus précoce et le plus abondant. Bien qu'au cours des observations en champ nous

n'ayons pas pu compter les pontes de ces prédateurs, nous savons que cette espèce polyvoltine a un taux net de reproduction de 166.4 oeufs/femelle (CRUZ DE BOELPAEPE 1982). Si l'on considère que chaque larve consomme durant toute son existence (10.4 jours) un total de 510 pucerons (ROY & BASU 1974), le potentiel aphidiphage des syrphes est donc important. GRIGOROV (1978) considère *E. balteatus* comme le principal antagoniste de *M. persicae* dans les cultures de tabac. Les larves d'*E. balteatus* sont particulièrement voraces et s'attaquent à tous les stades des pucerons, y compris les nymphes ailées (LYON & GOLDLIN DE TIEFENAU 1974). Malgré les bonnes aptitudes des trophiques de certaines coccinelles et chrysopes vis-à-vis du puceron vert du pêcher (FERRAN & al. 1984a,b), ces prédateurs ont probablement une faible participation à la limitation naturelle des populations aphidiennes dans les biotopes prospectés de l'Île de São Miguel, vu leur faible présence dans les pièges.

La corrélation entre les logarithmes du nombre moyen (+1) d'insectes aphidiphages + Chalcididae + Proctotrypidae et de pucerons par piège a mis en évidence l'existence d'un équilibre dynamique entre les effectifs des entomophages et de la proie aphidienne qui est directement ou indirectement (hyperparasitisme) liée à leur chaîne alimentaire.

En ce qui concerne l'influence des facteurs écogéographiques sur l'abondance des insectes entomophages, il ressort de nos résultats que la présence de barrières végétales (conifères), à proximité des champs, diminue la fréquence globale des entomophages mais qu'elle augmente en revanche la proportion des prédateurs aphidiphages dans les biotopes protégés. Les observations de GALECKA (1966) ont aussi montré une plus grande abondance de ces prédateurs dans les champs de pommes de terre situés près des forêts. Les sites boisés sont en effet propices à l'hivernation des syrphes (LYON & GOLDLIN DE TIEFENAU 1974) et des coccinelles (IPERII 1966; KLAUSNITZER 1966). Ils sont en outre les refuges des chrysopes qui passent leur diapause hivernale dans les interstices corticaux (PRINCIPI & CANARD 1974).

Ainsi, si l'on veut mettre à profit l'effet des brise-vent dans la protection des cultures, il

convient de diversifier les essences végétales constituantes. Le choix doit porter de préférence sur des espèces indigènes - arbres et arbrisseaux - propices au refuge des insectes aphidiphages, mais qui ne peuvent héberger les pucerons de la pomme de terre. Ces rideaux végétaux rendront le passage des pucerons d'autant plus difficile qu'ils seront plus compacts. C'est aussi dans les zones forestières et les cultures en altitude de l'Île de São Miguel que Le Grand (communication personnelle) a trouvé des espèces d'oiseaux à régime insectivore, tels que *Sylvia atricapilla*, *Regulus regulus*, *Erithacus rubecula*, *Motacilla cinerea*.

Il nous reste finalement à souligner que l'altitude ne constitue pas un obstacle à la pénétration des insectes entomophages dans des reliefs montagneux peu élevés. A cet égard, HURST (1969) précise que seules les altitudes supérieures à 1500 m sont rarement atteintes par les courants thermiques ascensionnels. A haute altitude, les basses températures peuvent devenir limitantes aussi bien pour l'envol des insectes que pour leur développement. Dans le cas de l'Île de São Miguel, il faut reconnaître que les élévations ne sont pas suffisamment importantes pour empêcher l'entrée des entomophages dans les champs de pommes de terre. En outre, leur pouvoir de multiplication est assuré du fait que les températures ne sont jamais un facteur limitant aux altitudes considérées.

REMERCIEMENTS

J'exprime ma sincère gratitude à Monsieur le Professeur Vasco Garcia, de l'Université des Açores, pour l'intérêt qu'il a toujours manifesté à l'égard de mes recherches lorsque j'étais son assistant. Je remercie Madame M. Carneiro, ingénieur responsable de la Division de Protection agricole à la Station d'Agriculture de Ponta Delgada (Açores), d'avoir facilité mes déplacements jusqu'aux différents sites retenus pour nos essais. Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur R. Jadot, Chef de Travaux IRSIA au Centre de Lutte intégrée de la Station de Phytopathologie de l'Etat à Gembloux (Belgique) ainsi qu'au Dr. S. Finch, chercheur à la

Section d'Entomologie de la National Vegetable Research Station, Wellesbourne, Warwick (Grande Bretagne) pour la révision critique de mon article. Qu'il me soit permis enfin de remercier Monsieur R. De Boelpaepe, à l'époque Professeur auxiliaire invité à l'Université des Açores, pour toutes les excellentes suggestions qu'il a apportées à ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMARO, P. 1979. A luta integrada em protecção das plantas e os ecossistemas agrários.- *Simpósio sobre Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento*, Lisboa, Maio 1979.
- AMARO, P. 1982. A protecção integrada em agricultura. - *Colecção o Ambiente e o Homem*, Lisboa, 165 pp.
- AUDEMARD H., H. BAGGIOLINI, J.-P. BASSINO, C. BENASSY, L. BRADER, H. MILAIRE, P. AMARO, M. BORGES, A. LAVADINHO & G. M. SILVA 1982. Os princípios da protecção integrada. Pp. 7-17 in AMARO, P. & H. BAGGIOLINI (Eds.). *Introdução à protecção integrada*. Volume 1. FAO/DGPPA, Lisboa, 276 pp.
- BAILLIOT, S. & P. TREHEN 1974. Variations de l'attractivité des pièges colorés de Moericke en fonction de la localisation spatio-temporelle de l'émergence, des comportements sexuels et des phases de dispersion de quelques espèces de diptères. - *Annales de zoologie écologie animale* 6 (4): 575-584.
- BERLAND, L. 1971. *La Faune de la France illustrée*, tome VII: Hyménoptères. Librairie Delagrave, Paris: 9-118.
- BILIOTFI, E., J. DAUMAL & R. HAM 1971. Quelques aspects de la spécificité parasitaire: le parasitisme de *Galleria mellonella* L. (Lep. Pyralidae) par *Phanerotoma flavitestacea* Fis. (Hym. Braconidae) et *Phryxe caudata* Rond. (Dipt. Tachinidae). - *Proceedings of the XIIIth International Congress of Entomology*. Moscow 1968, 2: 130-131.
- BOURNOVILLE, R. 1978. Étude de la dynamique saisonnière d'une population du puceron du pois *Acyrtosiphon pisum* Harris dans les luzernières. Rôle des ennemis naturels. - *Annales de zoologie écologie animale* 10 (1): 1-27.
- BROADBENT, L. 1948. Methods of recording aphid populations for use in research on potato virus diseases. - *Annals of Applied Biology* 35: 551-566.
- BRUNEL, E. & L. LANGOUET 1970. Influence des caractéristiques optimales du milieu sur les adultes de *Psila rosae* Fab. (Dipt. Psilidae). Attractivité de surfaces colorées, rythme journalier d'activité. - *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie* 164 (7): 1638-1644.
- CALS-USCIATI, J. 1972. Les relations hôtes-parasites dans le couple *Ceratitis capitata* Wiedeman (Diptera, Trypetidae) et *Opius concolor* Szepilgeti (Hymenoptera, Braconidae). I. Morphologie et organogénèse de *Ceratitis capitata*. (Développement larvaire et nymphal) et d'*Opius concolor* (Développement embryonnaire et larvaire). - *Annales de zoologie écologie animale* 4 (4): 427-481.
- CHAMBON, J.-P. & H. CHEVIN 1984. Recherches sur les biocénoses céréalières. IV. Les hyménoptères capturés par piégeage dans la région parisienne. - *La Défense des Végétaux* 229: 287-299.
- CAPINERA, J. & M. WALMSLEY 1978. Visual responses of some sugar beet insects to sticky traps and water pan traps of various colours. - *Journal of Economic Entomology* 71 (6): 926-927.
- CARTON, Y. 1973. Biologie de *Pimpla instigator* F. (Ichneumonidae, Pimplinae). II - Choix d'un emplacement privilégié dans l'hôte pour le dépôt de ses oeufs. Mode de localisation. - *Entomophaga* 18 (1): 25-39.
- CRUZ DE BOELPAEPE, M. 1982. *Etude du développement et de la fécondité de deux espèces aphidiphages en fonction de la température*. - Rapport de stage, Station de Zoologie et de Lutte biologique, I. N. R. A., Antibes, 12 pp.
- CRUZ DE BOELPAEPE, M. & R. TEIXEIRA 1990. Fluctuations saisonnières des pucerons vecteurs de virus de la pomme de terre dans

- plusieurs biotopes de l'île de São Miguel. - *Arquipélago*. Ciências da Natureza 8: 19-34.
- DAUMAL, J., P. JOURDHEUIL & J.-P. MARRO 1973. Acclimatation sur la côte méditerranéenne française de *Phanerotoma flavitestacea* Fisher (Hymenoptera, Braconidae) parasite d'*Ectomyelcois ceratoniae* Zell. (Lepid. Pyralidae). - *Annales de zoologie écologie animale* 5 (4): 593-608.
- FAO, 1967. Report first session. - *FAO Panel Experts Integrated Pest Control*, Rome, 18-22 September 1967.
- FERRAN, A., M. CRUZ DE BOELPAEPE, L. BUSCARLET, H. SCHANDERL & M. LARROQUE 1984a. Les relations trophiques entre les larves de la coccinelle *Semiadalia undecimnotata* Schn. et le puceron *Myzus persicae* Sulz. Généralisation à d'autres couples "prédateur-proie" et influence des conditions d'élevage de l'auxiliaire. - *Acta Oecologica-Oecologia Applicata* 5 (1): 85-97.
- FERRAN, A., M. CRUZ DE BOELPAEPE, H. SCHANDERL & M. LARROQUE 1984b. Les aptitudes trophiques et reproductrices des femelles de *Semiadalia undecimnotata* (Col.: Coccinellidae). - *Entomophaga* 29 (2): 157-170.
- FRANZ, J. 1962. Definitions in biological control. - *Verhandlungen XI International Kongress der Entomologie*, Wien, 17-25 Aug. 1960, 2: 670-674.
- GALECKA, B. 1966. The effectiveness of predators in control of *Aphis nasturtii* Kalt. and *Aphis frangulae* Kalt. on potatoes. Pp. 255-262 in: HODEK, I. (Ed.). *Ecology of Aphidophagous Insects*. Proceedings Symposium held in Liblice near Prague, Sept. 27-Oct. 1, 1965. Academia (Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences), Czechoslovakia.
- GRIGOROV, S. 1978. A study of the biology of the peach aphid *Myzus persicae* Sulz. (Homoptera, Aphididae). - *Rasteniev dni Nauki* 15 (9): 184-193.
- HAWLITZKY, N. 1970. Étude expérimentale des relations hôtes parasites chez les insectes. I. Caractères respiratoires et pondéraux des chenilles d'*Anagasta kuehniella* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae), saines ou parasitées par *Phanerotoma flavitestacea* Fish. (Hym. Braconidae). - *Annales de zoologie écologie animale* 2 (4): 579-593.
- HURST, W. 1969. Les aspects météorologiques des migrations des insectes. - *Endeavour* 28, 104: 77-81.
- IPERTI, G. 1966. Voltinism and arrest of development in aphidophagous coccinellids of South of France. Pp. 105-106 in: HODEK, I. (Ed.). *Ecology of Aphidophagous Insects*. Proceedings Symposium held in Liblice near Prague, Sept. 27-Oct. 1, 1965. Academia (Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences), Czechoslovakia.
- JOURDHEUIL, P. 1978. Les degrés de spécificité dans les relations hôte-parasite. - *Annales de zoologie écologie animale* 10 (3): 317-333.
- KLAUSNITZER, B. 1966. Relation of different species of Coccinellidae to the habitat of fir-forests. Pp. 165-166 in: HODEK, I. (Ed.). *Ecology of Aphidophagous Insects*. Proceedings Symposium held in Liblice near Prague, Sept. 27-Oct. 1, 1965. Academia (Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences), Czechoslovakia.
- LYON, J.-P. & P. GÖLDLIN DE TIEFENAU 1974. Les syrphes prédateurs des pucerons. Pp. 163-170. in: *Organisation Internationale de Lutte Biologique/Section Régionale Ouest-Paléarctique*. Brochure n° 3: *Les organismes auxiliaires en verger de pommiers*.
- OILB/SROP 1977. La protection intégrée, une technique d'appoint conduisant à la production intégrée. - *Bulletin Section Régionale Ouest-Paléarctique* 4: 117-132.
- PERRIER, R. 1971. *La faune de la France illustrée*. Tome V: Coléoptères (1^{ère} partie). Librairie Delagrave, Paris: 158-166.
- PRINCIPI, M. & M. CANARD 1974. Les Névroptères. Pp. 151-162 in: *Organisation Internationale de Lutte Biologique/Section Régionale Ouest-Paléarctique*. Brochure n° 3: *Les organismes auxiliaires en verger de pommiers*.
- RABASSE, J., G. IPERTI & J.-P. LYON 1978. Coïncidence chronologique entre les pul-

- lulations de Pucerons, les Coccinelles et les Syrphes. - *Annales de zoologie écologie animale* 10 (3): 345-351.
- ROBERT, Y. 1979. Recherches écologiques sur les pucerons *Aulacorthum solani* Kltb., *Macrosiphum euphorbiae* Thomas et *Myzus persicae* Sulz. dans l'Ouest de la France. III. - Importance du parasitisme par Hyménoptères Aphidiidae et par Entomophthora sur pomme de terre. - *Annales de zoologie écologie animale* 11 (3): 371-388.
- SEGUY, E. 1971. *La Faune de la France illustrée*. Tome VIII: Diptères Aphaniptères. Libraire Delagrave, Paris: 216 pp.
- SEMERIA, Y. 1980. Clés d'identification des Chrysopides de France. - *Bulletin de la Société Entomologique de France* 85: 155-165.
- STARÝ, P. 1960. The generic classification of the Family Aphidiidae. - *Acta Societatis Entomologia Czechoslovakia* 57: 238-252.
- TAYLOR, L. 1984. EURAPHID - A scientific organization for environmental strategy and pest control by continuous synoptic monitoring of aerial insect populations throughout Europe. Pp. 417-431 in C. E. C. (Ed.) *Agriculture. C.E.C. Programme on Integrated and Biological Control. Final Report 1979/1983*. Luxembourg.
- WHISTLECRAFT, J., C. HARRIS, A. TOMLIN & J. TOLMAN 1984. Mass rearing technique for a Braconid parasite, *Aphaereta pallipes* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). - *Journal of Economic Entomology* 77: 814-816.

Accepté le 7 février 1991