



HAL
open science

Cavariella aegopodii scop. (hom. aphididae) en culture de carotte dans l'ouest de la France. II- Regulation naturelle par aphidiides (hym.) et entomophthorales

J.M. Rabasse, E. Brunel

► To cite this version:

J.M. Rabasse, E. Brunel. Cavariella aegopodii scop. (hom. aphididae) en culture de carotte dans l'ouest de la France. II- Regulation naturelle par aphidiides (hym.) et entomophthorales. Annales de Zoologie Ecologie Animale, 1977, 9 (3), pp.481-496. hal-02732027

HAL Id: hal-02732027

<https://hal.inrae.fr/hal-02732027>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

2-176

***Cavariella aegopodii* Scop. (Hom., Aphididae)
en culture de carotte dans l'Ouest de la France**

**II. — Régulation naturelle par Aphidiides (Hym.)
et Entomophthorales**

J. M. RABASSE et E. BRUNEL (*)

avec la collaboration technique de Augustine GELLE * et J. P. LAFONT

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches d'Antibes, I.N.R.A.,
37, Boulevard du Cap, 06602 Antibes

(*) Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie, INRA-ENSA,
Centre de Recherches de Rennes,
65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

Résumé

Cavariella aegopodii est présent toute l'année sur carotte en Bretagne et il pullule sur les semis précoces. La présente note fait l'inventaire de ses ennemis naturels, essentiellement Hyménoptères parasites et mycoses à *Entomophthora*, précise l'écologie de ces agents et la façon dont ils limitent les populations de pucerons sur des semis échelonnés.

Introduction

Dans une étude écologique du puceron de la carotte (*Cavariella aegopodii* SCOP.), nous avons établi les grandes lignes de l'évolution des populations de cet insecte dans l'Ouest de la France (Brunel et Rabasse, 1977). Il s'agit d'une espèce partiellement anholocyclique à Rennes, pouvant hiverner sur saule ou sur Ombellifères. Le vol de printemps dure 2 mois et a lieu régulièrement en mai-juin. Après une période de pullulation printanière, les populations régressent avant de traverser une période critique pendant l'été puis remontent lentement à l'automne pour la fraction de population anholocyclique sur carotte.

La présente note a pour objet d'analyser les facteurs qui provoquent la régression spectaculaire des populations au mois de juillet. Elle s'intègre à l'étude de ces facteurs de mortalité des pucerons dans l'Ouest de la France (Robert, Rabasse et Joëlle Rouze-Jouan, 1972 ; Rabasse et Robert, 1975) en présentant un modèle particulièrement simple, puisque la carotte ne porte ici qu'une espèce d'aphide, elle-même attaquée

par un seul parasite primaire. Nous avons observé des prédateurs en petit nombre : *Harmonia conglobata* L. (Coccinellidae) et *Sphaerophoria rueppelli* var. *nitidicollis* Zett. (Syrphidae) très parasité par des *Ceraphronidae* et des *Ichneumonidae* *Diplazoninae*. Les Hyménoptères, parasites et hyperparasites, et les mycoses à *Entomophthora* sont les 2 grands types d'ennemis naturels qui ont été pris en compte successivement dans cette étude.

Matériel et méthodes

L'implantation des essais à Rennes (Ille-et-Vilaine) et les conditions de culture des 5 semis annuels de carotte, ainsi que les données climatiques ont été exposées dans la 1^{re} partie de cette publication (Brunel et Rabasse, 1977). Rappelons simplement que les populations de *C. aegopodii* sont dénombrées sur des prélèvements de 25 demi-plantes de carotte par semis à chaque date d'observation.

Le taux de mycoses est évalué par le pourcentage d'aphides morts dont la cuticule a été percée par les conidiophores des champignons. L'identification de ces derniers est faite à posteriori sur le matériel conservé en alcool.

Le taux de parasitisme par Hyménoptères est estimé par le pourcentage de momies pleines par rapport à la population totale portée par l'échantillon de 25 demi-plantes. L'image du parasitisme est par ce moyen nettement décalée dans le temps par rapport à ses effets sur la population.

Le taux d'hyperparasitisme est obtenu par mise en éclosiers individuels de 80 momies prélevées séparément de l'échantillon précédent sur l'ensemble des semis lorsque le parasitisme est suffisant.

Enfin, indépendamment de l'étude suivie à Rennes, des observations complémentaires ont été effectuées occasionnellement dans différentes localités de Bretagne sur carotte et sur saules.

I. — Aphidiidae parasites primaires

1.1. — Les espèces

— *Aphidius salicis* Haliday est de très loin le parasite primaire le plus important de *C. aegopodii*. Il s'agit d'une espèce holarctique, qui semble spécifique du genre *Cavariella* (Mackauer et Stary, 1967). Nous l'avons trouvée dans toute la Bretagne, tant sur hôtes primaires, que secondaires.

— *Ephedrus minor* Stelfox est signalé en France sur *Salix purpurea* en octobre (Stary et al., 1971). *E. plagiator* Nees est également mentionné par Petersen (1956), trouvé dans une colonie d'aphides sur *Archangelica officinalis* ; la relation parasitaire ne semble pas vérifiée. Nous avons pour notre part trouvé sur carotte à Granville le 21.6.71, 2 mâles d'*Ephedrus salicicola* TAK., espèce décrite du Japon par Takada (1968) sur *Cavariella salicicola* Matsumura.

— Enfin, nous avons récolté une femelle de *Trioxys* (*Binodoxys*) *heraclei* Haliday le 1.7.71 (avec lequel *T. (B.) letifer* Haliday a été récemment mis en synonymie (Tremblay, 1975)) sur carotte à Rennes, espèce déjà signalée ainsi que *T. (Binodoxys) brevicornis* Haliday comme parasite de ce puceron (Mackauer, 1968, Stary et al., 1971).

— Nous n'avons jamais observé *Praon cavariellae* Stary, bien que cette espèce ait été décrite, entre autres, d'individus récoltés à Rennes sur *Foeniculum* (Stary et al., 1971).

— L'ensemble de ces Aphidiides constitue le cortège parasitaire du genre *Cavariella*, mais les *Ephedrus* et *Trioxys* cités s'attaquent également à d'autres genres de pucerons.

— La mention de *Lysiphlebus fabarum* Marshall comme parasite de *C. aegopodii*, reprise par Mackauer et Stary (1967) nous semble erronée, en effet :

+ Marshall (1901) et Bignell (1901) signalent *Aphidius cardui* Marshall, mais cette espèce, voisine de *A. salicis* dans la clef de Marshall semble devoir lui être identifiée plutôt qu'à *L. fabarum*.

+ Quilis Perez (1931) le signale sous le nom de *L. gomezi* dans les termes suivants : « obtengo el *L. gomezi*... sobre algunos individuos del pulgón negro (*Cavariella aegopodii* Scopoli) de las acelgas (*Beta cicla* L.)... ». La confusion avec un *Aphis* du groupe *fabae* semble manifeste.

— Rappelons enfin qu'aucun Aphelinide n'est signalé comme parasite des *Cavariella* (Michel, 1972).

1.2. — Rôle d'*Aphidius salicis*

Comme tous les Aphidiides, *A. salicis* est un endoparasite solitaire ; il forme une momie jaune paille au printemps et plus foncée, devenant dorée, à l'automne. Ces momies sont localisées le plus souvent sur la face supérieure des feuilles ; elles sont donc très faciles à observer.

TABLEAU 1

Nombre de mâles et de femelles d'*Aphidius salicis* Hal. et tests de conformité aux proportions théoriques 50 p. 100 et 40 p. 100 de mâles dans la population

Observations	Mâles	Femelles	χ^2 50 p. 100 de mâles	χ^2 40 p. 100 de mâles
Carottes Rennes 1971	64	68	0,12	3,96
Carottes Rennes 1972	145	216	14,0	0,004
Carottes Rennes 1973	10	12	0,18	0,27
Carottes. Récoltes diverses.....	150	227	15,7	0,007
Saule	51	73	3,90	0,07

$\chi^2_{0,95} = 3,84.$

Globalement, 41 p. 100 de mâles ont éclos de nos récoltes. L'ensemble des sex-ratios, les 3 années, sur carotte, sur saule et dans les récoltes diverses est homogène ($\chi^2 = 3,15$ avec $\chi^2_{0,95} = 9,49$). Si l'on teste par un autre χ^2 la conformité à des proportions théoriques de 40 p. 100 de mâles (proportion moyenne observée) ou de 50 p. 100 (sex-ratio équilibré) (tabl. 1), on constate que *Aphidius salicis* a plus de femelles que de

mâles et que la proportion de 40 p. 100 de mâles correspond bien à la réalité dans les diverses conditions de nos observations.

Les momies ont été trouvées sur la culture pendant les périodes suivantes :

- 1971 : du 19.5 (1^{re} observation) au 4.8 et du 19.9 au 22.12 (dernière observation).
- 1972 : du 25.5 au 19.7 et du 27.9 au 7.12.
- 1973 : du 6.6 (mais le 24.5 en silo) au 16.8 et du 29.8 au 11.12.

En 1974, sur les carottes en silo, aucune momie n'a été observée jusqu'à la dernière observation le 17.4. Elles apparaissent donc pendant la dernière semaine de mai ; sur *Salix repens* nous les avons notées à la même époque : à partir du 31.5 en 1972. Dans nos conditions de semis, il semble donc que les parasites colonisent la culture très peu de temps après l'installation des pucerons. Fin juillet, les momies sont détruites dans leur quasi totalité par les hyperparasites et nous ignorons comment *A. salicis* passe la période critique du mois d'août. En septembre cependant, le parasitisme reprend dès que nous voyons réapparaître *C. aegopodii* sur les carottes. Il est alors totalement inefficace, le pourcentage de momies étant au plus de quelques pour cent. L'absence de momies de décembre à mai montre que, si le parasite passe l'hiver, comme d'autres Aphidiides, en diapause dans la momie, il ne le fait pas sur le feuillage des Umbellifères.

2. — Hyperparasites

Conformément à la règle générale chez les parasites d'aphides, les hyperparasites de *C. aegopodii* sont très variés et très efficaces. Il s'agit de *Ceraphronoidea*, *Megaspilidae*, de *Cynipoidea*, *Cynipidae* et de *Chalcidoidea*, *Pteromalidae* et *Encyrtidae* (tabl. 2).

2.1. — *Ceraphronoidea*-*Megaspilidae*-*Dendrocerus*

Cinq espèces de *Dendrocerus* ont été trouvées sur *C. aegopodii*. Si les espèces du sous-genre *Macrostigma* (*D. carpenteri* Curtis, *D. aphidum* Rond. et *D. breadalbimensis* Kieffer) étaient bien connues comme hyperparasites de pucerons via divers Aphidiides, la biologie des 2 espèces du sous-genre *Atritomellus* (*D. laticeps* Heidicke et *D. laevis* Ratzeburg) était très controversée (Dessart, 1972). Au Japon, Takada (1973) n'a obtenu que *D. carpenteri* à partir d'*A. salicis* parasite de 2 autres *Cavariella*, malgré la présence dans ce pays de *D. laevis* et de *D. laticeps*.

Sur saule, seul *D. carpenteri* a été observé (1 femelle sur momie d'ailé le 28.6.72). Sur carotte, à l'exception de *D. laticeps*, dont nous avons obtenu 32 mâles et 32 femelles, les espèces trouvées sont toujours présentes en petit nombre et contribuent peu à limiter le parasitisme primaire.

L'examen des dates de prélèvement montre que *D. carpenteri*, *D. aphidum* et *D. laticeps* sont actifs pendant toute la période de présence des momies au printemps. *D. laticeps* s'est également manifesté à contre saison dans des cultures effectuées à Rennes en serre froide le 16.3.71 et le 10.4.72. Cette espèce semble être la mieux adaptée au couple *C. aegopodii*-*A. salicis* en Bretagne. Enfin, *D. breadalbimensis* et

TABLEAU 2

Inventaire et importance relative des hyperparasites de *C. aegopodii* Scop. via *Aphidius salicis* Hal. sur carotte en Bretagne

	Nombre d'individus éclo			
	Rennes 1971	Rennes 1972	Rennes 1973	Bretagne 70-71-72-
— <i>Ceraphronoidea-Megaspilidae</i> :				
<i>Dendrocerus (Atritomellus) laticeps</i> Hedicke.....	17	22	—	25
<i>D. (A.) laevis</i> Ratzeburg.....	—	—	2	—
<i>D. (Macrostigma) aphidum</i> Rond.	3	5	4	6
<i>D. (M.) carpenteri</i> Curtis.....	1	4	2	1
<i>D. (M.) breadalbimensis</i> Kieffer	—	—	3	—
— <i>Cynipoidea-Cynipidae</i> :				
<i>Alloxysta voisin de tscheki</i> Gir.	13	22	8	36
<i>A. soluta</i> Hel.	1	1	—	—
<i>A. macrophadna</i> Htg.....	—	—	—	1
<i>A. fuscipes</i> Th.	—	2	—	—
<i>A. sp n° 4</i>	3	—	—	—
<i>A. sp n° 5</i>	—	1	1	—
<i>A. sp n° 6</i>	—	—	1	—
<i>A. cursor</i>	—	2	—	1
<i>Phaenoglyphis picipes</i> Th.	1	—	1	1
— <i>Chalcidoidea-Pteromalidae</i> :				
<i>Asaphes suspensus</i> Nees	79	93	32	40
<i>A. vulgaris</i> Walker	93	43	26	67
<i>Pachyneuron aphidis</i> Bouche .	58	12	71	2
— <i>Chalcidoidea-Encyrtidae</i> :				
<i>Aphidencyrtus aphidivorus</i> Mayr.	7	4	4	—

D. laevis n'ont été trouvés qu'une seule fois : le 13.6.73 sur des carottes ayant passé l'hiver à l'extérieur.

2.2. — *Cynipoidea-Cynipidae-Alloxystinae*

Neuf espèces d'*Alloxystinae* ont été obtenues de *C. aegopodii* (tabl. 2).

Alloxysta tscheki Gir. (il s'agit en réalité soit d'une variété sombre de cette espèce, soit d'une espèce très voisine) est de loin l'espèce la plus répandue dans tous les biotopes sur carotte, ainsi que sur saule. Elle représente 82,5 p. 100 des *Alloxysta* trouvés. 36 mâles et 49 femelles ont été obtenus. *A. tscheki* était également l'espèce largement prédominante sur *Capitophorus horni* Börner en Bretagne (Robert, Rabasse et Rouze-Jouan, 1972).

Les autres espèces sont très peu fréquentes. *Alloxysta macrophadna* HTG., *A. fuscipes* Th., *A. sp. n° 4* et *A. sp. n° 6* n'ont été rencontrés qu'1 fois ; *A. soluta* (Hel.), *A. cursor*, *A. sp. n° 5* et *Phaenoglyphis picipes* Th. ont été obtenus soit de biotopes différents en Bretagne, soit à Rennes au cours de plusieurs années. Enfin, *A. fuscipes* n'a été trouvé que sur saule. Deux espèces sont aptères : *A. cursor* et *A. sp. n° 6*.

2.3. — *Chalcidoidea-Pteromalidae*2.3 1. — *Asaphes vulgaris* Walker et *A. suspensus* (Nees).

Ces 2 espèces constituent une part déterminante de l'hyperparasitisme (tabl. 2). Nous les avons identifiées d'après les caractères indiqués par Graham (1969). L'homogénéité de leurs caractères biologiques (dates et lieux de présence, pourcentage des 2 espèces dans différentes circonstances, sex-ratio), ainsi que le fait que nous les ayons également rencontrées ensemble sur *Capitophorus horni* Börner et *Aphis fabae* Scop. (1), nous incite à les considérer comme une même entité biologique.

La période d'apparition de ces espèces fluctue selon les années : elle est tardive en 1970 (observé le 22.6, mais pas le 12.6) et en 1972 (à partir du 23.6 sur carotte et du 11.7 sur saule) et précoce en 1971 (à partir du 4.6, mais un mâle a été obtenu dès le 27.5). Ces espèces se manifestent également à des températures basses : du 10.10 au 11.12.73 en silo à l'extérieur et en serre froide les 16.3.71 et 10.4.72. Le sex-ratio est toujours nettement déséquilibré en faveur des mâles : il y a 77,8 p. 100 de mâles dans l'ensemble des individus obtenus sur carotte à Rennes.

2.3 2. — *Pachyneuron aphidis* (Bouché).

Comme les 2 *Pteromalidae* précédents, cette espèce est particulièrement abondante et efficace sur carotte ; elle a également été notée sur saule (9 mâles du 23.6 au 11.7.1972).

Sur carotte, en 1970, nous l'avons observée le 22.6. Elle est très abondante en 1971, où elle est présente pendant toute la période d'observation du 4.6 au 4.8 ; cependant, son action n'est vraiment efficace que fin juillet. En 1972, elle ne se manifeste qu'en faible quantité, du 23.6 au 2.8. En 1973 enfin, elle est à nouveau très fréquente et notée pendant toute la période d'observation du 11 au 25.7. Il s'agit donc d'un hyperparasite tardif et la comparaison des 3 années montre qu'il agit d'autant mieux que les momies sont disponibles tardivement au printemps. *P. aphidis* est absent à l'automne 1973 et dans les observations hivernales en serre. La proportion mâles/femelles est de : 31/27 en 1971, 8/4 en 1972 et 38/33 en 1973.

2.4. — *Chalcidoidea-Encyrtidae-Aphidencyrtus*

Seulement 15 individus d'*Aphidencyrtus aphidivorus* Mayr ont été obtenus, uniquement à Rennes et sur carotte. La date tardive à laquelle il intervient (7 au 26.7.71, 11 au 26.7.72, 11 au 25.7.73) est peut-être à l'origine de cette rareté. Le niveau trophique auquel peut agir cette espèce (parasite primaire ou hyperparasite) n'est pas clairement défini (Hoffer et Stary, 1970). Dans notre cas, nous la considérons comme hyperparasite étant donné que les momies sont identiques en tout point à celles dont *A. salicis* est éclos, qu'elles contiennent les boulettes de meconium typiques des Aphidiides et même parfois des fragments de cuticule du parasite primaire.

(¹) Sur ces deux aphides les *Asaphes* ont été identifiés par Delucchi (Institut d'Entomologie, Zurich).

2.5. — Importance des hyperparasites

Pachyneuron aphidis et les *Asaphes* jouent le rôle principal dans le parasitisme d'*A. salicis*. Il s'agit d'ectoparasites, qui pondent dans la momie déjà formée. Ces espèces apparaissent simultanément : les 1^{ers} individus ont éclos de momies prélevées 25 jours après l'observation de la 1^{re} momie en 1971, 29 jours en 1972. Il y a donc un décalage de l'ordre d'1 mois entre l'action du parasite primaire et celle de ces hyperparasites. Par la suite, les *Asaphes* prennent très vite de l'importance, tandis que *Pachyneuron* ne devient abondant que vers mi-juillet.

Les années 1971 et 1972 sont très différentes quant à la limitation d'*A. salicis* : 1972 présente la courbe exponentielle habituelle, tandis que 1971 montre une nette stagnation de l'hyperparasitisme entre le 10 et le 17 juin, puis entre le 24 juin et le 1^{er} juillet (fig. 1, 2 et 3). Il est possible de relier ces différences aux températures observées pendant les périodes considérées. La température était peu variable du 14 juin au 19 juillet 1972 avec une moyenne de 16,7 °C. Entre le 10 juin et le 1^{er} juillet 1971, par contre, elle était assez fluctuante avec une moyenne de 14,3 °C. Du 1^{er} au 15 juillet, on note que le taux d'hyperparasitisme remonte fortement, alors que la moyenne est de 21,6 °C.

3. — Entomophthorales

Les mycoses à *Entomophthora* sont fréquentes en 1971 et 1972 et très peu abondantes en 1973.

3.1. — Agents pathogènes

Les champignons ayant été observés a posteriori sur du matériel qui avait parfois subi un lavage, seule une partie des individus a pu être identifiée.

E. planchoniana Cornu a été trouvé les 3 années dans nos cultures de carotte, ainsi que sur saule nain. Il semble que ce soit l'espèce la plus fréquente et la plus efficace sur *C. aegopodii*. Elle est présente à partir du 9.6 en 1971, du 31.5 en 1972 (mais un ailé infecté a été trouvé dès le 10.5) et le 13.6 en 1973. En 1972, *E. planchoniana* a été identifié sur des ailés le 17.4 sur carotte à Saint-Meloir-les-Ondes, le 20.4 sur carotte et persil à Rennes, les 7 et 28.6 sur saule nain à Rennes. Il est donc très vraisemblable qu'il existe une possibilité de contamination des aphides sur carotte à partir d'ailés provenant de sites d'hivernation.

E. thaxteriana Petch est présent en 1971 et 1972. Au cours de ces 2 années, où les mycoses étaient abondantes, nous avons trouvé de nombreux *C. aegopodii* porteurs de spores durables : du 9.6 au 15.7, ainsi que le 27.10 en 1971 et du 23.6 au 11.7 en 1972. *E. aphidis* Hoffmann était présent en assez petite quantité en 1972 et 1973, ainsi que sur saule le 15.6.72. En hiver, les mycosés sont peu nombreux et la maladie ne limite pas les populations. Cependant, les 3 espèces précédentes ont été trouvées durant les mois de janvier, février et mars 1974.

E. fresenii Nowak enfin n'a été observé qu'en 1971, les 17.6, 1 et 7.7 sur quelques aphides et exclusivement sous forme de spores durables.

1971

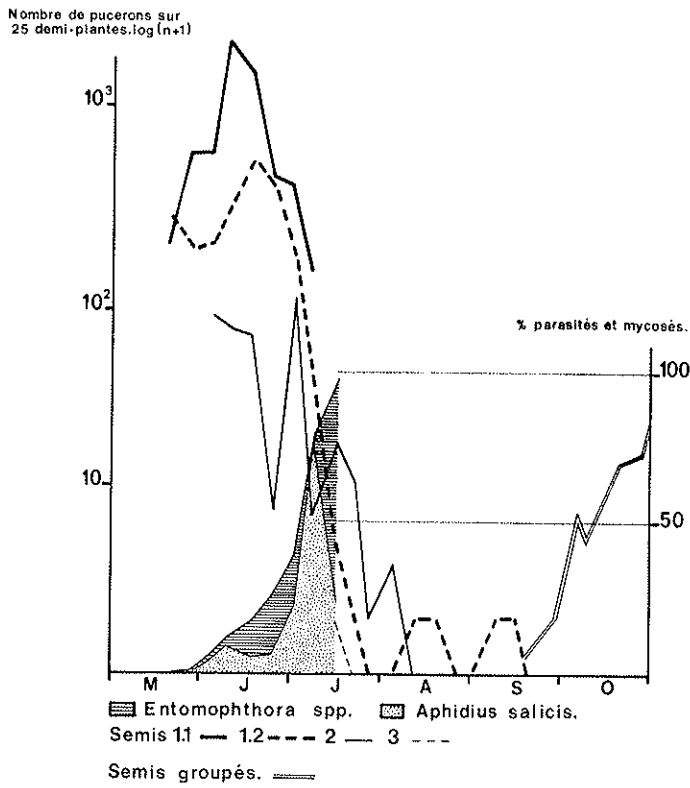
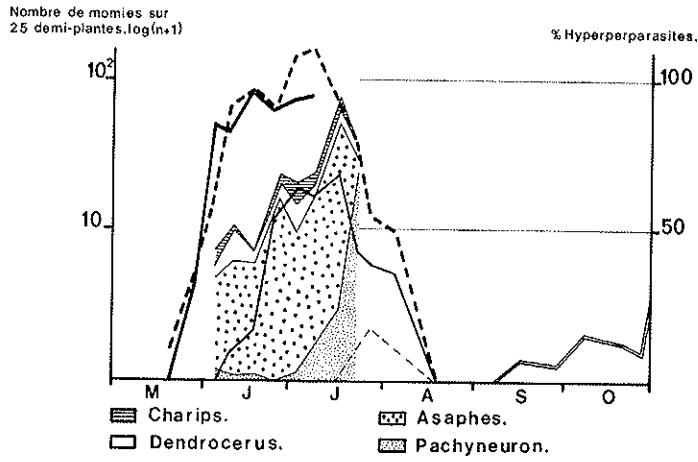


FIG. 1. — Rennes 1971 : Evolution du nombre de *Cavariella aegopodii* Scop. sur 25 demi-plantes dans différents semis de carotte et du pourcentage de momies et de pucerons mycosés. Evolution du nombre de momies d'*Aphidius salicis* Hal. sur le même échantillon et du pourcentage de divers groupes d'hyperparasites.

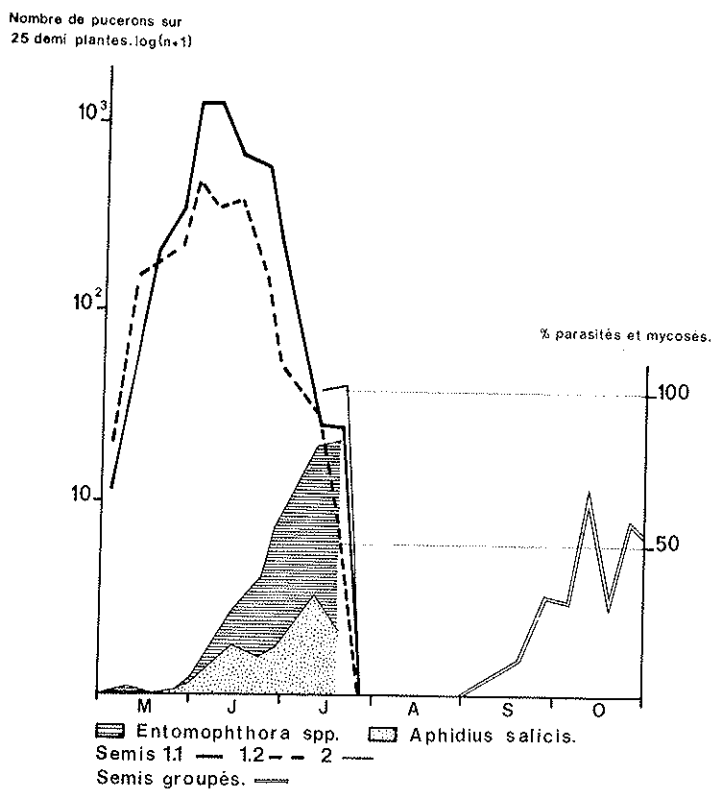
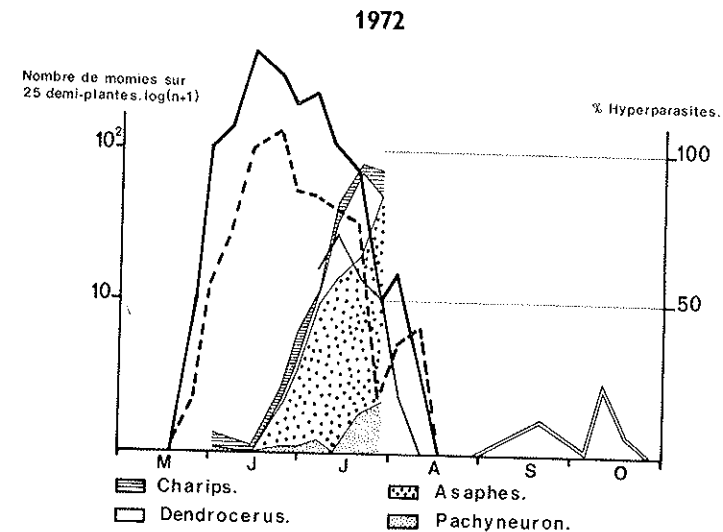


FIG. 2. — Rennes 1972 : Evolution du nombre de *Cavariella aegopodii* Scop. sur 25 demi-plantes dans différents semis de carotte et du pourcentage de momies et de pucerons mycosés. Evolution du nombre de momies d'*Aphidius salicis* Hal. sur le même échantillon et du pourcentage de divers groupes d'hyperparasites.

1973

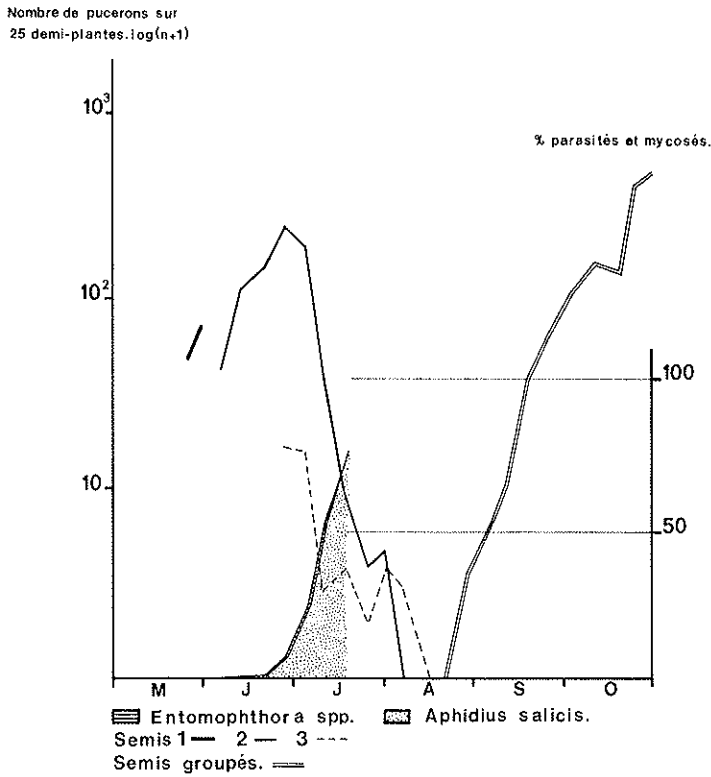
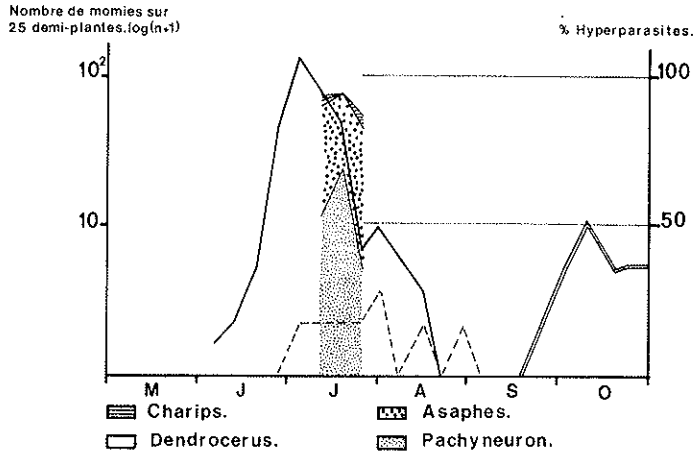


FIG. 3. — Rennes 1973 : Evolution du nombre de *Cavariella aegopodii* Scop. sur 25 demi-plantes dans différents semis de carotte et du pourcentage de momies et de pucerons mycosés. Evolution du nombre de momies d'*Aphidius salicis* Hal. sur le même échantillon et du pourcentage de divers groupes d'hyperparasites.

3.2. — Développement de la maladie

La figure 5 présente l'évolution des mycoses en 1971 et 1972. Au printemps les 1^{res} mycoses sont décelées dans des populations d'importance variable : 6 à 60 individus

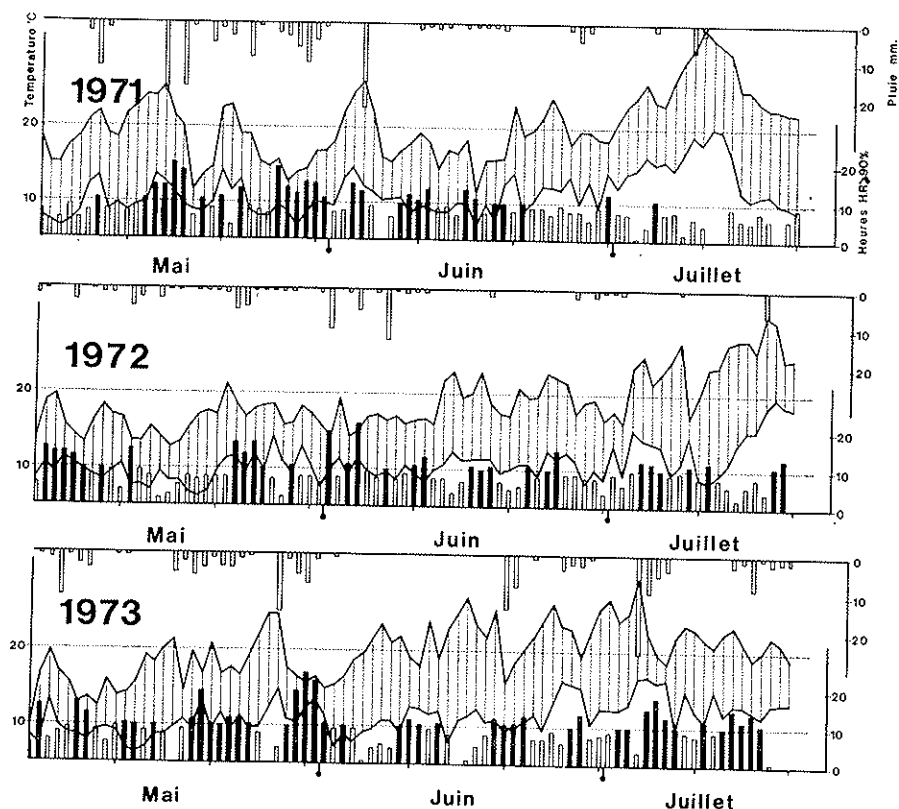


FIG. 4. — Conditions climatiques à Rennes en 1971, 1972 et 1973 :

— Températures maximales et minimales ; précipitations ; nombre d'heures pendant lesquelles l'humidité relative est supérieure à 90 p. 100 (histogramme plein lorsque cette durée est égale ou supérieure à 10 h par jour).

par pied. A l'automne, elles apparaissent lorsqu'il y a 8 aphides par pied. L'implantation des mycoses se fait graduellement et nos méthodes d'échantillonnage sont mal adaptées à mettre en évidence le début du processus. Le développement de la maladie est progressif, au contraire de ce que l'on observe habituellement sur *Aphis fabae* dans la même localité (Robert, Rabasse et Scheltes, 1973). Le fait que la carotte soit une plante basse à feuillage serré, qui conserve davantage l'humidité que la fêverole, n'est peut-être pas étranger à ce phénomène.

Les semis 1.1 et 1.2 ne diffèrent que par la population qu'ils portent. La maladie s'y développe « parallèlement » sur notre représentation graphique. Si, comme tout le laisse supposer, ces 2 semis sont soumis au même inoculum de départ, l'évolution de la mycose en phase enzootique est donc liée à la densité de pucerons. La population

est limitée à un niveau qui dépend de son importance initiale. Dans tous les cas, le nombre de pucerons sains diminue lorsque le taux de 10 pucerons mycosés/100 pucerons sains est atteint. Après le maximum des populations, le pourcentage de mycosés augmente plus ou moins : fortement dans le semis 1.1 (1971, 1972), plus faiblement dans le semis 1.2 en 1971, pas du tout dans le semis 1.2 en 1971.

Nous n'avons pas observé d'épizootie sur carotte. Nous avons examiné si les conditions climatiques nécessaires à leur déclenchement (Missonnier, Robert et Thozon, 1970) : humidité relative supérieure à 90 p. 100 pendant plus de 10 heures par jour et températures maximales supérieures à 20 °C se sont présentées au cours de nos observations (fig. 4) :

— en 1971, il y a une période favorable du 2 au 5 juin, mais la mycose est à peine implantée à cette date (1 mycosé pour 10 plantes) ; les températures fraîchissent jusqu'au 19 avec de petites pluies et une hygrométrie importante, puis la température monte à 20 °C, mais le temps est sec. Exceptionnellement, nous n'avons pas observé d'épizootie sur *A. fabae* en 1971.

— en 1972, les mycoses sont présentes fin mai ; les températures restent fraîches jusqu'au 13 juin, date à laquelle la régression des populations est amorcée. Nous trouvons des périodes favorables les 16 et 17, puis les 24 et 25 juin. Sur *A. fabae*, l'épizootie se produit très tardivement : début juillet.

— en 1973, le semis 1 ayant été détruit, la maladie s'implante tardivement sur le semis 2. Des périodes favorables se présentent les 19, 22 et 23 juin, puis les 28-29 juin, déclenchant d'ailleurs l'épizootie sur *A. fabae*. A cette époque, *C. aegopodii* est déjà limité par *A. salicis*.

— ces observations ne contredisent pas la définition climatique précédente des périodes favorables au démarrage des épizooties.

En hiver, (fig. 5) nous observons une enzootie stationnaire : les mycoses restent comprises entre 1 et 3 p. 100. Il s'agit d'une véritable forme de conservation de l'inoculum. Pendant l'automne et l'hiver 1971-1972, nous n'avons trouvé que quelques mycosés isolés, mais la population n'a pas dépassé 8,5 pucerons par plante. En 1972-73, les mycoses ont dépassé 3 p. 100 le 13 juin, ce qui correspond à une apparition également tardive sur la culture de 1973. En 1973-74, la maladie se développe du 13 novembre au 11 décembre, arrivant jusqu'à 7 p. 100, puis revient dans la fourchette 1-3 p. 100 jusqu'à la dernière observation, le 17 avril 1974.

4. — Limitation des populations

Nous avons remarqué dans la 1^{re} partie de ce travail qu'après la période de croissance des populations, les courbes des semis 1.1, 1.2 et 2 (fig. 1, 2 et 3) se rejoignaient très rapidement pendant la période de régression, ce qui nous conduit à attribuer cette diminution à des facteurs extérieurs à la plante-hôte. Ceci ne signifie pas forcément que la chute des populations sera synchrone dans des semis échelonnés en grandes parcelles. Dans nos petites parcelles expérimentales, il y avait évidemment des échanges très actifs d'entomophages entre les semis. On peut remarquer à cet égard qu'en 1973, où le semis 1 a été détruit, la population de Cava-

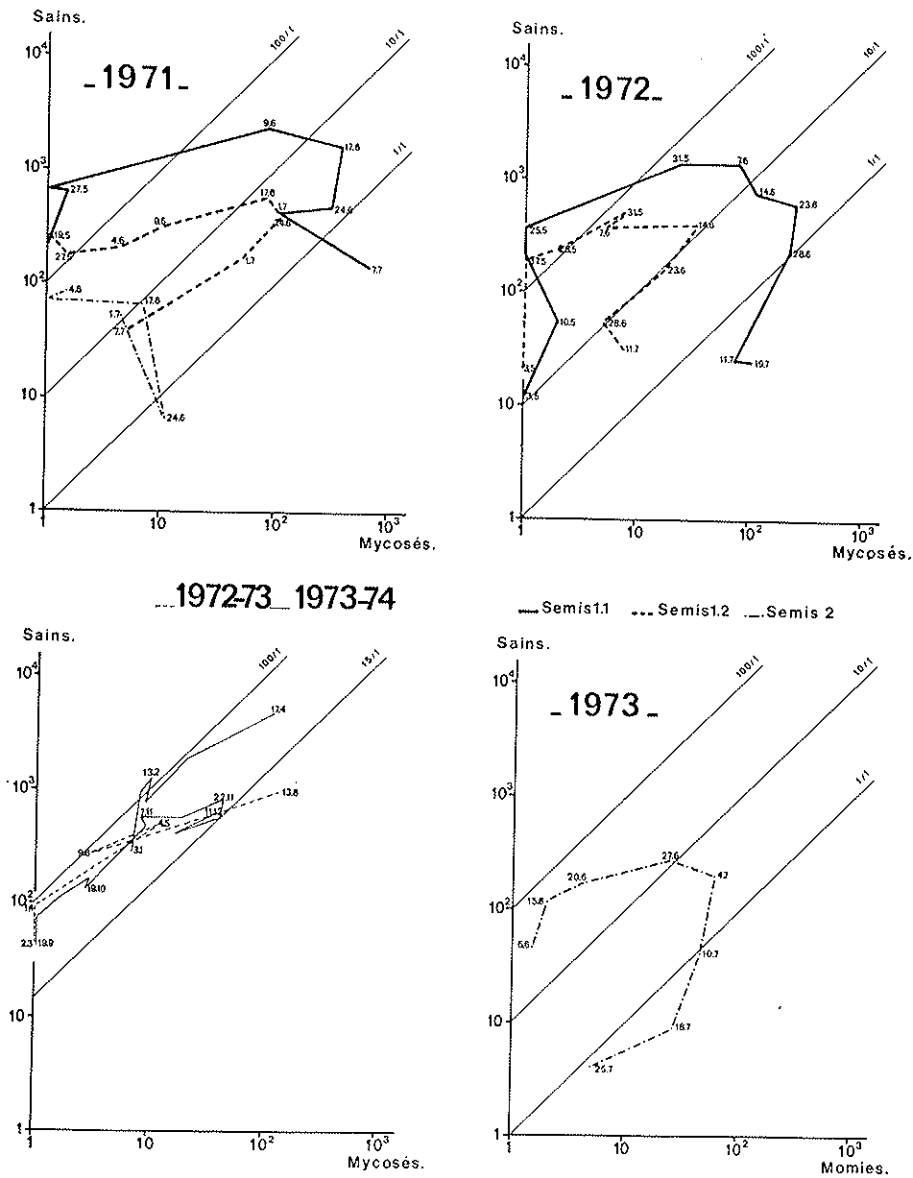


FIG. 5. — Relations entre le nombre de pucerons sains et le nombre de pucerons mycosés en 1971 et 1972 et pendant l'automne et l'hiver 1972-1973 et 1973-1974. Relation entre le nombre de pucerons sains et le nombre de momies en 1973.

riella dans le semis 2 disparaît de nos dénombrements légèrement plus tard qu'en 1971 et 1972.

Il est toujours difficile de faire la part des différents facteurs de mortalité sans véritable étude de dynamique des populations. Considérons cependant dans le tableau 3 les éléments dont nous disposons pour expliquer la régression des populations dans les différentes conditions d'observation.

TABLEAU 3

Nombre de *Cavariella aegopodii* Scop. (C. A.), de momies d'*Aphidius salicis* Hal. (MOM.), de pucerons mycosés (MYC.) et pourcentage de nymphes (p. 100 NY.) sur 25 demi-plants de carotte lors du maximum des populations

Année	Semis	Dates	4.6	9.6	17.6	24.6	1.7	
1971	1.1	MYC.	0	87	386	303	105	
		MOM.	28	27	41	32	36	
		C. A.	647	2 428	1 699	475	420	
		p. 100 NY.	4,8	4,1	6,4	7,6	3,8	
	1.2	MYC.	4	10	81	110	49	
		MOM.	11	33	43	37	60	
		C. A.	207	320	587	402	168	
		p. 100 NY.	0,7	3,3	4,1	4,7	5,4	
	2.	MYC.	1	0	6	11	3	
		MOM.	0	1	1	8	17	
		C. A.	83	70	64	7	54	
		p. 100 NY.	0	0	0	0	5,6	
1972	1.1	Dates	31.5	7.6	14.6	23.6	28.6	
		MYC.	23	79	107	249	225	
		MOM.	48	63	171	121	82	
		C. A.	1 336	1 358	734	608	237	
	1.2	p. 100 NY.	0,4	8,3	11,3	8,9	5,9	
		MYC.	7	4	34	17	4	
		MOM.	7	15	54	59	27	
		C. A.	513	377	402	155	56	
	1973	2.	p. 100 NY.	0,4	3,3	4,5	5,2	0
			Dates	6.6	13.6	20.6	27.6	4.7
			MYC.	0	1	0	1	5
			MOM.	0,5	1	3	13	59
		C. A.	45	128	162	271	200	
		p. 100 NY.	0	0,8	7,1	1,5	0,8	

Dans tous les cas, il existe une certaine formation de nymphes ; il ne s'agit jamais d'une émigration massive, qui puisse à elle seule expliquer la chute des populations. Sur les faibles populations atteintes début juillet dans le semis 2 en 1971 et 1973, *A. salicis* est le facteur de mortalité prépondérant. En 1972, sur les semis 1.1 et 1.2, les Aphidiides et les *Entomophthora* se sont développés ensemble. En 1971, sur les mêmes semis, le nombre de momies n'augmente plus après le 17 juin et ce sont finalement les *Entomophthora* seules qui agissent sur la population. Ce blocage de l'action des parasites est probablement dû au coup de froid du 16 juin, totalement inhabituel à cette époque (le 16 juin : température moyenne de 8,2 °C et minimale de 4,2 °C ; le 18 juin : température minimale de 5,3 °C). L'évolution du nombre de momies (sauf en 1971) ou de pucerons mycosés est plus rapide que celle du nombre de pucerons vivants (fig. 5). La régression des populations de *C. aegopodii* correspond donc bien à une limitation par des agents biologiques.

Conclusion

Comme dans le cas de *Capitophorus horni* Börner sur artichaut (Robert, Rabasse, Rouze-Jouan, 1972), nous constatons que *C. aegopodii* est limité en Bretagne d'une part par un Aphidiide, qui est toujours présent, mais plutôt efficace sur des populations faibles, d'autre part par plusieurs espèces d'*Entomophthora*. Dans le centre de l'Angleterre, Dunn (1965) attribue le déclin des populations à la formation d'aîlés ; les parasites et les larves de Syrphes ne sont efficaces que lorsque ce déclin est amorcé ; les champignons pathogènes n'apparaissent que tardivement, au cours d'une seule des 6 années d'observation.

Les 1^{res} momies d'*Aphidus salicis* apparaissent très régulièrement fin mai, c'est-à-dire que le parasitisme débute très vite après l'apparition des premiers pucerons sur la plante. Il semble que ce parasite joue un rôle d'autant plus important par rapport aux maladies, que le semis est plus tardif.

Les Pteromalides sont les hyperparasites les plus importants, comme nous l'avons également observé sur *Lysiphlebus fabarum* Marsh parasitant *Aphis fabae* Scop. sur féverole. Sur *Aphidius matricariae* Hal. parasitant *C. horni* sur artichaut (*loc. cit.*), *Charips tscheki* Gir. était le plus abondant.

La carotte semble être située dans une strate favorable au développement des *Entomophthora*, puisque nous avons pu observer 4 espèces différentes sur *C. aegopodii*, la formation de spores durables, ainsi que le maintien régulier de la mycose pendant l'hiver sur la fraction anholocyclique de la population. La maladie progresse régulièrement à partir de fin mai-début juin, limitant efficacement les pucerons. Nous n'avons pas trouvé d'épizooties, mais il semble que les conditions climatiques favorables à ce type de développement de la maladie apparaisse trop tard, alors que les populations de pucerons ont déjà amorcé leur régression.

Les 3 années, il y a une limitation biologique progressive, ce qui signifie que les populations maximales atteintes, ainsi que le dégât direct supporté par la carotte, seront d'autant plus importants que le semis sera précoce ou hâté.

Reçu pour publication en juin 1977.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les personnes suivantes pour leurs identifications : P. Dessart (Bruxelles, *Megaspilidae*) ; F. Barbotin (P. V. Poitiers, *Cynipidae*) ; V. Delucchi (Zürich, *Pteromalidae*) ; C. A. Dedryver (E.N.S.A. Rennes, *Entomophthorales*) ; G. Iperfi (I.N.R.A. Antibes, *Coccinellidae*) et J. P. Lyon (I.N.R.A. Antibes, *Syrphidae*), ainsi que P. Stary (Prague) pour des précisions concernant certains Aphidiides.

Summary

Cavariella aegopodii Scop. (Hom. Aphididae) on carrots in Western France.
II. — Natural control by parasites (Hym. Aphidiidae) and fungi (*Entomophthora* spp.).

Cavariella aegopodii is present all around the year on carrot in Brittany and rapid multiplication can be observed on early sowings. This study makes the inventory of natural enemies, mainly hymenoptera parasites and diseases due to entomophthora. Ecology of natural agents is specified, also the manner in which the populations of aphids are limited on spaced sowings.

Références bibliographiques

- BIGNELL G. C., 1901. The *Ichneumonidae* (Parasitic flies) of South Devon. Part. II. *Braconidae*. — *Rep. Trans. Devon Ass. Advnt. Sc.*, **33**, 657-692.
- BRUNEL E. et RABASSE J. M., 1977. *Cavariella aegopodii* Scop. (Hom., *Aphididae*) en culture de carotte dans l'Ouest de la France. I. Biologie et évolution des populations. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **9**, 469-480.
- DESSART P., 1972. Révision des espèces européennes du genre *Dendrocerus* Ratzeburg, 1852 (*Hymenoptera, Ceraphronoidea*). *Mem. Soc. Belg. Entomol.*, **32**, 310 pp.
- DUNN J. A., 1965. Studies on the aphid, *Cavariella aegopodii* Scop., I. On willow and carrot. *Ann. Appl. Biol.*, **56**, 429-438.
- GRAHAM M. W. R., 1969. The *Pteromalidae* of North-Western Europe (*Hymenoptera, Chalcidoidea*). *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Entomol. Suppl.*, **16**, 908 pp.
- HOFFER A., STARY P., 1970. A review of biologies of palaeartic *Aphidencyrtus* species (*Hym., Chalcidoidea, Encyrtidae*). *Studia Entomol. Forestalia*, **1**, 81-95.
- MACKAUER M., 1968. *Aphidiidae*, in : Ferrière C. et Van der Vecht, *Hymenopterorum Catalogus*. 3^e partie, W. Junk, The Hague, 103 pp.
- MACKAUER M., STARY P., 1967. *Hym. Ichneumonoidea. World Aphidiidae*, in Delucchi V. et Remaudière G. : *Index of Entomophagous insects*. Le François, Paris, 195 pp.
- MARSHALL T. A., 1901. Les Braconides, in : E. André, *Species des Hyménoptères d'Europe et d'Algérie*. Bouffaut Frères, Paris, **5**, 635 pp.
- MICHEL M. F., 1972. Contribution à l'étude bioécologique des Aphelinides aphidiphages (*Hym., Chalcidoidea*). Thèse, Paris, 124 pp.
- MISSONNIER J., ROBERT Y., THOIZON G., 1970. Circonstances épidémiologiques semblant favoriser le développement des mycoses à Entomophthorales chez 3 aphides, *Aphis fabae* Scop., *Capitophorus horni* Börner et *Myzus persicae* Sulz. *Entomophaga*, **15**, 169-190.
- PETERSEN B., 1956. *Hymenoptera*, in : *The Zoology of Iceland*, **3**, parties : 49-50. E. Munksgaard, Copenhagen et Reykjavik, 176 pp.
- QUILIS PEREZ M., 1931. Especies nuevas de *Aphidiidae* españolas (*Hym. Brac.*) *Eos.*, **7**, 25-84.
- RABASSE J. M., ROBERT Y., 1975. Facteurs de limitation des populations d'*Aphis fabae* dans l'Ouest de la France. II. Incidence des mycoses à *Entomophthora* sur les populations des hôtes primaires et de la féverole de printemps. *Entomophaga*, **20**, 39-63.
- ROBERT Y., RABASSE J. M., ROUZE-JOUAN J., 1972. Régulation naturelle des populations de *Capitophorus horni* Börner (Hom., *Aphidiidae*) par Hyménoptères *Aphidiidae* et Entomophthorales. *Entomophaga*, **17**, 59-69.
- ROBERT Y., RABASSE J. M., SCHELTES P., 1973. Facteurs de limitation des populations d'*Aphis fabae* Scop. dans l'Ouest de la France. I. Epizootiologie des maladies à Entomophthorales sur féverole de printemps. *Entomophaga*, **18**, 61-75.
- STARY P., REMAUDIÈRE F. et LECLANT F., 1971. Les *Aphidiidae* (Hym) de France et leurs hôtes (Hom., *Aphidiidae*). *Entomophaga, Mém. H. S.* **5**, 72 pp.
- TAKADA H., 1968. *Aphidiidae* of Japan (*Hymenoptera*). *Insecta Matsumurana*, **30**, 67-124.
- TAKADA H., 1973. Studies on aphid hyperparasites of Japan. I. Aphid hyperparasites of the genus *Dendrocerus* Ratzeburg occurring in Japan (*Hymenoptera : Ceraphronidae*). *Insecta Matsumurana N. S.* **2**, 1-37.
- TREMBLAY E., 1975. Le specie del genere *Trioxys* Hal. (*Hymenoptera, Ichneumonoidea*) parasite di afidi del genere *Cavariella* del Guer. (*Homoptera, Aphidoidea*) *Boll. Lab. Entomol. Agr. Filippo Silvestri*, **32**, 3-12.