

OILB/SROP

GROUPE DE TRAVAIL "LUTTE INTEGREE EN CEREALES"

Réunion de GEMBLOUX (Belgique) 10-12 février 1986

IOBC/WPRS

WORKING GROUP "INTEGRATED CONTROL OF CEREAL PESTS"

Meeting at GEMBLOUX (Belgium) february 10<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> 1986

SOMMAIRE

	<u>page</u>
<u>INTRODUCTION</u>	4
<u>LISTE DES PARTICIPANTS</u>	8
W. della GIUSTINA., P. DERIU, P. FOESSEL : Role of specific natural enemies in the control of maize aphid populations in the Paris area. Preliminary results.	12
J. CHANSIGAUD & J. VAILLANT : Etude des fluctuations et modalités de répartition des populations aphidiennes sur le maïs.	23
X. PONS & R. ALBAJES : Biology of BYDV vectors in wheat in Catalonia (Spain).	36
X. PONS & R. ALBAJES : Role of the corn and the vetch + cereal associated crop in BYDV vector populations in Catalonia (Spain).	42
L. KRESPI, J.M.RABASSE & A.A. IBRAHIM : Possibilités de survie estivale et hivernale d' <u>Aphidius uzbekistanicus</u> LUZ.	46
J.M. RABASSE & A.A. IBRAHIM : Conservation of <u>Aphidius uzbekistanicus</u> LUZ. (HYM., <u>Aphidiidae</u> ), parasite on <u>Sitobion avenae</u> F. (HOM., <u>Aphidiidae</u> )	54
R.J. CHAMBERS : Aphid-specific predators and cereal aphids in Southern England.	57
L. LAPCHIN., A. FERRAN., G. IPERTI., J.M. RABASSE & J.P. LYON Denombrement des coccinelles et syrphes prédateurs de pucerons des céréales à paille.	61
A. FERRAN., G. IPERTI., L. LAPCHIN., J.M. RABASSE & J.P. LYON Quantification de la prédation des pucerons des céréales à paille par les coccinelles et les syrphes.	66
K.D. SUNDERLAND., C. HAWKES., J.H. STEVENSON., T.Mc. BRIDE., L.E. SMART., P. SOPP., W. POWELL., R.J. CHAMBERS & O.C.R. CARTER : Accurate estimation of invertebrate density in cereals.	71
K.D. SUNDERLAND : Spiders and cereal aphids in Europe.	82
P. SOPP & P. CHIVERTON : Autumn predation of cereal aphids by polyphagous predators in Southern England : A "first look" using ELISA.	103
J.S. PIERRE : Recherche de variables climatiques explicatives dans un but de prévision des pullulations d'insectes. Utilisation d'une méthode de corrélation intégrale avec retard. Exemple : le cas des pucerons des céréales dans l'Ouest de la France.	109
S. WIKTELIUS : The bird cherry-oat aphid in central Sweden : incidence and forecasting.	119
Y. BOUCHERY : Dates de première capture et niveau de populations des pucerons des céréales en Alsace.	125

- C.A. DEDRYVER., A. FOUGEROUX., C. DE LA MEISSELIERE & J.S. PIERRE et P. TAUPIN : Résultats préliminaires concernant l'établissement d'un modèle de prévision des risques de pullulation de Sitobion avenae F, sur le blé au printemps dans le Bassin parisien et dans le nord de la France. 132
- B.P. MANN & S.D. WRATTEN : A computer-based advisory system for the control of Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum. 143
- G. LATTEUR., R. OGER & M. DE PROFT : Interprétation statistique de 13 années d'observations relatives à la dynamique des populations aphidiennes des froments en Belgique et pratique de la prévision. 156
- J. WEIBULL : Work on plant resistance to Rhopalosiphum padi L. in oats and barley. Present status. 160
- Th. BASEDOW : Screening oat varieties for cereal aphid resistance in the field and in the laboratory : a comparison of results. 162
- J.P. DI PIETRO & M. AKLI : Effet des facteurs variétal et phénologique de différents cultivars de blé d'hiver sur le potentiel biotique de Sitobion avenae F, en conditions contrôlées. 166
- M. HENRI., H. GILLET & C.A. DEDRYVER : Premiers résultats sur l'épidémiologie de la Jaunisse nanisante de l'orge (J.N.O.) en Bretagne. 169
- H. GILLET., A. GAMON & C.A. DEDRYVER : Elaboration d'un système d'avertissements agricoles contre la Jaunisse nanisante de l'orge dans le bassin de Rennes. Premiers résultats. 175
- J.P. MOREAU & H. LAPIERRE : Rôle des pucerons du maïs dans le cycle et les conséquences du virus de la Jaunisse nanisante de l'orge (VJNO). 178
- H.M. POEHLING : Effet of reduced dose rates of pirimicarb and fenvalerate on aphids and beneficial arthropods in winter wheat. 184
- P.C. JEPSON., P. CUTHBERTSON., M. DOWNHAM., D. NORTHEY., S. O'MALLEY., A. PETERS., A. PULLEN., R. THACKER., D. THACKRAY., C. THOMAS & C. SMITH : A quantitative ecotoxicological investigation of the impact of synthetic pyrethroids on beneficial insects in winter cereals. 194
- P.C. JEPSON : An experimental rationale for the quantitative evaluation of pesticide side effects on beneficial insects in cereal crops. 206
- A.J. BURN : The Boxworth project. Cereal Pests/Predator Interactions. 216
- H. CASTEELS & R. DE CLERCQ : On the influence of phosalone and fenvalerate on the epigeal arthropods fauna in winter wheat. 218
- J.P. CHAMBON., Ch. COCQUEMPOT., A. FOUGEROUX & P. TAUPIN : Incidence d'un traitement insecticide précoce sur les arthropodes présents en blé tendre d'hiver. 225

## INTRODUCTION

La réunion de Gembloux a témoigné de l'évolution de notre groupe sur les deux plans géographique et scientifique :

Sur le plan géographique celui-ci a étendu ses activités au Sud de la France et à la Catalogne espagnole avec la participation des chercheurs d'Antibes et de Lleida (Lerida) venus heureusement nous rappeler, en prélude à la constitution d'un sous groupe plus spécifiquement "méditerranéen", que les cultures céréalières ne sont pas uniquement une affaire nord-européenne.

Sur le plan scientifique, si on ne dépasse pas le cadre de l'étude des biocoenoses aphidiennes, on assiste à un certain déplacement des centres d'intérêt des chercheurs membres, qui est la conséquence logique des nombreux résultats acquis dans le domaine de l'étude de la dynamique des pucerons sur céréales à paille.

En effet, les études de dynamique de population, au sens général du terme, "glissent", des céréales à pailles pour lesquelles les phénomènes gouvernant les fluctuations de populations sont maintenant connus, au moins dans leurs grandes lignes, vers le maïs. Celui-ci constitue dans beaucoup de pays européens un relai pour les pucerons des céréales qui y poursuivent leur cycle annuel après avoir quitté le blé et l'orge. C'est également dans cette vision de la dynamique annuelle globale des pucerons sur leurs hôtes successifs que se placent les études effectuées sur les hyménoptères parasites.

Dans le domaine des céréales à pailles, les sujets abordés deviennent plus focalisés, principalement dans trois directions :

- Les prédatismes, ce qui comprend le dénombrement et la caractérisation des espèces réellement polyphages ainsi que l'échantillonnage et la quantification de l'impact des espèces spécifiques.

- La recherche des gènes de résistance, au moins partielle, sur le blé (contre S.avenae) et l'orge (contre R.padi).

- Le calcul et l'emploi des modèles de prévision d'évolution de populations au printemps et d'aide à la décision de traitement. Ceci est rendu possible par l'exploitation de nombreux résultats de piégeage et de comptages au champ accumulés dans différentes régions. Ces modèles sont basés, soit sur des régressions simples ou multiples, soit sur l'application à un état primitif d'infestation d'un coefficient d'accroissement thermodépendant. Le développement rapide des réseaux télématiques dans plusieurs pays européens devrait assurer à brève échéance, lorsque ce n'est pas déjà fait, l'utilisation de ces modèles par un large public de techniciens et d'agriculteurs.

L'échelle de gravité des dégâts effectués par les pucerons des céréales s'est également modifiée et l'on attache maintenant au moins autant d'importance à la déprédation "indirecte" due à la transmission par ces pucerons du virus de la Jaunisse nanissante de l'orge, qu'à leurs très sporadiques dégâts directs. On assiste en effet à une généralisation dans de nombreuses régions d'Europe des dégâts dus à cette maladie dont l'extension paraît favorisée par les techniques culturales modernes. Il était donc nécessaire d'inclure dans notre groupe des entomologistes et pathologistes se préoccupant de son épidémiologie.



Enfin la systématisation des traitements de céréales à paille à l'automne et au printemps, allant de pair avec le développement de l'usage d'insecticides très efficaces mais peu spécifiques, justifie que notre groupe prenne en charge certains aspects (strictement céréaliers) de leur action sur la faune utile, ceci en liaison avec le groupe "Pesticides et arthropodes utiles".

Au cours de la réunion qui fut parfaitement organisée par Guy LATTEUR que nous remercions ici, il a été présenté une trentaine de communications sur les sujets précédemment évoqués, montrant leurs intérêt ainsi que la vitalité scientifique de notre groupe.

L animateur :

C.A. DEDRYVER

## INTRODUCTION

The last meeting at Gembloux gave evidence of the progress of our group on both geographical and scientific bases :

On a geographical basis, the group has extended its activities to the South of France and to the Spanish Catalogne with the contribution of scientists from Antibes and Lleida (Lerida). They reminded us that cereal crops are not only the concern of northern Europe and a specific mediterranean subgroup is being actually constituted.

On a scientific basis, and sticking to the framework of aphid's biocoenosis on cereals, one witnesses a shift among scientist's interest that is a logical consequence of the numerous results obtained on population dynamics of aphids on straw cereals.

As a matter of fact population dynamics studies slowly shift from straw cereals (for which factors generating population fluctuations are partially known) to maize. Indeed in most european countries maize is a relay for cereal aphids to complete their annual cycle after leaving wheat and barley. Also within the context of annual population dynamics of aphids on their successive hosts, studies of parasitoids have taken place.

As concerns straw cereals, the covered topics become more focussed in three main directions :

- predatism ; sorting out and identification of polyphagous species as well as sampling methods and evaluation of consumption of oligophagous species.
- screening for resistant genes against S.avenae on wheat and R.padi on barley.
- computing and use of forecasting models for aphids populations in spring and following recommendation for spray (or not). This has been made possible thanks to a synthesis of numerous trapping and field data gathered from different regions. The models are either based on simple or multiple linear regressions or on an initial level of infestation computed to a thermodependant rate of increase of population. The rapid development of telecommunication viewdata services networks over several European countries should allow in a short term the use of these models by a wide public of technical experts and farmers.

The severity scale of damages caused by cereal aphids has been modified and as much attention is now given to indirect damage such as B.Y.D.V. transmission as it is given to sporadic direct damages. Many parts of Europe witness the spread of this virus disease which seems to be favoured by modern agricultural management. Therefore there was the need to include a group of entomologists and virologists dealing with the B.Y.D.V. epidemiology.

Finally due to the systematic application of spring and autumn chemical treatments on cereals and the high efficiency but limited specificity of the chemicals used it is important that some aspects (limited to cereals) such as

effects of pesticides on non target organisms should be taken into account by our working group, in connection with the "Pesticides and beneficial arthropods" group.

During the meeting which was very well organized by Guy LATTEUR (many thanks to him ! ), about thirty papers were offered on the above mentioned subjects, as a proof of their interests and of the scientific vitality of our group.

The convenor :

C.A. DEDRYVER

LISTE DES PARTICIPANTS

- R. ALBAJES                   Universidad Polytechnica de Catalunya,  
Escuela Technica Superior de Ingenieios Agronomos,  
Avgda Rovira Roure, 177,  
25006 LLEIDA,  
Espagne.
- Th. BASEDOW                Justus Liebig Universität,  
Institut für Phytopathologie und angewandte  
Zoologie,  
Ludxigstrasse 23,  
D6300 GIESSEN,  
R.F.A.
- Y. BOUCHERY                Station de Zoologie I.N.R.A.,  
28 route de Herrlisheim,  
B.P. 507  
68021 COLMAR,  
France
- A.J. BURN                    Department of applied biology,  
University of Cambridge,  
Pembrokestr.,  
CAMBRIDGE CB2 3DX,  
U.K.
- P. CASTANERA                Depto. Proteccion vegetal,  
I.N.I.A. - C.R.I.D.A. -06,  
Carretera  
La Coruna km 7,  
Appartado 8. III,  
MADRID,  
Espagne.
- H. CASTEELS                Rijestation voor Nematologie en Entomologie  
Burg. van Gansberghelaan 96,  
9220 MERELBEKE,  
België..
- R.J. CHAMBERS             G.C.R.I.,  
Worthing road,  
Rustington,  
LITTLEHAMPTON,  
SUSSEX BN 163 PU,  
U.K.
- J. CHANSIGAUD             Station de Zoologie,  
I.N.R.A.,  
Route St.-Cyr,  
78000 VERSAILLES  
France.
- P. CUTHBERTSON            Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- R. DE CLERQ                Rijestation voor Nematologie en Entomologie  
Burg. van Gansberghelaan 96,  
9220 MERELBEKE  
België.

- C.A. DEDRYVER I.N.R.A.,  
Laboratoire de Zoologie,  
Domaine de la Motte-Au-Vicomte,  
35650 LE RHEU,  
France.
- W. DELLA GIUSTINA Station de Zoologie,  
I.N.R.A.,  
Route St.-Cyr,  
78000 VERSAILLES,  
France.
- M. DE PROFIT Station de Phytopharmacie,  
11 rue du Bordia,  
5800 GEMBLOUX,  
Belgique.
- J.P. DI PIETRO I.N.R.A. - E.N.S.A.R.,  
Laboratoire de Zoologie,  
65 Route de St-Brieuc,  
35042 RENNES CEDEX,  
France.
- M. DOWNHAM Biology department  
The University,  
SOUTHAMPTON SO9 5NH,  
U.K.
- A. FOUGEROUX ACTA,  
149, rue de Bercy,  
75595 PARIS CEDEX 12,  
France.
- A. GAMON G.R.I.S.P.  
Domaine de la Motte,  
35650 LE RHEU,  
France.
- K. GEORGE Harpenden laboratory MAFF,  
Hatching green,  
HARPENDEN,  
HERTS,  
U.K.
- H. GILLET G.R.I.S.P.,  
Domaine de la Motte,  
35650 LE RHEU,  
France.
- Monique HENRY Laboratoire d'entomologie fondamentale et  
appliquée,  
Université de Rennes 1,  
Campus de Beaulieu,  
avenue du Général Leclerc,  
35042 RENNES CEDEX,  
France.
- C. HÖLLER Institut für Phytopathologie,  
Lehrstuhl Schadtiere,  
Universität Kiel,  
Olshäusenstr. 40-60,  
2300 KIEL  
R.F.A.

- P.C. JEPSON                      Chemical Entomology Unit.,  
Building 3,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- L. LAPCHIN                        I.N.R.A.,  
Station de Zoologie et de Lutte Biologique,  
37, bd du Cap,  
06602 ANTIBES,  
France.
- G. LATTEUR                        Station de Zoologie appliquée de l'Etat,  
8, Chemin de Liroux,  
5800 GEMBLOUX,  
Belgique.
- C. MAROQUIN                      Station de Phytopathologie de l'Etat,  
13, avenue du Maréchal Juin,  
5800 GEMBLOUX,  
Belgique.
- D.NORTHEY                        Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- R. OGER                            Bureau d'Information et de Statistique appliquées,  
avenue de la Faculté d'Agronomie,  
5800 GEMBLOUX,  
Belgique.
- S.O'MALLEY                        Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- A. PETERS                         Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- J.S. PIERRE                        I.N.R.A. - E.N.S.A.R.,  
Laboratoire de Zoologie,  
65, Route de St-Brieuc,  
35042 RENNES CEDEX.  
France.
- H. POEHLING                        Universität HANNOVER,  
Institut für Pflanzentränkheiten und  
Pflanzenschutz,  
D 3000 HANNOVER 21,  
R.F.A.
- X. PONS                            Universidad Polytechnica de Catalunya,  
Escuela Technica Superior de Ingenieros Agronomos,  
Avgda Rovira Roure, 177,  
25006 LLEIDA,  
Espagne

- A. PULLEN                      Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- J.M. RABASSE                    I.N.R.A.,  
Station de Zoologie et de Lutte Biologique,  
37, bd du cap,  
06602 ANTIBES,  
France.
- P. SOPP                            G.C.R.I.,  
Worthing road,  
Rustington,  
LITTLEHAMPTON,  
SUSSEX BN 163PU,  
U.K.
- K.D. SUNDERLAND               G.C.R.I.,  
Worthing road,  
Rustington,  
LITTLEHAMPTON,  
SUSSEX BN 163 PU,  
U.K.
- P. TAUPIN                        I.T.C.F.,  
domaine expérimental de Boigneville,  
91720 MAISSE,  
France.
- R. THACKER                      Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- D. THACKRAY                    Biology department,  
The University,  
Southampton S09 5NH,  
U.K.
- C. THOMAS                       Biology department,  
The University,  
SOUTHAMPTON S09 5NH,  
U.K.
- J. WEIBULL                      Dept. of Plant and Forest protection,  
Swedish Univ. of Agricultural Sciences,  
P.O. Box 7044,  
S-75007 UPPSALA,  
Sweden.
- S. WIKTELIUS                    Swedish University of Agricultural Sciences,  
Department of Plant Pathology and Entomology,  
S.75007 UPPSALA 7,  
Sweden.
- S.D. WRATTEN                    Biology department,  
The University,  
Southampton S09 5NH,  
U.K.

ROLE OF SPECIFIC NATURAL ENEMIES IN THE CONTROL OF MAIZE APHID  
POPULATIONS IN THE PARIS AREA. PRELIMINARY RESULTS.

della GIUSTINA W., DERIU P. & FOESSEL P.

With the participation of Jacqueline LIGEOUR, Sylvie SECRETANT,  
Monique DULOS, JOBE S.

Zoologie. INRA-Versailles. Route de Saint Cyr. 78000 VERSAILLES France

SUMMARY

These results concern 1984 and 1985 datas. Only daylight specific enemies and aphids have been observed. Ladybirds (Coleoptera), Orius (Heteroptera) and Syrphidflies (Diptera) seem the more important predators. The two first groups have only one generation on maize and Syrphidflies two. Heteroptera are the only predators to be capable to enter into ears when R.padi is hidden inside. Fungi (Entomophthorales) are numerically more important in july. Evolution of insect parasitism, in 1985, indicates that genera differ during the culture. A comparative study of parasitism and hyperparasitism shows that the latter is numerically more important and therefore is a key factor to restrict activity of the former. It has been observed that mummies collected in the field do not emerge for the major part.

1 - INTRODUCTION

These first two years of observations (1984-1985) should be regarded as a preliminary step in the study of the biocenose related to maize aphids. Our purpose was to think about the development of sampling methods (both qualitative and quantitative) concerning the relationship study between pests and entomophagous insects of an insect association that has been little investigated so far. The long term aim of this study in quantitative ecology is to improve the efficiency of one or several natural enemies under rational management of this agrobiocenose. Better knowledge of the relative importance of the various entomophagous insects encountered is required in order to assess their role.

2 - METHODS

Experiments using the maize variety LG 11 were carried out in a 25 ha farm at La Verriere, 35 km west of Paris, near Versailles, in a semi-urban area. Only the Arthropods living on plants were counted.

In 1984, a 1 ha plot (inside a 5 ha field) was divided into 40 plots and two plants per plot, i.e. 80 plants per week, were observed. Every single leaf of each plant was carefully examined in order to count the very mobile forms that easily let themselves drop onto the ground : aphids, ladybirds at larval and adult stages ... Upon completion of the counting, plants were cut and observed under the binocular at the edge of the field in order to count the more discrete and less mobile forms, i.e. eggs of all species, Diptera larvae, parasitism due to fungi and insects ...



juvenile forms were reared in order to be identified at the adult stage. Weekly counting were made less regularly at the end of this cropping season.

In 1985, accuracy of the method was markedly improved, particularly for the parasitized aphids that had been placed in individual hatching units. Counting of 50 plants in an individual 0.5 ha plot inside a 4 ha field were observed with random sampling in rows and then in plants. Thus, countings covered a period of 20 successive weeks from 15th June to 30th October.

### 3 - RESULTS

#### 3.1. Qualitative study (Table 1)

Pests	Aphididae	<u>Sitobion avenae</u> <u>Metopolophium dirhodum</u> <u>Rhopalosiphum padi</u>
Predators		
Neuroptera	Hemerobiidae sp. Chrysopiidae sp.	
Heteroptera	Anthocoridae	<u>Orius majusculus</u> <u>O. minustus</u> <u>O. niger</u>
Diptera	Syrphidae sp. Cecidomyiidae	<u>Aphidoletes aphidimyza</u> <u>Propylea 14 punctata</u> <u>Coccinella 7 punctata</u>
Coccinellidae		
Parasites		
Fungi	Entomophthorales	<u>Erynia neoaphidis</u> <u>Conidiobolus obscurus</u>
Hymenoptera parasitoids		
	Aphidiidae	<u>Aphidius</u> sp. <u>Praon</u> sp. <u>Ephedrus</u> sp. <u>Toxares</u> sp. <u>Diaretiella</u> sp.
	Aphelinidae	<u>Aphelinus</u> sp.
Hymenoptera hyperparasites		
	Megaspilidae Pteromalidae	<u>Dendrocerus</u> <u>Asaphes</u> <u>Pachyneuron</u>
	Cynipidae	<u>Alloxysta</u> <u>Phaenoglyphis</u>
	Encyrtidae	<u>Syrphophagus</u>

We are dealing here with a complex system including many species : three major pests and a much greater number of entomophagous organisms. Because some group have not been identified yet we will only consider genera when dealing with parasitoids and hyperparasites Hymenoptera. This preliminary study should enable us to determine the overall relations between parasitism and hyperparasitism, as well as the relationship between number of emergences in mummies and non-emergence.

### 3.1.1. Pests

The three aphid species were observed simultaneously in the early stages of crop growth, from mid-june to late july. Rhopalosiphum padi was the only one present at harvest, but Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum reappeared during october.

### 3.1.2. Predators

Neuroptera. Post-embryonic stages are difficult to identify on the plant. Larvae are discrete and very mobile, thus readily escaping observation. During the course of a quantitative study, field countings therefore strongly minimize the role of larvae, hence the role of the group.

Heteroptera. Three of the four species known to live at the expense of cereal aphids were found. Only one of them was dominant, both in 1984 and 1985 : Orius majusculus whereas Orius minutus and especially O. niger seemed to occur more rarely.

Cecidomyiidae. Because of the very small size of all pre-imaginal forms, Cecidomyiidae are more difficult to evaluate than Neuroptera. Only one of the species known to live at the expense of aphids has been collected : Aphidoletes aphidimyzae.

Coccinellidae. In addition to the two species reported, of which Propylea 14 punctata is the more important, we could identify other species, some of which seemed to occur only temporarily during their migratory fly. This is true of Coccinella 11 punctata which was observed for only one week and disappeared as suddenly as it had appeared.

Juvenile forms of Ladybirds and Syrphidflies, which were removed from the field to be reared in the laboratory, showed a high rate of parasitism. Ladybird pupae were parasitized by Phalacrotophora sp. (Diptera : Phoridae) and Syrphidfly pupae by Pachyneuron (Hymenoptera : Pteromalidae). The action of parasitism on predators was not further investigated.

### 3.1.3. Parasites and Hyperparasites

The genus Syrphophagus (Hymenoptera : Encyrtidae), found in numbers from the sixth week onwards, is a novelty . To our knowledge, this genus had not yet been reported as originating from cereal aphid mummies. It can develop not only at the expense of Aphelinidae but also at the expense of Aphidiidae. Identification of the other genera was done after the key by POWELL (1982).

Essentially three parasite genera are represented : Aphidius and Praon (Aphidiidae) and Aphelinus (Aphelinidae). Aphidius and Praon were present for a very short period of time (4-5 weeks during the first part of the cycle). Aphelinus appeared at the time when the other two genera began to disappear and remained present for 9 weeks on R. padi exclusively. Ephedrus, Praon and Aphidius, observed on week 15, 17 and 19 were derived from S. avenae collected on the leaves, not in the ears (table 2).

The various genera of hyperparasites remained for a longer period of time than the parasitoids and were numerically important. The proportion of hyperparasites always was higher than that of parasitoids, except on weeks 11, 12 and 13 when Aphelinus were the more abundant. Parasitism then dropped rapidly, and only hyperparasites occurred during the last four weeks. The genera Asaphes was the most frequent on the point of view of hyperparasites (the same situation was observed in Hungaria by POLGAR , 1984).

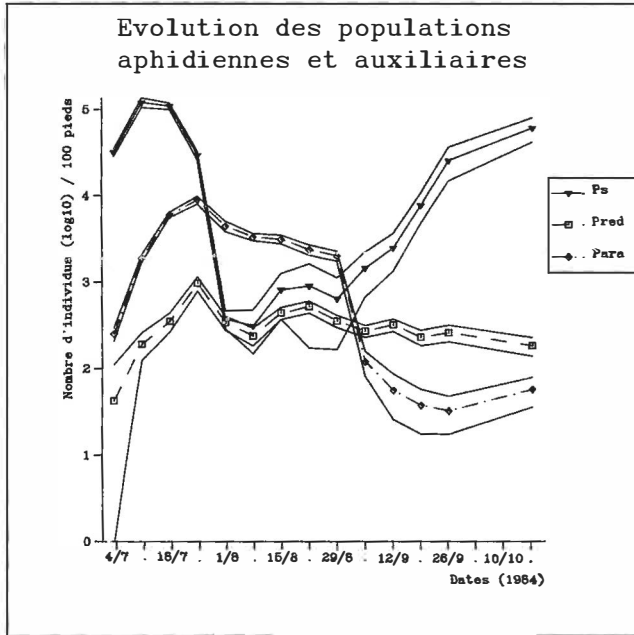


Figure 1

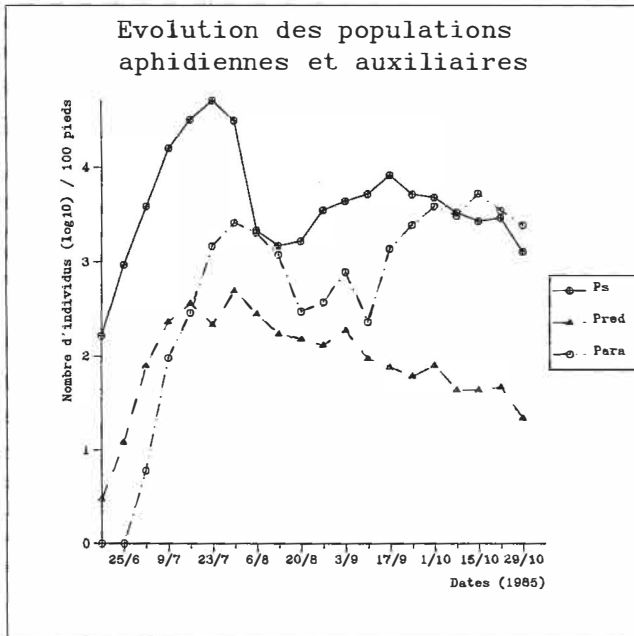


Figure 2

Figure 1 and figure 2 : General evolution of the populations

Ps : Aphid populations supposedly healthy  
Pred : Population of predators  
Para : Population of parasitoids and hyperparasites.

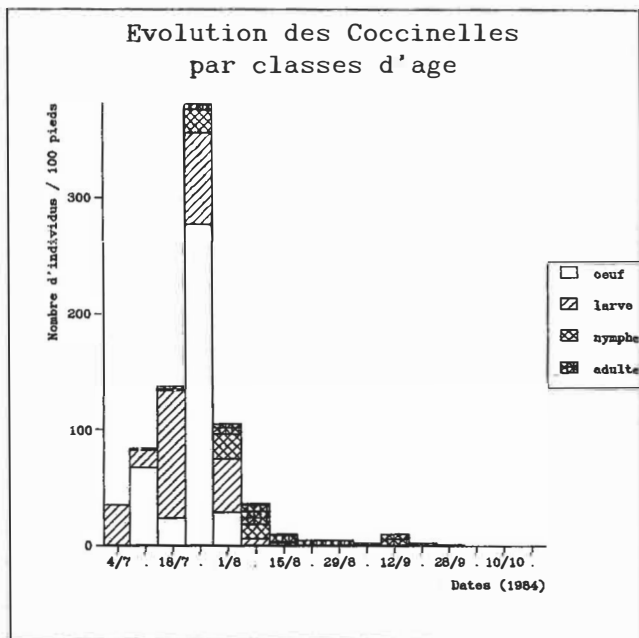


Figure 3

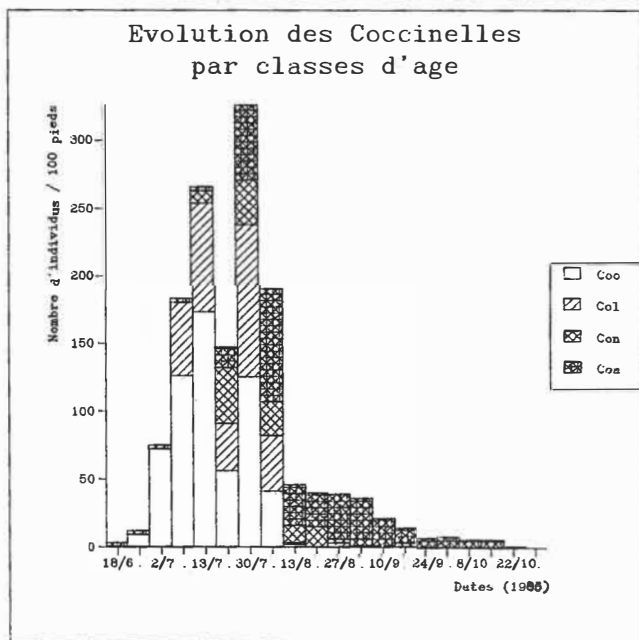


Figure 4

Figure 3 and figure 4 : Evolution of the ladybird populations.

Coo : eggs, Col : larvae, Con : nymphs, Coa : adults

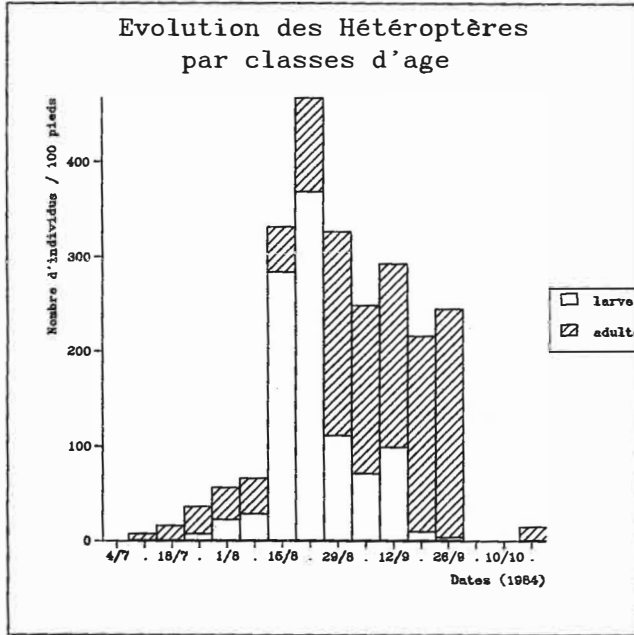


Figure 5

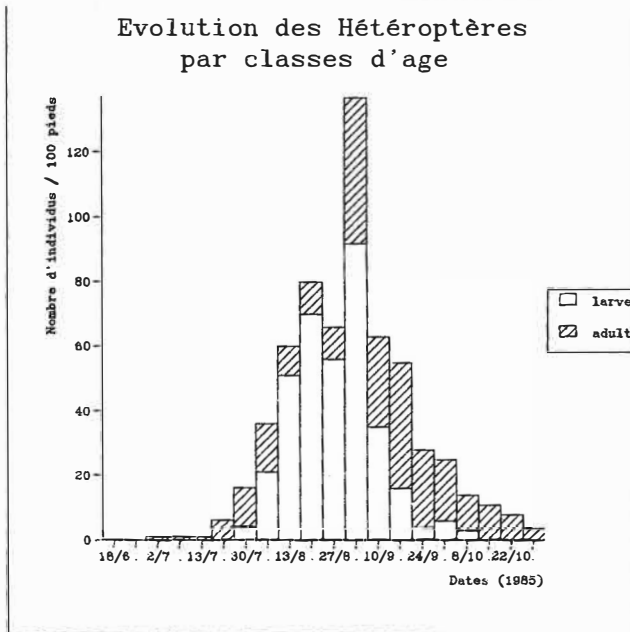


Figure 6

Figure 5 and figure 6 : Evolution of the Heteroptera populations.

larve : larvae ; adulte : adult

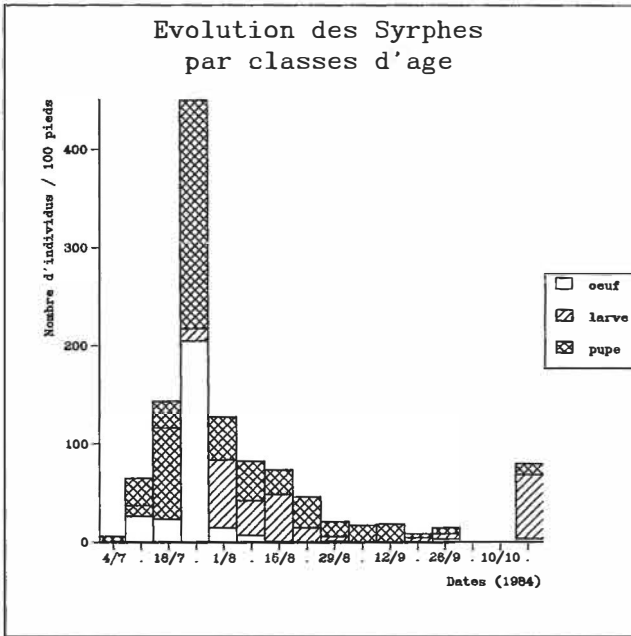


Figure 7

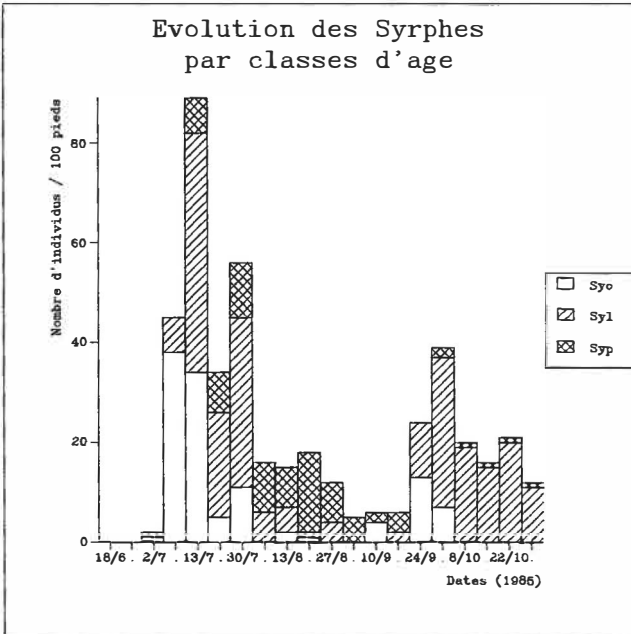


Figure 8

Figure 7 and figure 8 : Evolution of the Syrphidfly populations

Syo : eggs, Syl : larvae, Syp : pupae

TABLE 2 - PARASITISM AND HYPERPARASITISM LA VERRIERE, 1985 reared in the laboratory

Date	number of the week																			
	3 2/7	4 9/7	5 16/7	6 23/7	7 30/7	8 6/8	9 13/8	10 20/8	11 27/8	12 3/9	13 10/9	14 17/9	15 24/9	16 2/10	17 8/10	18 15/10	19 22/10	20 29/10		
Parasites																				
Aphidius		3	12	41	19													1		
Praon		2	1	2	1	3							1							
Ephedrus				2		1		2							1					
Toxares						1														
Diaretiella						1														
Aphelinus						5	40	18	53	124	37	10	4	4						
Hyperparasites																				
Syrphophagus				7	8	11	12	4	2	2	3		2		2	3	6	1		
Alloxysta			1	3	14	5	21	9	17	34	12	32	9	5			1			
Phaenoglyphis	1	7	8	22	27	9	13	4	2											
Dendrocercus	1	1	7	18	46	12	7	4		7		1								
Asaphes			1	6	13	22	14	20	8	8	6		5	22	34	36	62	23		
Pachyneuron		2	3	6	8		3	6	4	10	3	1					1			
Total. Para. + Hyper.	2	15	33	107	138	70	110	67	86	185	61	44	21	31	37	39	71	24		
Mummies collected	2	24	73	158	188	131	219	138	207	394	187	361	292	281	287	289	305	258		
% of emergencies (until the 15th of nov.)	100%	62,5	45,2	67,7	73,4	53,4	50,2	48,5	41,5	46,9	32,6	12,1	7,1	11,0	12,8	13,4	23,2	9,3		
% of parasitism compared to hyper.	0%	33	25	39	14	15	36	29	61	67	60	22	23	13	2	0	1	0		

#### 4 - DISCUSSION

##### 4.1. General evolution of the populations (fig.1-2)

The maize colonization by the aphids began when the plants were in the 7-8 leaf stage, see CHANSIGAUD & VAILLANT (1986).

The 1984 and 1985 curves are not similar. The shape of the curve is normal in 1984 but decreases during september and october 1985. The predatism curves are similar during these two years. Parasitism is less important in 1984 than 1985, especially during the second part of the cycle. The number of mummies which is the characterization of the importance of the parasitism linked with the exceptional warm weather from august to mid-october must explain the non-normal evolution of the aphid populations noted in 1985.

##### 4.2. Predatism

In 1984 and 1985, the following generations could be observed in the three largest predator populations :

- one generation in Coccinellidae (fig.3 and 4), displaying a maximum during the first peak of the aphids. Only a few adults were found during the second half of the maize cycle.
- one generation in Heteroptera (fig.5-6), occuring later than those of the previous group. They were the only predators capable of penetrating underneath the bracts of ears where R. padi populations were hiding in August and September.
- two generations in Syrphidae (fig.7-8), the first one being greater in number than the second one. It seems that the species present in late October will overwinter, for a part, in the larval stage. Nearly all the pupae collected during this period produced adults within a few days after the begining of laboratory rearing.

##### 4.3. Parasitism

###### 4.3.1. Fungal parasitism

Over 90% of the parasitized aphids were parasitized by Erynia neoaphidis and the remaining 10% by Conidiobolus obscurus. These Entomophthorales were present in low numbers during the peak in july. During this period, parasitic fungi attacked the three aphid species. They disappeared by early august at the same time as S. avenae and M. dirhodum populations, and seemed unable to reestablish later in substantial numbers. We could observe, but not quantify, the same phenomenon in 1984.

###### 4.3.2. Parasitism due to insects (Table 2)

This parasitism remained at a low level (ca 1%) during the first phase of aphid development in both 1984 and 1985, and was limited to Aphidiidae.

In 1985 its level increased progressively since the begining of august to pass beyond the supposedly healthy population by the very end of the counting. During this second period (from the begining of august to the harvest) Aphelinus was the only genera found on R. padi. However, a few golden mummies due to Aphidiidae reappeared during the last weeks when the aphids invaded again the leaves.



Hyperparasites are generally present during a long period, sometimes for the complete study duration. This is true for Asaphes, Alloxysta, Syrphophagus and Pachyneuron. Phaenoglyphis and Dendrocerus are collected for most of them, before the end of august.

The level of hyperparasitism remained high and varied : between 33 and 100% of the emergences, depending on periods (Table 2). It might therefore be the key factor in limiting the effect of parasitism. The parasites emerged during the 14 days following their entrance in the laboratory. Hyperparasites could appear on a longer period of time, up to 8 weeks. The rate of development of parasitoids compared to that of hyperparasites as well as to the considerable fluctuation of the latter group (between ectoparasites and endoparasites), inclines us to overestimate endoparasites in comparison to ectoparasites and hyperparasitism might be overestimated as well (RABASSE & DEDRYVER, 1983).

The proportion of non emergence, which was found to be higher than that reported by POLGAR (1982) is another key factor. The peak of emergence was reached on week 7, and decreased almost regularly until harvest.

Results obtained during the experiment in 1985 are different from those indicated by GROOT & al. (1983) in the Netherlands, qualitatively and quantitatively as well. The fauna at La Verrière is more variegated than that of Wageningen, especially for hyperparasitism. As for as parasitism is concerned the Praon and Toxares are the more important genera of the Netherlands whereas the Aphelinus and Aphidius are the more representative of Paris area. As far as hyperparasitism is concerned, the Dendrocerus, Syrphophagus and Pachyneuron are absent in the Netherlands.

The rate of true parasitism is nearly the same in the two fields, except for three weeks (from the 27.VIII to the 10.IX) during which it is higher in La Verrière.

Under the experimental conditions of 1985, the action of parasitism was significant in spite of the high rate of hyperparasitism. In order to understand the biological mechanisms, we should relate the observations made on maize to studies realized on other cereals in spring and autumn in the years coming.

#### REFERENCES

- CHANSIGAUD J. & VAILLANT J., 1986 - Etude des fluctuations et modalités de répartition des populations aphidiennes sur maïs, en Ile de France. OILB, Integrated Control of Cereal Pests, Gembloux (Belgique), 10-12.02.86.
- GROOT J.J.R., LAURENSE A., MANTEL W.P., RABBINGE R., SINKE J., 1983 - Bladluizen in maïs, populatie dynamica, natu rlijke vijanden en opbrengstderving. Gewasbescherming, 14(5) : 167-176.
- POLGAR L., 1982 - The Role of Aphid Parasites (Hym. : Aphidiidae) in the Maize Ecosystem. Acta Phytopatho. Acad. Scient. Hungaricae 17(1.2) : 139-145.

- POLGAR L., 1984 - Some new record of parasites, predators and hyperparasites of aphids and a leaf-miner fly (Cerodonta incisa Meig.) living in maize ecosystems in Hungary. *Folia Entomol. Hungarica* 45 (1) :191-193.
- POWELL W., 1982 - The identification of hymenopterous parasitoids attacking cereal aphids in Britain. *Systematic Entomol.* 7 : 465-473.
- RABASSE J.M. & DEDRYVER C.A., 1983 - Biologie des pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. III. Action des hyménoptères parasites sur les populations de Sitobion avenae F., Metopolophium dirhodum Wlk. et Rhopalosiphum padi L.. *Agronomie* (3), 779-780.

This work is a team work and was realized thanks to the help of Mrs LIGOUR (technician) in 1984 and the participation of three students who spent from one to three months with the gang in 1984 or 1985 : Monique DULOS, Sylvie SECRETANT, Saïkou JOBE. FOESSEL worked in 1984 to obtain a Diplôme d'Agronomie Approfondie and DERIU (1985) for a Diplôme d'Etudes Approfondies. The authors thank our colleague J.M.RABASSE (INRA-ANTIBES) for his help to identify the genera Syrphophagus.

ETUDE DES FLUCTUATIONS ET MODALITES DE REPARTITION  
DES POPULATIONS APHIDIENNES SUR LE MAÏS

Jacques CHANSIGAUD et Jean VAILLANT

INRA, Station de Zoologie et Laboratoire de Biométrie  
Route de Saint Cyr 78000 VERSAILLES (France)

SUMMARY

The results of investigations on maize aphids revealed that M.dirhodum and S.avenae colonized plants from the second half of june until the end of july. Insects then disappeared until september or october when only a few scattered individuals could still be observed. On the contrary R.padi, which usually appeared on maize in july, remained on the host-plant until late october.

The distribution of aphids on the plant markedly varied with the species: M.dirhodum chose the first 5 or 6 leaves; S.avenae spread on higher leaves as compared to M.dirhodum and could be observed on the tassel. R.padi which first exhibited a similar behaviour compared to M.dirhodum, then colonized the whorl, the tassel, cobs hidden amongst the overlapping protective layers and finally came back onto the leaves with cobs at their axils. In particular the behaviour of M.dirhodum and R.padi which may depend on food requirements, allowed us to consider sampling methods. Several examples of sampling methods with R.padi are presented here.

I. INTRODUCTION

Les études d'abord partielles réalisées en 1983 et poursuivies de manière plus complète en 1984 et 1985 dans l'Ouest du bassin parisien permettent de déterminer avec suffisamment d'exactitude les conditions générales d'évolution de Metopolophium dirhodum Wlk., Sitobion avenae F. Rhopalosiphum padi L. (Homoptera Aphididae). Ces conditions générales d'évolution peuvent ouvrir la voie à divers axes de recherche orientés notamment vers des problèmes d'ordre nutritionnel. Elles peuvent aussi constituer une base de travail pour la mise au point de méthodes d'échantillonnage. Nous ne présentons ici que les résultats de 1984 et 1985, lesquels sont en conformité avec ceux de 1983. De plus les observations effectuées à Versailles sont pour l'essentiel en accord avec les résultats de chercheurs français de l'Ouest de notre pays ou étrangers principalement d'Europe de l'Ouest.

Tableau 1 - Méthode d'observations des populations de pucerons présentes sur le maïs.

- Methods for investigating aphid populations on maize.

<u>Stades phénologiques</u>	<u>Strates observées</u>
4-5 feuilles	cotylédon - 2 <sup>e</sup> feuille
6-7 feuilles	2 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> feuilles
8-9 feuilles	4 <sup>e</sup> et 6 <sup>e</sup> feuilles
10-11 feuilles	4 <sup>e</sup> , 6 <sup>e</sup> et 8 <sup>e</sup> feuilles
12-13 feuilles	4 <sup>e</sup> , 6 <sup>e</sup> , 8 <sup>e</sup> et 10 <sup>e</sup> feuilles
13-14 feuilles	6 <sup>e</sup> , 8 <sup>e</sup> , 10 <sup>e</sup> , 12 <sup>e</sup> panicule mâle
15-16 feuilles	6 <sup>e</sup> , 8 <sup>e</sup> , 10 <sup>e</sup> , 12 <sup>e</sup> , 14 <sup>e</sup> panicule mâle épis femelles
floraison femelle	
et stades phénologiques suivants :	choix identique de strates.

## II. ASPECT GENERAL DES FLUCTUATIONS DES POPULATIONS

Les travaux relatifs à la dynamique des populations ont été entrepris dans une parcelle de maïs L.G.11 située à La Verrière (78) près de Versailles.

### a - Méthodes

En 1984, à partir du mois de juillet, nous avons estimé la nature et l'importance des populations aphidiennes présentes sur le champ à partir d'observations hebdomadaires effectuées sur 147 plantes choisies au hasard à l'intérieur d'un carré latin. Les contrôles ont été effectués sur un certain nombre de strates conformément au tableau 1.

En 1985, les estimations ont été entreprises sur un nombre limité de plantes de l'ordre de 25 pieds de maïs par semaine. Contrairement à l'année précédente tous les organes de la plante ont été contrôlés. Les maïs sur lesquels étaient effectués les estimations ont été choisis au hasard dans une parcelle constituée de soixante dix rangs de maïs.

### b - Résultats

Pour les deux années consécutives la présentation hebdomadaire des résultats est faite par rapport à l'ensemble des plantes.

Nous remarquons (figure 1) que les populations de M. dirhodum et de S. avenae sont très importantes sur le maïs au cours du mois de juillet pendant trois à quatre semaines. Selon l'année, vraisemblablement en fonction des données climatiques de l'hiver précédent, l'une ou l'autre des deux populations aphidiennes est prédominante : en 1984 S. avenae était l'espèce la plus importante (figures 1a, 1b) et en 1985 ce fut le cas de M. dirhodum (figure 1). A la fin du mois de juillet les deux espèces d'aphides ci-dessus disparaissent et ce n'est qu'à partir de la dernière décade du mois de septembre et au cours du mois d'octobre que quelques individus isolés sont observés dans la culture. Peu importante pendant la première décade du mois de juillet la population de R. padi se développe par contre rapidement par la suite et les pucerons se maintiennent sur la plante jusqu'en octobre dans notre région (figure 1).

La partie descriptive de cette étude de dynamique des populations présente beaucoup de similitude avec les résultats des travaux sur maïs publiés par HAND et CARILLO (1982), GROOT et al., (1983). Cependant, contrairement à ce que nous observons en région parisienne, il semble que M. dirhodum est généralement plus abondant sur le maïs en Angleterre et en Hollande. Des travaux récents dont les résultats ont été présentés par nos collègues de Rennes et des chercheurs espagnols montrent également que le tracé des courbes obtenu à la suite d'une étude de dynamique des populations aphidiennes sur le maïs est assez identique à celui découlant de nos propres investigations.

## III. STRUCTURE DES POPULATIONS : EVOLUTION DU MORPHISME

L'étude du morphisme a pour but de comparer la structure de chaque population aphidienne en vue notamment de déterminer les périodes d'apparition des formes ailées. Nous ne présentons ici que les résultats de

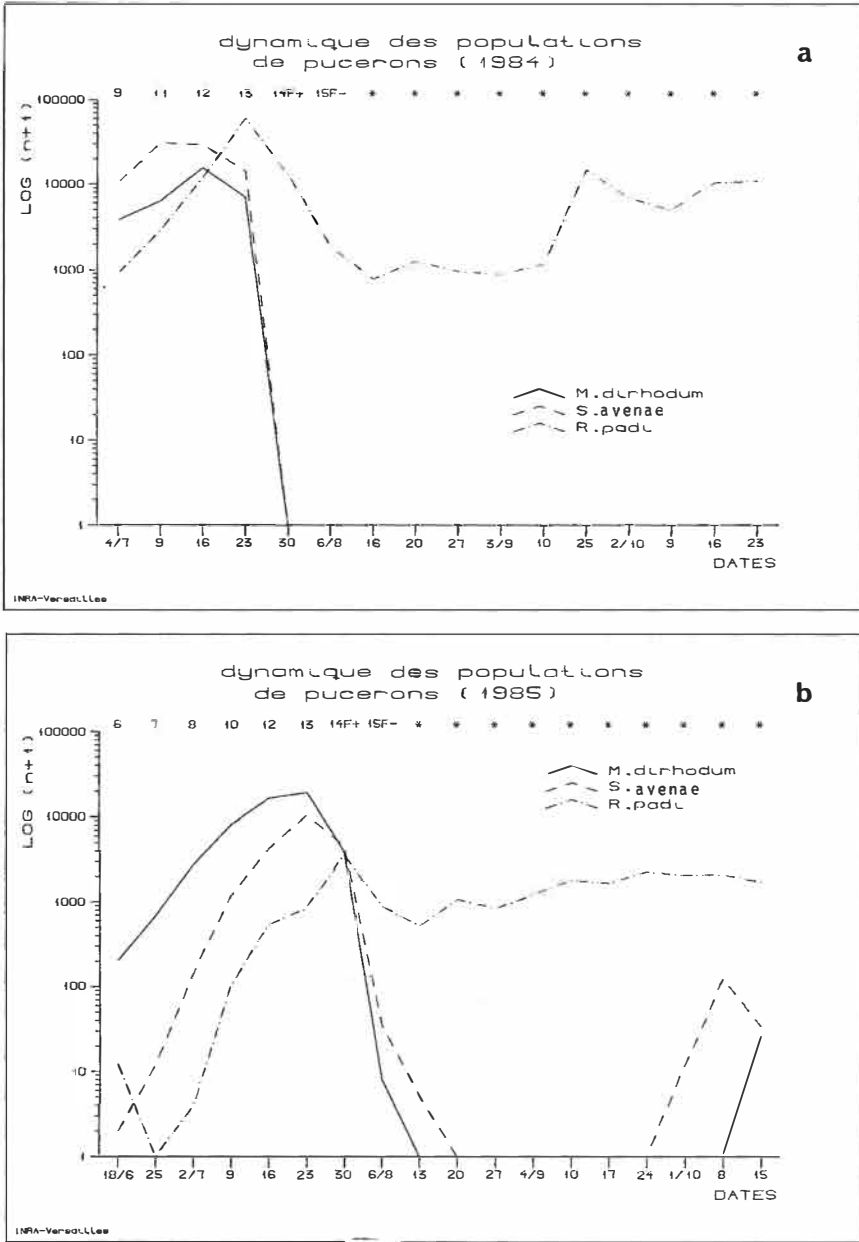


Fig. 1 -Dynamique des populations d'aphides sur maïs

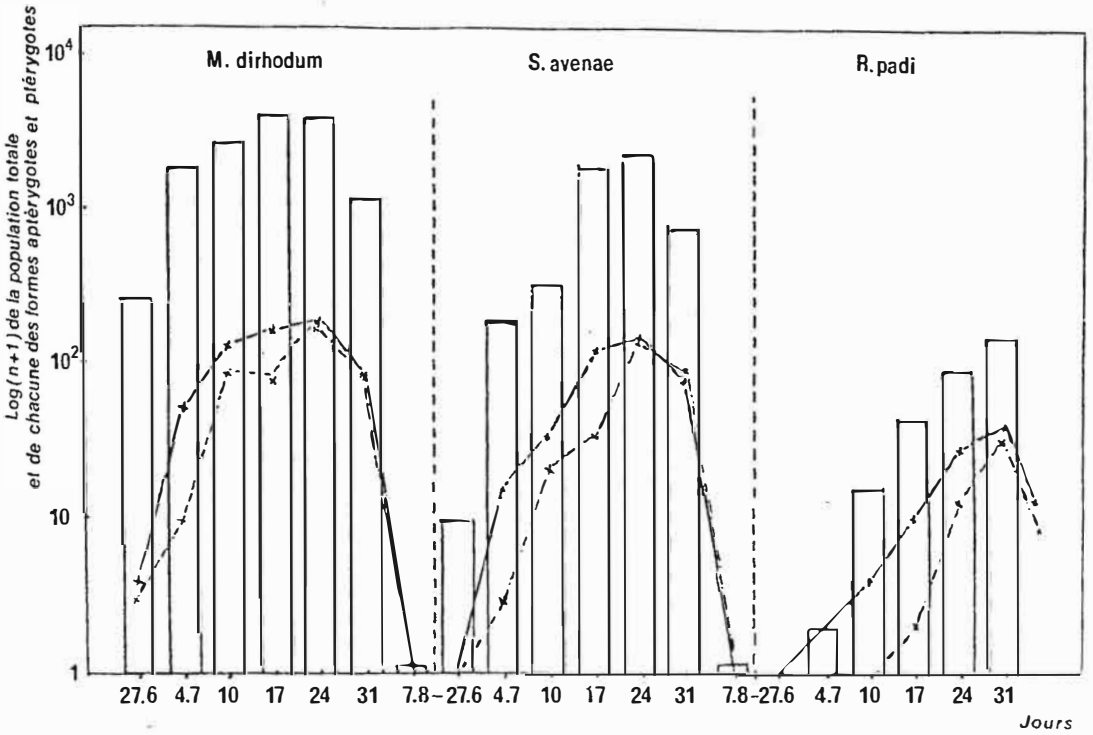


Fig. 2 -Importance d'apparition des formes aptérygotes et ptérygotes chez les trois espèces d'aphides

Numerical occurrence of apterous and winged larvae in the three species

Legend: histograms represent the whole population; full-line curves show apterae and dotted-line curves winged larvae

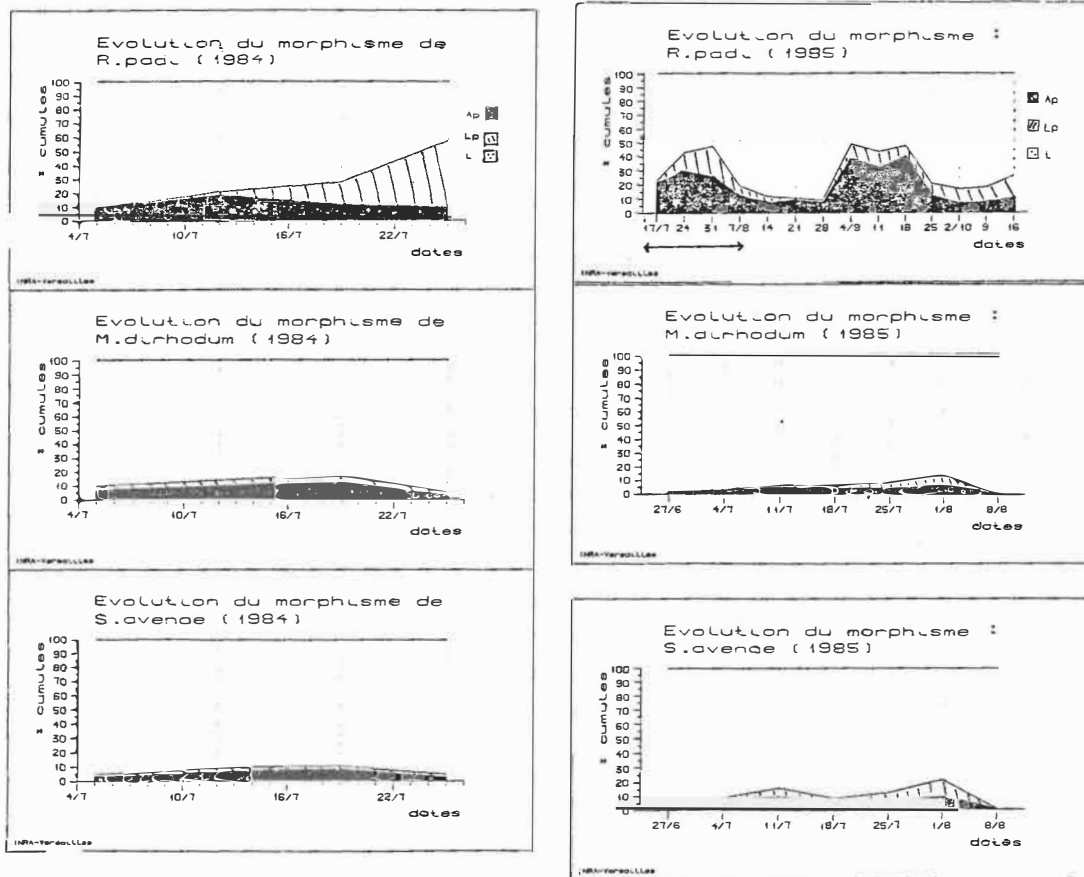


Fig. 3 et 4 - Structure de chaque population aphidienne

Structure of each aphid population with sampling dates on the abscissa and cumulative percentages of the different forms on the coordinate. ap=apterae; Lp=winged larvae; l=apterous larvae+non-differentiated larvae



1984 et 1985. Pour 1985, nous étudions l'évolution du morphisme des 3 espèces à partir des résultats exprimés respectivement en valeurs réelles et en valeurs relatives. La comparaison des deux résultats donne une indication assez précise en ce qui concerne la faculté d'adaptation de chaque espèce d'aphides au maïs. L'évolution du morphisme d'après les résultats exprimés en valeurs réelles à été identique en 1984.

#### a - Méthodes

En 1984 et 1985, selon le stade phénologique du maïs, nous avons contrôlé dix feuilles sur dix pieds de maïs choisis au hasard de la parcelle, sans séparer les organes foliaires de la tige ; ceci pendant toute la période où la majorité des pucerons se trouvait sur les feuilles, c'est à dire de la fin juin à la fin du mois de juillet. Les différentes strates qui ont été observées sont indiquées au tableau 1. Lorsque la présence des aphides était difficilement décelable, en particulier lorsque R. padi était situé sous les spathes des épis femelles, les pieds de maïs étaient coupés pour être observés sous abri à proximité de la culture. Le nombre de pieds de maïs prélevé pendant cette période était plus important: vingt cinq plantes ont été ainsi observées en 1984 et parfois quarante comme en 1985 lorsque les aphides étaient peu nombreux et très dispersés. Les aphides présents sur les différents organes de la plante étaient ensuite précipités dans de petits flacons contenant de l'alcool à 60° à l'aide d'un pinceau afin d'être transférés au laboratoire pour détermination à la loupe binoculaire. Pour chaque espèce d'aphides, nous avons différencié trois formes : les adultes aptères, les larves ptérygotes que l'on peut facilement distinguer au troisième et quatrième stade du fait de la présence des ébauches alaires, les larves aptères, plus les larves très jeunes dont la forme n'est pas encore définissable extérieurement.

#### b - Résultats

A partir de la fin du mois de juin jusqu'à la fin du mois de juillet, soit en 1985 du 27/6 au 31/7, période au cours de laquelle le nombre de pieds de maïs observés a été le même, nous constatons les faits suivants : M. dirhodum et S. avenae dont les populations sont très importantes pendant les deux premières décades du mois de juillet (figure 2) produisent en valeurs réelles beaucoup d'aptères et de larves ptérygotes capables d'assurer la prolifération des espèces. Or cela ne se produit pas dans les faits étant donné que les insectes disparaissent à la fin du mois de juillet ou au début du mois d'août (figure 2).

Par contre R. padi dont les individus sont encore peu nombreux à la fin du mois de juillet produit proportionnellement plus d'aptères et de larves ptérygotes que les deux espèces précédentes, (figure 3, résultats de 1984, figure 4, résultats de 1985 pour la période comprise entre le 17/7 et le 7/8). La structure de R. padi est ensuite présentée jusqu'à la mi-octobre (figure 4). Nous remarquons à ce sujet que ce dernier aphide produit une quantité importante d'aptères à partir de la fin du mois d'août jusqu'à la fin du mois de septembre. Compte tenu de ce que nous venons de constater, il est donc vraisemblable que R. padi présente une plus grande faculté d'adaptation au maïs que M. dirhodum et S. avenae.

#### IV. MODALITES DE REPARTITION DES APHIDES SUR LA PLANTE

La répartition des pucerons sur la plante peut être étudiée par rapport à deux périodes principales du cycle végétatif de la plante-hôte. Chacune de ces périodes correspond à un comportement particulier des insectes sur le végétal, notamment en ce qui concerne M. dirhodum.

Tableau 2 - Répartition de *N. dirichodum* et de *S. avenae* sur le maïs en 1985, (résultats exprimés en pourcentages)  
Distribution of *N. dirichodum* and *S. avenae* among the different plant levels (assessments are expressed in p.100)

STRATES OBSERVÉES	<i>N. dirichodum</i>							<i>S. avenae</i>													
	18/6	26/6	2/7	9/7	16/7	23/7	30/7	18/6	26/6	2/7	9/7	16/7	23/7	30/7							
16/0														1	0						
15														0	0						
14														0	0						
13												2	1	2							
12							1					5	4	7							
11							1	1	1			1	8	9	6						
10							1	2	3			6	9	13	8						
9							3	4	8			0	2	15	13	12					
8							1	8	13	10			7	10	12	17	15				
7							3	15	18	22			6	17	13	13	12				
6							0	0	1	9	13	17	23			31	14	7	9	14	
5							1	2	6	16	23	21	20			20	11	16	10	13	
4							9	13	23	35	23	17	10			24	25	11	7	4	
3							4	7	34	38	24	11	6	1			6	7	2	3	1
2							2	7	29	19	9	1	0			1	3	0	0	0	
1							11	14	10	3	0	0	0			1	0	0	0	0	
0*							5	7	2	0	0	0	0			7	0	0	0	0	

\* Cotylédons  
Les valeurs ci-dessus sont arrondies à l'unité supérieure au dessous de 0,5. De ce fait les p.100 totaux sont entre 99 et 100, (tableaux 2-3-4)

Tableau 3 - Répartition de *R. padi* sur le maïs en 1985, (résultats exprimés en pourcentages)  
Distribution of the *R. padi* population among the different levels, (assessments are expressed in p.100)

STRATES OBSERVÉES	<i>R. padi</i>																	
	18/6	26/6	2/7	9/7	16/7	23/7	30/7	6/8	11/8	20/8	27/8	4/9	10/9	17/9	24/9	1/10	7/10	15/10
16/0																		
15																		
14																		
13																		
12																		
11																		
10																		
9																		
8																		
7																		
6																		
5																		
4																		
3																		
2																		
1																		

MATURITE

\* Cotylédons (aucun Puceron sur les cotylédons)

et R. padi. La première période est comprise entre les stades 5-6 feuilles et 12-13 feuilles ; la seconde période débute au stade cornet panicule mâle sensible et s'achève à la senescence de la plante.

Les résultats que nous présentons ici sont ceux de 1985 ; ils sont en conformité avec les résultats de 1983 et de 1984.

Au cours de la première période, les trois aphides sont en compétition sur la plante et leur répartition est différente selon l'espèce :

M. dirhodum se multiplie surtout sur les six premières feuilles, de même que R. padi tandis que S. avenae se répartit sur un plus large éventail de feuilles, (tableaux 2 et 3, résultats de 1985). A ce sujet, DEAN (1974) et WRATTEN (1975) notent que M. dirhodum a un comportement comparable sur céréales à paille (tableau 2).

Au cours de la seconde période, seul R. padi se maintient sur la plante ; il colonise provisoirement le cornet puis la panicule mâle, (tableau 3). Ces deux derniers organes de la plante sont généralement porteurs de jeunes larves provenant de géniteurs ailés dont les ascendants se sont multipliés sur les premières feuilles du maïs. Ultérieurement les colonies de pucerons sont observées sur les spathes des épis ou à proximité immédiate et à la fin du mois de septembre les aphides envahissent de nouveau les feuilles conformément aux constatations qui ont été faites par HAND et CARILLO (1982), GROOT et al. (1983). (tableau 3, figure 5).

#### V. CARACTERISTIQUES DE LA REPARTITION VERTICALE DES PUCERONS. (DISCUSSION RELATIVE AUX CHOIX D'UNE METHODE D'ECHANTILLONNAGE)

Le mode de répartition des aphides dans une culture peut parfois limiter voir remettre en cause l'emploi de certains critères mathématiques habituellement utilisés dans la mise au point des méthodes d'échantillonnage. A ce sujet, nous avons pensé qu'il était intéressant de citer ici trois exemples dont l'un montre la difficulté d'un choix d'échantillonnage à partir du moment où la répartition des aphides présente un caractère certain d'hétérogénéité. Nous avons choisi pour ce faire le cas de R. padi parce que parmi les trois espèces d'aphides rencontrés sur maïs, il est celui qui est le mieux inféodé à la plante-hôte. Les exemples dont il est question concernent les périodes pendant lesquelles les homoptères sont en majorité sur les feuilles c'est-à-dire avant la floraison et lorsque les aphides quittent les épis pour s'installer de nouveau sur les organes foliaires. En effet, sur un plan vertical il n'y a pas semble-t'il pour la variété de maïs L.G.11 de choix particulier d'échantillonnage lorsque les aphides sont en majorité sur ou dans les épis.

##### a - Méthodes

L'interprétation des résultats est faite d'après les estimations de 1985. Rappelons que les plantes sur lesquelles ont été dénombrés les pucerons ont été choisies au hasard dans une parcelle de 5.000 m<sup>2</sup> environ comprenant soixante dix rangs de maïs : vingt cinq plantes ont été ainsi observées et les exemples d'échantillonnage hebdomadaires concernent les estimations des 16 et 23/7, à une époque où le maïs était respectivement aux stades 12 feuilles, panicule mâle sensible. Le dernier exemple auquel nous nous référons a trait aux estimations du 7 octobre à une époque où précisément les aphides quittent les épis pour se multiplier de nouveau sur les feuilles. Pour des raisons pratiques, les évaluations ont été regroupées pour deux feuilles consécutives. Les critères mathématiques que nous avons utilisés dans cette étude sont les suivants : 1) le coefficient de corrélation calculé entre le nombre de pucerons estimé sur

Tableau 4 - Caractéristiques de la répartition verticale des pucerons (choix d'une méthode d'échantillonnage).  
 - Characteristics of R. padi vertical distributions as a function of the maize phenological stage.

Dates	Stades phénologiques du maïs	Groupes de feuilles (p. 100 des effectifs pour 25 plantes)								
		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	épis 0
16/7	12 F	1%	29%	53%	13%	2%	1%			
	r = proportions moyennes d'infestations dans chaque strate et intervalle de confiance.		0,10 58±12	0,99 20±8						
23/7	13 F panicule mâle sensible		14%	21%	14%	4%	10%	4%	31%	1%
	r = proportions moyennes d'infestations dans chaque strate et intervalle de confiance.		0,47 15±4	0,44 26±7 → 44±9 ←	0,66 ←					
7/10	maturité de la graine			3%	22%	34%	24%	2%	0	14%
	r = proportions moyennes d'infestations dans chaque strate et intervalle de confiance.				0,54 16±10	0,78 34±14	0,70 24±12			
Pour n - 2 = 23 d.l. le coefficient de corrélation (r) de la table est égale à 0,42 - 16 = panicule mâle										

un groupe de strates donné et le nombre de pucerons évalué sur toute la plante. 2) les proportions moyennes d'infestations dans chaque strate calculées à partir des 25 plantes échantillonnées ; proportions suivies de l'intervalle de confiance estimé au seuil de probabilité de 0,05. Ce calcul donne une indication quant à la variabilité des proportions d'infestations pour le groupe de strates concernés d'une plante à une autre.

#### b - Résultats (tableau 4)

L'interprétation des données du tableau 4 ne concerne que les groupes de feuilles au niveau desquels les pourcentages des effectifs estimés de la population sont suffisamment importants. Ainsi à la suite des observations du 16 juillet 1985, nous remarquons que les groupes de feuilles 3 + 4 et 5 + 6, sont ceux sur lesquels il y a le plus de pucerons, respectivement 29 p. 100 et 53 p. 100 du total de la population estimée. Le coefficient de corrélation fait apparaître que seul le groupe de feuilles 5 + 6 est représentatif de la population totale, ( $r = 0,99$  contre 0,42 seuil de signification du test de non corrélation). Nous pourrions par conséquent supposer que le groupe de feuilles ci-dessus peut éventuellement constituer une base d'échantillonnage valable. Or, les calculs relatifs aux proportions moyennes dans chaque strate montrent que cette solution doit être envisagée avec réserve. En effet, nous constatons que ce sont les groupes de feuilles 3 + 4 où la proportion moyenne d'infestation est la plus élevée, (58 p. 100  $\pm$  12 p. 100) et donc très éloignée du pourcentage obtenu globalement dans notre échantillon (29 p. 100). Cela est dû au fait que parmi les groupes de feuilles 5 + 6 échantillonnés au hasard, il y avait un groupe foliaire qui représentait à lui seul 87 p. 100 du total de l'infestation d'une plante ; d'où la difficulté d'établir un mode d'échantillonnage, compte tenu du caractère grégaire très marqué chez les aphides. Par contre, les estimations du 23/7 et du 7/10 ne montrent pas une telle discordance entre les critères mathématiques pris en considération (tableau 4). Dans le premier cas (estimations du 23/7) nous voyons l'intérêt que peut représenter l'élargissement de l'éventail de l'échantillonnage lorsque la majorité des aphides est dans le cornet de la plante, (prélèvements de la cinquième à la huitième feuille). Dans le second cas, (estimations du 7/10), nous constatons que ce sont les groupes de feuilles 9 + 10, 11 + 12 qui sont les plus représentatifs de la population totale à une époque où dans notre région, les insectes quittent les épis femelles pour proliférer en premier lieu sur les feuilles à l'aisselle desquelles sont apparus les organes de fructification.

#### VI. CONCLUSION

Nous avons terminé la partie descriptive de cette étude de dynamique des populations aphidiennes sur le maïs qui nous a permis notamment de comparer nos résultats avec ceux d'auteurs étrangers. Ces résultats font apparaître une certaine similitude en ce qui concerne notamment l'aspect général des fluctuations, qu'elle que soit la latitude, tout au moins en Europe de l'ouest voir du sud. Il est donc permis de penser que la régression ou la disparition de M. dirhodum et de S. avenae n'est pas due uniquement à des facteurs climatiques. Les constatations concernant la répartition des aphides sur la plante recourent également dans les grandes lignes les observations qui ont été faites par les auteurs étrangers cités dans ce travail. Cette répartition des insectes sur le maïs mérite réflexion dans la mesure où elle pourrait être la conséquence d'exigences nutritionnelles en particulier pour M. dirhodum et R. padi. En fait le comportement des deux derniers aphides ouvre d'une part la voie à des expérimentations

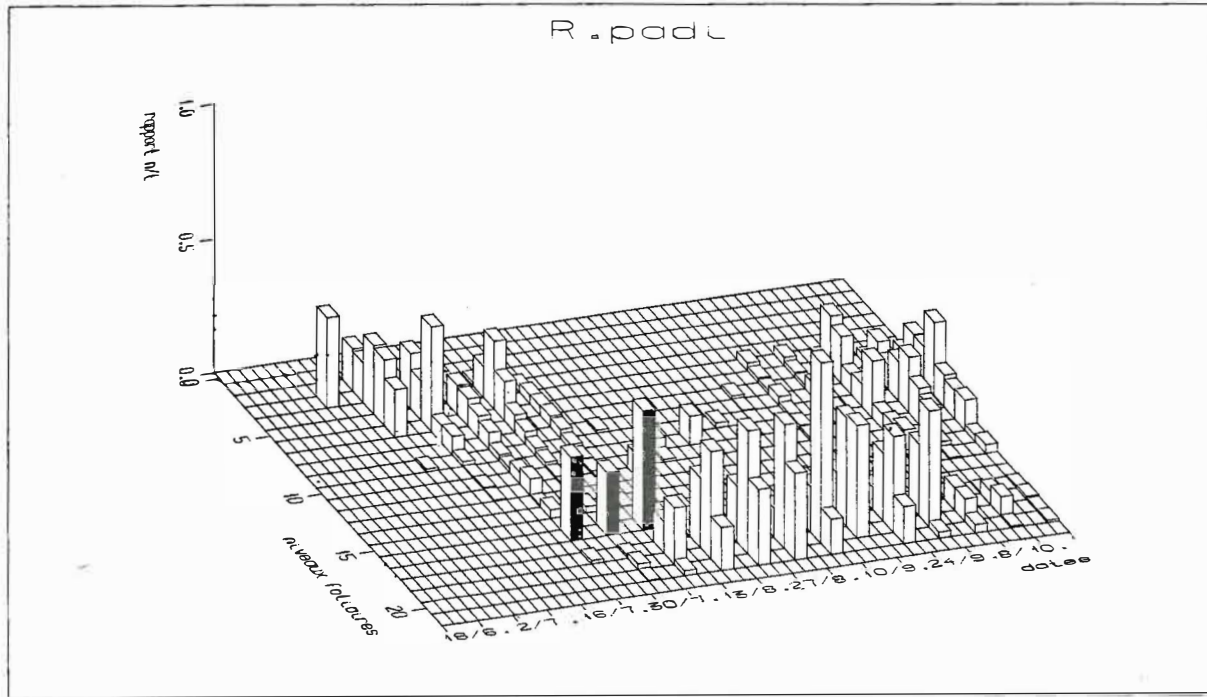


Fig. 5 -Répartition spatio-temporelle de R.padi sur maïs

Spatial and temporal distribution of R.padi on maize.  
 Horizontal axis:dates of observations and observed plant organs  
 (16=tassels,17 à 20=cobs).Vertical axis:product of the ratio.

susceptibles d'infirmier ou de confirmer l'hypothèse que nous venons de formuler. D'autre part, il semblerait intéressant à des périodes bien précises de visualiser uniquement certaines strates foliaires dans le but d'estimer le niveau global de population de R. padi. Pour cela, il serait profitable de vérifier sur d'autres années et d'autres variétés de maïs les résultats observés en 1985. Cela permettrait peut être de tirer davantage d'informations sur les répartitions verticales des pucerons et conduirait probablement à la mise sur pied de méthodes d'échantillonnage de "routine" allégées et fiables.

Remerciements - Nous exprimons notre reconnaissance à André KRAUSS du Laboratoire de Biométrie qui a bien voulu se charger du tracé des courbes, des graphiques à l'ordinateur.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DEAN G.J., 1974. The four dimensions of cereal aphids. Ann. appl., Biol., 77, 74-78.
- GROOT J.J.R., LAURENSE A., MANTEL R., RABBINGE R., SINKE J., 1983. Bladluizen in maïs : populatiedynamica, natuurlijke vijanden en Opbrengstderving. Gewasbescherming 14(5) 1983 : 167-176.
- HAND S.C. et CARILLO J.C., 1982. Cereal aphids on maize in Southern England. Ann. appl. Biol., 1982, 100, 33-47.
- HENRY M., 1986. Role of grasses and maize in the epidemiology of the Barley Yellow Dwarf Virus (B.Y.D.V.). Laboratoire d'entomologie fondamentale et appliquée. Université de Rennes I.
- PONS et ALBAJES. Rôles du maïs et de la culture associée Vesce céréale dans les populations des vecteurs de la J.N.O. en Catalogne.
- WRATTEN S.D., 1975. The nature of the effects of the aphids Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum on the growth of wheat. Ann. appl. Biol., 79, 27-34.

BIOLOGY OF BYDV VECTORS IN WHEAT IN CATALONIA (SPAIN)

X. Pons & R. Albajes

Institut d'Investigació i Desenvolupament Agrari  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Protecció de Conreus  
Agda.Rovira Roure 177. 25006 Lleida  
Espanya

SUMMARY

Some research work on the biology of BYDV vectors has been carried out in Lleida (Spain, Catalonia) since 1983. When the winter cerealemerges before the end of November, significant aphid populations (mostly of Rhopalosiphum padi) were recorded in the autumn. R. padi, Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum displayed anholocyclic behaviour and during the winter of 1983/84 reproduction activity was recorded. These three species reached their peaks in early June and they rarely exceeded 10 aphids per tiller.

INTRODUCTION

Winter cereals are widely cultivated in Spain (7432724 Ha), consisting mostly of wheat and barley.

Crop	Irrigated		Non-irrigated		Total	
	Ha	kg/Ha	Ha	kg/Ha	Ha	kg/Ha
Wheat	260,343	3,465	2343,090	1,450	2603,433	1,651
Barley	209,565	3,396	3283,191	1,672	3492,756	1,775

Little information is available on BYDV incidence in Spain. The disease was first described for rice (Medina et al. 1978) and since then, some positive assessments have been pointed out in Andalusia, Catalonia and Castile (Alfaro & Jordá, 1983) for wheat and barley. The highest incidence was recorded in 1983 in Lleida according to CIMMYT data (Fuentes, 1984). In the South of Spain, (and probably also in Lleida), hard wheat is more affected than the soft varieties (Alfaro, 1984; Fuentes, 1984).

The biology of BYDV vectors is largely unknown in Spain, with the exception of Castañera & Gutiérrez's (1983, 1985) studies. Thus, some research work on this topic was begun in 1983 in order to get to know the main features of the vector behaviour in relation to BYDV epidemiology.



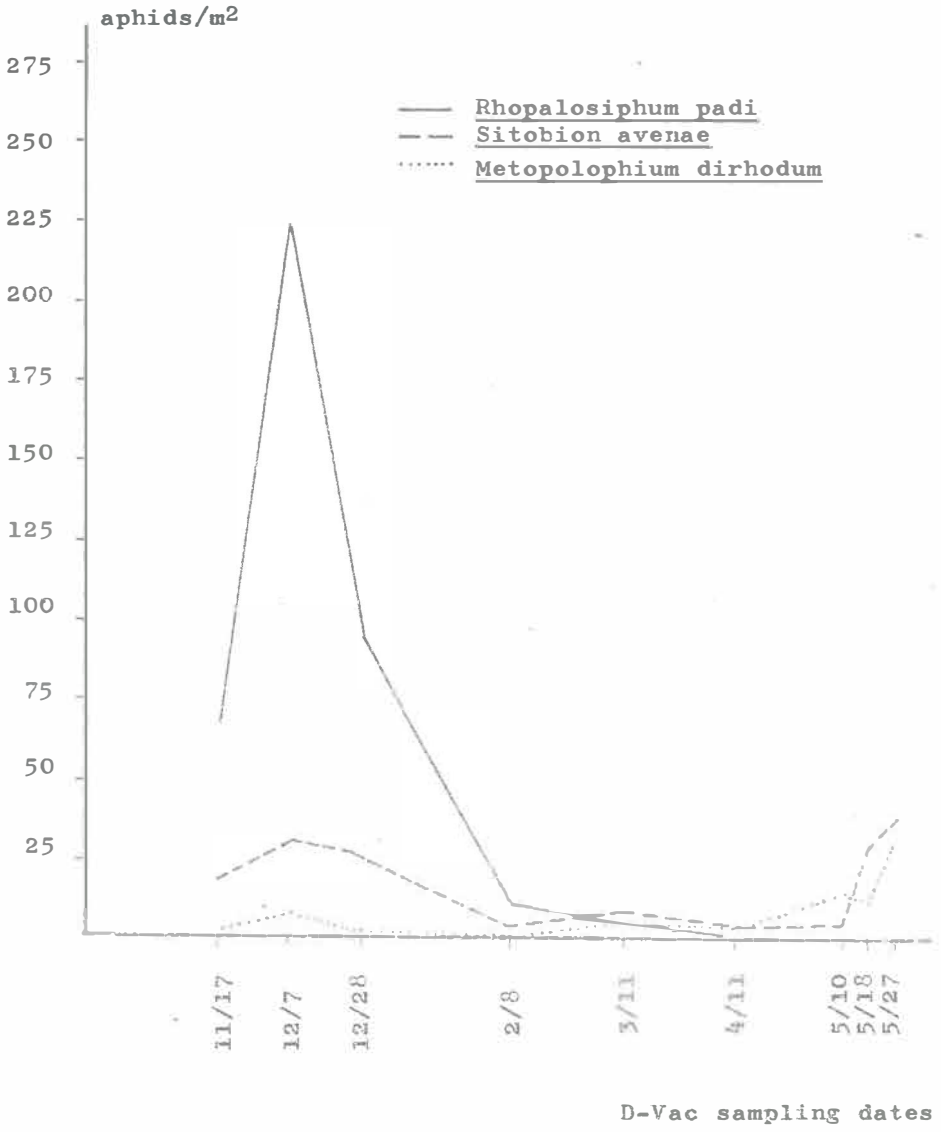


Figure 1.- Aphid populations during the 1984/85 winter in an early-sown wheat plot.

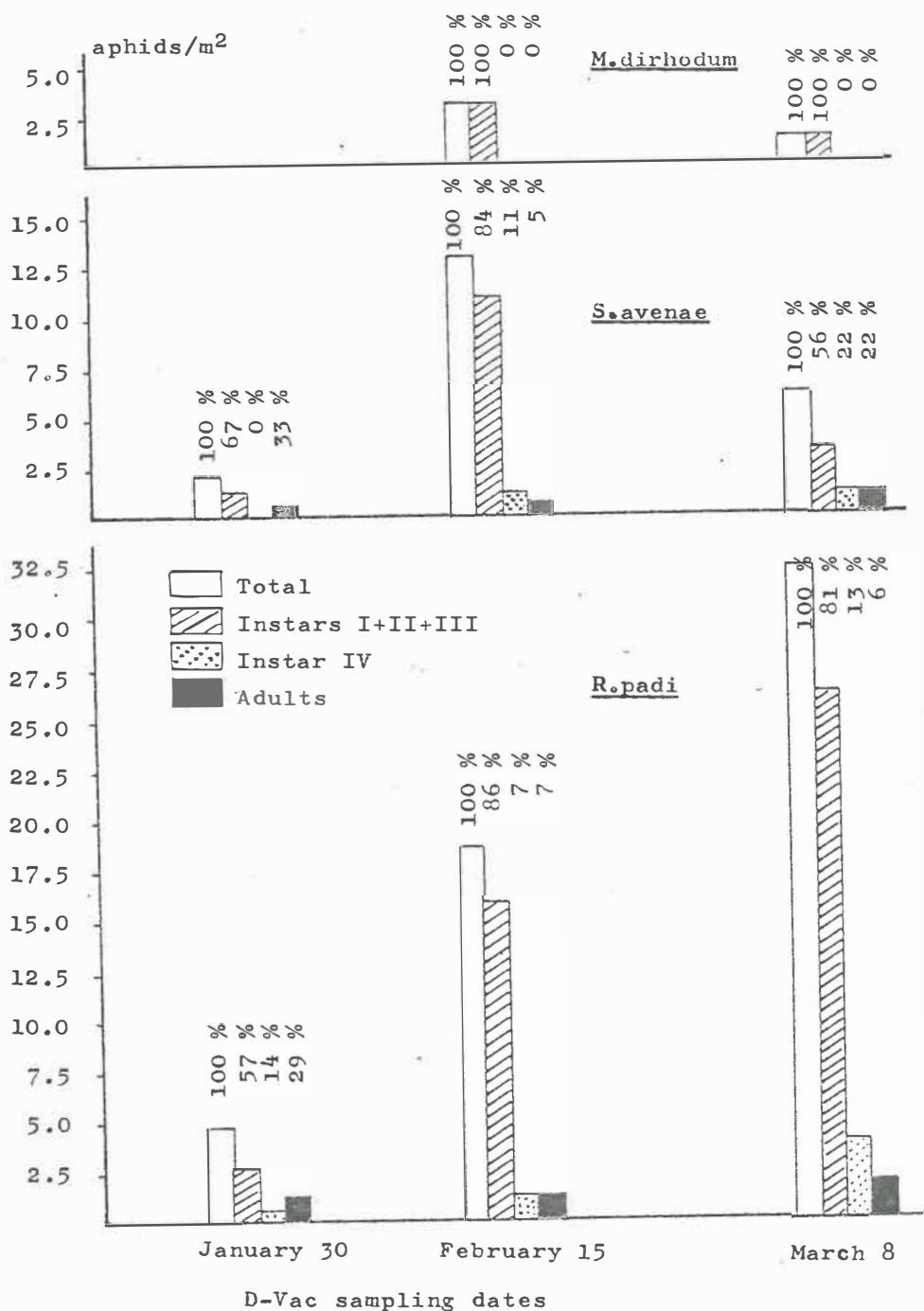


Figure 2. Age structure of aphid populations in an early-sown wheat plot during the 1983/84 winter.

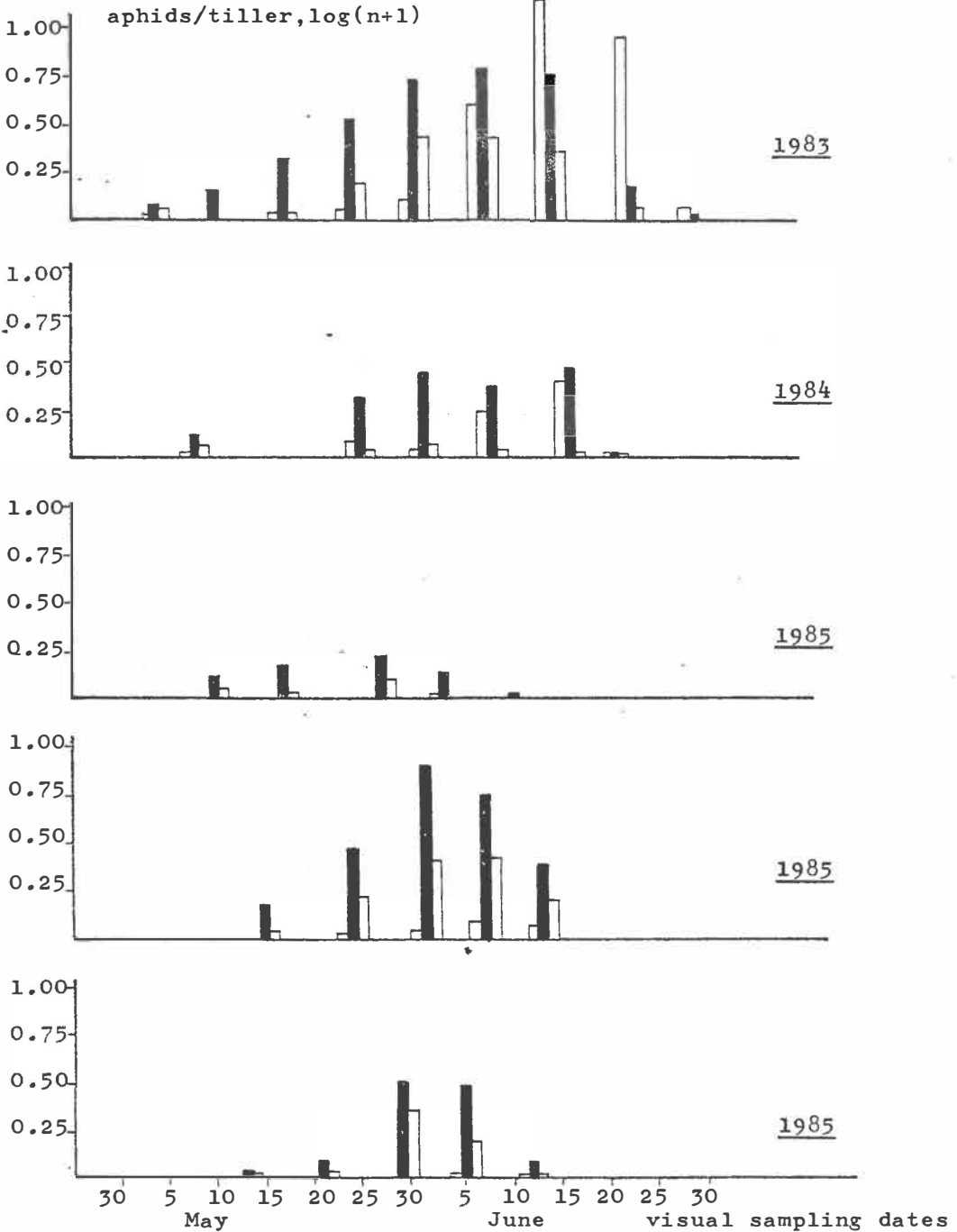


Figure 3.- Aphid populations during the 1983, 1984 and 1985 springs in several wheat plots. Each number is the average of 25(1983), 100(1984) and 200(1985) visual sampled tillers. Aphid species: Rhopalosiphum padi (left), Sitobion avenae (centre in black) and Metopolophium dirhodum (right).

The aim of this communication is to report the most significant results (unpublished) obtained during the last three years in Lleida (Catalonia). Nevertheless, more experimental work is necessary in order to confirm or reject some of the conclusions outlined below.

#### APHIDS IDENTIFIED ON WHEAT

The following aphid species have been identified on wheat (mostly on cv. Mexicale): Sitobion avenae, Rhopalosiphum padi, Metopolophium dirhodum, R. maidis, M. festucae, Schizaphis graminum, S. fragariae, Biuraphis noxia and Macrosiphum euphorbiae.

S. avenae, R. padi and M. dirhodum were, by far, the most abundant.

#### AUTUMN SITUATION

Early-sown plots (emergence before the end of November) show significant aphid populations, mostly of R. padi (fig.1). On the contrary, late-sown plots (emergence after the end of November) are aphid-free during the rest of the autumn and most of the winter.

#### WINTER SITUATION

Mild winters (1983/84) allow aphids to overwinter on the cereal and even permit their reproduction. Figure 2 shows the age structure of populations of R. padi, S. avenae and M. dirhodum during the 1983/84 winter (sampled with D-Vac) in an early autumn-sown plot.

On the contrary, especially hard winters (1984/85) produce a high mortality rate in aphid populations. In January 1985, a 12 day period with minimum temperatures below -6°C caused the disappearance of R. padi populations in one wheat plot and S. avenae and M. dirhodum populations decreased remarkably (fig. 1).

#### SPRING SITUATION

Overwintering populations start to increase rapidly from the end of April or the beginning of May in accordance with the first alate immigrations (recorded with a Johnson-Taylor suction trap). Figure 3 shows the evolution of the population numbers of the three main aphid species during the spring in five sampled plots. The numbers and the relative importance of the three species are very variable. Peaks, usually occurring in the first fortnight of June (Zadoks GS 71-87), were below 10 aphids per tiller. Low numbers of R. padi populations in 1985 were probably due to high winter mortality. After the peak, populations decreased to nil in the next 15 days. The decrease in populations was not so sudden as has been recorded in the Centre of the Iberian Peninsula (Castañera & Gutiérrez, 1985). In Lleida the wheat is irrigated, so mudity is probably higher than in the Centre and the effects of high temperatures on aphids are not so marked.

The first aphids were recorded on corn, coinciding with the beginning of the decrease in aphid populations on wheat.

#### CONCLUSIONS

Some features of winter cereal aphid biology in Lleida may be emphasized:

- Noticeably aphid density, mostly R. padi, is expected on early-sown wheat fields (emerging before the end of November). Therefore, a primary inoculation of BYDV is possible in this period.

- An anholocyclic behaviour of R. padi, S. avenae and M. dirhodum was observed in 1984 and 1985 and relatively high increase rates were recorded in the winter of 1983/84, so virus disease may spread to the whole plot during this period.

- The populations recorded on wheat in May and June are lower than those pointed out in the Centre and North of Europe (Bode, 1980; Latteur, 1985; Wratten & George, 1985), and they probably do not reach economic thresholds, although it should be borne in mind that R. padi is mostly localized on the ear and that it is probably more harmful than in other countries.

#### REFERENCES

- Alfaro, A. 1984. Spain situation report. In CIMMYT "Barley Yellow Dwarf". Proceedings of the workshop."
- Alfaro, A. & Jordá, C. 1983. El "enanismo amarillento de la cebada" (BYD) en España. Actas de las I Jornadas Técnicas sobre Cereales de Invierno, II:138-150.
- Bode, E. 1980. Aphids in winter wheat: abundance and limiting factors from 1976 to 1979. Bull.SROP III: 49-57.
- Castañera, P. & Gutiérrez, C. 1983. Importancia relativa de las plagas de cereales de invierno en la zona Centro. Actas de las I Jornadas Técnicas sobre Cereales de Invierno, II: 115-126.
- Castañera, P. & Gutiérrez, C. 1985. Studies in the ecology and control of cereal aphids in winter wheat in Central Spain. Bull.SROP VIII/3:45-47.
- Fuentes, S. 1984. Iberian Peninsula, situation report. In CIMMYT "Barley Yellow Dwarf". Proceedings of the workshop".
- Lateur, G. 1985. Aperçu des travaux effectués en Belgique de 1971 a 1983 en vue de rationaliser la lutte contre les pucerons des céréales en froments d'hiver. Bull. SROP VIII/3: 40-44.
- Medina, V.; Campos, T.; Ballesteros, R.; Garrido, A. & Alfaro, A. 1978. Un complejo problema: el "enrojat" del arroz. Comunicación a la 1ª reunión anual de la Sociedad Española de Microbiología (sección Fitopatología). Valencia.
- Wratten S.D. & George, K.S. 1985. Effects of cereal aphids on yield and quality of wheat and barley. Bull.SROP VIII/3: 10-35.

ROLE OF CORN AND THE VETCH + CEREAL ASSOCIATED CROP IN BYDV  
VECTOR POPULATIONS IN CATALONIA (SPAIN)

X. Pons & R. Albajes

Institut d'Investigació i Desenvolupament Agrari  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Protecció de Conreus  
Agda. Rovira Roure 177. 25006 Lleida (Espanya)

SUMMARY

Two aphid population peaks were recorded throughout the maize crop in 1983, 1984 and 1985. The first one occurred in June and was composed of alatae and young nymphs of Sitobion avenae, Rhopalosiphum padi and Metopolophium dirhodum. The second one took place in September-October and in this period R. padi was the predominant species. In July and August only a few sampled corn plots were infested by aphids, mostly by R. padi. On the vetch+cereal associated crop, several BYDV vector species were identified and their populations sometimes reached significant levels. BYDV presence was confirmed in both the corn and the associated crop. In the light of this, these crops may allow the maintenance of BYDV inoculum and vector populations between two winter cereal cycles.

INTRODUCTION

In Lleida, crop rotation usually includes corn and winter cereals and sometimes the latter is sown immediately after maize harvesting.

Only one insecticide application is usually done in Lleida to control soil pests and early sucking insects. However, systemic soil insecticides have not proved capable of controlling aphids on corn.

Vetch (Vicia villosa) + cereal, a forage crop, is sown in early autumn and harvested in late winter or at the beginning of spring. Its surface area is low but it shows a mosaic distribution in the study area.

APHID SPECIES IDENTIFIED ON CORN

The following BYDV vectors have been identified on corn during the last three years: R. padi, S. avenae, M. dirhodum, R. maidis, M. festucae, Schizaphis graminum, Sipha maidis and Macrosiphum euphorbiae (this non-vector).

APHID POPULATION DYNAMICS ON CORN (fig.1)

Emergence of corn frequently coincides with the aphid peaks in winter cereal. Aphid populations in corn increase parallel with the fall in aphid numbers in winter cereal.

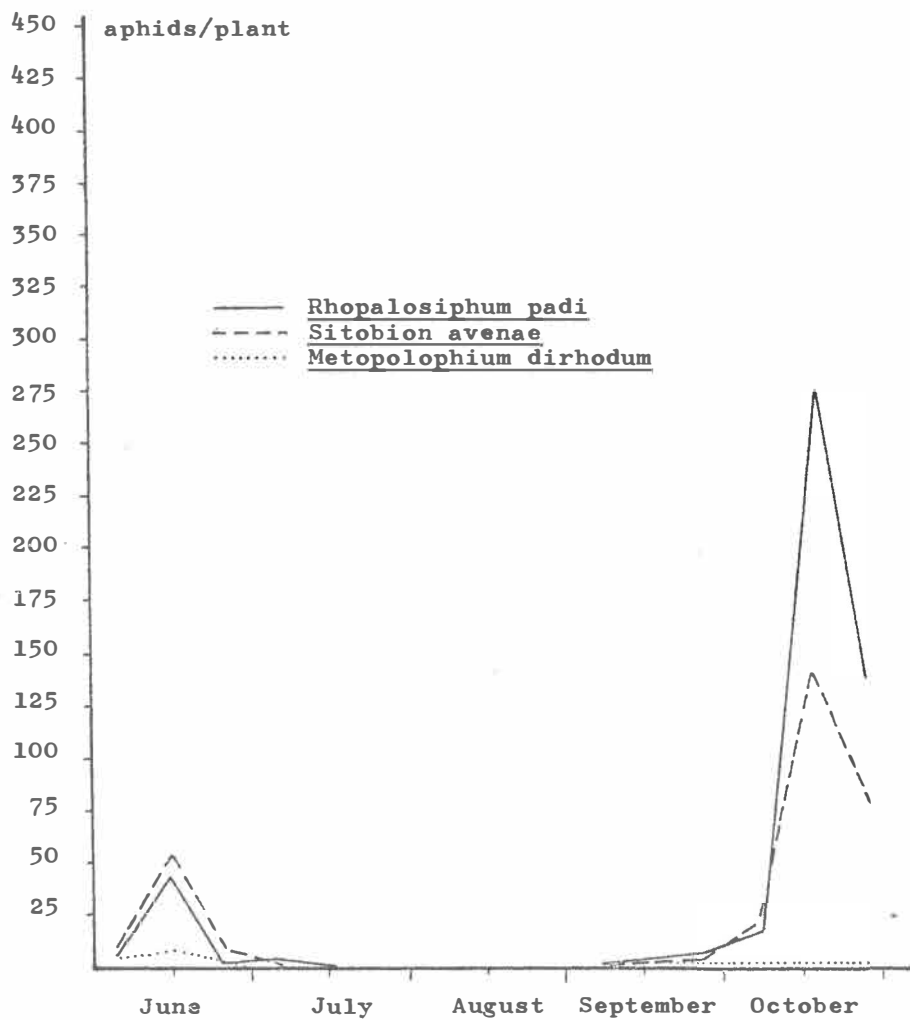


Figure 1.- Aphid populations during the 1984 summer and Autumn in a corn plot. Each number is the average of 25 sampled plants.

The first aphid peak has always been recorded in June; afterwards populations fall abruptly and become practically nil until September. However, some sampled plots showed noticeably high numbers of R. padi during August.

A second peak was usually recorded in September or October and populations sometimes remained high until harvesting.

R. padi, S. avenae and M. dirhodum were the main species in the first peak and their relative abundance changed with plot and year; the first two species were usually the most abundant. Only alatae and young nymphs could be observed on corn in June.

R. padi was the most common species in the second peak, although S. avenae reached noticeably high levels too.

In 1985, BYDV was detected in some samples of corn leaves from Lleida. Thus, this crop may be an important host for BYDV and its vectors during the summer and early autumn, exactly as has been pointed out in other countries (Dedryver & Robert 1981).

The damage caused by aphid feeding and sooty mould on corn is probably low. On the contrary, some aphid-transmitted viruses (MDMV) cause severe losses in corn in some areas of Catalonia (Pons & Albajes, 1986).

#### ROLE OF THE VETCH+CEREAL ASSOCIATED CROP

Several aphid species have been identified on this forage crop. This table shows some significant records of D-Vac sampling during 1984 and 1985:

<u>Dates</u>	<u>aphids/m<sup>2</sup></u>					
	<u>R.padi</u>	<u>R.maidis</u>	<u>S.avenae</u>	<u>M.dirhodum</u>	<u>S.graminum</u>	<u>D.noxia</u>
02.11.84	153.3	110.6	15.0	19.4	9.4	60.6
28.12.84	401.0	1.0	53.7	1.0	0	0
19.11.85	111.9	17.4	20.6	110.3	4.8	4.0
25.11.85	141.3	17.5	34.9	31.7	3.6	6.4

These high numbers allow us to assign an important role of the vetch+cereal associated crop as a host of BYDV and its vectors, especially during the autumn and winter.

#### CONCLUSIONS

According to the results achieved in Lleida in the last three years (1983/85), summarized in the preceding paper and in this one, the BYDV, mainly harmful for winter cereal in Spain, and its vectors, have suitable hosts available during the whole year. Winter cereal, corn (and perhaps sorghum) and the associated crop are the main gramineae in this respect.

In non-Mediterranean European areas this cycle has been differently described. Dedryver & Robert(1981) and Bayon & Airault (1983) assign to corn and volunteer cereals a major role between two winter cereal crops in the North of France



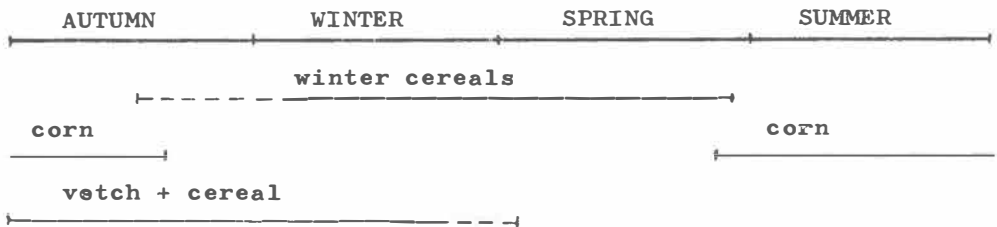
and Doodson (1967) and Carter (1984) pointed to grasses as the main reservoir of virus and vectors in summer in England.

In Mediterranean areas, under different weather and cropping system conditions, the cycle of BYDV and its vectors is probably different.

Grasses (spontaneous ones and those covering the soil of orchards) have been sampled in Lleida over the three last years and showed very few aphids, although some of these grasses had been confirmed as reservoirs of virus (Alfaro, personal communication).

Cultivated gramineae are probably the elements responsible for maintenance of BYDV inoculum and vector populations during the summer and autumn in irrigated Mediterranean areas.

The following diagram shows the possibilities of maintenance of high BYDV inoculum and vector populations over the whole year in Lleida



#### REFERENCES

- Bayon, F. & Airault, J.P. 1983. La Jaunisse Nanisante de l'Orge (JNO), méthode actuelle de prévision de risques en automne. Def.Veg. 223: 268-275.
- Carter, N. 1984. Cereal Pests: Present Problems and Future Prospects. Proceedings of 1984 British Crop Protection Conference. Pests and Diseases: 151-158.
- Dedryver C.A. & Robert, Y. 1981. Ecological role of maize and cereal volunteers as reservoirs for gramineae virus transmitting aphids. Proceeding 3rd Conf.Vir. Diseases Gramineae in Europe. Harpenden, Herts, U.K.:61-66
- Doodson J.K. 1967. A survey of barley yellow dwarf virus in perennial ryegrass in England and Wales. Pl.Path.16:42-5.
- Pons, X. & Albajes, R. 1986. Los pulgones como vectores de virosis en maiz. Ponencias y Comunicaciones de las IV Jornadas Técnicas sobre Maiz. Plagas: 27-44.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

Funds supporting these studies (preceeding paper and this one) were provided by the Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (Project no. 639/4)

POSSIBILITES DE SURVIE ESTIVALE ET HIVERNALE D' APHIDIUS UZBEKISTANICUS LUZ.

Liliane KRESPI \*, J.M. RABASSE \*\* et A.A. IBRAHIM \*\*

Groupe de recherches Biocénoses Aphidiennes, Association INRA - Université de RENNES 1.

\* Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, Campus de Beaulieu, 35042 RENNES CEDEX, FRANCE.

\*\* INRA, Station de Zoologie et de Lutte Biologique, 37 Bd du Cap, 06606 ANTIBES CEDEX, FRANCE.

Summary

In this paper, we present data concerning aestival and hibernal survival mechanisms of Aphidius uzbekistanicus Luz., the main parasite of cereal aphids. A low percentage of parasites were found to emerge on wheat, after a summer interruption in development of 3 months. In winter, on wheat volunteers, "mummies" were scarce and the rate of hyperparasitism was high (53%). The life cycle of A.uzbekistanicus was prolonged in semi-natural conditions constituting an important mode of survival. Under these conditions, interruptions in development rarely occurred. Total duration of development, longevity and active period of the adult parasites were also studied under experimental conditions at low temperatures. It was possible to prolong the developmental period of the parasite to up to 5 months. In addition, some interruptions in development were found to affect only 4% of the 4th instar larvae.

1. INTRODUCTION

De nombreuses espèces de parasites de pucerons ( Hym., Aphidiidae ) strictement spécifiques répondent à la longue absence de stades réceptifs de leur hôte par une diapause de longue durée ( STARY, 1968, 1972, 1975 ). Les choses ne sont pas si simples pour les espèces oligophages qui sont les plus importantes pour l'agriculture en régions tempérées. Ces espèces sont généralement confrontées à deux périodes où leurs hôtes sont rares ou, à la limite, absents : la période la plus chaude de l'été et la période la plus froide de l'hiver. Elles y répondent par plusieurs mécanismes complémentaires, dont l'importance peut varier. Il est difficile, dans ces conditions, d'avoir une vision d'ensemble des modes de survie d'une espèce.

Nous avons cherché dans cet article à rassembler les éléments connus concernant le principal parasite des pucerons des céréales, Aphidius uzbekistanicus LUZ.(1), qui est considéré comme spécifique de pucerons des Graminées.

---

(1) au sens de RABASSE (1982) et en tenant compte des remarques de LATTEUR et RASSEL (1979) et de PUNGERL (1983).

Des observations de terrain ont été effectuées en Bretagne (Rennes) et dans le midi (Antibes). Les données expérimentales concernent toutes la même souche qui provient de Bretagne.

## 2. SURVIE ESTIVALE : OBSERVATIONS DE TERRAIN

Un faible pourcentage de "momies" prélevées sur céréales à paille présentent un arrêt de développement estival. A Rennes, sur 694 "momies" prélevées sur blé à la mi-juin 1984, seulement 7 A.uzbekistanicus émergèrent à la mi-Septembre, soit 1% (prélèvements réalisés les 19 et 20 juin; émergence entre le 9 Septembre et le 9 Octobre). En 1985, le pourcentage était de 0,25%, soit 5 individus (prélèvements les 13 et 14 Juin; émergences tardives mi-Septembre).

A Antibes, les "momies" prélevées au cours de la culture en 1985 et non écloses fin Août ont été disséquées : 3,3%, soit 67 "momies" contenaient une larve de 4<sup>ème</sup> stade d'Aphidius en arrêt de développement. Avec cette méthode, l'identification spécifique des insectes n'a, bien sûr, pas été possible.

Donc, dans les deux cas, un faible pourcentage de parasites présente un arrêt de développement pour lequel les indications dont nous disposons indiquent une durée de 3 mois; il s'agit d'une estivation. On peut s'interroger sur les chances de survie des parasites contenus dans ces "momies" sur le terrain, en raison d'une part de la récolte, d'autre part de l'hyperparasitisme très élevé par des espèces extrêmement polyphages, que l'on observe en Juillet (80% ou plus).

Alors qu'au champ, cette diapause est rare, rappelons qu'en élevage, nous observons régulièrement sur Sitobion avenae F. des larves de parasites en arrêt de développement au 4<sup>ème</sup> stade (de 5 à 46% selon la période), alors que les conditions de température et de photopériode (20°, 16h) restent stables (KRESPI et al., 1986).

## 3. SURVIE HIVERNALE

### A. Observations de terrain

De début Octobre à la fin de l'année en Bretagne, les "momies" d'A.uzbekistanicus sont rares. Nous les avons recherchées essentiellement sur repousses de blé fin 1984. L'hyperparasitisme était élevé : 53% des 147 "momies" d'Aphidius spp. que nous avons pu récolter au cours de ces 3 mois. Dans ces conditions, nous avons obtenu des pucerons prélevés :

Date de prélèvements	Durée momification-éclosion dans les conditions extérieures:
OCTOBRE : 5 Femelles et 2 Mâles	7 à 14 jours
NOVEMBRE : 4 Femelles et 2 Mâles	11 à 19 jours
DECEMBRE : 3 Femelles et 1 Mâle	10 à 28 jours

On note le pourcentage élevé de femelles (70% contre 60% au printemps). Janvier est le mois le plus froid et nous n'avons pu mettre en évidence ce parasite qu'au mois d'Avril. Dans la même région, des données antérieures (RABASSE et DEDRYVER, 1983) montraient une présence continue d'A.uzbekistanicus pendant l'hiver.

Fig. 1 - Températures maximales et minimales quotidiennes de Novembre 1984 à Mars 1985, en conditions semi-naturelles.

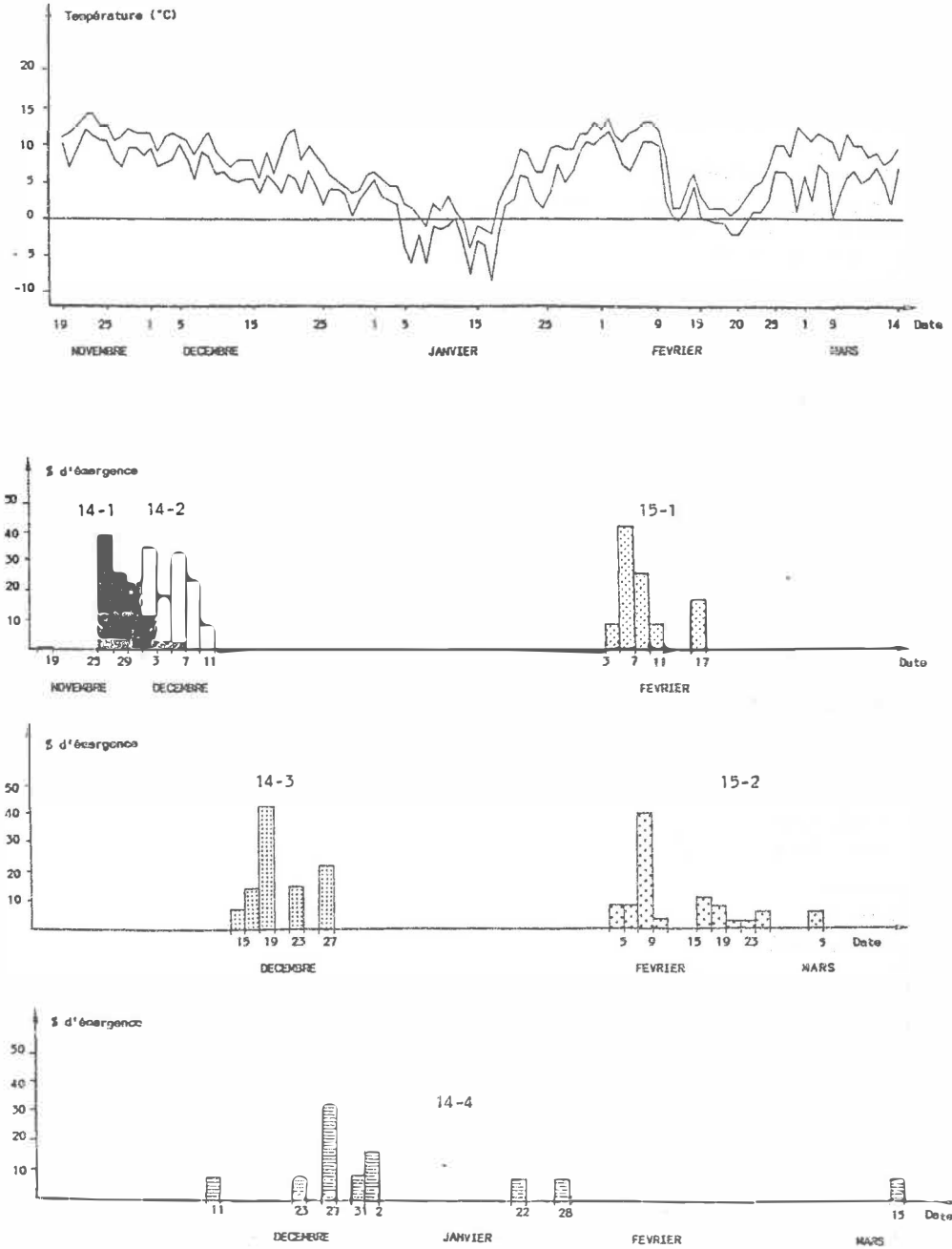








Fig. 2 - Emergences des monies d' *Aphidius usbekistanicus* des 14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> générations en conditions semi-naturelles, pendant l'hiver 1984 - 1985.

**Légendes des figures:**

Génération	Lots de "momies"	Date de formation des "momies"
14	1	 09, 12 et 16/11/84
14	2	 19/11/84
14	3	 28/11/84
14	4	 30/11/84
15	1	 27/12/84
15	2	 03 et 04/01/84

**Notes:**

Fig.1: Les températures sont captées dans les éclosoirs à "momies" et scrupuleusement toutes les 2 minutes. Les moyennes sont calculées sur 6 valeurs par jour.

Fig.2: L'éclosion des lots de "momies" a été décrite sur des graphiques différents pour la clarté de la représentation.

**B. Observations en conditions semi-naturelles**

Les difficultés d'étude directe nous ont conduits à faire des observations en boîtes d'élevage à l'extérieur au cours de ce même hiver 1984-1985. Un élevage a été mis en place dans les conditions extérieures à Rennes, en Septembre 1983. A chaque génération (Gn), 3 couples de parasites de la génération précédente sont mis en présence de *S.avenae*, en nombre constant, et de miel. Toutes les "momies" sont récoltées et leur éclosion observée dans les mêmes conditions. Nous nous sommes intéressés à la G14 (début le 22/10/84) et à la G15 (début le 23/11/84). La figure 1 présente l'évolution de la température au cours des générations, la figure 2, l'évolution des éclosions.

On constate une forte dilatation hivernale du cycle, qui explique, au moins partiellement la diminution de l'effectif de "momies" observé sur le terrain:

Gn	Date de 1ère piqure	Date 50% d'éclosions	Effectif
G14	22 Octobre ——— 37 jours	28 Novembre	n=126
G15	23 Novembre ——— 78 jours	9 Février	n=48

Pendant les 3 premières semaines de Janvier, alors que les températures étaient voisines ou inférieures à 0°C, on enregistre l'arrêt des éclosions du lot de "momies" de G14 formées le 30 Novembre, deux individus éclosant respectivement les 21 et 28 Janvier. Enfin, un seul individu du même lot n'éclosa que le 14 Mars, après un arrêt de développement prononcé.

#### 4. POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT ET D'ACTIVITE A BASSE TEMPERATURE

Des observations en conditions contrôlées permettent d'interpréter l'activité hivernale, que nous venons de constater.

##### A. Durée de développement

A une température constante de 7°C (photopériode de 9 heures), les durées de développement d'A.uzbekistanicus sont les suivantes :

Sur :	jusqu'à la momification	jusqu'à l'éclosion	n
<u>Metopolophium dirhodum</u>	22-23 jours	33-40 jours	140
<u>Sitobion avenae</u>	19-40 jours	40-56 jours	66
<u>Rhopalosiphum padi</u>	22-44 jours	40-63 jours	67

Les valeurs extrêmes indiquent la variabilité entre les moyennes obtenues pour différents stades de la forme aptère. Le cycle à cette température dure donc de 1 à 2 mois.

Dans une autre expérience, menée dans des conditions moins "standard", la température moyenne a été de 4,5°C (minimum 4°C, bref dégivrage à 15°C chaque jour) et la photopériode de 8 heures. Des lots de 20 S.avenae parasités ont été disséqués à chaque date et nous avons obtenu les résultats suivants:

18 jours : pas de larves  
39 jours : 100% de L2  
55 jours : 15% de L2 et 85% de L3  
69 jours : 17% de L3 et 83% de L4, début de formation des "momies".  
101 à 144 jours : éclosion

A 144 jours, il reste 4% d'individus bloqués au 4ème stade larvaire, mais nous n'avons pas observé d'arrêt de développement plus précoce. Malgré son imprécision, cet essai montre qu'il est possible de ralentir le cycle d'A.uzbekistanicus jusqu'à ce qu'il atteigne une durée de 5 mois.

Enfin, nous indiquons ailleurs dans ces compte-rendus (RABASSE et IBRAHIM, sous presse), que les "momies" supportent une température de conservation constante de 3°C.

##### B. Activité des adultes

La longévité et la période d'activité ont été observées sur des lots de 15 adultes de chaque sexe, conservés aux trois régimes suivants:

- températures constantes de 3°C ou de 8°C.
- conditions extérieures hivernales d'Antibes (moyenne aux environs de 8°C, maximum: 14°C., minimum: 4°C.)

Ces parasites étaient placés chaque jour à 20°C pendant une heure, en présence de pucerons, pour simuler un réchauffement quotidien:

Températures	Mâles		Femelles	
	Longévité	Activité	Longévité	Activité
3°C.	6,2 <sup>±</sup> 2,9	2,7 <sup>±</sup> 1,9	7,4 <sup>±</sup> 3,3	4,6 <sup>±</sup> 2,6
8°C.	5,6 <sup>±</sup> 2,6	2,9 <sup>±</sup> 1,7	10,6 <sup>±</sup> 5,9	7,4 <sup>±</sup> 4,5
Extérieur	11,3 <sup>±</sup> 3,7	7,9 <sup>±</sup> 3,0	8,8 <sup>±</sup> 4,2	6,1 <sup>±</sup> 3,1

(Valeurs exprimées en jours)

Cet essai n'a, bien sûr, qu'une valeur indicatrice, mais il montre que pendant des périodes où la température est de l'ordre de 3°C., ce parasite peut profiter du moindre réchauffement pour reprendre son activité. Notons, toutefois, que les longévités observées dans ces expériences sont très inférieures à celles que nous avons observé dans d'autres conditions pour cette espèce.

## 5. DISCUSSION

On constate, sur le terrain, une raréfaction extrême des "momies" contenant *A.uzbekistanicus* au mois d'Août, comme au mois de Janvier. Etant données la fragilité et la faible longévité des parasites adultes en élevage, ce travail cherchait donc à préciser les mécanismes de survie sur le site même. En effet, si l'on connaît la possibilité de recolonisation par de très jeunes stades parasitant des pucerons aillés migrants, on ne sait pas apprécier l'importance de ce phénomène.

Nous avons montré l'existence d'une estivation peu fréquente chez ce parasite et nous nous interrogeons sur son importance et sur le rôle qu'elle joue.

En hiver, à la différence de nombreux hyperparasites, cette espèce est capable de poursuivre son activité et son développement dans des conditions où hivernent les pucerons anholocycliques, soit pendant des périodes assez longues à +5°C. L'exemple détaillé de 1984-85 est celui d'un hiver particulièrement rigoureux. Indépendamment d'autres phénomènes, qui ne peuvent être totalement exclus, ce ralentissement extrême suffit à constituer un mode de conservation et de survie. Ces résultats ne sont évidemment valables qu'à Rennes et pour une souche qui en est originaire. Cependant, la comparaison des conditions hivernales permet d'envisager leur extension aux climats de type atlantique et méditerranéen, comme le suggère le tableau suivant :

Localité	Décembre	Janvier	Février
Rennes	5,5°C 1,5j.	4,8°C 2,9j.	5,4°C 1,4j.
Brest	6,9°C 0,3j.	6,1°C 0,7j.	6,0°C 0,4j.
Montpellier	6,5°C 1,6j.	5,6°C 2,2j.	6,7°C 1,9j.

Période 1931-1960: Température moyenne et nombre de jours de forte gelée (où la température minimale est inférieure à -5°C).

(D'après GARNIER, 1967).

Par contre, en régions continentales, l'espèce semble présenter une diapause avec beaucoup plus de régularité (C.HOLLER, in litt.).

Dans nos conditions, une des clefs de la survie est constituée par la variabilité des réponses individuelles, qui se manifestent de la manière suivante :

- en Août, les "momies" disparaissent des relevés effectués sur maïs, mais si l'on expose artificiellement des pucerons sains, un certain parasitisme se manifeste.
- en hiver, les "momies" disparaissent également, un développement très lent est possible, mais on observe exceptionnellement un développement différé et, expérimentalement, la souche est capable de manifester une diapause.

En hiver, les populations d'A.uzbekistanicus peuvent agir, libres de l'hyperparasitisme, mais sous l'influence des conditions climatiques et de la densité des hôtes potentiels. Aussi bien les difficultés d'échantillonnage, que la variabilité des réponses au climat, ne nous rendent pas optimistes quant à la possibilité de diagnostic hivernal de l'action à venir de ces parasites.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GARNIER, M. 1967 . Climatologie de la France. Ministère de l'équipement, Paris, 294 pp.
- KRESPI, L., RABASSE, J.M., NEMON, J.P., DEDRYVER, C.A. 1986 . Influence of the density of Aphidius uzbekistanicus LUZ. on the development of its progeny in Sitobion avenae F. in Ecology of Aphidophaga, I.Hodek ed., Academia, Prague & Dr. W.Junk, Dordrecht, 247-254.
- LATTEUR, G., RASSEL, A. 1979 . Aphidius frumentarius n. sp. Latteur (Hymenoptera, Aphidiidae), parasite de divers pucerons des céréales (Hymenoptera, Aphidiidae) en Belgique. - Bull. Ann. Soc. r. Belge Entomol., 115, 311-322.
- PUNGERL, M. 1983 . Variability in characters commonly used to distinguish Aphidius species (Hymenoptera, Aphidiidae). - Syst. Entomol., 8, 425-430.
- RABASSE, J.M. 1982 . Remarques sur l'identification des Aphidius (Hym., Aphidiidae) parasites des pucerons des céréales. - Bull. Soc. Ent. Mulhouse, Avr. Juin 1982, 17-19.
- RABASSE, J.M., DEDRYVER, C.A. 1983 . Overwintering of primary parasites and hyperparasites of cereal aphids in western France in Aphid antagonists, R.Cavalloro ed., Balkema, Rotterdam, 57-64.
- RABASSE, J.M., IBRAHIM, A.A. - Conservation of Aphidius uzbekistanicus LUZ., parasite on Sitobion avenae F. - Bull. OILB/SROP (in press).



- STARY, P. 1968 . Diapause in Monoctonia pistaciaecola Stary, a parasite of gall aphids (Hymenoptera, Aphidiidae ; Homoptera, Aphidoidea) Bol. Lab. Ent. Agr. Portici, 26, 241-250.
- STARY, P. 1972 . Host life cycle and adaptation of parasites of Periphyllus aphids (Homoptera, Chaitophoridae; Hymenoptera, Aphidiidae). Acta Entomol. Bohemoslov., 69, 89-96.
- STARY, P. 1975 . Pseudopraon mindariphagum gen. n., sp. n (Hymenoptera, Aphidiidae). Description and life history of a parasite of Mindarus abietinus (Homoptera, Mindaridae) in Central Europe. - Acta Entomol. Bohemoslov., 72, 249-258.

CONSERVATION OF APHIDIUS UZBEKISTANICUS LUZ. (HYM., APHIDIIDAE),  
PARASITE ON SITOBION AVENAE F. (HOM., APHIDIDAE).

J.M. RABASSE and A.M.A. IBRAHIM

I.N.R.A. - Station de Zoologie et de Lutte biologique  
F - 06602 ANTIBES.

oOo

At least in order to understand the way the cereal aphids parasites operate in the fields, it can be useful to rear and release extra individuals, or to release some at an unusual time (POWELL et al., 1983). To get large numbers of parasites at the proper time, it is helpful to store them. Conservation is also of general interest as a rearing routine. The method most generally used in Aphidiids consists in cooling the insects after they have formed their mummy, i.e. when they get free from the host and its host-plant. We used this method on the main parasite of cereal aphids, *Aphidius uzbekistanicus* Luz. (1).

MATERIAL AND METHODS.

*Sitobion avenae* F. was reared on wheat plants cultivated on soil in plastic pots at 20°C, 16/8 L : D. The aphids were exposed to a strain of parasites, collected in Brittany, with a low percentage of diapause (diapausing individuals were put aside in the experiments). The plants were examined for mummies at regular intervals (4 times a day). As soon as they were observed, the newly formed mummies were picked up and introduced in gelatine capsules 18 x 6 mm. They were then put in the dark at the following constant temperatures :

- 1st : acclimation period during 6 or 12 h. (expt. A) or during 9,12 or 15 h. (expt. B) at  $8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .

- 2nd : storage period during 1,2,3 or 4 weeks (1st expt.), 2,3 or 4 weeks (2nd expt.) at  $3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .

After storage, the mummies were brought back at 20°C.

RESULTS.

The results are presented in table 1. An acclimation period of 9 h. increases significantly the rate of emergence, when compared to 6 h., for all the different conservation periods. A longer acclimation does not seem to improve much the results.

For the same acclimation period, emergence rate is always higher after a 3 weeks, than after a 4 weeks storage. In addition, after one month, the first emergences during conservation begin to take place.

---

1) According to RABASSE (1982), taking account of the remarks of LATTEUR and RASSELL (1979) and of PUNGERL (1983).

Storage Acclimation	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
6 h. A	100	83	45	15 (15*)
n	20	18	20	20
9 h. B	-	92	83	45
n		24	24	22
12 h. A	89	61	70	61
n	17	18	20	18
12 h. B	-	96	72	52 (15*)
n		27	23	25
15 h. B	-	48	80	65 (4*)
n		25	25	23

**Table 1** : Percentage emergence of *Aphidius uzbekistanicus* from mummies of *Sitobion avenae*, after storage at 3°C following acclimation at 8°C.

A, B : reference of experiment.

\* : Percentage emergence during storage.

So, we select the combination of 9 h. at 8°C, followed by 3 weeks at 3°C in order to stagger the production of *A. uzbekistanicus*. In these conditions, males and females emerge  $5 \pm 1$  hours after being back at 20°C. This period does not change very much with the experimental conditions : it is comprised between 3.2 and 7.3 hours. Some mortality has been registered in every form : larvae, pupae and adults ; the data are not numerous enough to show any trend among these categories.

#### DISCUSSION.

We can compare these results with literature data about the time after which 80 p.cent or more emergences still occur at the best acclimation/storage conditions tested :

- only 2 weeks for two polyphagous species, that are distributed in subtropical areas : *Aphidius colemani* Vie. (HOF SVANG and HAGVAR, 1977) and *Lysiphlebus testaceipes* Cre. (ARCHER et al., 1973).

- different results about *Aphidius matricariae* Hal. : 2 weeks in Southern France (but only 2 and 4 weeks had been tested) (SHALABY and RABASSE, 1979) or 4 weeks in England (SCOPES et al., 1973). 3 weeks for *A. uzbekistanicus* in the present work.

- 4 weeks for *Ephedrus cerasicola* Stary (HOFSVANG and HAGVAR, 1977) that seems to be the best adapted to cool storage conditions.

HOFSVANG and HAGVAR (1977) and ARCHER et al. (1973) observed that the mummies of Aphidiids have a higher rate of emergence if newly formed when put at low temperature, so the age in which we have stored the parasites seems to be the best. However, the conservation of *A. uzbekistanicus* mummies can probably be improved following two directions : working around + 1°C, conditions that gave better results to POLGAR (1986) for *A. matricariae* or, of course, using a diapausing strain that can be found under continental climates (C. HOLLER in litt.).

oOo

#### REFERENCES.

- ARCHER, T.L., MURRAY, C.L., EIKENBARY, R.D., STARKS, K.J., MORRISON, R.D.- 1973. Cold storage of *Lysiphlebus testaceipes* mummies. Environ. Entomol., 2, 1104-1108.
- HOFSVANG, T., HAGVAR, E. - 1977. Cold storage tolerance and supercooling points of mummies of *Ephedrus cerasicola* Stary and *Aphidius colemani* Viereck (Hym., Aphidiidae). Norw. J. Ent., 24, 1-6.
- LATTEUR, G., RASSELL A. - 1979. *Aphidius frumentarius* n. sp. Latteur (Hymenoptera, Aphidiidae) en Belgique. Bull. Ann. Soc. r. Belge Entomol., 115, 311-322.
- POLGAR, L. - 1986. Effect of cold storage on the emergence, sex-ratio and fecundity of *Aphidius matricariae* in : Hodek, I. (ed.) Ecology of Aphidophaga, Academia, Prague & Dr. W. Junk, Dordrecht, 255-260.
- POWELL, W., DEWAR, A.M., WILDING, N., DEAN, G.J. - 1983. Manipulation of cereal aphid natural enemies. 10 th Int. Congr. Plant Protect., Brighton, 2, 780.
- PUNGERL, N. - 1983. Variability in characters commonly used to distinguish *Aphidius* species (Hymenoptera : Aphidiidae). Syst. Entomol., 8, 425-430.
- RABASSE, J.M. - 1982. Remarques sur l'identification des *Aphidius* (Hym., Aphidiidae) parasites des pucerons des céréales. Bull. Soc. Ent. Mulhouse, Avr.-Juin 1982, 17-19.
- SCOPES, N.E.A , BIGGERSTAFF, S.M., GOODALL, D.E. - 1973. Cool storage of some parasites used for pest control in glasshouses. Pl. Path., 22, 189-193.
- SHALABY, F.F., RABASSE, J.M. - 1979. Effect of conservation of the aphid parasite *Aphidius matricariae* Hal. (Hymenoptera : Aphidiidae) on adult longevity mortality and emergence. Ann. Agric. Sci., Moshtohor, 11, 59-73.

oOo

APHID-SPECIFIC PREDATORS AND CEREAL APHIDS IN SOUTHERN ENGLAND

R J CHAMBERS

Department of Entomology and Insect Pathology, Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, W. Sussex, BN17 6LP, UK.

Summary

A review of recent research into the effectiveness of Syrphidae and Coccinellidae in controlling cereal aphid populations is presented. Further development of the methods and future research is proposed. A brief appraisal is made of the prospects for incorporating naturally-occurring predation in an integrated programme of pest control in winter wheat.

Résumé

Les dernières études sur l'efficacité des Syrphidae et des Coccinellidae pour contrôler les populations des pucerons à céréales sont présentées. D'autres développements sur les méthodes et la recherche avenir sont proposés. Une évaluation est faite des possibilités pour incorporer les prédateurs naturels dans un programme intégré pour le contrôle des ravageurs du blé d'hiver.

(1) Introduction

The aphid-specific or 'specialist' predators of aphids considered here are those species of adult and larval Coccinellidae (Coleoptera) and larval Syrphidae (Diptera) that feed largely or entirely upon aphids. The commonest species in winter wheat in Europe appear to be Coccinella septempunctata L., Propylea 14-punctata (L.), Episyrphus balteatus (Degeer) and Metasyrphus corollae (F.) (Dedryver et al. 1985). Chambers et al. (1986) listed a further 12 species of syrphids collected as larvae from winter wheat in the southern UK.

Three approaches have been made to the problem of how to assess the impact of specialist predators on populations of cereal aphids. These are;

- the exclusion of predators from small areas of infested crop using polyester netting barriers;
- simultaneous observation of aphid and predator populations at a range of sites in commercial crops, especially at low aphid densities, to look for correlations between predator and prey densities in different fields;
- quantification of predation by analytical methods and by direct estimation of rates of kill in semi-field conditions.

(2) Predator exclusion

When predators were excluded from replicated 4.5 m<sup>2</sup> areas in three field seasons, peak densities of up to 6.4 times more aphids occurred in the 'caged' area than in the 'open', depending upon the predator density in the open (Chambers et al. 1983). Predators reduced the aphid rate of increase in the 'open' plots during the 1.5-2 weeks prior to the aphid population peak in the predator-excluded plots. Other treatments were set up to test if

the aphid populations were affected by the exclusion barrier itself. These were a 'half cage', which allowed entry of predators, and a cage from which alatae appearing on the walls and roof were removed daily. The predators did not prevent high aphid densities developing, and surrounding fields had to be sprayed.

### (3) Field observations

Observations of aphid and predator populations in 38 sites in winter wheat were taken in 1980 and 1981. Aphids were sampled by examination of up to 400 shoots at each sampling site and specialist predators by 200 strokes with a sweep net. In some sites, the absolute density of predators (no. per  $m^2$ ) was estimated by 10 to 20 randomly placed quadrats of  $0.1m^2$ . This was repeated in a further 5 sites in 1982.

In 2 fields in 1980, the population of *Sitobion avenae* (F.) attained just under 5 aphids per ear at flowering, the threshold recommended for insecticide application in the UK. Thereafter aphid numbers were rapidly reduced by specialist predators, mainly coccinellids (Chambers et al. 1986). In 1981, syrphids were more common than coccinellids and aphid population increase was halted apparently by a combination of antagonists; syrphids, parasitoids, pathogenic fungi, and polyphagous predators. *S. avenae* did not exceed 1.4 per shoot in any field. If the aphids had continued increasing at their pre-peak rate, *S. avenae* would probably have exceeded the spray threshold at flowering in three of the fields sampled. There was no evidence to suggest that aphid emigration, the effects of severe weather, nor crop growth stage were major contributory factors in the aphid population decline in either year. In 1982, syrphids were the predominant natural enemy in the five sites sampled. Aphid populations stopped increasing at flowering when population densities ranged from 1.9 to 3.0 per shoot.

Syrphid oviposition commenced when aphid densities were relatively low; at about 0.5 per shoot in each of 1980, 1981 and 1982. The peak egg population was found when aphid densities had risen to about 1 per shoot in 1980 and 1981, and about 1-2 per shoot in 1982. As a result, syrphid larvae appeared in crops before large aphid infestations could develop. The number of syrphid eggs found in samples was positively related to the aphid density at the time of peak oviposition. This oviposition response to aphid density was seen both between and within fields and reflects the degree of mobility and searching ability of the gravid syrphid female.

### (4) Quantification

Where the control or limitation of aphids by predators is implied from a change in prey numbers and the simultaneous presence of the antagonist, a quantitative analysis is desirable. This would show whether sufficient predators were present to cause the observed change in aphid abundance. It would also give some indication of the relative importance of other antagonists if only a small proportion of the total aphid mortality were attributable to predators. The main factors to consider are the absolute densities of predator and prey, the rate of kill of each

predator and the increase rate of the aphids in the absence of the predators. Field densities of syrphid larvae and cereal aphids (no. per m<sup>2</sup>) have been estimated as described above. In the absence of data on rates of kill by syrphid larvae in the field, an estimated kill can be obtained from laboratory measurements. This can then be compared with the kill required of each predator to achieve the degree of control observed in the field aphid population, for a given 'background' aphid increase rate (Adams, 1984; Chambers & Adams, 1986). This approach has the advantage that a comparison of estimated and required kill can be made for each sampling interval, usually a week, to identify when predation was most effective. It thus avoids the cumulative errors of a long-run simulation. Six field populations of cereal aphids were analysed by this method. In four populations in 1982, syrphid larvae had the potential to halt the aphid increase at densities of 1.9 to 3.0 per shoot, while in two crops in 1981 other antagonists were the main determinants of aphid density. The method will be further developed by direct estimation of syrphid kill rates in semi-field conditions.

Experiments have been conducted to estimate the rate of kill of fourth instar larvae of C. 7-punctata in conditions similar to the field. Larvae were added to 0.1m<sup>2</sup> arenas in which about 50 shoots of winter wheat were growing. The arenas were each surrounded by a large 'Fluon'-coated plastic cone to redirect larvae falling off the leaves back to the base of the plants, so maintaining the predator density. Larvae were introduced for 24 hours, and were weighed before and after this period. Usually 2, 3, or 4 larvae were added to each arena, approximately representative of the densities seen in the field. To exclude unwanted immigrant predators, the arenas were sited within a well-lit outdoor insectary with mesh walls and glass roof. The change in aphid density was compared with the change seen in control arenas carrying similar aphid numbers in the absence of predators. The rate of kill per predator was calculated from the loss in the predator plots allowing for the potential increase shown by the control plot. The calculated rate of kill per predator per day ranged from 0 to approximately 60 aphids per day. In a multiple regression analysis much of the variability in the rate of kill was accounted for by strong correlations with larval weight, the number of sunshine hours and aphid density (Parks, Adams & Chambers, unpublished data). Similar methods will be used to estimate rates of kill by larvae of Metasyrphus corollae.

##### (5) Future prospects

Syrphids and coccinellids seem to be the only cereal aphid antagonists for which quick assessments of abundance are possible. The presence of the larval stages of both groups can be detected and an index of their abundance obtained by sweep-net sampling. Syrphid eggs are laid in close proximity to aphid colonies, are easily found during shoot examinations for aphids where present, and are not readily confused with any other insect egg. This suggests that field sampling for specialist predators, especially syrphids, could be combined with incidence sampling

for aphids (Ward et al. 1985) to identify those fields where there are sufficient predators to make spraying unnecessary. Further extensive field sampling is needed and is being undertaken to assess the effective predator:prey ratio.

The frequency and geographical extent of aphid control by specialist predators is at present unknown, and their importance in relation to other antagonists is also unassessed except in a few cases. Further work is also required on their susceptibility to commonly-used agrochemicals.

#### (6) References

ADAMS, T.H.L. (1984). The effectiveness of aphid-specific predators in preventing outbreaks of cereal aphids. Unpublished PhD thesis, University of East Anglia, Norwich, UK.

CHAMBERS, R.J., SUNDERLAND, K.D., WYATT, I.J. & VICKERMAN, G.P. (1983). The effects of predator exclusion and caging on cereal aphids in winter wheat. *Journal of Applied Ecology* 20, 209-224.

CHAMBERS, R.J. & ADAMS, T.H.L. (1986). Quantification of the impact of hoverflies (Dipt., Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat - an analysis of field populations. *Journal of Applied Ecology* (In press).

CHAMBERS, R.J., SUNDERLAND, K.D., STACEY, D.L. & WYATT, I.J. (1986). Control of cereal aphids in winter wheat by natural enemies: aphid-specific predators, parasitoids and pathogenic fungi. *Annals of Applied Biology* (In press).

DEDRYVER, C.A., ANKERSMIT G.W., BASEDOW, Th., BODE, E., CARTER, N., CASTANERA, P., CHAMBERS, R.J., DEWAR, A., KELLER, S., LATTEUR, G., PAPIEROK, B., POWELL, W., RABBINGE, R., SOTHERTON, N.W., SUNDERLAND, K.D., WILDING, N. & WRATTEN, S.D. (1985). Rapport de synthese sur les activites du sous groupe "Ecologie des Pucerons des cereales". SROP/WPRS Bulletin VIII/3, 57-104.

WARD, S.A., RABBINGE, R. & MANTEL, W.P. (1985). The use of incidence counts for estimation of aphid populations. 1. Minimum sample size for required accuracy. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 91, 93-99.



DENOMBREMENT DES COCCINELLES ET SYRPHES PREDATEURS  
DE PUCERONS DES CEREALES A PAILLE

L. LAPCHIN, A. FERRAN, G. IPERTI, J.M. RABASSE, J.P. LYON  
Station de ZOOLOGIE et de LUTTE BIOLOGIQUE  
37 Bd. du CAP, 06602 ANTIBES - FRANCE

Les aphidiphages autochtones, en cultures de céréales, sont très souvent évoqués comme facteurs de limitation des populations de pucerons. Cependant, la quantification de leur rôle est rarement abordée car la méthodologie nécessaire fait défaut. Le premier problème qui se pose est celui de l'échantillonnage de ces auxiliaires. A l'échelle de la parcelle, la mise au point de cet échantillonnage comporte elle-même deux étapes distinctes : le choix du nombre et de la disposition des points d'échantillonnage dans le champ, en tenant compte des hétérogénéités des distributions spatiales, mais aussi le choix de la méthode de dénombrement des prédateurs. On considère généralement en effet que les individus observés ou récoltés représentent la totalité des effectifs présents dans la surface ou le volume échantillonné. Or, la validité du dénombrement utilisé n'est jamais analysée. C'est cette analyse que nous abordons ici, dans le cas des coccinelles et syrphes prédateurs de pucerons. Dans une parcelle de blé de 4500 m<sup>2</sup>, partagée en sous-parcelles élémentaires de 25 m<sup>2</sup> délimitées par des piquets (FIGURE 1), nous avons comparé trois méthodes de dénombrement, appliquées avec une fréquence hebdomadaire : une méthode visuelle rapide, une méthode visuelle approfondie et la coupe de pieds de blé, avec dépouillement au Laboratoire, utilisée pour l'échantillonnage des pucerons.

La méthode visuelle rapide consiste à parcourir chaque sous-parcelle élémentaire du champ pendant deux minutes et à noter les prédateurs observés (larves et adultes de coccinelles, larves et pupes de syrphes, cantharides et Mélérides, etc).

La seconde méthode visuelle consiste, après avoir choisi un certain nombre de sous-parcelles élémentaires (de 16 à 32 selon les années), à faire parcourir chacune d'elles par deux observateurs successifs qui récoltent tous les prédateurs qu'ils rencontrent sur toute la hauteur de la plante et sur le sol. Chaque passage dure environ 20 à 30 minutes pour 25 m<sup>2</sup>. Cette méthode "soustractive" autorise l'estimation de la population réelle et donc le calcul de l'efficacité du dénombrement, par la méthode de DE LURY, méthode employée généralement dans le domaine haléutique et présentée par LAURENT et LAMARQUE (1974) :

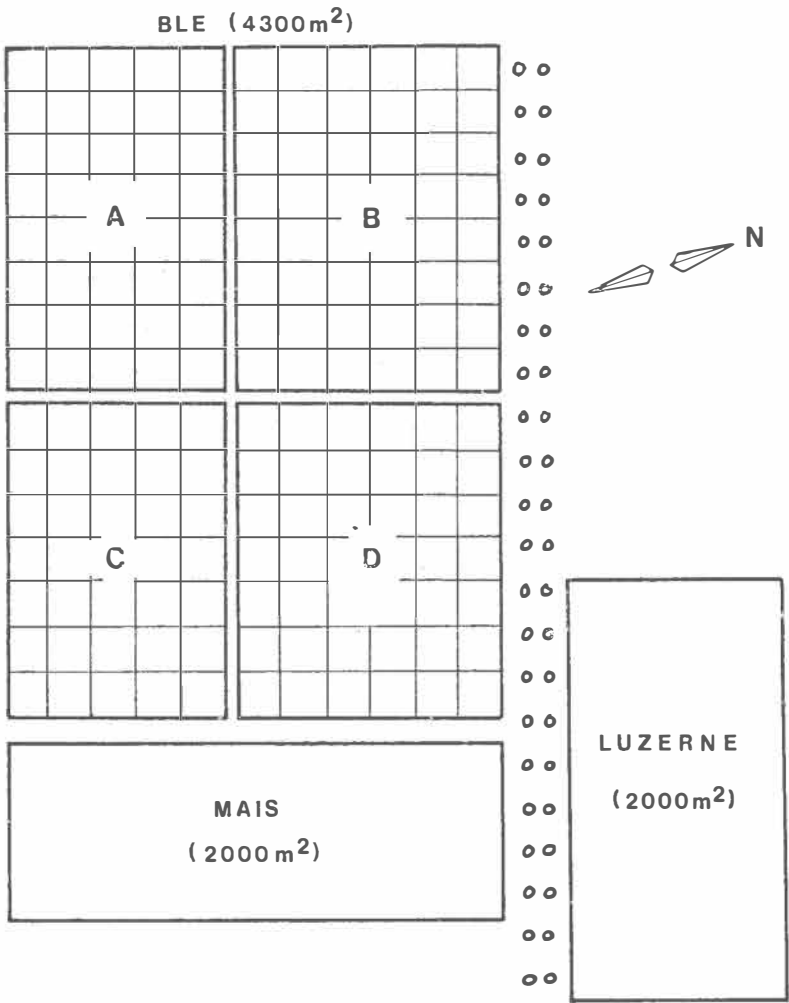


FIGURE 1- Disposition de la parcelle expérimental de LA BARONNE (vallée du Var).

Si C1 et C2 sont les effectifs récoltés respectivement lors du premier et du deuxième passage, et si la condition :

$$C1^2(C1-C2)^2 / C2^2(C1+C2) > 16$$

est vérifiée, on peut calculer l'effectif de la population par :

$$P = C1^2 / (C1-C2)$$

avec une variance :

$$\text{var } P = C1^2 C2^2 (C1+C2) / (C1-C2)^4$$

L'efficacité du dénombrement, définie comme le pourcentage de l'effectif total récolté après deux passages, est :

$$E = 100.(C1+C2)/P$$

La troisième méthode de dénombrement, plus classique, s'appuie sur la coupe et le tri au Laboratoire de 9 pieds de blé par sous-parcelle élémentaire échantillonnée. Les formes très mobiles, larves et adultes de coccinelles, qui se laissent tomber lors de la coupe, ne sont pas dénombrées par cette méthode. Elle est par contre bien adaptée pour les larves et pupes de syrphes.

Les totaux des effectifs récoltés ou observés chaque année par chacune des trois méthodes sont présentés dans le TABLEAU 1. En ce qui concerne les syrphes, il s'avère que les méthodes visuelles sous-estiment fortement les populations et que même la méthode approfondie présente une efficacité trop faible pour être utilisable. La seule méthode fiable est donc la coupe de végétal, bien qu'elle porte sur des surfaces échantillonnées réduites compte-tenu de sa durée de mise en oeuvre. Cet inconvénient est compensé par la forte densité de ces prédateurs (de dix à cent fois celle des coccinelles).

Pour ce qui est des coccinelles, l'efficacité des deux passages de la méthode visuelle approfondie est élevée, pour les deux années. Cette efficacité calculée à d'ailleurs été vérifiée en lâchant, dans des sous-parcelles préalablement vidées de leurs prédateurs, un nombre connu d'individus qui sont ensuite recherchés par la même méthode (TABLEAU 2). Différents paramètres sont susceptibles de modifier l'efficacité de la méthode. Les conditions climatiques ne semblent pas intervenir d'une façon sensible, sauf si des précipitations abondantes limitent les possibilités de pénétration des observateurs dans la parcelle. Le stade phénologique de la plante n'intervient pas non plus d'une façon déterminante puisque l'efficacité est du même ordre de grandeur à la montaison et à la maturation de la plante. Il semble par contre que l'efficacité

	1984				1985			
	A	B	C		A	B	C	
			Obs.	Estim.			Obs.	Estim.
SURFACE ECHANTILLONNEE (EN M <sup>2</sup> )	8400	8400	30.2	8400	7200	7200	20.2	7200
<b>C. septempunctata</b>								
Adultes	335	970			408	1360		
L4	41	373			89	753		
L1 à L3	4	80			-	-		
Pontes	-	118			-	-		
<b>A. variegata</b>								
Adultes	65	270			254	1422		
L4	-	40			-	235		
L1 à L3	-	12			-	21		
<b>P. quatuordecim.</b>								
Adultes	17	245			32	476		
L4	-	45			-	66		
L1 à L3	-	12			-	8		
<b>Syrphes (toutes espèces)</b>								
Pupes	150	2547	97	26971	225	1888	43	15319
Larves	4	157	167	46434	5	155	155	55220
Oeufs	-	-	10	2780	-	-	64	22801

TABLEAU 1. Effectifs totaux de coccinelles et syrphes récoltés par les trois méthodes de dénombrement, en 1984 et 1985 :

- A. Méthode visuelle rapide.
- B. Méthode visuelle approfondie.
- C. Méthode par coupe du végétal (pour les syrphes, on a également rapportés les effectifs récoltés à la même surface que les méthodes visuelles).

	ECHANTILLONNAGES SUCCESSIFS		LACHERS ET RECAPTURES
	1984	1985	
ADULTES	84.9	70.9	71.1
LARVES L4	80.2	54.4	67.2
LARVES L1 à L3	86.1	66.1	27.5

TABLEAU 2 - Efficacités de captures de deux passages de la méthode visuelle approfondie pour les adultes et les larves de *C. septempunctata*, calculées à partir des échantillonnages hebdomadaires en 1984 et 1985 ou à partir de lâchers dans des sous-parcelles de 25 m<sup>2</sup>.

diminue nettement lorsque les effectifs à dénombrer augmentent. Il existe également une variabilité liée à l'observateur lui-même. Dans l'ensemble, la méthode visuelle approfondie, couplée avec un plan d'échantillonnage précis s'appuyant sur une analyse des hétérogénéités des distributions spatiales des individus dans la parcelle, permet de quantifier avec précision les adultes et les larves âgées de coccinelles. Elle nécessite par contre une main d'oeuvre nombreuse et qualifiée et doit être réservée à des études fines de fonctionnement de la biocénose céréalière.

Une corrélation linéaire très significative a pu être mise en évidence entre les résultats des deux méthodes visuelles, rapide et approfondie, dans le cas des adultes de coccinelles. Si la précision de la méthode visuelle rapide est insuffisante pour que l'on puisse l'utiliser pour quantifier valablement les prédateurs présents à l'intérieur d'une parcelle, sa simplicité et sa rapidité permettent par contre des comparaisons à grande échelle, entre parcelles, zones ou régions.

#### **Bibliographie :**

LAURENT M. et LAMARQUE P., 1974. Utilisation de la méthode des captures successives (De Lury) pour l'évaluation des peuplements piscicoles. *Ann. Hydrobiol.*, 5 : 121-132.

---

QUANTIFICATION DE LA PREDATION DES PUCERONS DES CEREALES  
A PAILLE PAR LES COCCINELLES ET LES SYRPHES

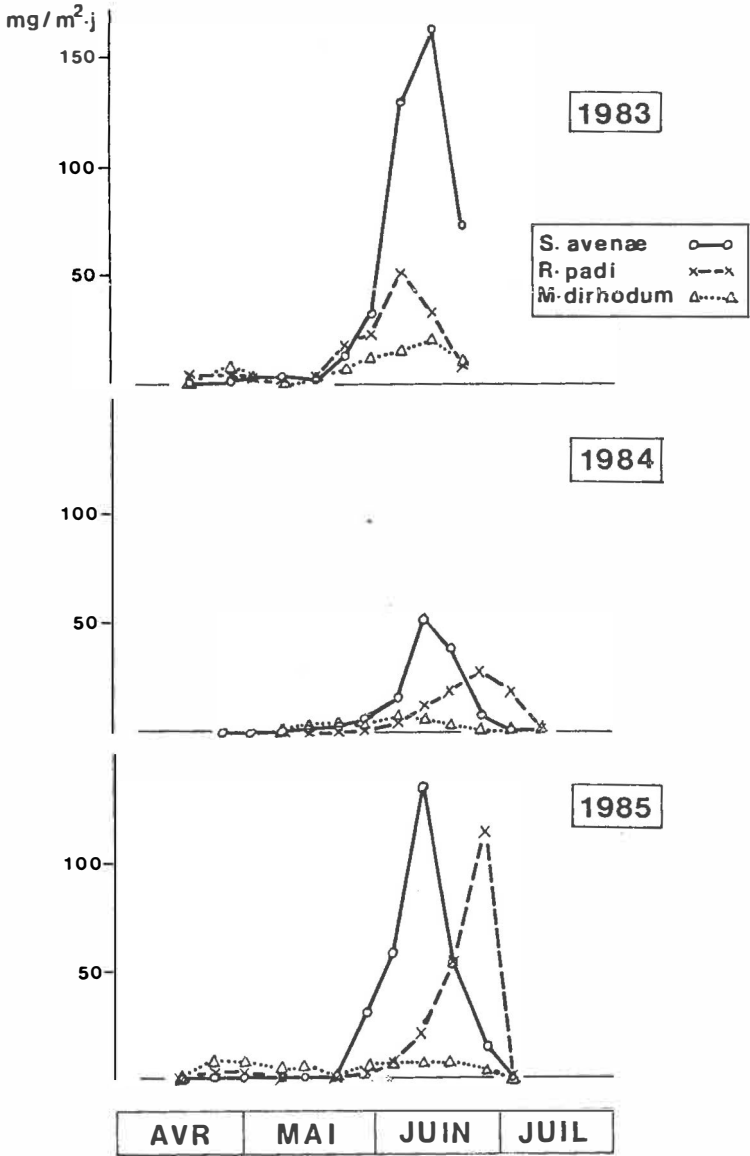
A. FERRAN, G. IPERTI, L. LAPCHIN, J.M. RABASSE, J.P. LYON  
INRA, Station de ZOOLOGIE et de LUTTE BIOLOGIQUE  
37 Bd DU CAP, 06602 ANTIBES - FRANCE.

Le rôle des ennemis naturels dans la régulation des populations de ravageurs est très souvent évoqué mais il est difficile de le quantifier avec précision. On se contente, le plus souvent, de mettre en parallèle les courbes d'évolution des effectifs des auxiliaires et des prédateurs des cultures et d'interpréter les unes par rapport aux autres. Lorsque la consommation des prédateurs est estimée, on se heurte au problème de savoir à quoi la comparer. Elle est généralement rapportée aux effectifs, ou au mieux aux biomasses, de pucerons en place. Or, ces pucerons se renouvellent constamment et le taux de renouvellement de la biomasse dépend des structures de population et des conditions extérieures (température). Par ailleurs, une quantification précise de la consommation des prédateurs est difficile : FRAZER et GILBERT (1976) l'ont tenté dans le cas des coccinelles prédatrices de pucerons du fraisier, mais en estimant la consommation quotidienne du prédateur à partir d'une valeur maximale théorique, établie en Laboratoire.

Il est donc nécessaire de mettre au point une méthodologie qui calcule, avec une précision connue, d'une part, la nourriture disponible (en tenant compte de son taux de renouvellement) et, d'autre part, la nourriture réellement consommée. Nous avons abordé le cas de la coccinelle *Coccinella septempunctata* L. en parcelle de blé.

La biomasse de pucerons consommable comporte à la fois la population en place et la quantité de matière nouvelle élaborée chaque jour (production de reproduction des adultes et surtout production de croissance des larves). C'est à cette productivité biologique, dont les méthodes de calcul ont été présentées par LAPCHIN et RABASSE (1980), que doit être comparée la consommation des prédateurs. La FIGURE 1 présente les productions quotidiennes des trois espèces principales de pucerons dans la parcelle expérimentale.

La consommation des coccinelles est calculée différemment pour les larves et les adultes. En ce qui concerne les larves, les travaux de FERRAN (1983) sur *Semiadalia undecimpunctata* Schn. ont mis en évidence un rapport constant entre le poids d'une larve et la biomasse totale de pucerons consommés durant toute sa croissance. Ce rapport est indépendant des facteurs abiotiques et notamment de la température. Le rapport de 0.35 dans le cas de *S. undecimpunctata* a été étendu à *C. septempunctata* en attendant les résultats d'une vérification expérimentale en cours. Le passage de la consommation cumulée à la consommation quotidienne se fait en tenant compte de la



**FIGURE 1-** Quantification de la nourriture disponible : production biologique des principales espèces de pucerons dans la parcelle expérimentale.

durée des stades en fonction de la température.

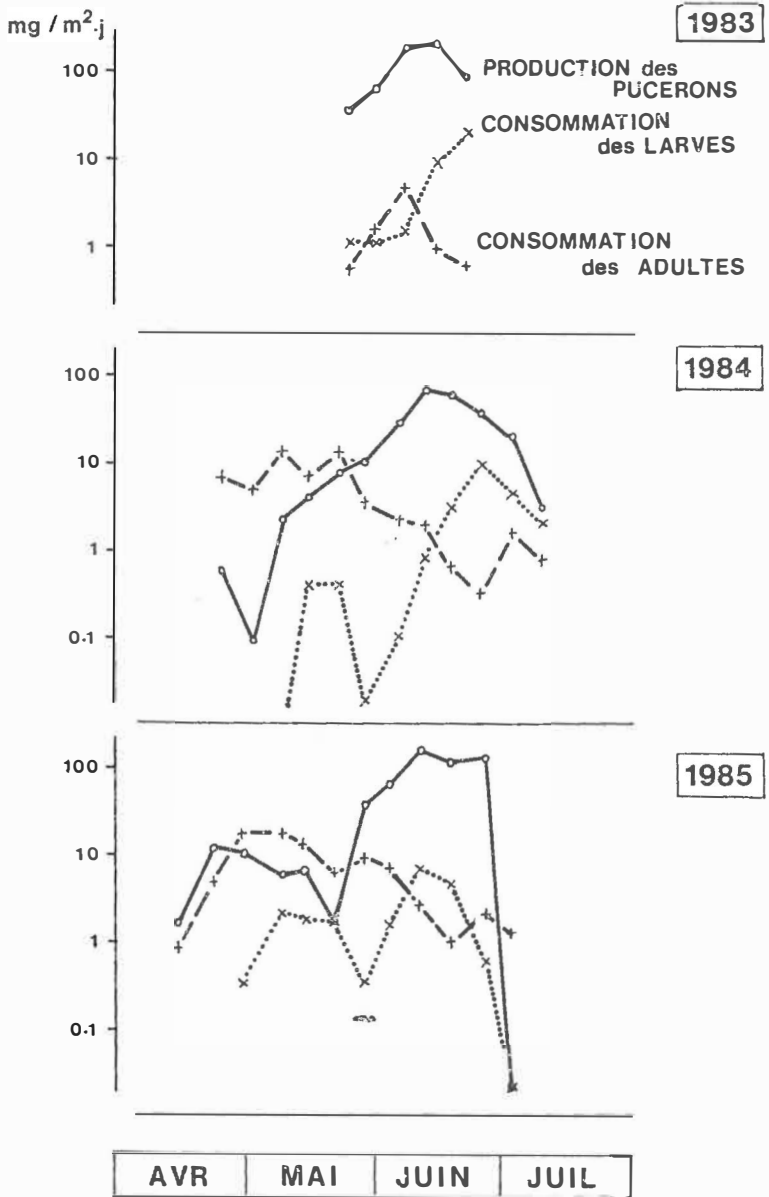
Pour les adultes de coccinelles, la biomasse ingérée est calculée à partir de l'émission des oeufs : FERRAN (1983) a mis en évidence un autre rapport, constant également, de 0.26 dans le cas de *S. undecimpunctata*, entre la biomasse des oeufs pondus par une femelle et la nourriture ingérée. On calcule donc une biomasse d'oeufs moyenne par adulte et par jour, en tenant compte du nombre d'oeufs par ponte échantillonnée sur le terrain et du poids moyen d'un oeuf. Les consommations quotidiennes des larves et des adultes sont représentées par la FIGURE 2, en même temps que la production des trois espèces de pucerons.

En ce qui concerne les larves, le rapport entre la consommation et la production de pucerons reste faible, sauf en fin de saison, lorsque les effectifs aphidiens chutent brutalement, ou bien à l'articulation entre les deux pics de pucerons de 1985. Dans les deux cas, on peut difficilement considérer que la baisse de production des pucerons soit imputable principalement aux larves de *C. septempunctata*.

Pour ce qui est des adultes, la part de la consommation estimée par rapport à la production aphidienne reste très faible durant le deuxième pic de pucerons sauf pour les toutes dernières dates. Par contre, en début de saison, la consommation estimée est souvent très supérieure à la production aphidienne et même à la biomasse en place. Les adultes de coccinelles devraient alors, en quelques jours, détruire la totalité des pucerons présents ! En fait, il est probable qu'une partie importante de la consommation nécessaire à l'élaboration des oeufs ait été effectuée avant l'arrivée des adultes de coccinelles dans la parcelle, voire avant leur estivo-hibernation, ou bien que les adultes qui pondent dans le champ de blé aillent s'alimenter ailleurs, dans les cultures ou sur les adventices environnantes. Il est donc impossible de mesurer avec précision l'impact des adultes de coccinelles sur les populations de pucerons en début de saison. C'est pourtant à cette époque que leur rôle risque d'être primordial en retardant la croissance des effectifs aphidiens, ce qui peut limiter d'autant le maximum atteint plus tard dans la saison, et donc les risques de dégâts. Aussi, il sera nécessaire de mettre au point une méthodologie qui permette de mesurer la consommation des adultes dans la parcelle en début de période d'infestation.

Le rôle des larves de syrphes peut s'avérer également très important : leurs effectifs sont souvent de dix à cent fois supérieurs à ceux des larves de coccinelles. Comme leur voracité est du même ordre de grandeur, il est probable qu'elles consomment une part non négligeable de la production des pucerons. La généralisation aux syrphes de la méthodologie mise au point pour les larves de coccinelles s'avère donc particulièrement souhaitable.





**FIGURE 2-** Efficacité de la prédation par *Coccinella septempunctata* : comparaison entre la nourriture disponible et la consommation des larves et des adultes.

**Bibliographie :**

FERRAN A., 1983. Sur quelques caractéristiques éco-physiologiques de la prédation chez *Semiadalia undecimpunctata* Schn. (Coleoptera, Coccinellidae). Thèse Doct., Univ. TOULOUSE, 158 p..

FRAZER B.D. et GILBERT N., 1976. Coccinellids and Syrphids : a quantitative study of the impact of adults ladybirds (Coleoptera : Coccinellidae) preying on field populations of pea aphids (Homoptera, Aphididae). *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia*, **73** : 33-55.

LAPCHIN L. et RABASSE J.M., 1980. Calculs de production animale en entomologie agricole : production d'*Aphis fabae* Scop. (Homoptera, Aphididae) dans une parcelle de féveroles. *Acta Oecologica, Oecol. gener.*, **1** : 177-192.

---

ACCURATE ESTIMATION OF INVERTEBRATE DENSITY IN CEREALS

K.D. Sunderland<sup>1</sup>, C. Hawkes<sup>2</sup>, J.H. Stevenson<sup>3</sup>  
T. McBride<sup>2</sup>, L.E. Smart<sup>3</sup>, P.I. Sopp<sup>1</sup>,  
W. Powell<sup>3</sup>, R.J. Chambers<sup>1</sup> and O.C.R. Carter<sup>4</sup>

- <sup>1</sup> Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton,  
West Sussex, BN17 6LP, UK.
- <sup>2</sup> Plymouth Polytechnic, Drake Circus, Plymouth, Devon  
PL4 8AA, UK.
- <sup>3</sup> Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts.  
AL5 2JQ, UK.
- <sup>4</sup> Coventry Lanchester Polytechnic, Coventry, West  
Midlands, UK.

Summary

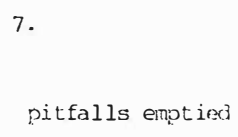
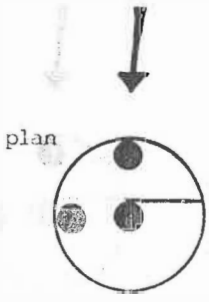
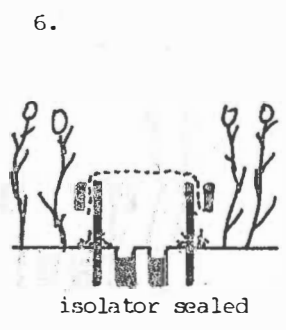
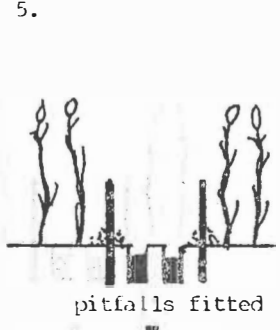
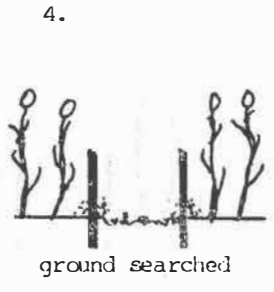
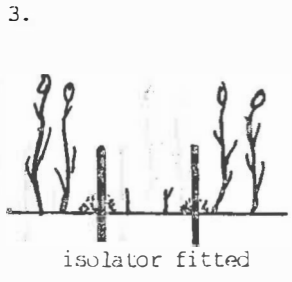
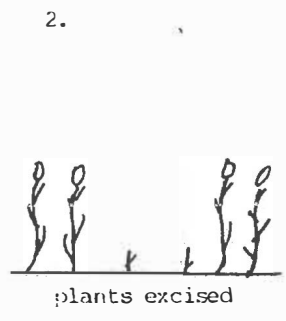
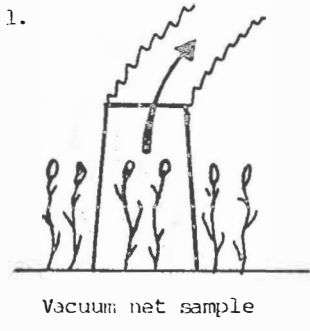
An accurate method of estimating invertebrate density is described which is based on applying a range of sampling methods to one unit area of cereals. Results are presented for predators at three sites in the UK. Density varied according to taxonomic group, site and date. The capture efficiency of the various sampling methods varied more between taxonomic groups than between sites. Limitations, modifications and improvements of the method are discussed.

EVALUATION PRÉCISE DE LA DENSITÉ DES INVERTEBRÉS SUR LES CÉRÉALES

Resume

Une méthode précise pour mesurer la densité des invertébrés est donnée ici, qui repose sur une série de méthodes de prélèvement sur une unité de surface de céréales. Les résultats sont donnés pour des prédateurs à trois sites au Royaume-Uni. La densité variait selon le groupe taxonomique, le site et la date. L'efficacité de capture selon différentes méthodes de prélèvement variait plus entre les groupes taxonomiques qu'entre les sites mêmes. Les limitations de cette méthode, les modifications et les améliorations possibles sont discutés.

Fig. 1 Diagram illustrating stages in the sampling programme.



### 1. INTRODUCTION

There is often a requirement to obtain accurate estimates of invertebrate density, for example in studies of the impact of predators on pests (Carter & Sotherton 1983). All existing sampling methods are subject to various biases, being appropriate for some groups of invertebrate but not others. To minimise these biases and to provide a single sampling regime suitable for most invertebrates a programme is suggested here which makes use of a range of sampling methods all applied to a single area of habitat. Only results for predators are presented, but there is every reason to believe that the programme is applicable to the majority of invertebrates (other than microfauna and soil fauna) belonging to other trophic groups.

### 2. SITES

In 1984 samples were taken from the south-eastern corner of a 2 ha field of winter barley (variety Panda) at Rothamsted and from six 120 m<sup>2</sup> plots in a field of winter wheat (variety Aquila) near Bere Alston, Plymouth. In 1985 samples were taken from the middle of each of two 3 ha plots of winter wheat (varieties Rapier and Aquila) in a single field on Manor farm, near Littlehampton, West Sussex.

### 3. METHODS

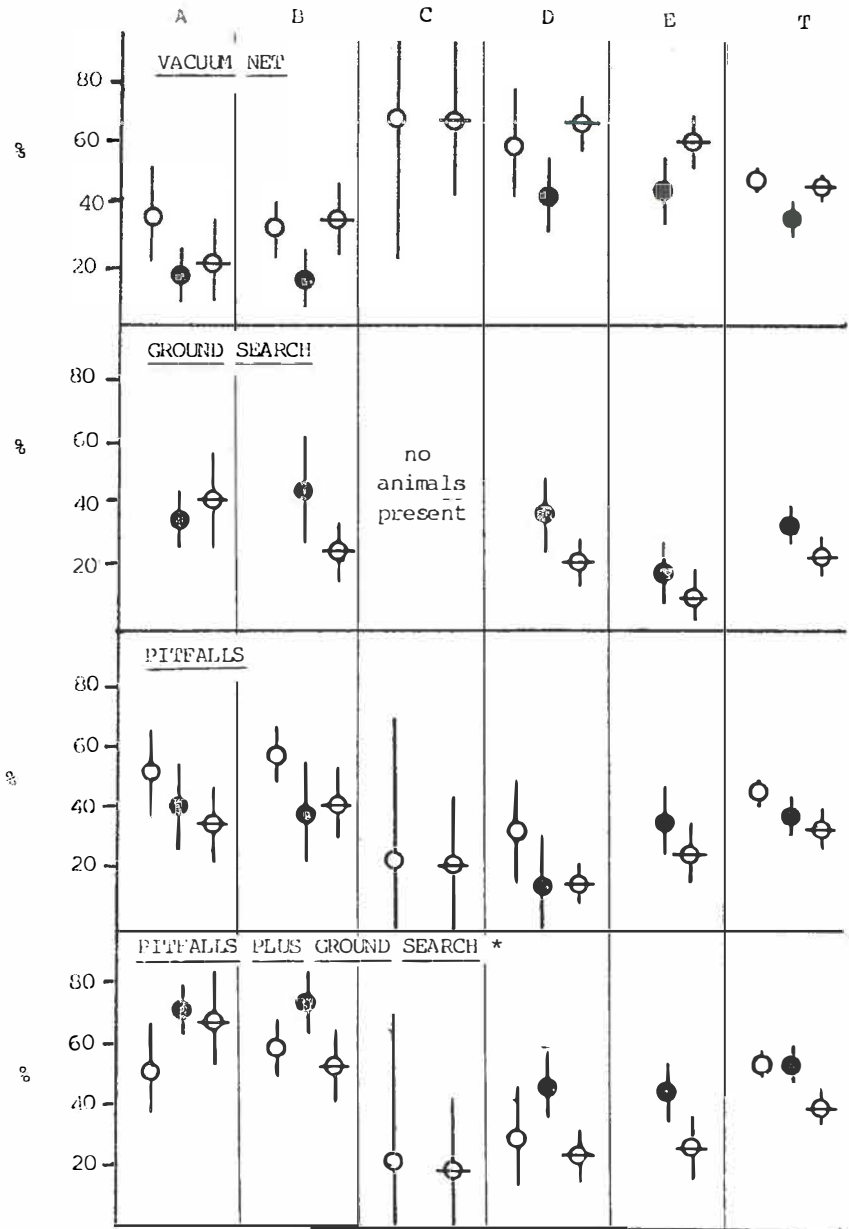
The basic concept is to take a series of sub-samples from the same unit of ground, using a variety of methods, in an attempt to remove all animals present. The fullest version of this programme incorporates collection of animals with a vacuum insect net, plant search, ground search and pitfall traps for each 0.1 m<sup>2</sup> sub-sample; the full sample being made up of at least ten random sub-samples on each sampling occasion (Fig. 1). The details of the sampling programme varied at each site and are described below.

#### (i) at Rothamsted;

A sample of ten seconds duration was taken with a vacuum net (Thornhill 1978) having a 0.1 m<sup>2</sup> head. As soon as the head was lifted, a heavy steel isolator ring of the same size as the head (0.1 m<sup>2</sup>) and 40 cm deep was dropped into the position vacated by the head. The plants within the ring were excised just above ground level and sealed in polythene bags to be examined later for the presence of predators. The ring was forced 3 cm into the ground using a club hammer. Large stones which impeded progress were removed. Three pitfall traps (plastic cups 6.5 cm diameter, 9cm deep) were sunk inside the ring in a triangular pattern. Each pitfall was filled to a depth of 3 to 4 cm with a solution of 1% formaldehyde and 1% detergent ("Teepol"). The top of the ring was covered with a double layer of fine muslin, secured tightly with a rubber band and string tied together. The pitfall traps were emptied after seven days.

Fig. 2 Variation between sites and taxonomic groups in percentage of the total catch due to each sampling method (means and 95% confidence limits of percentages after angular transformation). Taxonomic groups A - T as in Table 1.

○ Rothamsted ● Plymouth ⊖ Littlehampton



\* pitfalls only at Rothamsted

Each sample consisted of ten  $0.1 \text{ m}^2$  sub-samples.

(ii) at Littlehampton;

A Dietrick vacuum insect net (Dvac.) was used (Dietrick 1961). Dvac. and plant search procedures were as above. 20 cm deep, 1 mm thick, plastic isolator rings ( $0.1 \text{ m}^2$ ) were used; a curved chisel and mallet were used to open a circular groove in the ground in the exact position where the Dvac. head rested and the ring was sunk to a depth of 10 cm. If the soil was hard and dry, the groove was moistened with water to facilitate fitting of the isolator. Both sides of the ring were packed tightly with soil and also banked with soil to avoid a breach during heavy rain. An aspirator was used to remove animals on the soil surface (ground search) within the isolated  $0.1 \text{ m}^2$ . Weeds, stones, cereal stubble and roots were removed and any animals disturbed by this procedure were also collected in the aspirator. Three pitfall traps (7cm diameter, 8cm deep plastic cups) were filled to the top with 1% detergent ("Teepol") solution and sunk within the  $0.1 \text{ m}^2$  area; two against the inner side of the isolator and one in the centre, linked with the isolator by a metal guide plate (8cm x 20 cm). The top of the isolator was covered with polyester netting (mesh size  $1 \times 0.3 \text{ mm}$ , thread thickness  $0.1 \text{ mm}$ ). For the first sample this was attached to the isolator by an elastic band sown into the netting. However, laboratory observations showed that small climbing carabids and staphylinids (such as *Demetrias* and *Tachyporus*) were able to enter through small gaps between the elastic and the isolator and so, for the second sample, strong waterproof sticky tape was used to secure the netting to the isolator. The pitfalls were emptied after seven days. Each sample consisted of ten  $0.1 \text{ m}^2$  sub-samples.

(iii) at Plymouth;

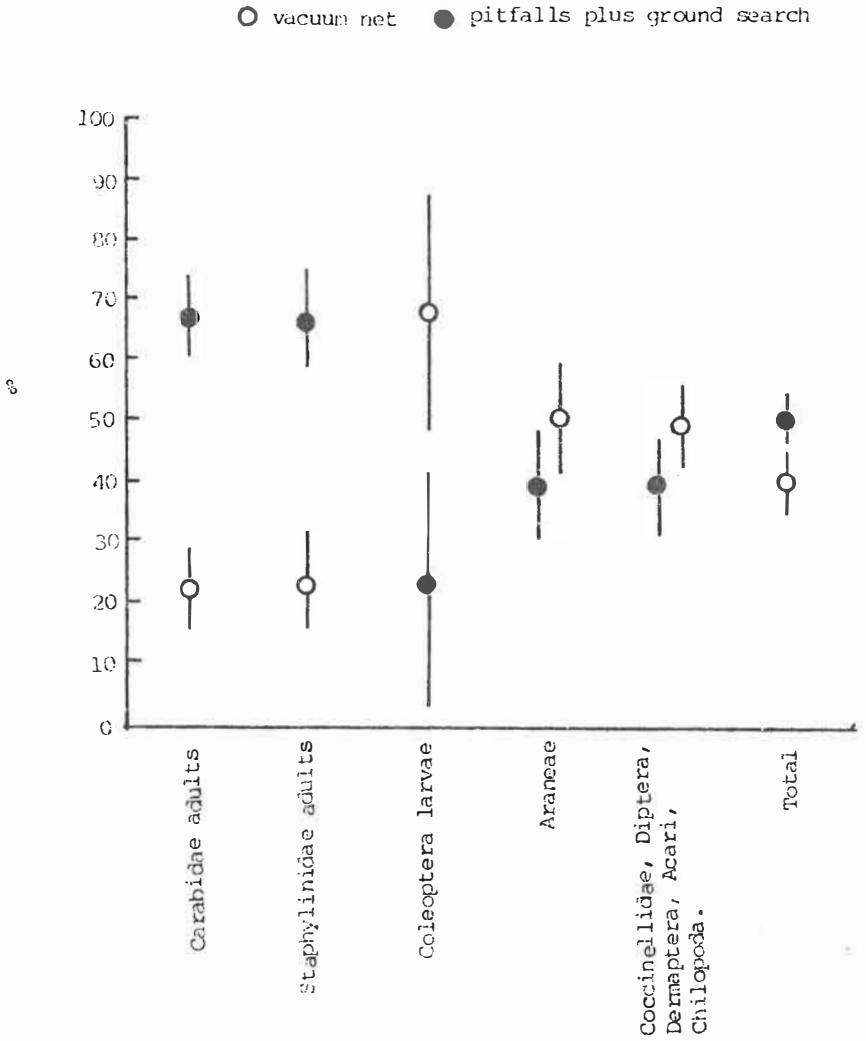
A Dvac. was used and the sampling methods were similar to those used at Littlehampton. Differences were; (i) plastic isolator rings were 50 cm deep (ii) two pitfall traps were used within each isolator; they were filled with formalin to a depth of 5 cm. and emptied after six days. (iii) isolators were sealed with elasticated muslin on all occasions (iv) each sample consisted of twelve  $0.1 \text{ m}^2$  sub-samples.

#### 4. RESULTS

The density of predators varied according to taxonomic group, site and date (Table 1). Total predator density was in the range 64 to  $341 \text{ m}^{-2}$ . Densities of Carabidae adults (maximum  $53 \text{ m}^{-2}$ ) and Staphylinidae adults (maximum  $101 \text{ m}^{-2}$ ) may have been overestimated in cases where sticky tape was not used to seal isolators (see 3. METHODS).

The percentage of the total catch that was due to each sampling method was calculated (Table 1). After angular transformation, the means and 95% confidence limits of these

Fig. 3 Variation between taxonomic groups in percentage of the total catch due to sampling method (means and confidence limits as in Fig. 1) based on 14 samples.





percentages were calculated separately for taxonomic groups, sites and sampling methods (Fig. 2)(results for plant search are not figured because very few predators were caught by this method). Similar statistics were computed to show how the total catch for each taxonomic group was distributed between capture by vacuum net and pitfalls plus ground search (Fig. 3).

Capture efficiency by the different sampling methods did not vary greatly from site to site (Fig. 2) but there were large differences between taxonomic groups of predators (Fig. 3). The vacuum net was slightly less efficient than other methods in sampling the predatory fauna as a whole and it was very inefficient for adult beetles. It appeared to be more efficient than other methods for sampling beetle larvae, spiders and the composite group (Coccinellidae, Diptera, earwigs, mites and centipedes). Results may differ from this when analyses are carried out at the species level.

##### 5. DISCUSSION

The results clearly demonstrate that single sampling methods underestimate predator density and seriously underestimate the density of some taxonomic groups. Combining sampling methods gives a more accurate estimate of density. The approach is, however, very labour-intensive (field sampling alone takes nine man hours per ten sub-samples) and could probably be made more efficient. For example, very few predators were found on the excised plants early in the season and, with sufficient information, the plant search stage could sometimes be omitted. In the second sample at Littlehampton, syrphid and Tachyporus larvae were found on the excised plants. Plant search is therefore probably necessary if an accurate estimate of the density of these predators is required. It is possible that most predators will enter the pitfalls over a period of seven days thus allowing the ground search stage to be omitted. There is a suggestion from the data (Fig. 2) that a higher proportion of animals were caught in pitfalls where ground search was omitted (at Rothamsted). To be certain that ground search can be omitted, however, trials are needed to compare simultaneously results for inclusion and omission of ground search at one site. Possibly, some species of predator are able to avoid pitfalls. If it is desired to assess the abundance of the soil fauna and inactive stages of the epigeal fauna in addition to active animals on the soil surface and vegetation then the ground search and pitfall stages of the sampling programme could be replaced with removal of the 0.1 m<sup>2</sup> core for later extraction of animals in the laboratory using heat and light extractors or soil-washing and flotation techniques.

It should be noted that the procedure is unsuitable for mature maize and for soils with a high component of stones or flints. It will also greatly underestimate the density of active flying invertebrates (such as predatory Diptera) which flee at the approach of the vacuum net operator. In

Table 1. Number of predators  $m^{-2}$  (percentage of the total catch contributed by each sampling method in parentheses).

Key:

A - Carabidae B - Staphylinidae C - Coleoptera larvae  
 D - Araneae E - Coccinellidae, Diptera, Dermaptera,  
 Acari, Chilopoda  
 - - Group not identified T - Total  
 Vac - Vacuum insect net Pit - Pitfall traps  
 PS - Plant search GS - Ground search

NB. No GS samples taken at Rothamsted  
 PS samples taken at Rothamsted and Plymouth but no  
 predators found

Sample method	Predator group					
	A	B	C	D	E	T
<u>Rothamsted 23 May 1984</u>						
Vac	1.0 (50.0)	14.0 (35.0)	1.0 (100.0)	35.0 (58.3)	-	51.0 (49.5)
Pit	1.0 (50.0)	26.0 (65.0)	0.0 (0.0)	25.0 (41.7)	-	52.0 (50.5)
T	2.0	40.0	1.0	60.0	-	103.0
<u>Rothamsted 15 June 1984</u>						
Vac	1.0 (25.0)	10.0 (21.7)	105.0 (45.9)	52.0 (83.9)	-	168.0 (49.3)
Pit	3.0 (75.0)	36.0 (78.3)	124.0 (54.1)	10.0 (16.1)	-	173.0 (50.7)
T	4.0	46.0	229.0	62.0	-	341.0
<u>Plymouth 29 June 1984</u>						
Vac	5.8 (11.6)	0.8 (5.1)	-	21.7 (78.9)	37.5 (68.3)	65.8 (44.4)
GS	7.5 (15.0)	1.7 (10.8)	-	5.8 (21.1)	9.1 (16.6)	24.1 (16.3)
Pit	36.7 (73.4)	13.3 (84.1)	-	0.0 (0.0)	8.3 (15.1)	58.3 (39.3)
T	50.0	15.8	-	27.5	54.9	148.2
<u>Plymouth 4 July 1984</u>						
Vac	0.8 (10.7)	0.0 (0.0)	-	13.3 (61.3)	18.3 (62.7)	32.4 (47.9)
GS	1.7 (22.7)	4.2 (45.7)	-	1.7 (7.8)	9.2 (31.5)	16.8 (24.9)
Pit	5.0 (66.6)	5.0 (54.3)	-	6.7 (30.9)	1.7 (5.8)	18.4 (27.2)
T	7.5	9.2	-	21.7	29.2	67.6

Table 1. (continued).

Sample method	Predator group					
	A	B	C	D	E	T
<u>Plymouth</u>	<u>11 July</u>	<u>1984</u>				
Vac	0.8	0.0	-	2.5	9.2	12.5
	(32.0)	(0.0)	-	(9.4)	(35.5)	(19.5)
GS	1.7	0.8	-	4.2	10.0	16.7
	(68.0)	(8.8)	-	(15.7)	(38.6)	(26.0)
Pit	0.0	8.3	-	20.0	6.7	35.0
	(0.0)	(91.2)	-	(74.9)	(25.9)	(54.5)
T	2.5	9.1	-	26.7	25.9	64.2
<u>Plymouth</u>	<u>24 July</u>	<u>1984</u>				
Vac	0.8	6.7	-	7.5	28.3	43.3
	(5.6)	(33.5)	-	(29.1)	(69.4)	(43.0)
GS	6.7	8.3	-	13.3	2.5	30.8
	(47.2)	(41.5)	-	(51.6)	(6.1)	(30.6)
Pits	6.7	5.0	-	5.0	10.0	26.7
	(47.2)	(25.0)	-	(19.3)	(24.5)	(26.4)
T	14.2	20.0	-	25.8	40.8	100.8
<u>Plymouth</u>	<u>31 July</u>	<u>1984</u>				
Vac	6.7	0.0	-	9.2	13.3	29.2
	(26.8)	(0.0)	-	(46.0)	(45.7)	(34.4)
GS	10.0	10.8	-	10.8	0.8	32.4
	(40.0)	(100.0)	-	(54.0)	(2.7)	(38.2)
Pit	8.3	0.0	-	0.0	15.0	23.3
	(33.2)	(0.0)	-	(0.0)	(51.6)	(27.4)
T	25.0	10.8	-	20.0	29.1	84.9
<u>Plymouth</u>	<u>8 August</u>	<u>1984</u>				
Vac	1.7	1.7	-	3.3	11.7	18.4
	(5.2)	(16.8)	-	(15.3)	(23.8)	(16.2)
GS	9.2	6.7	-	18.3	0.8	35.0
	(28.2)	(66.3)	-	(84.7)	(1.6)	(30.8)
Pit	21.7	1.7	-	0.0	36.7	60.1
	(66.6)	(16.8)	-	(0.0)	(74.6)	(53.0)
T	32.6	10.1	-	21.6	49.2	113.5
<u>Plymouth</u>	<u>14 August</u>	<u>1984</u>				
Vac	0.0	0.8	-	15.8	21.6	38.2
	(0.0)	(13.8)	-	(47.4)	(60.3)	(29.8)
GS	10.0	3.3	-	17.5	2.5	33.3
	(18.8)	(56.9)	-	(52.6)	(7.0)	(26.0)
Pit	43.3	1.7	-	0.0	11.7	56.7
	(81.2)	(29.3)	-	(0.0)	(32.7)	(44.2)
T	53.3	5.8	-	33.3	35.8	128.2

Table 1. (continued)

Sample method	Predator group					
	A	B	C	D	E	T
<u>Plymouth 22 August 1984</u>						
Vac	2.5 (10.0)	1.7 (14.5)	-	7.5 (69.4)	7.5 (27.3)	19.2 (25.6)
GS	19.2 (76.8)	6.7 (57.3)	-	3.3 (30.6)	0.0 (0.0)	29.2 (38.9)
Pit	3.3 (13.2)	3.3 (28.2)	-	0.0 (0.0)	20.0 (72.7)	26.6 (35.5)
T	25.0	11.7	-	10.8	27.5	75.0
<u>Littlehampton 30 May 1985 Aquila</u>						
Vac	6.0 (30.2)	22.0 (30.3)	10.0 (100.0)	32.0 (88.6)	15.0 (77.7)	85.0 (53.8)
PS	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1.0 (5.2)	1.0 (0.6)
GS	5.0 (25.1)	15.0 (20.7)	0.0 (0.0)	3.0 (8.3)	0.0 (0.0)	23.0 (14.6)
Pit	8.9 (44.7)	35.6 (49.0)	0.0 (0.0)	1.1 (3.1)	3.3 (17.1)	48.9 (31.0)
T	19.9	72.6	10.0	36.1	19.3	157.9
<u>Littlehampton 30 May 1985 Rapier</u>						
Vac	3.0 (20.0)	22.0 (21.8)	6.0 (100.0)	27.0 (87.1)	14.0 (66.7)	72.0 (41.4)
PS	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
GS	4.0 (26.7)	13.0 (12.9)	0.0 (0.0)	3.0 (9.7)	2.0 (9.5)	22.0 (12.6)
Pit	8.0 (53.3)	66.0 (65.3)	0.0 (0.0)	1.0 (3.2)	5.0 (23.8)	80.0 (46.0)
T	15.0	101.0	6.0	31.0	21.0	174.0
<u>Littlehampton 28 June 1985 Aquila</u>						
Vac	0.0 (0.0)	7.0 (25.0)	17.0 (50.0)	21.0 (77.8)	42.0 (85.7)	87.0 (55.1)
PS	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1.0 (3.0)	0.0 (0.0)	3.0 (6.1)	4.0 (2.5)
GS	16.0 (80.0)	11.0 (39.3)	0.0 (0.0)	4.0 (14.8)	1.0 (2.1)	32.0 (20.3)
Pit	4.0 (20.0)	10.0 (35.7)	16.0 (47.0)	2.0 (7.4)	3.0 (6.1)	35.0 (22.1)
T	20.0	28.0	34.0	27.0	49.0	158.0

Table 1. (continued)

Sample method	Predator group					
	A	B	C	D	E	T
Littlehampton	28	June 1985	Rapier			
Vac	4.0 (21.1)	14.0 (63.6)	49.0 (57.6)	13.0 (65.0)	33.0 (61.1)	113.0 (56.5)
PS	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	5.0 (5.9)	0.0 (0.0)	1.0 (1.9)	6.0 (3.0)
GS	11.0 (57.8)	2.0 (9.1)	0.0 (0.0)	4.0 (20.0)	2.0 (3.7)	19.0 (9.5)
Pit	4.0 (21.1)	6.0 (27.3)	31.0 (36.5)	3.0 (15.0)	18.0 (33.3)	62.0 (31.0)
T	19.0	22.0	85.0	20.0	54.0	200.0

spite of these deficiencies the approach of combining sampling methods represents an improvement over all previous single methods of assessing invertebrate density in cereals.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank Mr Keith Langmead for permission to work on Manor Farm and Mr David Stacey for help with preparing the equipment used at Littlehampton. Paul Sopp was in receipt of a SERC CASE award between Southampton University (supervisor Dr. S.D. Wratten) and GCRI.

#### REFERENCES

- CARTER, N. & SOTHERTON, N.W. (1983). The role of polyphagous predators in the control of cereal aphids. Proceedings of the Tenth International Congress of Plant Protection, 1983, BCPC, 2, 778.
- DIETRICK, E. (1961). An improved back pack motor fan for suction sampling of insect populations. Journal of Economic Entomology, 54, 394 - 395.
- THORNHILL, E.W. (1978). A motorised insect sampler. PANS, 24, 205 - 207.

SPIDERS AND CEREAL APHIDS IN EUROPE

K.D. Sunderland  
Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, W.  
Sussex, BN17 6LP, UK

Summary

In this paper information on the species composition, distribution, dispersal, density and food of spiders in European cereals is reviewed and new data on these topics are presented. Priority areas for future work are suggested. Spiders are potentially valuable in the control of cereal aphids and other pests and there is much scope for increasing their effectiveness by careful selection of cultural and chemical techniques.

ARAIGNÉES ET PUCERONS DES CÉRÉALES D'EUROPE

Résumé

Cet article rassemble toute l'information sur la composition des espèces, la distribution, la dissémination, la densité et les proies des araignées des céréales Européennes et de nouveaux résultats sur ces sujets sont présentés. Les sujets prioritaires sont suggérés. Les araignées sont utiles pour leur potentiel vis à vis du contrôle des pucerons des céréales et autres ravageurs et de nombreuses possibilités existent pour augmenter ce potentiel, notamment par le choix avisé des techniques de culture et chimiques.

Table 1. Number of species of spiders in UK cereals based on ten years data from Sussex (Sunderland, unpublished) and 26 publications on polyphagous predators in UK cereals.

Family	Number of species
Pisauridae	1
Dictynidae	1
Salticidae	2
Agelenidae	2
Tetragnathidae	4
Araneidae	6
Gnaphosidae	8
Thomisidae	10
Theridiidae	10
Clubionidae	10
Lycosidae	13
Linyphiidae	84
Total	151

Table 2. Numbers of linyphiid individuals as a percentage of total spiders (sample size 87,800) in Sussex cereals (based on sampling in spring and summer over 7 years).

Months	
Minimum (May) 81%	Maximum (March) 97%
Fields	
Minimum 71%	Maximum 97%
Sampling Methods	
sweeping 61%, emergence traps 69%, plant search 85%, pitfalls 90%, water traps 91%, ground search 92%, suction traps 97%, Dvac 98%	

## 1. INTRODUCTION

Spiders are a numerically important component of the predatory fauna of European cereals. For example they are estimated to account for 20 - 30% of predators in the ground zone in the USSR (Titova & Yegorova 1978) and 45% (compared with 27% for Carabidae) in Belgium (Pietraszko & De Clercq 1980). Spiders of a single family (Linyphiidae) are as abundant as the Carabidae in West German cereals (Baseow 1973). Jones (1976) found that spiders were the most abundant predators caught in emergence traps in winter wheat.

The purpose of this paper is to review current knowledge of the ecology of spiders in cereals, including their predation on cereal aphids, to present some new information and to suggest productive areas for future research.

The nomenclature is that of Merrett et al. (1985).

## 2. FAMILY AND SPECIES COMPOSITION

In the UK, at least 151 species, belonging to 12 families (Table 1), have been recorded in cereals. In Sussex, one family, the Linyphiidae is dominant, both in terms of number of species (Table 1) and number of individuals (Table 2). The European spider fauna is generally rich in species. Travelling north and east onto the European mainland and USSR the change in the fauna is gradual, but it is more abrupt southwards to Spain (Table 3); this is probably because the dominant family (Linyphiidae) is basically centred on northern and arctic latitudes (Bristowe 1958).

Over a large part of Europe the dominant species are;

(i) the aeronautic linyphiids; Erigone atra (Blackwall), Erigone dentipalpis (Wider), Erigone vagans Audouin, Oedothorax fuscus (Blackwall), Oedothorax retusus (Westring), Oedothorax apicatus (Blackwall), Meioneta rurestris (C.L. Koch), Lepthyphantes tenuis (Blackwall) and Bathyphantes gracilis (Blackwall)

(ii) the cursorial lycosids and tetragnathids; Pardosa agrestis (Westring), Pardosa agricola (Thorell), Pardosa palustris (L.), Pardosa prativaga (L. Koch), Pardosa pullata (Clerck) and Pachygnatha degeeri Sundevall

(iii) the field-layer species; Tetragnatha extensa (L.), Larinioides cornutus (Clerck), Araniella cucurbitina (Clerck) (Tischler 1965; Raatikainen & Huhta 1968; Huhta & Raatikainen 1974; Luczak 1975, 1979; Jones 1976; Cottenie & De Clercq 1977; Nyffeler 1982).

In Finland, Microlinyphia pusilla (Sundevall) appears as a dominant field-layer spider (Raatikainen & Huhta 1968; Huhta & Raatikainen 1974) and in the USSR Pardosa monticola (Clerck), Trochosa terricola Thorell and Xysticus kochi



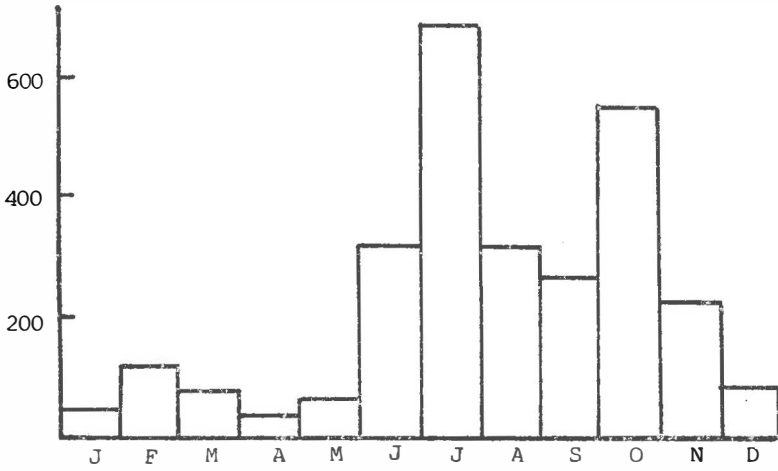


Fig. 1 Mean monthly catches of spiders in 12.2 m suction traps (based on two years data from traps in Hertfordshire and West Sussex, England)

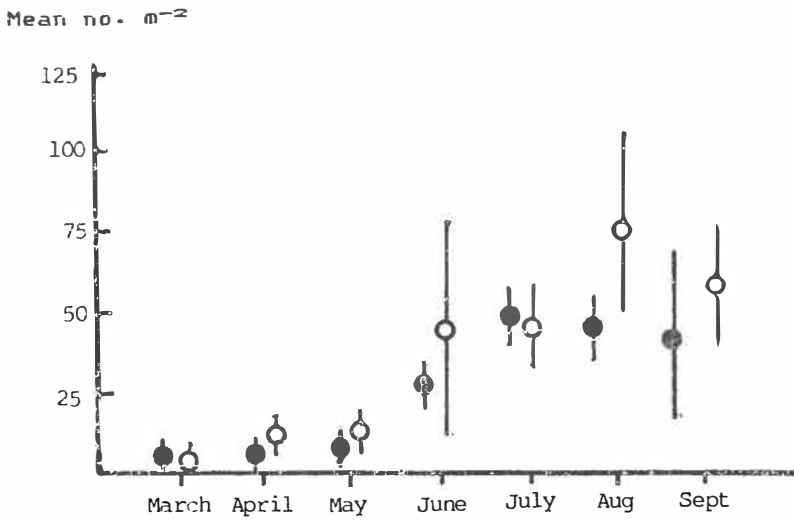


Fig. 2 Mean spider density ( $\pm$  95% CL) ● ground search, ○ Dvac (based on 7 years data).

Thorell are the dominant species (Titova & Yegorova 1978). In Spain the Thomisidae and Gnaphosidae also become important with dominant species including Thanatus lineatipes C.L. Koch, Zelotes carmeli, Zelotes circumspectus, Zelotes caucasius and Gnaphosa trigina (Castanera & Del Estal 1985).

### 3. IMMIGRATION

One route of immigration is through the air. Spiders can fly on silken threads ("ballooning") and can potentially cover great distances in this manner. This phenomenon is well recorded in Europe (Duffey 1956, 1959; Kajak 1959; Vugts & Wingerden 1976; Meijer 1977). The temporal distribution of ballooning activity at 12.2 m in the UK has been monitored using Rothamsted Insect Survey suction traps (Fig. 1). Peak activity is in mid-summer and autumn. The species involved are almost entirely the common aeronautic linyphiids which are also the dominant species (section 2) in cereals (Freeman 1946; Sunderland & Dewar unpublished). The British Arachnological Society National Spider Ballooning Survey for 1985 has recorded deposition rates of  $30 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$  by these species (and especially Erigone).

Another possible route of immigration is by walking in from the field boundary over the soil surface. There is certainly much movement over the soil surface (section 5) and some of this could be directed seasonal migration.

Duffey (1978) erected nylon mesh exclusion cages over plots of agricultural land one day after ploughing and used pitfalls to monitor the spiders inside and outside the cages from October to February. He caught 104 spiders belonging to 20 species outside the cages and 54 spiders belonging to 10 species inside the cages, indicating that half the winter populations are survivors of cultivation and half are immigrants.

### 4. DENSITY

Luczak (1979) remarked "there are few precise data on spider density in crop fields"; this is still true for European cereals. Nyffeler (1982), using ground search, recorded densities of 12 - 53  $\text{m}^{-2}$  in winter wheat fields in Switzerland.

Mean monthly densities of spiders in Sussex cereals are given for total spiders in Fig. 2 and for Linyphiidae in Table 4. Densities were estimated by daytime ground search and daytime Dvac. Ground search involved collection of spiders from under weeds and stones, around the base of cereal plants and from the soil to a depth of c. 3 cm, within 10 - 20 randomly placed  $0.1 \text{ m}^2$  quadrats. Dvac samples consisted of five randomly placed subsamples per field, each of  $0.092 \text{ m}^2$ , taken with a Dietrick vacuum insect net. Since ground search does not include spiders on the plant and the Dvac is a very inefficient sampler of ground zone arthropods (Dewar et al. 1982; Sunderland et al. this volume) both methods must underestimate spider density.

Table 3. Comparison of the european arachnofauna.

Country	Author	Number of species	Number different from UK		% of species the same as UK
			Families	Genera	
Poland	1	49	0	2	80%
Switzerland	2	> 28	0	2	68%
Belgium	3	55	0	4	65%
West Germany	4	70	-	-	-
Finland	5	65	2	7	41%
Finland	6	49	1	11	41%
USSR	7	75 (24)	0	6	33%
Spain	8	43 ( 7)	4	-	14%

Key to authors; 1 - Luczak 1975, 2 - Nyffeler 1982, Nyffeler & Benz 1979, 3 - Cottenie & De Clercq 1977, 4 - Brasse 1975, 5 - Raatikainen & Huhta 1968, 6 - Huhta & Raatikainen 1974, 7 - Ashikbaev 1973, Titova & Yegorova 1978, 8 - Castanera & Del Estal 1985.

In parentheses; number of species named.

- = data not given

Table 4. Mean number of linyphiids  $m^{-2}$  in Sussex cereals (based on 7 years' data).

	Month						
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
Ground search	-	19	10	5	5	22	
Dvac	-	9	4	12	13	27	
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Ground search	44	36	39	41	-	162	
Dvac	42	75	43	-	-	-	

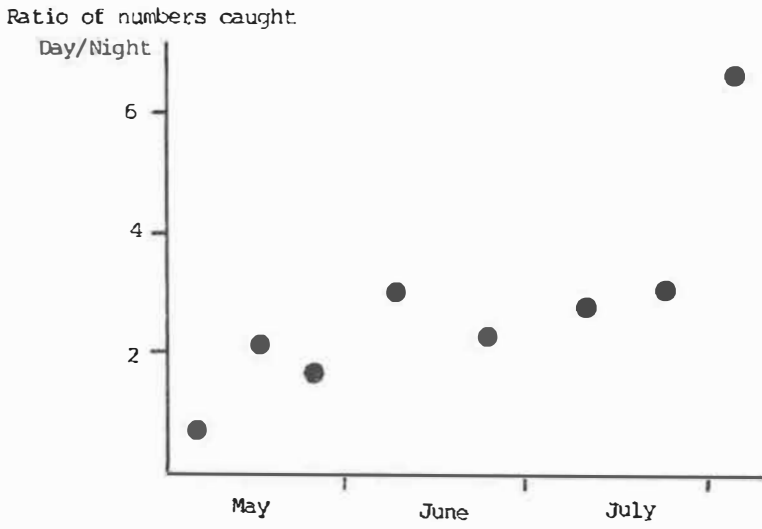


Fig. 3 Aphids in pitfalls per 1000 trap hours

Table 5. Estimated mean density of spiders  $m^{-2}$  based on data from 7 fields where ground search (G) and Dvac (D) samples were taken concurrently.

Month	G + D	highest of G,D	Mean density*
April	13.9	11.0	12.5
May	18.3	16.6	17.5
June	69.3	40.8	55.1
July	93.6	79.9	86.8
August	121.1	85.1	103.1
September	99.4	66.3	82.9

\* Mean density -  $((G + D) + (\text{highest of G,D}))/2$

Table 6. Classification of the common spider species according to diel activity and stratum occupied (based on pitfall trapping and sweep catches, April to August, taken separately during day and night).

	Number of species			
	Ground		Plant	
	diurnal	nocturnal	diurnal	nocturnal
present on ground and plant	10	0	5	5
ground only	12	1	-	-
plant only	-	-	2	2
total	22	1	7	7

The density of some species is more accurately assessed by ground search than Dvac, but the reverse is true for other species. Therefore a more accurate assessment of density is to compare, for any given species, the values for ground search and Dvac (when both methods are used concurrently) and select the higher value. This selection method is an improvement over relying on a single sampling technique, but will still be an underestimate. Adding together values for ground search and Dvac could produce a slight overestimate. The true density value will therefore be somewhere between that produced by the selection method and that produced by addition of values for ground search and Dvac. Table 5 gives estimates of monthly density using the mean of values from the selection and addition methods. Densities were low in the spring and increased to reach c.  $100 \text{ m}^{-2}$  in late summer. These represent mean values of a collection of fields and sampling occasions; the highest single value recorded was  $176 \text{ m}^{-2}$  for Dvac in spring barley in August (and probably represents a true density of  $> 200 \text{ m}^{-2}$ ).

##### 5. DISTRIBUTION AND MOVEMENT IN SPACE AND TIME

Spiders in Sussex cereals occupy one or more of four identifiable niches in terms of space and time. The least occupied niche is for nocturnally active spiders on the ground (Table 6). Since spider activity on the ground is mainly diurnal they have a greater opportunity of encountering aphids, which also walk over the ground more by day than by night (Fig. 3). There may be exceptions to this general rule; for example, Thornhill (1983) found that Oedothorax species are more active at night on the ground in sugar beet fields in August. On the plant, more spiders were found at night than by day (Table 7); this was also reported by Vickerman & Sunderland (1975).

The two genera, Erigone and Oedothorax, account for 62% of the activity of spiders on the ground and the large numbers of these, and other, spiders temporarily present in each square metre each day (Table 8) suggests that the potential for spider-aphid encounters is high. Most of the spiders active on the ground are male (4.2 males per female in pitfalls) and females of some linyphiids (eg Erigone) are more numerous than males on the plant; Geiler (1963) made similar observations for various arable crops in Germany. Another indication of the scale of movement over the ground comes from a comparison of spider catches in plots surrounded by exclusion barriers (which prevent walking spiders entering a plot; Sunderland et al. 1980) or inclusion barriers (which act as a one-way valve to retain walking spiders within a plot; Wright et al. 1960). If spiders arrive only from the air and move only short distances over the ground the numbers caught within the two types of plot would be similar. In fact, pitfalls in inclusion plots caught nearly twice as many spiders (mainly Linyphiidae and Lycosidae) as in exclusion plots (Table 9) indicating a high degree of movement, which is probably a combination of random movement and directed migratory

Table 7. Diel activity; ratio of numbers caught per unit time (day/night) in pitfalls (ground) and sweep net (plant). Sample size 9700, collected from April to August.

	Ground			Plant		
	male	female	imm.	male	female	imm.
Linyphiidae	2.7	1.0	1.1	0.3	2.5	1.0
others	2.1	1.8	7.3	0.4	0.3	0.2
total spiders		2.2			0.7	

Table 8. Mean and maximum number of spiders temporarily present  $m^{-2} day^{-1}$  on the ground (based on number caught per pitfall (area  $42 cm^2$ )  $day^{-1}$  converted to number  $m^2$ ; March - September, 6 years' data).

Species	Mean	Maximum
Erigone atra	233	973
Erigone dentipalpis	178	2249
Oedothorax spp.	134	1575
total spiders	882	4117

movement. Field layer populations, assessed by Dvac, were similar in all plots (Table 9). Powell & Bardner (1985) also found that spiders were highly mobile on the soil surface of winter wheat fields. This movement is not restricted to the summer months; many of the species characteristic of arable land are resistant to cold and are active in fields in early winter (Tischler 1965).

Linyphiids of the sub-family Erigoninae make small webs (c. 4 cm<sup>2</sup>) over small depressions in the ground but those of the sub-family Linyphiinae build much larger webs (c. 65 cm<sup>2</sup>) above the ground; the area and height above ground of the latter both increase during the course of the season (Sunderland et al. 1986a). Spider distribution in the horizontal plane can be regular or contagious depending on the sampling method and the group of spiders under consideration (Nyffeler & Benz 1980; Fraser 1982).

In Sussex cereals many species were caught in greater numbers towards the edge of the field than in the middle (Table 10). However, the only abundant species with an affinity for the edge were *Pardosa amentata* (Clerck), *Pardosa pullata*, *Pachygnatha degeeri* and immature Lycosidae. The majority of abundant species (such as those of the genera *Erigone* and *Oedothorax*) were caught in equal numbers at edge and middle or were more numerous in the middle. These distributions were means for the period March to September; there are likely to be seasonal variations but these are not yet analysed. No significant differences were found between numbers of spiders at the edge and middle of fields of winter wheat in Switzerland (Nyffeler & Benz 1980) or oats in Finland (Raatikainen & Huhta 1968) but spiders tended to concentrate in the outer parts of rye fields in Poland (Luczak 1975).

## 6. FOOD

Spiders have lower resting metabolic rates than most other poikilotherms and many species are able to withstand prolonged periods of starvation (Greenstone & Bennett 1980).

This is true for many of the common species in cereals. In Sussex cereals, the mean ( $\pm$  95% Confidence Limits) survival times of females kept without food at ambient temperatures ranged from 34  $\pm$  14 days for *Meioneta rurestris* to 80  $\pm$  11 days for *Oedothorax* species. When prey becomes available, however, they are immediately able to exploit it and rapidly increase their weight (Riechert & Luczak 1981).

The author has observed all the common species eating cereal aphids in the laboratory and they have also been shown, by serological techniques, to feed on cereal aphids in the field, even when aphid density is very low (Sunderland, Chambers et al. 1985). Sopp & Chiverton (1986, this volume) reported that c. 70% of spiders were eating *Sitobion avenae* (F.) and c. 90% were eating *Rhopalosiphum padi* L. during the autumn.

Linyphiids that were observed eating prey in webs in Sussex cereals during the daytime were collected together with their prey and identified in the laboratory



Table 9. Mean number of spiders caught in a field of winter wheat inside plots enclosed by exclusion barriers, inclusion barriers and inside plots with no barriers (based on two plots per treatment; plot size 144 m<sup>2</sup>).

	exclusion	Mean number of spiders control (no barriers)	inclusion
Pitfalls <sup>1</sup>	931	1451	1743
Dvac <sup>2</sup>	13.9	15.0	12.3

<sup>1</sup> numbers per 420 trap days; for the period 26 April - 7 August.

<sup>2</sup> numbers per m<sup>2</sup>; samples taken on seven occasions between 1 June and 12 August.

Table 10. Distribution of the common spiders with respect to the edge (within 5m of boundary) and middle of cereal fields.

	Number of species with e/m* values of;		
	< 0.8	0.8 - 1.2	>1.2
Linyphiidae	7	12	19
others	2	2	15
total spiders	9	14	34

\* e = number of individuals caught per unit time in pitfalls at edge (based on 151 samples over 5 years)

m = as above, but in middle (194 samples over 5 years)

(NB field sizes vary from 4.2 ha - 33 ha)

(Sunderland et al. 1986a). 60% of prey were Symphyleona (Collembola), 12% Arthropleona (Collembola), 12% aphids and the remaining 16% consisted of various small Diptera, thrips, spiders, mites, Hymenoptera, Heteroptera and larvae of Coleoptera.

Extensive observations have been made of the prey taken by spiders in Swiss cereals. Nyffeler & Benz (1979) found that the Argiopidae, Tetragnathidae and Theridiidae ate mainly Diptera and aphids but also thrips, beetles, Hymenoptera, Neuroptera and Lepidoptera. Diptera and aphids also formed the main food of the Linyphiinae and Thomisidae, but the latter also ate spiders. Erigoninae on the soil surface ate aphids, Sminthuridae (Collembola) and Diptera whilst the Lycosidae ate the same, except that their collembolan food was mainly Arthropleona (Nyffeler 1982) and their aphid prey were entirely Sitobion avenae, Metopolophium dirhodum (Wlk.) and Rhopalosiphum padi (Nyffeler & Benz 1982). Ashikbaev (1973) made many observations on the food of spiders in wheat in the USSR; these are summarised below.

(i) Araneidae ate Coleoptera, Heteroptera and Diptera.

(ii) Theridiidae ate leafhoppers, aphids, flea beetles and other Coleoptera.

(iii) Lycosidae ate leafhoppers, Coleoptera and lepidopterous larvae.

(iv) Thomisidae ate leafhoppers, flea beetles, Miridae and lepidopterous larvae.

(v) Salticidae ate grasshoppers, Coleoptera and Miridae.

Ashikbaev stressed that the prey of spiders in wheat includes many pests and Titova & Yegorova (1978) recorded that a wide range of spider species attack Eurygaster integriceps Put., an important heteropteran pest of northern European cereals. Additional pests eaten by spiders include adult frit fly in England (Jones 1969) and larvae of wheat blossom midge in West Germany (Basedow 1973). Spiders also kill "neutral" insects and the natural enemies of pests (Nyffeler & Benz 1979) and so the determination of the effect of the arachnofauna on a pest species requires careful quantitative studies.

#### 7. PREDATION ON CEREAL APHIDS

Where spider populations have been experimentally manipulated in fields of winter wheat, numbers of aphids were inversely related to numbers of spiders (Sunderland et al. 1980; De Clercq & Pietraszko 1983). This does not, however, necessarily imply a causal relationship because other predators were also affected by the manipulations.

To quantify predation on cereal aphids by linyphiids (Sunderland et al. 1986b) obtained estimates of the proportion of ground covered by webs, the falling rate of aphids (using sticky traps) and the efficiency of capture of various aphid instars by linyphiids (from laboratory feeding trials); the number of aphids killed  $m^{-2} day^{-1}$  = proportion of ground covered by webs x rate of aphid falling per  $m^2$  x proportion of aphids entering webs

Table 11. Effects of agricultural practices on spider populations in cereals ( + = augments, 0 = no effect, - = depletes).

Practice	Effect (numbers refer to authors)		
	+	0	-
<u>Insecticides</u>			
permethrin			24
deltamethrin			12
cypermethrin			3, 4, 19
methyl parathion	1, 6		3, 4, 19
parathion-ethyl			1
fenitrothion	1		
methoxychlor	1		
demeton-S-methyl			25
dimethoate	5, 6		2, 15, 23, 24
pirimicarb	5, 6, 15, 24		
<u>Fungicides</u>			
benomyl	5, 6, 15		
<u>Herbicides</u>			
MCPA			17
metoxuron, simazine			20
chlortoluron and isoproturon and mecoprop	16		
<u>Undersowing</u>			
ryegrass and/ or clover	14, 22	8	
mustard and Phacelia		10	
<u>Multi-cropping</u>			
oats and peas	11		
<u>Fertiliser</u>			
manure	13	13	13
<u>Strawburning</u>	9		7, 18, 21

Key to authors; 1 - Basedow et al. 1976, 2 - Basedow et al. 1981, 3 - Brown 1983, 4 - Brown et al. 1983, 5 - Castanera & Del Estal 1985, 6 - De Clercq & Pietraszko 1985, 7 - Edwards 1977, 8 - Grosse-Wichtrup 1984, 9 - Jones 1978, 10 - Klinger 1984, 11 - Martens 1983, 12 - Matcham & Hawkes 1985, 13 - Pietraszko & De Clercq 1985, 14 - Powell et al. 1983, 15 - Powell, Dean & Bardner 1985 (contd.)

that are killed or die. The estimated mortality of Sitobion avenae due to linyphiids in a field of winter wheat reached a peak of  $31 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  during flowering and then declined. There was a large amount of aphid movement early in the season, but the factor limiting predation at this time was the incidence of webs, which covered less than 1% of the ground area. Web cover increased rapidly to peak at nearly 60% in late summer. It was concluded that linyphiids would make a greater contribution to aphid control if web cover could be increased in the spring.

Fraser (1982), using the approach described above, and taking account also of alternative prey and the daily maximum consumption rate, estimated that linyphiids reduced the peak number of Sitobion avenae in a field of winter wheat by 37%. Extrapolation to other years suggested that linyphiids could potentially reduce peak numbers of aphids at higher densities by 25%.

Nyffeler (1982) estimated that field layer spiders in wheat, rye and oats catch  $0.2 - 1.2 \text{ kg prey ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  and that Lycosidae on the ground of winter wheat eat  $0.5 \text{ kg prey ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . Prey capture rates for other spiders, such as erigonids on the ground, were not determined, but Nyffeler considers that they probably kill far more prey per year because of their high density.

There appear to be no other quantitative studies of spider predation in European cereals.

#### 8. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

There are many serious gaps in our knowledge of spiders in cereals. Since it appears, from the foregoing, that they are potentially valuable in pest control, it is worthwhile considering which areas of future research might prove productive.

A comparison of the autumn deposition rate by ballooning spiders ( $30 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$ ) with the densities recorded in cereals (Tables 4 and 5) strongly suggests that spiders landing in autumn-sown cereals either find the habitat unsuitable and take off again or they suffer a high mortality. Any measures that increase the retention or survival of spiders through to the spring could be of great value because it appears that predation in the spring is limited by inadequate web cover, which is directly related to spider density (Sunderland et al. 1986b).

Very little is known about the biology of spiders in cereals. The mean number ( $\pm 95\%$  Confidence Limits) of spiderlings emerging per cocoon for the common species in Sussex cereals ranged from  $11.5 \pm 0.5$  in Erigone spp. to  $24 \pm 2.5$  in Lepthyphantes tenuis. However, the number of cocoons produced per female and the number of generations per year are not known. Parasites are recorded from eggsacs and adult spiders (Evans 1969) but the incidence of parasitism and its effect on spider populations in cereals is not known.

More work is needed to quantify the effect of spiders on cereal aphid populations. Some of the more important

Table 11. (contd.)

16 - Powell, Dean & Dewar 1985, 17 - Raatikainen & Huhta  
1968, 18 - Roesgaard & Lindhardt 1979, 19 - Shires 1980, 20  
- Vickerman 1974<sub>b</sub>, 21 - Vickerman 1974<sub>a</sub>, 22 - Vickerman  
1978, 23 - Vickerman & Sunderland 1977, 24 - Cole & Wikinson  
1984, 25 - Inglesfield 1984

areas requiring attention are (i) capture of alatae in webs (ii) factors affecting the falling rate of aphids and their dispersal over the ground (iii) predation by ground-active erigonids and tetragnathids outside webs (iv) the effect of alternative food; for example, why do polyphagous spiders feed on aphids at very low aphid density in the spring, when alternative prey are extremely numerous ?

Many agricultural practices have a considerable effect on spider populations (Table 11). From the above it is clear that there is much scope for experimentation to develop a package of cultural and chemical practices which are agriculturally sound but have minimal impact on spiders and other natural enemies.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

I thank Alan Dewar for supplying spiders from suction traps for me to identify (Fig 1) and the Rothamsted Insect Survey for permission to publish the data. I also thank David Stacey for counting the spiders for Table 9.

#### REFERENCES

- ASHIKBAYEV, N.Z. (1973). Life forms of spiders (Araneae) inhabiting wheat fields in the Kustanai district. Entomological Review, 52, 335-341.
- BASEDOW, T. (1973). Der Einfluss epigäischer Raubarthropoden auf die Abundanz phytophager Insekten in der Agrarlandschaft. Pedobiologia, 13, 410-422.
- BASEDOW, T., BORG, A. & SCHERNEY, F. (1976). Auswirkungen von Insektizidbehandlungen auf die epigäischen Raubarthropoden in Getreidefeldern, insbesondere die Laufkäfer (Col. Carabidae). Entomologia experimentalis et applicata, 19, 37-51.
- BASEDOW, T., BORG, A. & SCHERNEY, F. (1981). Auswirkungen von Insektizidbehandlungen auf die epigäischen Raubarthropoden in Getreidefeldern, insbesondere die Laufkäfer (Col. Carabidae). II. Acta Agriculturae Scandinavica, 31, 153-164.
- BRASSE, D. (1975). Die Arthropoden fauna von Getreidefeldern auf verschiedenen Boden im Braunschweiger Raum. Pedobiologia, 15, 405-414.
- BRISTOWE, W.S. (1958). The World of Spiders. Collins, London.
- BROWN, K.C. (1983). Effects of insecticides on predator-prey interactions in cereal fields. Ph.D. thesis, University of York, England.
- BROWN, K.C., LAWTON, J.H. & SHIRES, S.W. (1983). Effects of insecticides on invertebrate predators and their cereal aphid (Hemiptera : Aphididae) prey: Laboratory experiments. Environmental Entomology, 12, 1747-1750.
- CASTANERA, P., & DEL ESTAL, P. (1985). Study of the soil fauna in winter wheat in central Spain in 1980-83. Bulletin SROP/WPRS VIII/3, 140-141.

- COLE, J.H.F. & WILKINSON, W. (1984). Selectivity of pirimicarb in cereal crops. Proceedings of the British Crop Protection Council - Pests and Diseases 1984 Conference, Brighton, UK, 1, 311-316.
- COTTENIE, P. & DE CLERCQ, R. (1977). Studie van de Arachnofauna in wintertarwevelden. Parasitica, 33, 138-147.
- DE CLERCQ, R. & PIETRASZKO, R. (1983). Epigeal arthropods in relation to predation of cereal aphids. In Aphid Antagonists, ed. R. Cavalloro, A.A. Balkema, Rotterdam, 88-92.
- DE CLERCQ, R. & PIETRASZKO, R. (1985). On the influence of pesticides on the epigeal arthropod fauna in winter wheat. Bulletin SROP/WPRS VIII/3, 129-132.
- DEWAR, A.M., DEAN, G.J. & CANNON, R. (1982). Assessment of methods for estimating the numbers of aphids (Hemiptera: Aphididae) in cereals. Bulletin of Entomological Research, 72, 675-685.
- DUFFEY, E. (1956). Aerial dispersal in a known spider population. Journal of Animal Ecology, 25, 85-111.
- DUFFEY, E. (1963). A mass dispersal of spiders. Transactions of the Norfolk and Norwich Naturalists Society, 20, 38-43.
- DUFFEY, E. (1978). Ecological strategies in spiders including some characteristics of species in pioneer and mature habitats. Symposia of the Zoological Society of London, 42, 109-123.
- EDWARDS, C.A. (1977). Investigations into the influence of agricultural practice on soil invertebrates. Annals of Applied Biology, 87, 515-520.
- EVANS, R.E. (1969). Parasites on spiders and their eggs. Proceedings of the Birmingham Natural History Society, 21, 156-168.
- FRASER, A.M. (1982). The role of spiders in determining cereal aphid numbers. Ph.D. thesis, University of East Anglia, England.
- FREEMAN, J.A. (1946). The distribution of spiders and mites up to 300 feet in the air. Journal of Animal Ecology, 15, 69-74.
- GEILER, H. (1963). Die Spinnen und Weberknechtfauna nordwestsächsischer Felder (Die Evertbratenfauna mitteldeutscher Feldkulturen V.). Zeitschrift für angewandte Zoologie, 50, 257-272.
- GROSSE-WICHTRUP, L. (1984). Population dynamics of cereal aphids and their antagonists in undersown winter wheat: a study on integrated plant protection within the Lautenbach project. Doctoral Dissertation, Tubingen University, West Germany.
- GREENSTONE, M.H. & BENNETT, H.F. (1980). Foraging strategy and metabolic rate in spiders. Ecology, 61, 1255-1259.
- HUHTA, V. & RAATIKAINEN, M. (1974). Spider communities of leys and winter cereals in Finland. Annales Zoologici Fennici, 11, 97-104.
- INGLESFIELD, C. (1984). Field evaluation of the effects of a new pyrethroid insecticide, WL 85871, on the beneficial

- arthropod fauna of oilseed rape and wheat. Proceedings of the British Crop Protection Council - Pests and Diseases 1984 Conference, Brighton, UK, 1, 325-330.
- JONES, M.G. (1969). The effect of weather on frit fly and its predators. Journal of Applied Ecology, 6, 425-441.
- JONES, M.G. (1976). The arthropod fauna of a winter wheat field. Journal of Applied Ecology, 13, 61-85.
- JONES, M.G. (1978). The effect of straw-burning on the insect fauna of a winter wheat field. Entomologists' Monthly Magazine, 114, 227-231.
- KAJAK, A. (1959). Remarks on autumn dispersal of spiders. Ekologia Polska (B), 5, 331-336.
- KLINGER, K. (1984). Effects of margin strips along winter wheat fields on population dynamics of cereal aphids and their antagonists. An investigation on integrated pest control within the Lautenbach Project. Doctoral Dissertation, Tübingen University, West Germany.
- LUCZAK, J. (1975). Studies on the crop-field ecosystem. Part 1. 10. Spider communities of the crop fields. Polish Ecological Studies, 1, 93-110.
- LUCZAK, J. (1979). Spiders in agrocoenoses. Polish Ecological Studies, 5, 151-200.
- MARTENS, B. (1983). Effect of strip farming oats and peas on the population dynamics of cereal aphids and their antagonists. Doctoral thesis, Heidelberg University, West Germany.
- MATCHAM, E.J. & HAWKES, C. (1985). Field assessment of the effects of deltamethrin on polyphagous predators in winter wheat. Pesticide Science, 16, 317-320.
- MEIJER, J. (1977). The immigration of spiders (Araneida) into a new polder. Ecological Entomology, 2, 81-90.
- MERRETT, P., LOCKET, G.H. & MILLIDGE, A.F. (1985). A check list of British Spiders. Bulletin of the British Arachnological Society, 6, 381-403.
- NYFFELER, M. (1982). Field studies on the ecological role of the spiders as insect predators in agroecosystems (abandoned grassland, meadows and cereal fields). Thesis (Diss. ETH. Nr. 7097), Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- NYFFELER, M. & BENZ, G. (1979). Zur ökologischen Bedeutung der Spinnen der Vegetationsschicht von Getreide- und Rapsfeldern bei Zürich (Schweiz). Zeitschrift für angewandte Entomologie, 87, 348-376.
- NYFFELER, M. & BENZ, G. (1980). The role of spiders as insect predators in cereal fields near Zurich (Switzerland). Proceedings of the 8th International Arachnological Congress, Vienna, 127-131.
- NYFFELER, M. & BENZ, G. (1982). Spiders as predators of agriculturally harmful aphids. Anzeiger für Schadlingskunde Pflanzen- und Umweltschutz, 55, 120-121.
- PIETRASZKO, R. & DE CLERCQ, R. (1980). Étude de la population d'arthropodes épigés dans les cultures agricoles au cours de la période 1974-1978. Revue de l'Agriculture, 33, 719-733.



- PIETRASZKO, R. & DE CLERCQ, R. (1982). Influence of organic matter on epigeic arthropods. Mededelingen van de Fakulteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent, 47, 721-739.
- POWELL, W. & BARDNER, R. (1985). Effects of polyethylene barriers on the numbers of epigeal predators caught in pitfall traps in plots of winter wheat with and without soil-surface treatments of fonofos. Bulletin SROP/WPRS VIII/3, 136-138.
- POWELL, W., DEAN, G.J. & BARDNER, R. (1985). Effects of pirimicarb, dimethoate and benomyl on natural enemies of cereal aphids in winter wheat. Annals of Applied Biology, 106, 235-242.
- POWELL, W., DEAN, G.J. & DEWAR, A. (1985). The influence of weeds on polyphagous arthropod predators in winter wheat. Crop Protection, 4, 298-312.
- POWELL, W., DEWAR, A.M., WILDING, N. & DEAN, G.J. (1983). Manipulation of cereal aphid natural enemies. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, 1983, BCPC, 2, 780.
- RAATIKAINEN, M. & HUHTA, V. (1968). On the spider fauna of Finnish oat fields. Annales Zoologici Fennici, 5, 254-261.
- RIECHERT, S.E. & LUCZAK, J. (1981). Spider foraging: behavioural responses to prey. Spider Communication: Mechanisms and Ecological Significance (Ed. by P.N. Witt and J. Rovner), Princeton University Press, Princeton, N.J., USA.
- ROESGAARD, H. & LINDHARDT, K. (1979). The effect of strawburning on predaceous arthropods on the soil surface. Tidsskrift for Planteavl, 83, 305-323.
- SHIRES, S.W. (1980). Soil surface predators in arable land. The effects of farming practices. Span, 23.
- SUNDERLAND, K.D., STACEY, D.L. & EDWARDS, C.A. (1980). The role of polyphagous predators in limiting the increase of cereal aphids in winter wheat. Bulletin WPRS/SROP III/4, 85-91.
- SUNDERLAND, K.D., FRASER, A.M. & DIXON, A.F.G. (1986a). Distribution of linyphiid spiders in relation to capture of prey in cereal fields. Pedobiologia, submitted.
- SUNDERLAND, K.D., FRASER, A.M. & DIXON, A.F.G. (1986b). Field and laboratory studies on money spiders as predators of cereal aphids. Journal of Applied Ecology, in press.
- SUNDERLAND, K.D., CHAMBERS, R.J., STACEY, D.L. & CROOK, N.E. (1985). Invertebrate polyphagous predators and cereal aphids. Bulletin WPRS/SROP VIII/3, 105-114.
- TISCHLER, W. (1965). Agrarökologie. Fischer, Jena.
- THORNHILL, W.A. (1983). The distribution and probable importance of linyphiid spiders living on the soil surface of sugar-beet fields. Bulletin of the British Arachnological Society, 6, 127-136.
- TITOVA, E.V. & YEGOROVA, N.S. (1978). Serological evaluation of the trophic connection between spiders and

- Eurygaster integriceps (Heteroptera, Scutelleridae). Entomological Review, 57, 197-201.
- VICKERMAN, G.P. (1974a). The effects of straw-burning on invertebrates. In Strawburning and its Effects on Wildlife, Game Conservancy, Fordingbridge, Hampshire, England, 7-11.
- VICKERMAN, G.P. (1974b). Some aspects of grass-weed control on the arthropod fauna of cereals. Proceedings of the 12th British Weed Control Conference, Brighton, England 3, 929-940.
- VICKERMAN, G.P. (1978). The arthropod fauna of undersown grass and cereal fields. Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society (A), 6, 273-283.
- VICKERMAN, G.P. & SUNDERLAND, K.D. (1975). Arthropods in cereal crops; nocturnal activity, vertical distribution and aphid predation. Journal of Applied Ecology, 12, 755-766.
- VICKERMAN, G.P. & SUNDERLAND, K.D. (1977). Some effects of dimethoate on arthropods in winter wheat. Journal of Applied Ecology, 14, 767-777.
- VUGIS, H.F. & WINGERDEN, W.K.R.E., van (1976). Meteorological aspects of aeronautic behaviour of spiders. Oikos, 27, 433-444.
- WRIGHT, D.W., HUGHES, R.D. & WORRALL, J. (1960). The effect of certain predators on the numbers of cabbage root fly (Erioischia brassicae (Bouche)) and on the subsequent damage caused by the pest. Annals of Applied Biology, 48, 756-763.

AUTUMN PREDATION OF CEREAL APHIDS BY POLYPHAGOUS  
PREDATORS IN SOUTHERN ENGLAND : A "FIRST LOOK" USING ELISA

By Paul Sopp  
Glasshouse Crops Research Institute,  
Littlehampton, W.Sussex, BN17 6LP, UK.  
&

Philip Chiverton  
Swedish University of Agricultural Science, Dept. of Plant  
and Forest Protection, PO Box 7044, S-750 07, Uppsala, Sweden.

Summary

Polyphagous predators collected during October and November from fields with large populations of cereal aphids were tested by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the presence of aphid remains. Members of the Carabidae, Staphylinidae, Linyphiidae and Tetragnathidae were all shown to have fed on aphids.

Résumé

Des prédateurs polyphages récoltés en octobre et novembre dans des champs renfermant de larges populations de puceron á cereales ont été testés par la méthode "ELISA" ("Enzyme-linked immunosorbent assay") pour évaluer la persistance des pucerons. Il est apparu que des membres des Carabide'es, Staphylinide'es, Linyphiide'es et Tetragnathide'es ont tous utilisé des pucerons comme nourriture.

The cereal aphids Rhopalosiphum padi (L.) and Sitobion avenae (Fabr.) colonise newly emerged cereals in October and November. Both species are important vectors of Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV). During mild winters in southern England these immigrants can reproduce and the apterous progeny spread BYDV within the crop (Kendall et al, 1982). As a result, many crops receive an almost routine application of insecticide, usually a synthetic pyrethroid, in late October or early November.

In recent years, much work has shown the potential importance of polyphagous predators in reducing summer cereal aphid numbers (Edwards et al, 1979; Chiverton, 1982). However the effect of these predators on autumn populations of cereal aphids has not been investigated. The work described here, aims to provide some preliminary information on whether or not autumn predation does occur.

Table 1. Autumn sampling sites, 1984 & 1985.

Date of collection	Field	Habitat	Aphid density/shoot	
			<u>R.padi</u>	<u>S.avenae</u>
8/11/1984	Ham Manor	Winter wheat (G.S. 13,21)	0.7	0.1
24/10/1985	North Farm 50 acres	Stubble & volunteers	0.5	0.3
11/11/1985	Ham Manor	Stubble & volunteers	1.2	0.7

Table 2. Mean overall percentage positive for autumn collected predators, 1984 & 1985.

	<u>R.padi</u> % +ve	<u>S.avenae</u> % +ve	n
Carabidae,			
<u>Bembidion lampros</u> (Herbst)	20	20	41
<u>B.obtusum</u> Serville	39	45	107
<u>Nebria brevicollis</u> (Fabr.) larvae	75	80	20
<u>Notiophilus biguttatus</u> (Fabr.)	38	50	8
<u>Trechus quadristriatus</u> (Schrank)	75	59	32
Staphylinidae,			
<u>Philonthus cognatus</u> Stephens	25	25	1
<u>Tachyporus chrysomelinus</u> (L.)	43	0	7
<u>T.hypnorum</u> (Fabr.)	35	48	52
Linyphiidae;			
<u>Bathyphantes gracilis</u> (Blackwall)	77	53	30
<u>Erigone atra</u> (Blackwall)	95	83	218
<u>E.dentipalpis</u> (Wider)	96	64	180
<u>Iepthyphantes tenuis</u> (Blackwall)	82	64	22
<u>Oedothorax apicatus</u> (Blackwall)	40	40	10
<u>O.retusus</u> (Westring)	33	33	6
Unidentified immatures	69	22	45
Tetragnathidae;			
<u>Pachygnatha degeeri</u> Sundevall	96	92	24

### Materials and Methods.

Predators were collected by pooter during day-time ground searches in the centre of three fields in West Sussex, containing either newly emerged winter wheat or stubble with large numbers of volunteer wheat plants. The fields were selected because they had large numbers of aphids present (Table 1).

The predators were frozen within 2 hours of collection and then stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  for up to 14 months, before being tested with the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the presence of aphid remains. The technique used follows that of Clark & Adams (1977) and Crook & Sunderland (1984). Predators were individually homogenised in 450  $\mu\text{l}$  of PBS-Tween using Griffiths' tube homogenisers, and two 100  $\mu\text{l}$  volumes were removed for testing. One sample was tested with a S.avenae antiserum (GCRI 50/1) and the other with a R.padi antiserum (Uppsala G5-851010); each antiserum is specific for its own target species with negligible cross-reactions to the other. Polystyrene microelisa plates (Nunc-immuno Plate II, batch 1085) were coated for 3 hours at  $37^{\circ}\text{C}$  with a concentration of 4  $\mu\text{g}/\text{ml}$  of  $\gamma$ -globulin. After washing with PBS-Tween, the predator homogenates were placed in the wells and the plate left overnight at  $4^{\circ}\text{C}$ . 100  $\mu\text{l}$  of phosphatase labelled  $\gamma$ -globulin at a dilution of 1 in 1500 was placed in each well following a second washing and the plates were then incubated for 3 hours at  $37^{\circ}\text{C}$ . After a third washing 200  $\mu\text{l}$  of substrate (0.1% di-sodium p-nitrophenyl phosphate (Sigma) in 10% diethanolmine-HCl, pH 9.8) was added to each well. When the positive control wells (1mg/ml of target aphid) reached a colour intensity of 405nm absorption value of 2.0, 50  $\mu\text{l}$  of 3M NaOH was added to each well to halt the reaction. The colour intensity was then measured at 405nm with a Iabsystems Uniskan (blanked on air) linked to a BBC microcomputer. A positive result was accepted if an  $A_{405}$  value exceeded 125% of the value of PBS-Tween control wells (after Crook & Sunderland, 1984).

### Results.

A total of 814 predators of 15 species were collected from 4 taxonomic groups; the Carabidae (Coleoptera), the Staphylinidae (Coleoptera), the Linyphiidae (Araneae) and the Tetragnathidae (Araneae). Araneae formed the bulk of the collected predators (n=511). All predators were tested for aphid remains and all species gave some negative results. There was no relationship between the degree of reaction by individual predators to R.padi and the degree of reaction to S.avenae. The results for each species are given in Table 2.

5 species of Carabidae were collected of which 4 were represented by adults and one, Nebria brevicollis by the larval stage. Overall, 45% were positive for R.padi and 42% for S.avenae. The autumn breeding Trechus quadristriatus showed a very high level of positive results to both aphid species as did the winter active larvae of N.brevicollis. 71 Staphylinidae from 3 species were tested, most were Tachyporus hypnorum. Overall, 34% were positive for R.padi and 39% for S.avenae with all 3 species showing some positive results.

The Linyphiidae were the largest group tested with 90% of the

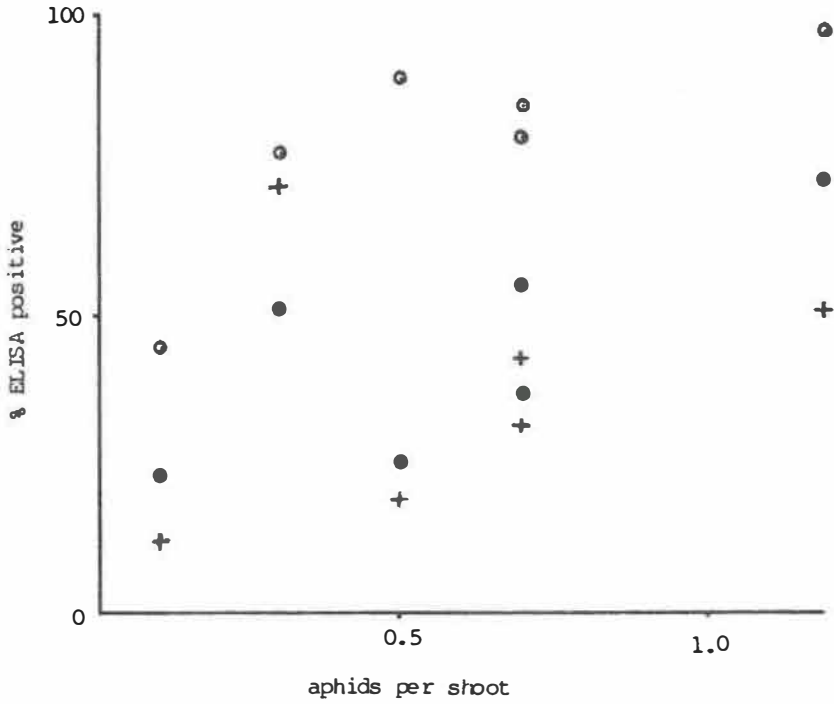


Fig 1. ELISA percentage positive values for three groups of polyphagous predators at various aphid densities in the autumn, 1984 and 1985. Data for R.padi and S.avenae plotted separately.

○ Linyphiidae, ● Carabidae, + Staphylinidae.

511 individuals tested being positive for R.padi and 67% for S.avenae. The most common species were Erigone atra and E.dentipalpis, both of which were more than 90% positive for R.padi. Oedothorax apicatus and O.retusus both had low percentage positives to both species of aphid. Only one species of Tetragnathidae was present, Pachygnatha degeeri which was 96% positive for R.padi and 92% for S.avenae.

There were no significant differences between the sexes in any of the species, this may be due to the small sample sizes for most species.

A relationship is seen for each of the three main taxonomic groups between the aphid density and the percentage of predators containing aphid remains (Fig. 1). The regression is significant for the Linyphiids only ( $P < 0.05$ ), however the lack of a significant relationship for the Carabidae and Staphylinidae may be due to the small sample size.

#### Discussion.

The number of predators found in the fields at this time of year was surprisingly high with the total sample taking less than 6 hours to collect, although no quantitative estimate of density was attempted. Sotherton (1984) showed that many polyphagous predator species overwinter in significantly higher densities in field boundaries than in the field itself. However, this study indicates that a large number may still present in the field well into November. Tachyporus hypnorum was observed flying into the field from the boundary on one sampling day and it maybe that the warm weather on all three sample days encouraged predator activity. Jones (1969) recorded many species of Carabidae and Araneae in oats between September and October, and Murdoch (1967) and Jones (1976) showed that activity of some species continues throughout the winter.

Some individuals of all the species tested in this study contained aphid remains. The overall percentage containing aphid remains was very high and was very much higher than at similar aphid densities in the summer (Sopp, unpublished, Sunderland, pers comm.). One reason for this may be the much lower temperatures in the autumn causing a reduction in digestion rates leading to an increase in the time over which aphid remains are detectable. The mean temperatures over the 10 days preceding the sampling dates were between 7.1°C and 9.3°C, and at temperatures below 10°C aphid remains are detectable for at least 10 days in carabids and 12 days in linyphiids, compared to about 7 days at summer temperatures. Aphids may also be more available to predators, especially ground-based predators during the autumn, because the plants are much smaller and hence the aphids nearer the ground. There may also be a lack of alternative food so that the aphids form a higher proportion of the available food than during the summer.

Whether the consumption of aphids by predators is significant from a pest control point of view is unknown. If a measure of natural control is occurring this may be reduced by the autumn application of insecticides, which have been shown to reduce the predator population (Mathcham and Hawkes, 1985). This reduction in predator numbers may also lead to reduced populations the

following summer, especially of the species which overwinter exclusively in the field, possibly leading to reduced aphid predation in the summer.

Acknowledgements.

The authors wish to thank Mr P. Iangmead and Mr H. Goring for permission to collect on their land. This work was supported by an S.E.R.C. CASE studentship with Southampton University to P.S. (1983-1986) and by grants to P.C. from the Swedish Council for Forestry and Agricultural Research.

References.

- CHIVERTON, P.A. (1982). Effekten av rovlevande skalbaggar och spindlar på havreblablusens (Rhopalosiphum padi (L.)) tidiga populationsutveckling i varkorn. Vaxtskyddsrapporter. Jordbruk, 20, 177-181. (with English summary).
- CLARK, M.F. & ADAMS, A.N. (1977). Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. Journal of General Virology, 34, 475-483.
- CROOK, N.E. & SUNDERLAND, K.D. (1984). Detection of aphid remains in predatory insects and spiders by ELISA. Annals of applied Biology, 105, 413-422.
- EDWARDS, C.A., SUNDERLAND, K.D. & GEORGE, K.S. (1979). Studies on polyphagous predators of cereal aphids. Journal of Applied Ecology, 16, 811-823.
- JONES, M.G. (1969). The effect of weather on frit fly (Oscinella frit L.) and its predators. Journal of Applied Ecology, 6, 425-441.
- JONES, M.G. (1976). The Carabid and Staphylinid fauna of winter wheat and fallow on a clay with flints soil. Journal of Applied Ecology, 13, 775-791.
- KENDALL, D.A., SMITH, B.D., LYONS, C.H., BURCHILL, L., & CHINN, N. (1983). Control of cereal aphids and BYDV. Long Ashton Research Station Report, 64-65.
- MATCHAM, E.J. & HAWKES, C. (1985). Field assessment of the effects of Deltamethrin on polyphagous predators in winter wheat. Pesticide Science, 16, 317-320.
- MURDOCH, W.W. (1967). Life history patterns of some British Carabidae (Coleoptera) and their ecological significance. Oikos, 18, 25-32.
- SOTHERTON, N.W. (1984). The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. Annals of applied Biology, 105, 423-429.



RECHERCHE DE VARIABLES CLIMATIQUES EXPLICATIVES DANS  
UN BUT DE PREVISION DES PULLULATIONS D'INSECTES.

UTILISATION D'UNE METHODE DE CORRELATION  
INTEGRALE AVEC RETARD.

EXEMPLE: LE CAS DES PUCERONS DES CEREALES  
DANS L'OUEST DE LA FRANCE

J.S.PIERRE,

Laboratoire de recherche associé à la chaire de zoologie,  
E.N.S.A.R.-I.N.R.A.,65 rue de St Briec,35042 Rennes cedex.

Summary:

Goldwin's correlogram (GOLDWIN,1980), is a statistical tool which allows to seek for long term effects of the climate on populations, and to disclose critical periods, i.e. moments in the year where a given meteorological factor has a determining influence on the later growth of the population.This method consists in the computation of the correlation coefficient between a serie of yearly insects observations and the corresponding accumulation of a given weather datum over a period of time varying both in its date of beginning and end.Some theoretical aspects of the method are examined here.Under some simplificative assumptions, the theoretical shape of this set of correlation coefficients can be guessed. For two cereal aphids species, the method allowed us to point out some winter periods of time during whitch an increase of temperature is correlated to an important spring development of populations.On the other hand, the effect of rainfall does not seems to be cumulative.

=====

Pour prédire les infestations de pucerons, on utilise souvent des variables météorologiques accumulées avec un certain retard. Par exemple, en France, nous avons utilisé (Pierre & Dedryver 1984) la somme des degrés-jours au dessus de 0 degrés pendant le mois de Février pour prévoir l'effectif maximal de *Sitobion avenae* F.

Au Royaume Uni, ce genre de données a été également très utilisé (J.A. Brooks au pays de Galles, L.A.D. Turl dans le sud de l'Ecosse, Thomas et al. à Rothamsted.)

Ces recherches suggèrent qu'il existe dans l'année des périodes critiques pendant lesquelles les insectes sont particulièrement sensibles à l'accumulation de certaines conditions climatiques. La présente communication a pour but d'exposer quelques conséquences théoriques de cette hypothèse, de montrer comment on peut découvrir pratiquement ces périodes et estimer leurs effets.

### 1: LE MODELE SOUS-JACENT:

On considère deux séries chronologiques: L'une,  $X(t)$  est continue au moins théoriquement, l'autre  $Y_t$  est échantillonnée chaque année à une date fixée (fig 1)

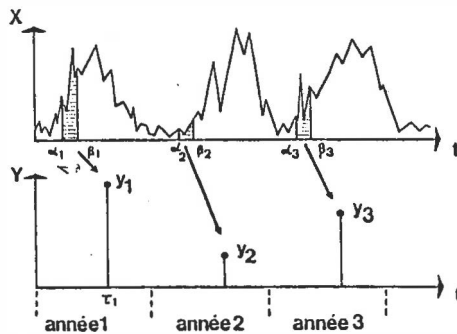


fig 1: représentation graphique du modèle sous-jacent.

La question se pose de savoir si  $A_m$  et  $D_m$  sont des estimateurs de  $\alpha$  et  $d = \beta - \alpha$

Nous ne discuterons le problème que dans le cas discret.

Soit  $S_{ab}$  la somme de la série temporelle journalière  $X_k$  sur l'étendue de la période d'essai  $|a, b|$ .

$$S_{ab} = \sum_{j=a}^b X_{ij}$$

la covariance entre cette somme et la série annuelle des effectifs d'insectes  $Y$  est :

$$C_{ab} = \text{Cov}(S_{ab}, Y)$$

Le coefficient de corrélation correspondant est :

$$\rho_{ab} = \frac{C_{ab}}{\sqrt{\sigma_{S_{ab}}^2 \cdot \sigma_Y^2}}$$

On peut montrer que dans tous les cas, à condition de centrer et réduire la série  $Y$

$$C_{ab} = \sum_{j=\alpha}^{\beta} \sum_{j'=a}^b E(X_{ij} \cdot X_{ij'})$$

$E(X_{ij} \cdot X_{ij'})$  est le moment produit d'ordre 1 (autocorrélation) de la série  $X_t$ . Ainsi le comportement de la covariance  $C_{ab}$  dépend essentiellement de  $X_t$ . On peut examiner l'évolution de ce terme de covariance sous deux hypothèses très grossières :

- 1:  $X_t$  est un bruit blanc centré non corrélé.
- 2:  $X_t$  est la somme d'un bruit blanc et d'une tendance linéaire intra-annuelle (dent de scie).

Sous la première hypothèse, on trouve que :

$$C_{ab} = d' \sigma_X^2 \quad \text{et} \quad \rho_{ab} = \frac{d' \sigma_X^2}{\sqrt{d}}$$

où  $d$  est la durée de la période d'essai et  $d'$  la durée de l'intersection entre la période d'essai et la "vraie" période critique. Le coefficient de corrélation est bien maximal si  $d = d' = \beta - \alpha$  et  $a = \alpha$  et  $b = \beta$

Sous la seconde hypothèse, légèrement plus réaliste on trouve que la covariance est continuellement croissante avec  $d'$  mais que le coefficient de corrélation possède un maximum pour les mêmes valeurs que précédemment. On peut déduire de ces formules la forme théorique de la surface  $\rho$  (fig 3)

On peut écrire le modèle théorique de deux manières (continue et discrète):

$$(1) \text{ continue: } Y_i = \lambda \int_{\alpha_i}^{\beta_i} X(t) dt + \varepsilon_i$$

$$(2) \text{ discrete: } Y_i = \lambda \sum_{j=\alpha_i}^{\beta_i} X_{ij} + \varepsilon_i$$

Peut-on estimer  $\alpha_i$  et  $\beta_i$  sous les contraintes:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \text{ modulo } p \quad (p = 1 \text{ an} = 365 \text{ jours}) \quad \forall i$$

$$\beta_i = \beta_{i-1} \text{ modulo } p \quad \forall i$$

2: METHODE D'ESTIMATION:

Goldwyn (1982) propose de chercher par itération le meilleur coefficient de corrélation en essayant un grand nombre de périodes différant par leur début et leur durée. Il suggère de représenter ce coefficient comme une surface de réponse, c'est à dire comme une fonction de deux variables:  $a$ , la date annuelle de début de la période d'essai et  $d$ , la durée de cette période (fig 2). On obtient ainsi deux valeurs empiriques,  $A_m$  et  $D_m$  qui correspondent au coefficient de corrélation maximum observé  $\rho_m$ .

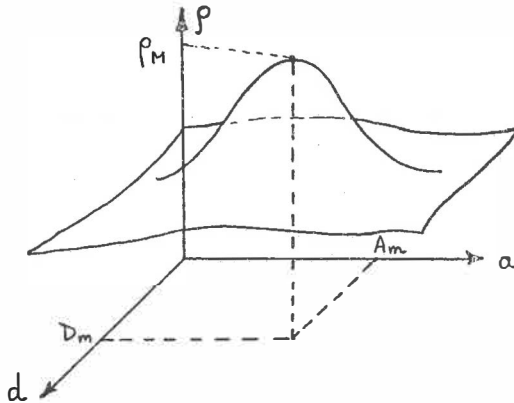


fig 2.

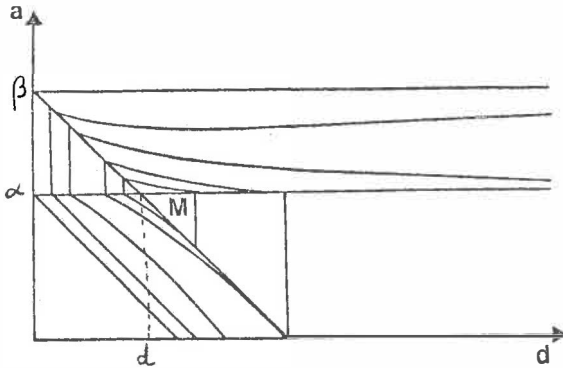


fig 3: forme théorique de la fonction  $\rho = f(a, d)$  représentée en courbes de niveau.

Il apparaît donc que les bornes  $a$  et  $b$  correspondant à la période d'essai qui fournit le meilleur coefficient de corrélation observé dans cette approche empirique, sont des estimateurs sans biais des véritables bornes  $\alpha$  et de la période critique telle qu'elle est définie par le modèle (1) ou (2).

3: DES MODELES PLUS REALISTES:

Les hypothèses sur lesquelles nous nous sommes fondés jusqu'alors ne sont évidemment pas réalistes:

1. Parce que  $\alpha$  et  $\beta$  ne sont pas fixés de manière rigide chaque année mais plutôt distribués au hasard autour de moyennes  $\bar{\alpha}$  et  $\bar{\beta}$ .
2. Parce que les séries climatiques ne sont pas des bruits blancs même corrigés par une tendance linéaire intra-annuelle. Pour la température par exemple, si l'on ne considère que les moyennes journalières, la série est de la forme:  
$$X(t) = a \cdot \cos(\omega t + \varphi) + \xi(t)$$
  
où  $\xi(t)$  est un résidu aléatoire autocorrélé. Le calcul de  $C_{ab}$  et  $\rho_{ab}$  devient intraitable mathématiquement mais peut être simulé par un ordinateur (fig 4). On trouve alors que la surface théorique est semblable, quoi qu'elle soit lissée, à la surface de la figure 3.

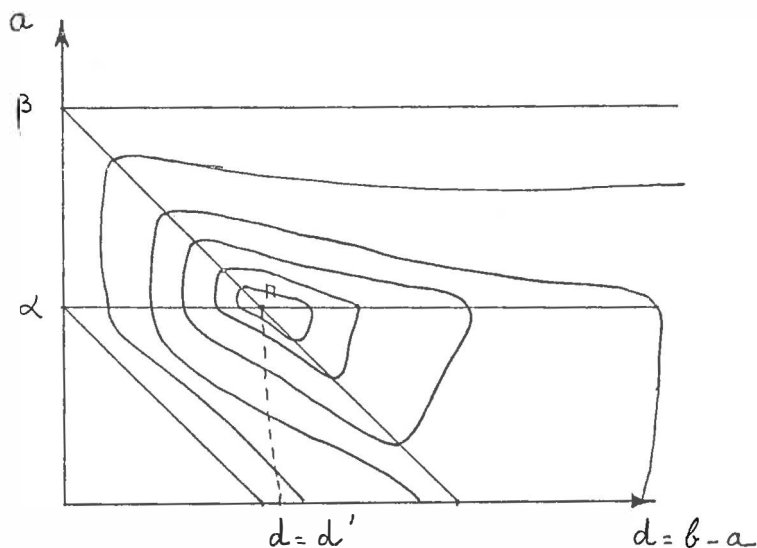


fig 4: Simulation avec des bornes et aleatoires.

4: LES FIGURES OBSERVEES CORRESPONDENT ELLES AU SCHEMA THEORIQUE ?

La réponse à cette question est:

OUI Pour deux espèces de pucerons des céréales: Sitobion avenae et Metopolophium dirhodum et une variable climatique dont l'effet cumulatif est bien connu: la température observée au dessus d'un certain seuil. On trouve des périodes critiques (fig 5) avec des coefficients de corrélation positifs. pour Rhopalosiphum padi, par contre la surface est plus ou moins "plate".

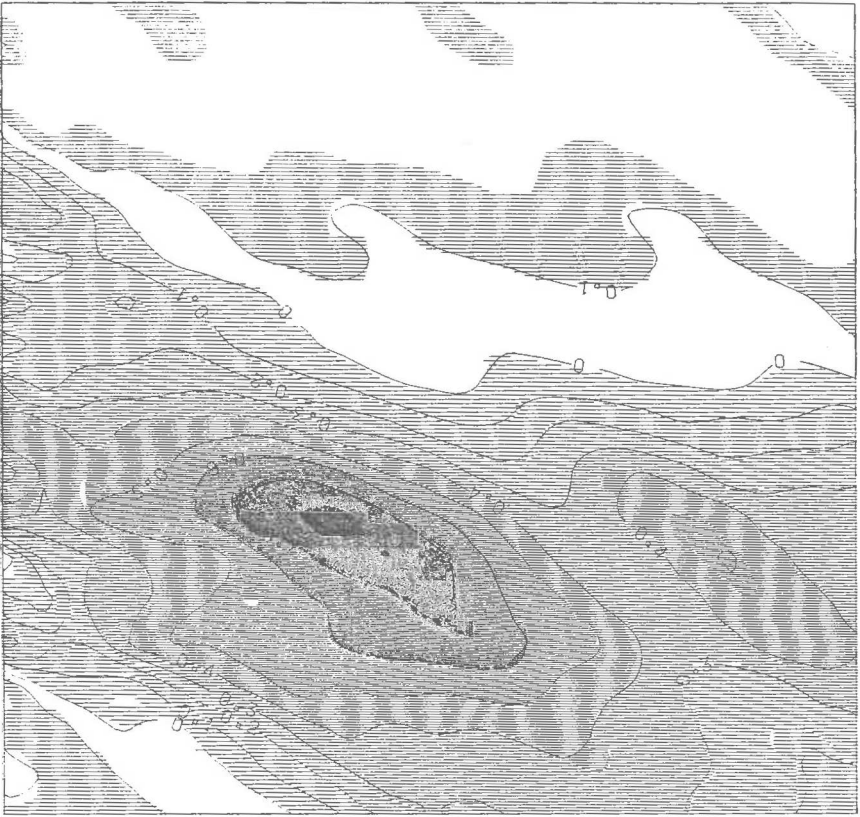


fig 5 : représentation en courbes de niveau

NON Pour les enregistrements de précipitation. On trouve parfois des extrema, mais les figures sont toujours plus complexes et bruiteuses. On peut y reconnaître les effets individuels de certaines fortes pluies. Les coefficients de corrélation observés sont le plus souvent négatifs.

PLUS OU MOINS pour l'humidité relative, dont l'effet négatif à certaines périodes se traduit par de larges "vallées" à fond plat.

#### 5:COMMENT EVITER LES CORRELATIONS INDESIRABLES ?

5.1. Thomas.Goldwin & Thatchell(1984) suggèrent de toujours comparer deux stations. Mais on n'a pas toujours deux stations de relevés disponibles, et la distance entre elles doit être judicieusement choisie.

5.2 Nous suggérons:

5.2.2 D'examiner soigneusement la forme de la figure obtenue et de ne prendre en compte que les pics ou creux suffisamment lisses.

5.2.3 De vérifier la linéarité de la relation obtenue entre

la densité des insectes et la variable sommée sur l'étendue de la période trouvée.

5.2.3 De tester la stabilité de la figure en retirant au hasard une ou plusieurs années d'observations de l'échantillon et en recalculant le corrélogramme.

5.2.4 D'essayer de trouver une explication biologique pour chacune des périodes obtenues.

5.2.5 De tester l'indépendance des pics ou des creux lorsque l'on en observe plusieurs dans une même figure.

5.2.6 Nous pensons possible de développer à l'avenir une méthode du type "bootstrap" pour estimer des régions de confiance autour des bornes a et b.

De toutes manières, seules des études à long terme et l'explication écologique des phénomènes pourra assurer une véritable sécurité.

#### 6: QUELQUES RESULTATS:

Chez Sitobion avenae diverses "périodes critiques" ont été trouvées, et testées quant à leur stabilité et linéarité. Les données recueillies portaient sur 64 parcelles observées au cours de 9 années successives. Les comptages aphidiens ont été transformés en logarithmes. Nous donnons ci dessous leur liste et caractéristiques.

DEBUT	DUREE (jours)	COEFF CORREL.	NATURE
103 (22 avril)	13	-0.67	précipitations journalières totales DTR
26 mars	16	0.70	précipitations diurnes DR
4 mars	22	-0.68	précipitations nocturnes NR
3 février	22	températures	trihoraires supérieures à 3 degrés C TF
21 avril	14	-0.69	Humidité relative RH

#### 7: AUTRES PERIODES TROUVEES:

D'autres périodes critiques ont été détectées mais non encore éprouvées quant à leur stabilité et linéarité. Chez Sitobion avenae, on peut trouver de multiples noyaux de corrélation liés à l'automne de l'année précédente:



DEBUT	DUREE (jours)	COEFF CORREL.	NATURE
20 Septembre (1)	22	0.85	température $\geq 3$ degrés C
6 Novembre (2)	25	0.65	"
6 Novembre (3)	32	0.66	"
6 Novembre (4)	76	0.55	"
20 Novembre (5)	100	0.52	"
5 Décembre (6)	45	0.75	"
1 Aout (7)	100	0.95	" corrélée à (1)

} > corrélées

Le nombre élevé de noyaux corrélés et leur emplacement. suggère que des températures douces pendant tout l'hiver pourraient être favorables à *Sitobion avenae*. Par ailleurs, une corrélation positive de valeur élevée apparaît avec les températures cumulées des mois d'aout, septembre et octobre de l'année précédente. Dans l'état actuel de nos connaissances sur la méthode et des données disponibles, il est très difficile de décider s'il vaut mieux choisir la période (1) ou la période (7) à des fins de prévision.

Chez *Metopolophium dirhodum*, quelques périodes intéressantes ont également été décelées:

DEBUT	DUREE (jours)	COEFF CORREL.	NATURE
6 Janvier	70	0.45	Températures moyennes $\geq 3^\circ$ C
25 Octobre (année précédente)	95	0.55	"

Pour cette espèce, les coefficients de corrélation sont toujours assez faibles, et nous n'avons trouvé aucune bonne relation avec les pluies ni avec l'humidité relative. Mais il faut signaler que nous n'avons pas d'exemple de pullulation dans notre ensemble de données.

Pour *Rhopalosiphum padi*, dont les densités ont constamment été très faibles, on ne trouve ni creux ni pic par cette méthode. Tous les coefficients de corrélation observés oscillent entre - et + 0.2

#### 8: UTILISATION PRATIQUE DES RESULTATS:

Nous nous limiterons à *Sitobion avenae*, et aux périodes bien établies définies au paragraphe 6.

A partir des 5 variables possibles, et en y ajoutant la transformée logarithmique de la densité des pucerons à l'épiaison (stade 52 de l'échelle

de Zadoks), nous avons sélectionné un nouveau modèle de régression multiple et trouvé que le meilleur sous ensemble était composé des variables 4 (TF), 3(NR) et Xe, la densité à l'épiaison. L'équation finale est la suivante:

$$\text{Log } (X_m + 1) = 0,72 \log (X_e + 1) + 0,00017 \text{ TF} - 0,0014 \text{ NR} + 0,34$$

avec  $X_m$  : densité maximale observée dans l'année.

Cette équation, établie à partir de 9 années de données est très semblable à celle que nous avons trouvée précédemment (Pierre et Dedyver 1984).

#### AVANTAGES:

- Les périodes de temps sont mieux définies et plus stables ce qui rend la régression plus robuste.
- On aborde les algorithmes de choix de variables explicatives avec moins de variables a priori (dans notre cas 6 au lieu de 22) ce qui rend la sélection à la fois plus rapide et plus sûre.

#### 9: CONCLUSIONS:

Cette méthode itérative demande à être testée sur de nombreuses espèces de pucerons et sur un plus grand nombre d'années. Ses aspects statistiques demandent aussi à être soigneusement étudiés.

Nous pensons cependant avoir montré que la seule considération d'un extremum de corrélation n'est absolument pas suffisante. L'environnement de cet extremum, sa forme, sa structure, ses relations avec d'autres extrema ou d'autres données climatiques doivent être également examinés. Il en résulte que la représentation en courbes de niveaux est extrêmement utile. Il faut aussi chercher les éventuels modèles biologiques sous-jacents aux périodes critiques trouvées.

Nous avons pu montrer qu'un pic de corrélation observé permet de définir les bornes inférieure et supérieure d'une période de l'année et que, au moins sous des hypothèses statistiques assez grossières, ces bornes empiriques peuvent être des estimateurs sans biais de celles d'une période critique théorique.

La méthode est très utile pour trouver et tester des variables explicatives non corrélées et en petit nombre dans une optique de prévision par régression multiple.

#### REFERENCES

- GOLDWIN G.K., 1982. A technique for studying the association between components of the weather and horticultural parameters. Science Horticulture, 16, 101-107.
- PIERRE J.S. & DEDRYVER C.A., 1984 - Un modèle de régression multiple appliqué à la prévision des pullulations d'un puceron des céréales, Sitobion avenae F., sur blé d'hiver. Acta Oecologica, Oecol. App(2), 153-172.
- THOMAS G.G., GOLDWIN G.K. & THATCHELL G.M., 1983 - Association between weather factors and the spring migration of the damson hop aphid Phorodon humuli. Ann. appl. Biol., 102, 7-17.

## THE BIRD CHERRY-OAT APHID IN CENTRAL SWEDEN: INCIDENCE AND FORECASTING

S. Wiktelius

Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Plant and Forest Protection, P.O. Box 7044, S-750 07 Uppsala, SWEDEN

### Summary

Rhopalosiphum padi is the most important cereal aphid in central Sweden. The incidence is however irregular both between years and fields.

There is a positive correlation between suction trap catches during spring migration (from the winter host) and the mean level of infestation in spring sown cereals. Thus suction trap catches can give an early warning.

There is a positive correlation between weekly suction trap catches during summer migration (from cereals) and the corresponding densities of aphids in cereals. These correlations can not be used for forecasting due to significant differences in the intercepts between years.

A prognosis system which is based on a combination of suction trap catches and an exponential growth model is suggested.

### 1. Incidence

Rhopalosiphum padi (L.) is an important pest in spring sown cereals in the Nordic countries (Rautapää, 1976; Wiktelius & Ekbohm, 1985). The incidence of R. padi is, however, irregular both in time and space, and varies from hundreds of aphids per shoot at maximum one year to only a few aphids the next. Spatial irregularities can appear not only between different parts of Sweden but also between adjacent fields or at different sites within the same field (Wiktelius & Ekbohm, 1985).

R. padi is exclusively holocyclic in Sweden. The eggs are laid on bird cherry (Prunus padus L.) during autumn. Overwintering eggs hatch during April and after 2-3 generations emigrants leave the winter host to colonise cereals from the end of May to middle of June (Wiktelius, 1984).

The aphids are usually found on the lower parts of cereal plants in the beginning of population development. A large proportion of the aphid population feeds on the plant base beneath soil surface (Wiktelius, in prep.) Later in the season the aphids feed on the stem or the lower leaves. Flag leaves or ears are seldom colonised.

1985 was an outbreak year in large parts of Sweden with maximum densities of more than 200 aphids per shoot in some fields. Early insecticide treatments often failed due to a

prolonged migration period and, to some extent, to the sub-surface position of the aphids.

## 2. Forecasting

The suction trap referred to in this paper is a 40 cm enclosed coned trap. The efficiency of the trap is 3100m<sup>3</sup>/hour and the trapping height is 12.2m. The trap is placed at the Agricultural University, Uppsala. The investigated cereal fields were situated within 15km of the trap.

There is a positive correlation between the size of the spring migration from the winter host and the level of aphid density in cereals (Fig. 1). Thus suction trap catches can give an early warning of possible outbreaks.

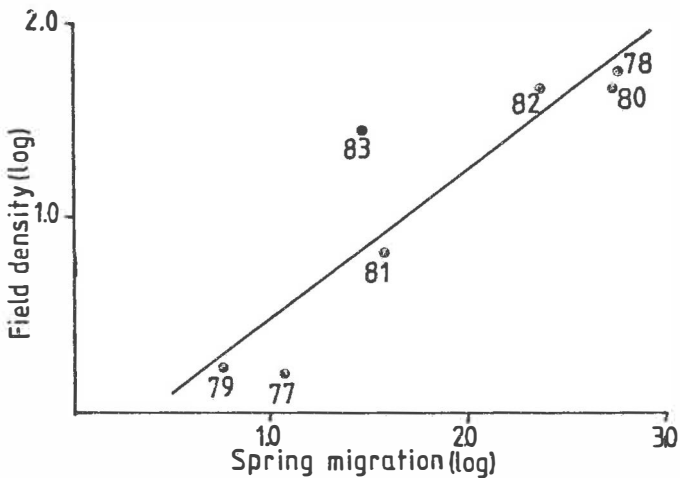


Fig. 1. The relationship between maximum aphid density in spring cereals (mean of several fields) and suction trap catches during spring migration 1977-1983 ( $y = -0.3 + 0.77x$ ;  $R^2 = 0.83$   $p < 0.01$ ).

There is also a positive correlation between the size of the summer migration (from cereals) and the density in cereals (Fig. 2). However, due to differences in the intercepts between years this relationship is of little value in forecasting. Thus, one hundred *R. padi* caught in the suction trap indicates 2.7 aphids per shoot in 1981 and 58 in 1984.

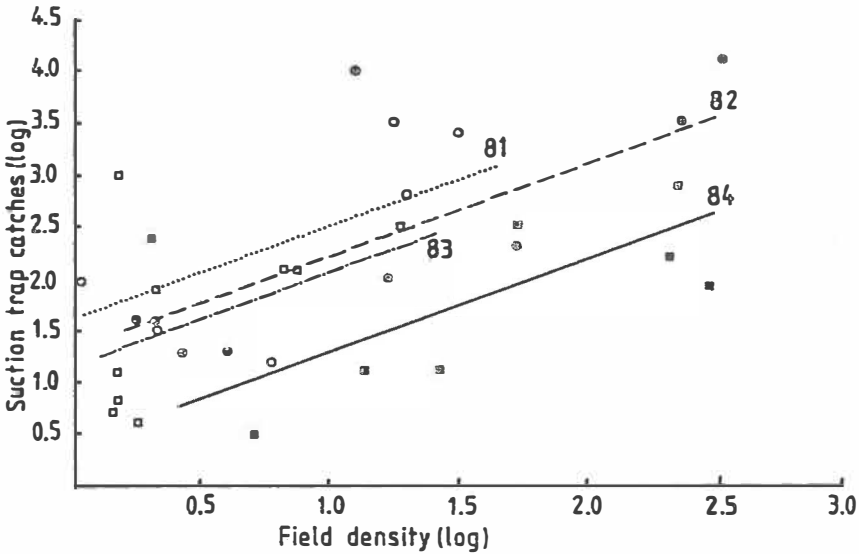


Fig. 2. The relationship between weekly suction trap catches and the aphid density in spring barley (mean of several fields) for the same week during 1981-1984. The slope is common but the intercepts different ( $p < 0.05$ ) ( $R^2 = 0.51$   $p < 0.001$ ).

As mentioned above there can be great differences in aphid densities between fields and to be of real value, predictions should be made for individual fields. A forecasting system where both suction trap catches and field counts are used have been tested for some years. Outlines of the method have been published earlier (Wikteliu, 1982). The suction trap is used to determine the date of colonisation and a simple population growth model is used to estimate the timing and the magnitude of maximum density in an individual field. The method is based on the assumption that *R. padi* colonise the cereal crop, multiply and reach maximum density after two generations have been completed (Fig. 3).

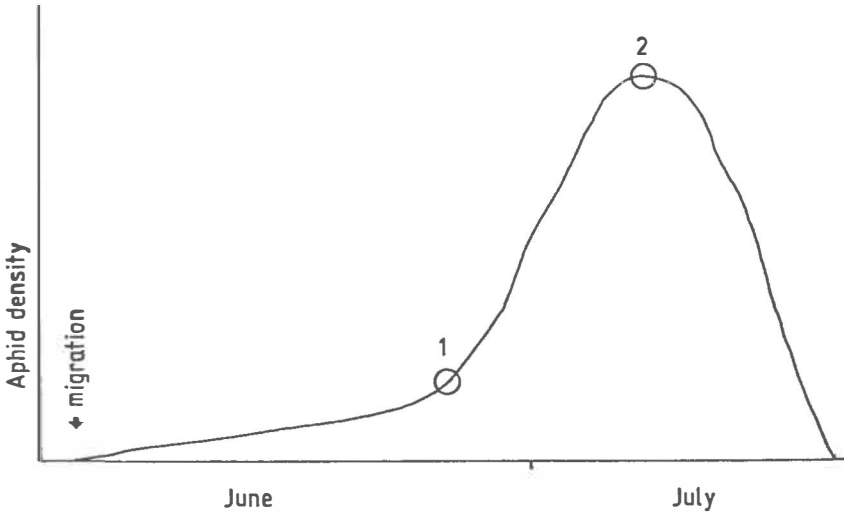


Fig. 3. The generalized population development of R. padi in spring sown cereals. The circles mark the first and second adult generation after migration. Note that the indicated dates are only approximate and can differ a few weeks between years.

The method is as follows:

1. Determine the date of spring migration peak with the suction trap.
2. Count the number of aphids in the field after one generation (circle 1 in Fig. 3).
3. Calculate the maximum density using the formula

$$N_2 = N_1 * e^{rg}$$

where  $N_1$  is the counted aphid density in the field,  $N_2$  is the calculated maximum density,  $r$  is the intrinsic rate of increase,  $g$  is the length of one generation and  $e$  is the base of the natural logarithms.

The length of a generation and the intrinsic rate of increase as functions of temperature are obtained from Dean (1974). Temperature is calculated from a sinus function through maximum and minimum temperatures each day. The accuracy of the predictions is rather good (Fig. 4).

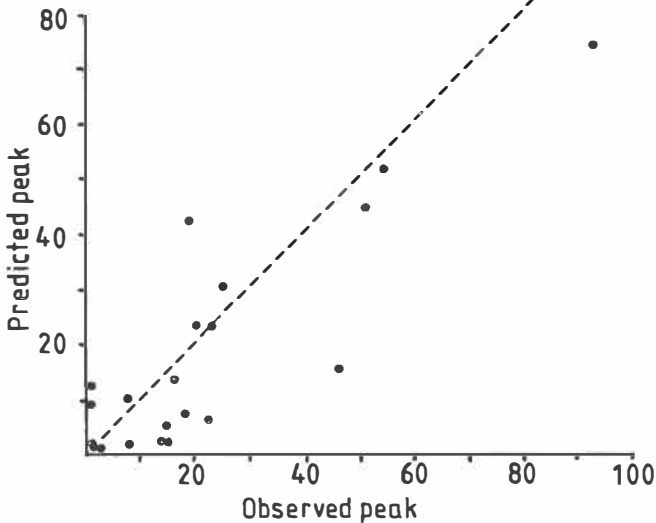


Fig. 4. The relationship between predicted and observed maximum density in individual fields. 77% of the variance is explained.

Counting aphids can be a rather tedious work. By using this method aphid counts are restricted to once per field. Furthermore, the method enables the farmer to decide if and when to spray at an early stage.

This simple method works satisfactorily when the spring migration is short and if a peak in the migration can be distinguished. If the migration is prolonged due to e.g. bad weather, the date of colonisation is difficult to estimate and the accuracy decreases. Another model in which daily suction trap catches are used to estimate the age-distribution of the aphid population at any time during population growth is being tested. A field count is then divided into the estimated age-distribution and the population development can be calculated. Unfortunately this means that a more complicated simulation model has to be used.

#### Acknowledgements

This work was supported by the Swedish Council for Forestry and Agricultural Research.

### References

DEAN, G.J. 1974. Effect of temperature on the cereal aphids Metopolophium dirhodum (Wlk.), Rhopalosiphum padi (L.) and Macrosiphum avenae (F.) (Hem. Aphididae). Bull. ent. Res. 63, 401-409.

RAUTAPÄÄ, J. 1976. Population dynamics of cereal aphids and method of predicting population trends. Ann. agric. Fenn 15, 272-293.

WikteliuS, S. 1982. Flight phenology of cereal aphids and possibilities of using suction trap catches as an aid in forecasting outbreaks. Swedish J. agric. Res. 12, 9-16.

WIKTELIUS, S. 1984. Studies on population development on the primary host and spring migration of Rhopalosiphum padi (L.) (Hom. Aphididae). Z. ang. Ent. 97, 217-222.

WIKTELIUS, S. & EKBOM, B.S. 1985. Aphids in spring sown cereals in central Sweden. Abundance and distribution 1980-1985. Z. ang. Ent. 100, 8-16.



DATES DE PREMIERE CAPTURE ET NIVEAU DE POPULATIONS DES PUCERONS  
DES CEREALES EN ALSACE.

Yves BOUCHERY

I.N.R.A. Station de Zoologie  
28, Rue de Herrlisheim - F 68021 COLMAR CEDEX

SUMMARY

A Johnson Taylor 12,2 m high suction trap is running in Colmar since 1977. The quantity of alates caught during the spring-flight is supposed to be linked with the aphid population level in the area surrounding the trap. Comparison between catches and time of first flight shows that early flight enables high population of Rhopalosiphum padi to build up according to the result found on Aphis fabae. In opposite, late flight gives high population for Metopolophium dirhodum and Sitobion avenae. This result points out the importance of phenological stage of the host plant and the status of aphid colony.

INTRODUCTION

Un piège à suction de type Johnson Taylor aspirant à 12,2 m du sol fonctionne à Colmar sans interruption depuis 1977 (BOUCHERY, 1979). La majorité des espèces capturées est déterminée et parmi celles-ci 4 espèces inféodées aux céréales Rhopalosiphum padi (L.), Metopolophium dirhodum (Walker), Metopolophium festucae (Theobald) et Sitobion avenae (Fabricius).

Chez le puceron noir de la fève Aphis fabae Scopoli, il y a une bonne relation entre la date de colonisation sur féverole et la taille maximum des colonies. La figure 1 montre que pour 11 années à Colmar, les colonies atteignent de grandes tailles

pour des colonisations précoces, les colonisations tardives ne donnant que des colonies de petite taille. Une corrélation suivant le modèle  $y=a+b/x$  donne un coefficient de  $r = 0,88$  qui est significatif au seuil de 1 %. Chez la féverole de printemps les colonies ne deviennent importantes que si les colonies sont fondées tôt, c'est-à-dire début mai. Ce phénomène existe-t-il chez les pucerons des céréales?

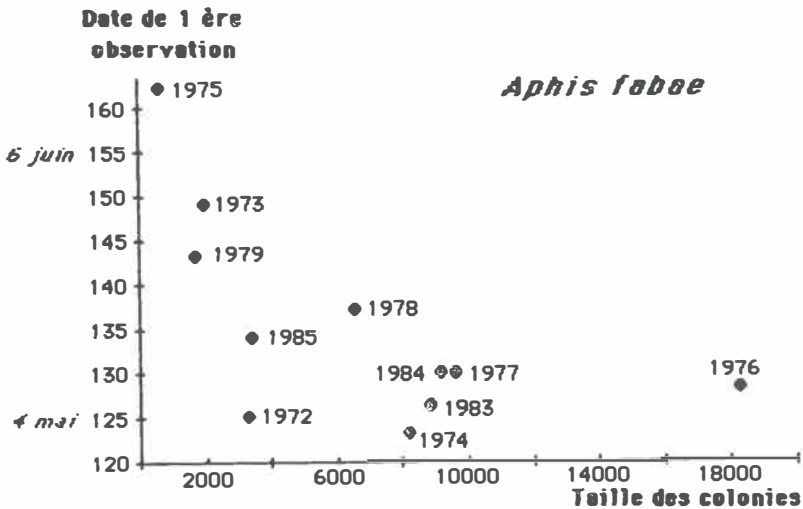


fig. 1

#### NATURE DES DONNEES

Les travaux de TAYLOR (1974) montrent que les effectifs échantillonnés sont représentatifs d'une zone de plusieurs dizaines de kilomètres autour du piège. Le nombre d'ailés capturés est une bonne image de la quantité d'ailés produits dans la zone, car les pucerons provenant de zones éloignées ne représentent, en règle générale, qu'une faible proportion des captures. Le niveau de population pour les pucerons des céréales est estimé par la quantité d'ailés capturés au piège à succion en cumulant les captures du vol printanier. D'un point de vue pratique, il n'est pas possible de distinguer clairement dans tous les cas les ailés du vol d'émigration de ceux du vol

de dispersion, aussi les deux types sont confondus. Ceci est de peu d'importance car le premier vol est quantitativement négligeable vis-à-vis du second. Par rapport aux résultats présentés pour A. fabae, le nombre d'ailés capturés est fonction de la taille des colonies et de leur nombre.

La date de première capture peut sembler a priori une observation aléatoire peu représentative, cependant une étude menée sur plusieurs postes de piégeage, dans des conditions écologiques différentes, montre que la date de première capture est une donnée représentative du vol (BOUCHERY, 1985). Cette date de première capture est utilisée ici pour évaluer le début de colonisation par les ailés.

### RESULTATS

#### REPARTITION DES DATES DE PREMIERES CAPTURES

La figure 2 montre la répartition des dates de première captures pour les 4 espèces étudiées pendant 9 années.

#### Date de première capture au piège à succion de Colmar

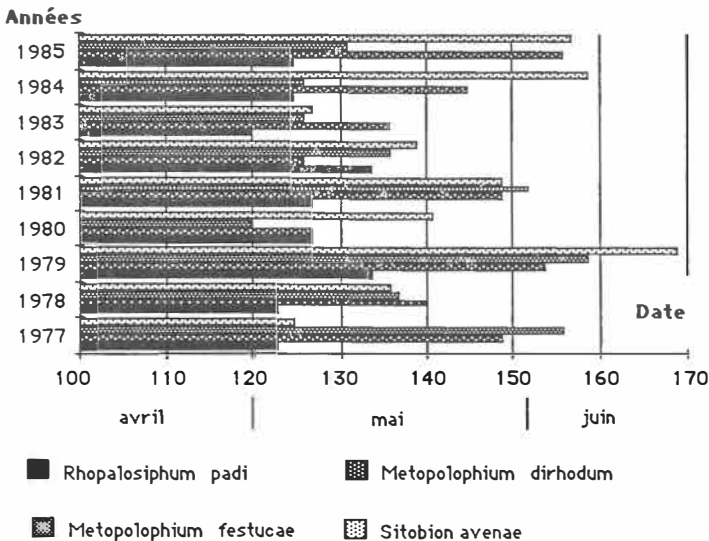


fig. 2

En règle générale R. padi est le plus précoce, les premiers ailés en provenance de l'hôte primaire (Prunus padus) sont capturés dans la première décade de mai. A l'opposé, S. avenae,

espèce monoécique sur graminées, est nettement plus tardive. Les deux Metolophium ont généralement une situation intermédiaire.

PREMIERES CAPTURES ET POPULATIONS

Rhopalosiphum padi

La figure 3 montre une répartition apparemment non liée des dates de première capture et de capture totale. Cependant en faisant abstraction de l'année 1979, qui avec un vol tardif le 14 mai a donné des captures abondantes (10.450 ailés), les autres années se répartissent le long des deux axes de la même manière que chez A. fabae. La liaison est inexistante pour les 8 années, mais montre que les populations élevées (1977, 1981, 1984, 1985) ne se développent que si la colonisation est précoce, hormis en 1979. Le cas exceptionnel de l'année 1979 pour R. padi s'explique par un maximum du vol en juillet anormalement tardif, consécutif à un mois de juin particulièrement arrosé qui a retardé la fructification des céréales, suivi d'un mois de juillet sec et frais.

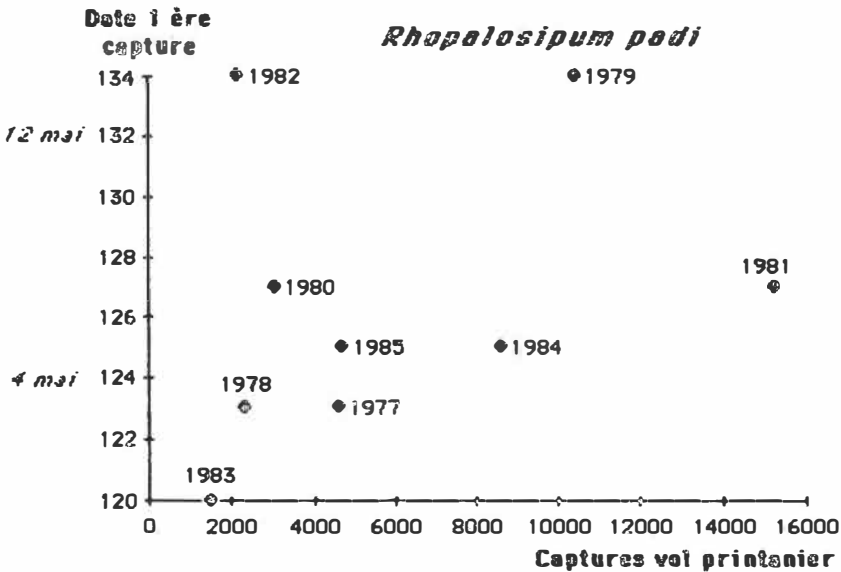


fig. 3

Comme chez *A. fabae*, il semble que les pucerons aient besoin, pour produire des populations importantes, d'un délai suffisant entre leur arrivée sur leurs hôtes secondaires et l'apparition du stade physiologique défavorable de leur hôte.

Sitobion avenae

Le nuage de points (captures-dates) de la figure 4 se présente sous forme d'un nuage allongé dans la direction de la première bissectrice. L'année 1977 pour laquelle le vol a été très précoce et la population très importante est exceptionnelle. Un calcul de corrélation fait sur 8 années, en excluant 1977, montre que la liaison est de  $r = 0,73$  (significatif à 5 %) avec un modèle  $y=a+b \text{ Log}(x)$ . Ceci montre que le vol tardif des premiers ailés fondateurs de nouvelles colonies encourage une productivité importante d'ailés.

L'absence de liaison entre une date de colonisation tardive et une forte production d'ailés en 1977 s'explique de la manière suivante: Les mois de janvier, février et mars ont bénéficié de températures nettement supérieures aux moyennes mensuelles (respectivement +1,6 ; +3,3 ; +2,3°C). Ceci a pu provoquer un développement précoce des populations. L'examen de la courbe de

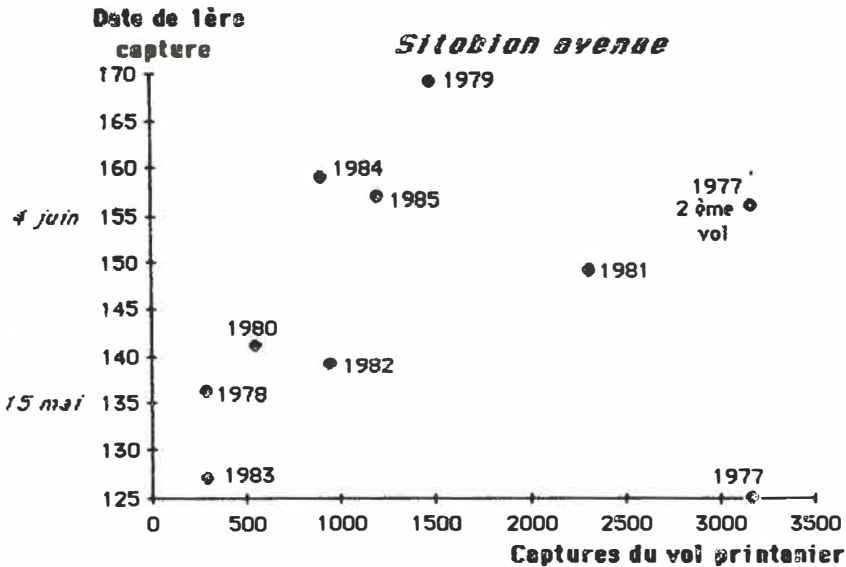


fig. 4

capture montre qu'un vol significatif (38 pucerons capturés) a eu lieu entre le 5 mai et le 31 mai. Ce vol peut être assimilé à un premier vol de dispersion qui a permis l'installation tardive de nombreuses colonies nouvelles qui ont donné un nouveau vol de dispersion (reprise des captures à partir du 5 juin). En tenant compte de cette date comme premier vol (voir point 77' sur la figure 4), la relation reste stable en incluant l'année 1977.

Metopolophium festucae

Chez cette espèce les effectifs capturés sont généralement très faibles, de l'ordre de quelques dizaines d'individus par an, ce qui ne permet pas de tirer de conclusion.

Metopolophium dirhodum

Chez ce puceron dioécique, la répartition effectif de captures et date des premiers vols (figure 5) est assez semblable à celle de S. avenae. Le coefficient de corrélation, en suivant une loi

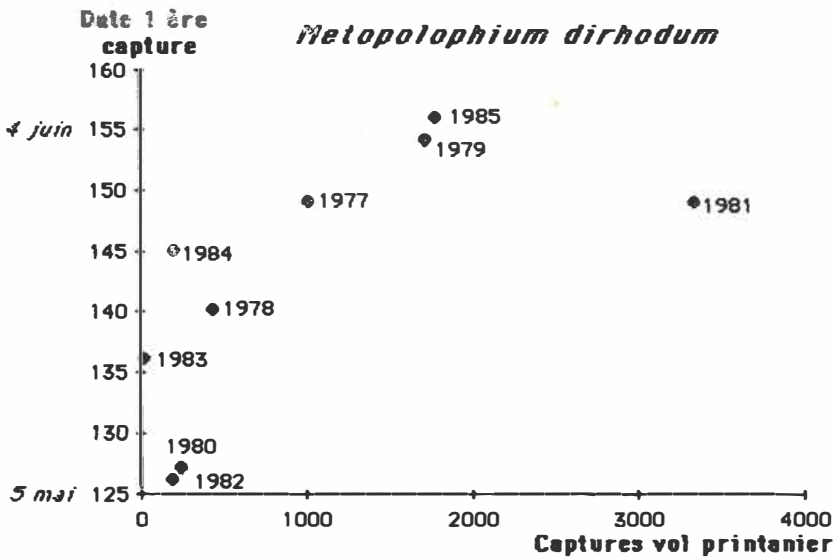


fig. 5

$y=a+b \text{ Log}(x)$ , donne un  $r$  de 0,70 significatif au seuil de 5 %. Ici comme pour S. avenae, les captures importantes n'adviennent

que pour des premiers vols tardifs. Il est remarquable que les années se positionnent de manière assez voisine chez les deux espèces. Cependant il faut noter que pour des dates de vol tardif, comme en 1984 (25 mai), les captures restent limitées. Ceci n'est pas étonnant, en effet, de nombreux autres facteurs interviennent sur la régulation de population comme les ennemis naturels.

#### CONCLUSION

Une date de premier vol tardif pour S. avenae et M. dirhodum permet le développement de populations importantes si d'autres circonstances défavorables n'interviennent pas. Ceci est opposé à ce qui se passe chez deux pucerons dioéciques, chez l'un, polyphage (A. fabae), d'une façon très nette, et chez l'autre inféodé aux graminées (R. padi), qui semblent bénéficier d'une période de développement la plus longue possible avant la sénescence de leurs hôtes. Pour S. avenae et M. dirhodum, pucerons qui ont des cycles biologiques différents, l'un étant monoécique et l'autre dioécique, une coïncidence entre la colonisation et le stade de leurs hôtes semble nécessaire à la bonne expression de possibilités de multiplication de ces espèces. Cette observation est à rapprocher de celle de LATTEUR, OGER et DE PROFT (1986) pour les deux mêmes espèces qui montre que la vitesse de développement des colonies entre l'épillage et le stade grain laiteux est liée négativement à la taille des colonies à l'épillage. Cette observation met en évidence l'importance du rôle, sur la croissance des populations, de la nature du développement physiologique de la colonie vis-à-vis de l'état physiologique de l'hôte.

#### BIBLIOGRAPHIE

BOUCHERY Y., 1979. Pour l'étude des vols de pucerons: une méthode de capture par piège à aspiration. Phytoma janvier, 39-40.

BOUCHERY Y., COCEANO P.G., DERRON J., HANI A., RENOUST M., 1985. Comparaison de captures d'Aphides par pièges succion de 12 m autour du massif Alpin en 1983. Euraphid 7-9 mai 1985 Montpellier (sous presse).

OGER R., LATTEUR G., 1985. Interprétation statistique de 13 années d'observations relatives à la dynamique des populations aphidiennes des froments en Belgique. *ibidem*.

TAYLOR L.R., 1974. Monitoring change in the distribution and abundance of insects. Rep. Rothamsted exp stn for 1973, 2 : 202-239.



RESULTATS PRELIMINAIRES CONCERNANT L'ETABLISSEMENT D'UN  
MODELE DE PREVISIONS DES RISQUES DE PULLULATION DE SITOBION  
AVENAE F. SUR BLE AU PRINTEMPS DANS LE BASSIN PARISIEN ET  
LE NORD DE LA FRANCE

C.A. DEDRYVER (1), A. FOUGEROUX (2), C. DE LA MEISSELIERE  
(3), J.S. PIERRE (4) et P. TAUPIN (5)

- (1) INRA, Laboratoire de Zoologie, domaine de la Motte,  
F 35650 LE RHEU
- (2) Association de coordination technique agricole, 149 rue  
de Bercy, F 75795 PARIS
- (3) Service de la Protection des Végétaux, cité  
Administrative, 59048 LILLE
- (4) ENSA, Laboratoire de la Chaire de Zoologie, 43 rue de  
Saint-Brieuc, F 35042 RENNES
- (5) Institut technique des Céréales et des Fourrages,  
BOIGNEVILLE, F 91720 MAISSE

Summary

The model of prevision of S. avenae maximal populations on wheat, developed since 1981 from data collected in Brittany, has given good results from 1982 to 1984 in the most oceanic part of France (from Normandy to the area of Bordeaux).

Unfortunately the model systematically underestimated the risks in the bassin of Paris and the North of France and could not be used in these regions. In cooperation with INRA, the french plant protection service (SPV) and two technical institutes involved in cereals protection (ITCF, ACTA), data were collected in 19 wheat fields of the area of Paris and the North of France, since 1980 to 1985 and in 1975-1976.

The data concerned the number of S. avenae per 20 tillers at the heading stage, the maximal number of S. avenae per 20 tillers, monthly accumulations of mean temperatures above 0°C, monthly rainfall and monthly numbers of rain days. They formed the basic sample and were computed in multi-linear regression.

The maximal number of S. avenae on wheat during the spring was explained ( $R=0.85$ ) by two variables : the number of S. avenae at the heading stage ( $r=0.803$ ) the mean temperatures of mai ( $r=-0.451$ ).

It is assumed that low temperatures in mai reduce the speed of growth of the wheat which may remain favourable to aphids during a long period and hinder more natural enemies than aphids, providing more healthy populations at heading, which can after that develop quickly. As a comparison the maximums of

populations in Brittany seemed more dependant of the winter temperatures, in relation with their ability to overwinter anholocyclically.

Un modèle de prévision des maximums de populations d'un puceron des céréales, *Sitobion avenae* F. a été récemment calculé en France (PIERRE et DEDRYVER, 1984). C'est une équation de régression linéaire multiple dont l'échantillon de base est constitué de données de comptage de pucerons effectués dans l'Ouest de la France et particulièrement dans le Bassin de Rennes. Ce modèle fournit des prévisions convenables dans le quart Ouest de la France (PIERRE et DEDRYVER, 1985). Il donne au contraire une majorité de conseils erronés lorsqu'il est appliqué dans les grandes zones céréalières du Nord et du Bassin parisien, où il sous-estime en particulier les risques de pullulations. De tels résultats ne sont pas étonnants dans la mesure où ce modèle intègre une situation régionale propre aux régions océaniques, caractérisée par une certaine stabilité interannuelle de caractéristiques biologiques originales des pucerons (anholocyclie) et de leurs relations avec leurs ennemis naturels (forte pression parasitaire des entomophthorales et des hyménoptères Aphidiides).

Un travail de coopération entre l'INRA du Rheu, le Service de la Protection des Végétaux et deux instituts techniques s'occupant de protection des céréales (ITCF et ACTA) a dont été entrepris afin de recueillir dans le Bassin Parisien et le Nord de la France suffisamment de données sur l'évolution des populations de pucerons des céréales pour calculer un modèle propre à ces régions. Ce sont les premières analyses concernant *S. avenae* qui font l'objet de cet article.

#### MATERIEL ET METHODES

De 1980 à 1985, 12 parcelles de blé d'hiver ont été échantillonnées dans le Bassin parisien et 3 dans le département du Nord. On a ajouté à l'échantillon 4 séries de relevés effectués en 1975 et 1976, trois dans le Bassin parisien et 1 dans le Nord. La figure 1 indique la localisation des différentes parcelles.

Dans tous les cas, de 100 à 1 000 talles de blé sont échantillonnées par parcelle, à chaque notation, en fonction de l'infestation en pucerons. Ceux-ci sont déterminés et comptés in situ, de même que les momies et pucerons mycosés. Trois espèces sont prises en compte : *S. avenae*, *Metopolophium dirhodum* Wlk., et *Rhopalosiphum padi* L., mais seules les données concernant *S. avenae* sont analysées dans cet article.

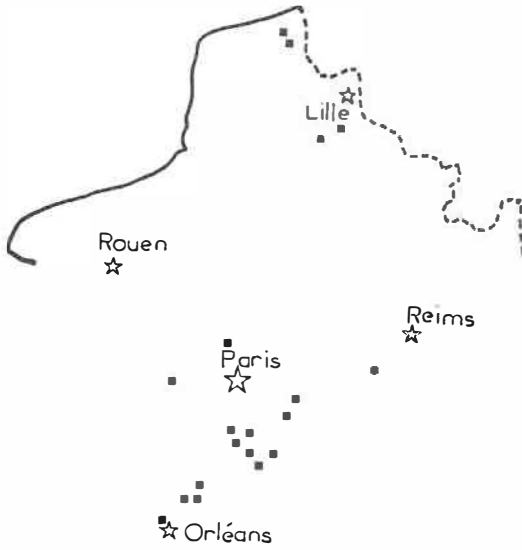


Figure 1 : Localisation des champs ayant fait l'objet d'observations de 1980 à 1985 ainsi qu'en 1975 et 1976.

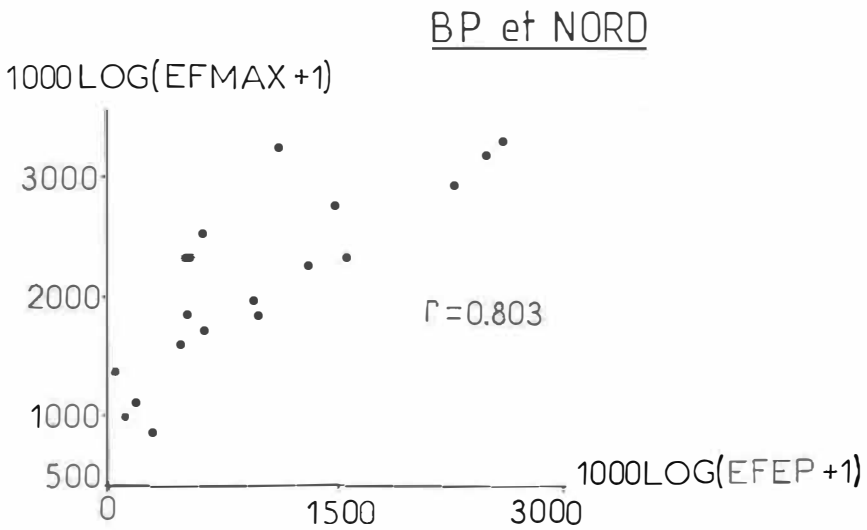


Figure 2 : Relation entre l'effectif de *S. avenae* à l'épiaison (en abscisse) et lors de son maximum (en ordonnée).

N°	Code	Description	Transformation
1	EFEP	Densité de <u>Sitobion avenae</u> vivants à l'épiaison (pour 20 talles)	Log (x + 1) . 1 000
2	FMAX	Densité maximale de <u>S. avenae</u> vivants (pour 20 talles)	Log (x + 1) . 1 000
3	TJAN	Σ des températures de janvier > 0° C.	Néant
4	TFEV	Σ des températures de février	
5	TMAR	Σ des températures de mars	
6	TAVR	Σ des températures d'avril	
7	TMAI	Σ des températures de mai	
8	HJAN	Hauteurs des ) janvier	1 000/x
9	HFEV	précipitations ) février	1 000 /x
10	HMAR	cumulées ) mars	1 000/x
11	HAVR	pour ) avril	1 000/x
12	HMAI	) mai	1 000/x
13	PJAN	Nombre de ) janvier	1 000/x
14	PFEV	jours de pluie ) février	1 000/x
15	PMAR	dans le mois ) mars	1 000/x
16	PAVR	(H > 1 mm ) avril	1 000/x
17	PMAI	de pluie] de ) mai	1 000/x

Tableau 1 : VARIABLES UTILISEES ET TRANSFORMATIONS EFFECTUEES

Les données climatiques sont fournies par les postes de la Météorologie Nationale (M.N.) et du STEFCE \* les plus proches des parcelles échantillonnées, c'est-à-dire Boigneville et Orléans (STEFCE), Lille-Lesquin, Beauvais et Melun (M.N.).

Les variables prises en compte sont les mêmes que celles du modèle calculé pour l'Ouest de la France par PIERRE ET DEDRYVER (1984), à l'exception des pucerons mycosés qui étaient en trop faible nombre pour être introduits dans l'analyse.

En variable à expliquer, on retient le maximum de S. avenae atteint au cours de la saison sur les parcelles considérées.

En variables explicatives, on utilise le nombre de S. avenae à l'épiaison ainsi que trois séries de variables physiques : les sommes mensuelles des températures moyennes au dessus de 0° C des 6 premiers mois de l'année, la pluviométrie mensuelle des six premiers mois de l'année et le nombre mensuel de jours de pluie au cours de cette même période. Les variables et transformations utilisées sont répertoriées dans le tableau 1.

Les analyses statistiques effectuées comprennent le calcul de la matrice des corrélations entre variables ainsi que le calcul et le choix de la meilleure équation de régression multiple à l'aide des programmes du logiciel AMANCE (BACHACOU et al, 1981) et du programme SELECT (JOHANNES, 1983).

## RESULTATS

### Corrélations entre variables

Le tableau 2 met en évidence les principales corrélations entre la variable à expliquer (Effectif maximum : EFMAX et les variables explicatives. Il y a une forte corrélation positive entre EFMAX et l'effectif à l'épiaison EFEP ( $r = 0.803$ ), ainsi qu'une corrélation négative significative entre EFMAX et la somme des températures supérieures à 0°C du mois de mai, TMAI ( $r = 0.451$ ). Deux autres groupes de liaisons sont également remarquables : la somme des températures de janvier, TJAN est corrélée, d'une part à EFEP, d'autre part à EFMAX ; le nombre de jour de pluie du mois d'avril PAVR est, de même, corrélé à la fois à EFEP et EFMAX.

Les figures 2 et 3 illustrent les deux premières corrélations, qui sont significatives au seuil de 5 %.

(\*) Service technique d'étude des facteurs de l'environnement (INRA)

EFEP	<u>F.FMAX</u>	TJAN	TFEV	TMAR	TAVR	TMAI	TJUI	HJAN	HFEV	HMAR	
1000											
<u>F.FMAX</u>	803	1000									
TJAN	517	514	1000								
TFEV	-24	-149	-6	1000							
TMAR	-1	-91	-177	-411	1000						
TAVR	-22	-112	-350	85	-267	1000					
TMAI	-131	-451	-461	108	-5	639	1000				
TJUI	25	-73	60	-85	-275	481	565	1000			
HJAN	35	-110	-267	144	-426	898	682	429	1000		
HFEV	292	62	-43	306	-409	358	451	-9	681	1000	
HMAR	57	-46	-176	144	-388	937	593	524	944	467	1000
HAVR	105	-14	-119	367	-457	653	446	328	593	361	551
HMAI	52	-59	-186	196	-400	933	608	510	949	491	998
HJUI	92	13	-86	34	-412	742	469	492	627	235	619
PJAN	92	-97	118	-124	274	337	455	530	287	10	341
PFEV	364	49	46	193	-180	178	419	-78	476	892	260
PMAR	-250	-194	36	-34	-532	565	109	465	426	-58	527
PAVR	-251	-343	-74	424	-419	310	264	314	148	-83	188
PMAI	-185	-262	-96	553	-546	720	453	411	722	310	808
PJUI	35	-13	-81	68	-327	890	473	562	817	239	950

Tableau 2 : MATRICE DES CORRELATIONS ENTRE VARIABLES  
DU NORD ET DU BASSIN PARISIEN

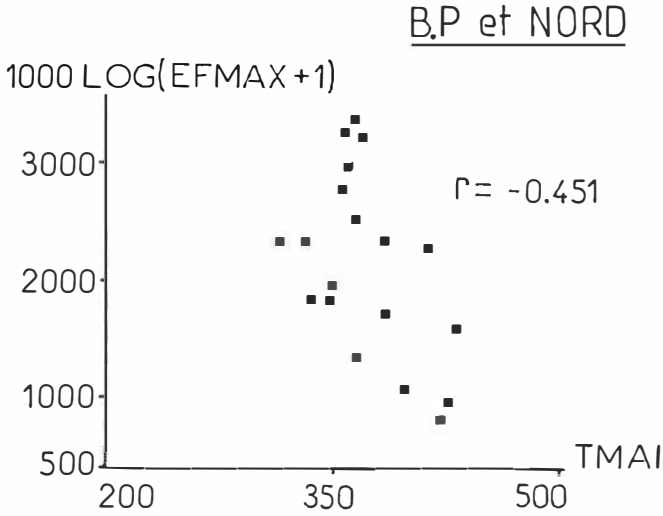


Figure 3 : Relation entre la somme des températures supérieures à 0°C du mois de mai (en abscisse) et le maximum de S. avenae (en ordonnée).

facteur d'erreur

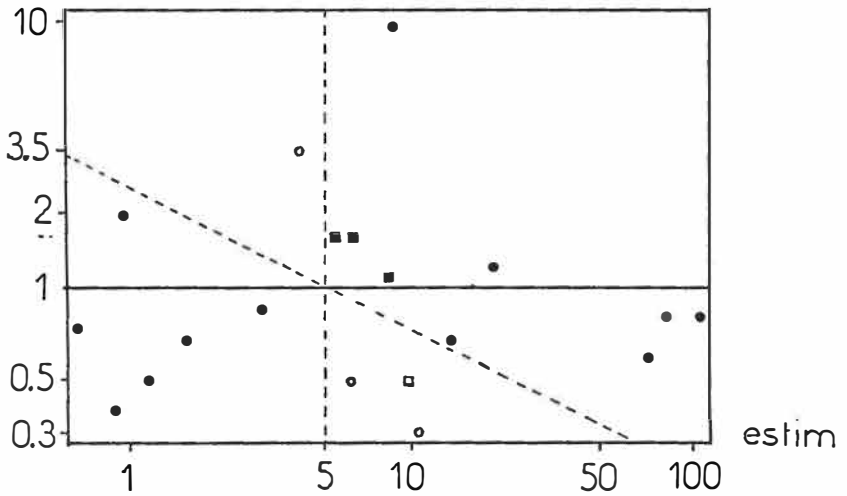


Figure 4 : Représentation graphique des résidus du modèle de régression multiple en fonction des estimations.

- ○ Bassin parisien
- □ Nord

### Calcul d'une équation de régression multiple

Le programme SELECT met en oeuvre un algorithme de recherches des m meilleures équations de régressions parmi les (k/p) équations possibles à k variables explicatives prises parmi p variables totales. Les paramètres m et k sont déterminés par l'utilisateur. L'évaluation des équations s'effectue sur la base de 3 critères : le coefficient de détermination multiple, l'écart type résiduel et le Cp de Mallows.

L'équation proprement dite est ensuite calculée par le programme REPRG :

Au pas numéro 1 est introduite la population à l'épiaison et au pas numéro 2, la somme des températures moyennes du mois de mai. Ces deux variables apportent une contribution significative et 77 % de la variance totale est expliquée par la régression. L'introduction des variables suivantes n'apporte plus de contribution significative.

On aboutit à l'équation suivante :

$$1\ 000 \text{ Log}(EFMAX + 1) = 724 \text{ Log}(EFEP + 1) - 7,76 T \text{ MAI} + 4309$$

L'analyse des résidus (fig. 4) indique que ceux-ci ne sont pas très bien répartis entre les sous et les surestimations (12 points dans le premier cas, 7 dans le second) essentiellement à cause d'une parcelle de 1983, très différente des autres. De plus, le faible nombre de parcelles observées chaque année me permet pas en général de se faire une idée sur la variabilité interannuelle des résidus. Pour 1983, cependant, on a une assez bonne répartition des résidus entre sous et surestimations.

### DISCUSSION ET CONCLUSION

On peut tout d'abord se poser la question de la validité biologique des variables retenues : la très forte corrélation entre l'effectif maximal et l'effectif à l'épiaison ne nous étonne pas ; c'était également la principale variable explicative du modèle calculé pour le grand Ouest de la France (PIERRE et DEDRYVER, 1984). Elle traduit le fait que, dans ces régions comme dans l'Ouest, le devenir des colonies paraît fixé dès la contamination des épis et ceci d'autant plus que, dans le Bassin parisien et le Nord de la France, l'action des ennemis naturels durant cette période ne paraît pas très forte : on trouve peu de prédateurs et de momies et encore moins de pucerons tués par les entomophthorales. Les populations de pucerons s'y développent sans frein biologique important à l'exception de la maturation de la plante-hôte et l'on conçoit que le maximum de population qui intervient souvent un mois seulement après l'épiaison soit fonction de l'intensité de la contamination à ce stade.



L'effet négatif des températures de mai est plus difficile à expliquer. Dans le modèle calculé précédemment (PIERRE et DEDRYVER, 1984), on avait mis en évidence l'absence de corrélation entre les températures printanières et les populations de pucerons, que ce soit à l'épiaison ou lors de leur maximum. L'hypothèse qu'on peut avancer, est que les températures du printemps, et en particulier du mois de mai d'une part, joueraient davantage sur les quelques auxiliaires présents que sur les pucerons, des températures faibles étant particulièrement défavorables aux premiers donc favorables "indirectement" aux seconds, et d'autre part auraient un rôle important sur la phénologie de la plante, des températures froides ralentissant la maturation des blés : ceux-ci resteraient ainsi plus longtemps favorables aux pucerons qui s'y multiplieraient davantage.

Enfin les températures de janvier sont corrélées à la fois aux effectifs à l'épiaison et aux effectifs maximums. Elles sont éliminées de la régression car fortement autocorrélées mais présentent néanmoins un intérêt : comme pour l'Ouest de la France, il semble que des températures assez douces pendant une partie de l'hiver (ici janvier, dans l'Ouest février) soient un gage d'infestation précoce des céréales, en permettant la survie de la fraction des populations de S. avenae qui, même dans ces régions, reste anholocyclique (DEDRYVER et GELLE, 1982).

Nous insisterons ensuite sur le caractère très provisoire de l'équation établie. En effet si le modèle fonctionne avec 8 années différentes de données, ce qui peut être considéré comme convenable, le nombre d'échantillons total est très faible (19) et ceux-ci ont été obtenus dans deux zones géographiques restreintes et non contigues, le Sud est du Bassin parisien et, secondairement, le département du Nord, qui diffèrent profondément entre elles tant par le climat que les structures agraires et les systèmes culturaux. De plus le modèle n'est pas validé puisque le faible nombre d'échantillons ne nous a pas permis d'en garder en échantillon-test. Seules les observations des prochaines années nous permettront d'en définir l'intérêt ainsi que l'étendue géographique d'application. Cependant, le caractère encourageant de ces résultats permet d'envisager dès 1987 une première tentative de validation.

BIBLIOGRAPHIE

BACHACOU J., MASSON J.P., MILLIER C., 1981. AMANCE 81. Publication du Département de Biométrie INRA, 516 p.

DEDRYVER C.A., et Augustine GELLE., 1982. Biologie des pucerons des céréales dans l'ouest de la France. IV. Etude de l'hivernation de populations anholocycliques de Rhopalosiphum padi L., Metopolophium dirhodum Wlk. et Sitobion avenae F. sur repousses de céréales, dans trois stations de Bretagne et du Bassin parisien. Acta Oecologica Oecol.Applic., 3, 321-342.

JOHANNES U., 1983. Le programme SELECT. (Doc, interne INRA)

PIERRE J.S., DEDRYVER C.A., 1984. Une modèle de régression multiple appliqué à la prévision des pullulations d'un puceron des céréales, Sitobion avenae F., sur blé d'hiver. Acta Oecologica Oecol. Applic., 5, 153-172.

PIERRE J.S., DEDRYVER C.A., 1985. Un modèle de prévision des pullulations du Puceron Sitobion avenae sur blé d'hiver. Phytoma, 369, 13-17.

A COMPUTER-BASED ADVISORY SYSTEM FOR THE CONTROL OF  
SITOBION AVENAE AND METOPOLOPHIUM DIRHODUM.

B.P. MANN and S.D. WRATTEN.  
Department of Biology, Building 44, The University,  
Southampton SO9 5NH, UK.

Summary

The development of a computer based farmer advisory package for cereal aphid control is described. It was developed by the Agrochemical Evaluation Unit at Southampton University and is available for "Farmlink" subscribers on "Prestel", British Telecommunications' Viewdata service. The package gives advice on the control of the aphids Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum. It is designed to prevent the overuse of chemical spray applications by forecasting aphid populations and then calculating the economics of control.

1. INTRODUCTION

Cereal aphids in the U.K. can be an important problem on winter wheat. Aphids colonise cereals in May and June and may become sufficiently numerous to cause direct feeding damage in June and July (M.A.F.F., 1982).

Southampton University Biology Department has used the results of a series of field experiments to produce a computer program which predicts the damage that an aphid infestation may inflict on the crop. The work leading to the development of this model has been described in previous papers (Watt, Vickerman and Wratten, 1984; Wratten and George, 1985; Wratten, Holt and Watt, 1984). This model has now been taken to its natural conclusion with the development of a dynamic advisory package for "Farmlink" subscribers on "Prestel", British Telecommunications' Viewdata service. It takes information about a specific field of wheat at one point in time, adds the economics of control and on the basis of the predicted aphid population advises the farmer on a rational control policy. This paper describes the structure

of the model, its implementation and the future development of it and similar packages.

## 2. DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL

The model was originally conceived as a simulation model of Sitobion avenae damage (Lee et al., 1981; Lee, Wratten and Kenyi, 1981; Watt, Vickerman and Wratten, 1984; Wratten, Holt and Watt, 1984). The model was developed from data on aphid damage, control costs, grain prices and expected yield (Watt, Vickerman and Wratten, 1984). Aphid populations were fed directly in, rather than simulated from reproductive and developmental data. The model used data on yield loss in relation to growth stage and aphid number and aimed to quantify the economic value of control at different stages of outbreaks of various intensities. The data on aphid damage were obtained from field cage experiments on the effects of the size and timing of grain aphid infestations on yield loss in winter wheat (Lee, Wratten and Kenyi, 1981; Lee et al., 1981; Wratten, Lee and Stevens, 1979).

The model calculated: the aphid population density (A) for each day (j) of the infestation (by interpolation between the aphid counts on particular sample dates), the daily and cumulative ( $d_j$ ) yield losses.

$$d_j = \sum_{i=1}^{i=j} A_i E_i$$

together with the amount of damage saved by an insecticide spray ( $s_j$ ):

$$s_j = (1-d_t) - (1-d_j)(1-W)$$

where  $E_i$  is the proportional yield loss per aphid per day on day i,  $d_t$ , the total calculated yield loss and W the proportional wheeling loss incurred during spraying. The

latter, set at 3%, is obviously removed if the use of tramlines is simulated. The model also calculated the cumulative and avoidable damage in monetary terms ( $D_j$  and  $S_j$  respectively):

$$D_j = TGd_j$$

$$S_j = TGS_j$$

where T is the expected yield (t/ha) and G the grain price (£/t).

A second model was written for Metopolophium dirhodum by simply changing the value of E to allow for differences in yield loss between Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum. Again, data on aphid damage were obtained from field cage experiments (Holt, Griffiths and Wratten, 1984). From this, the two models were combined to produce a single multi-species model.

In order to develop the simulation model into an advisory package, it was simplified and an element of short term (7-day) and long term (seasonal) aphid population forecasting was incorporated. If a forecasting aspect had not been introduced the models' use would have been restricted in that it would have only been able to indicate that economic damage had begun, rather than it was about to begin.

### 3. THE ADVISORY MODEL

Cereal aphid populations can rise to economically damaging numbers over a short period of time over a range of growth stages from booting to grain development. This, coupled with the fact that the damage caused varies according to the growth stage of the crop, means that the economic damage threshold, i.e. the point at which economic yield loss begins, is dynamic. Research has aimed to establish relationships between aphid population levels, crop growth stage and yield losses (George and Gair, 1979; Lee et al., 1981a). These relationships have led to the U.K. Agricultural Development and Advisory Service (M.A.F.F.) recommending spraying for Sitobion avenae when there are five or more aphids per ear at the beginning of flowering and the population is higher a few days later. For

TABLE 1. Criteria for assessing advice options

YIELD LOSS THRES- HOLD EXCEEDED?	FUTURE ECONOMIC LOSS > COST OF SPRAY?	ADVICE
Yes, or will be within the next two days.	no	Do not spray, do not resample.
	yes	Spray immediately.
Reached in 3-7 days.	no	Do not spray, do not resample.
	yes	Return in 3-7 days.
Reached in >7 days.	no	Do not spray, do not resample.
	yes	Return in 7 days.

Metopolophium dirhodum spraying is advised when there are 30 or more aphids per flag leaf during flowering and up to the milky-ripe stage (M.A.F.F. 1984). However this advice is static and can be interpreted incorrectly (Wratten et al., 1984); this can result in late, ineffective spraying after economic damage has already occurred. Also the advice does not take into account the economics of applying a crop protection chemical spray.

The program has two intrinsic dynamic thresholds; a yield loss threshold i.e. the population at which measurable yield loss begins to occur, and an economic injury threshold i.e. the population at which the damage, expressed in monetary terms, is higher than the costs of a control treatment (costs of the chemical, application and possible damage by the treatment). The yield loss threshold is set at 0.25% of the potential economic yield. This is an arbitrary figure but is equivalent to 3 - 4 aphids per stem at the beginning of flowering. Essentially, it is used to prevent spraying being advised too early. Once the estimated economic

yield loss for both or either aphid species reaches this level, the economics of whether or not to apply a spray application are calculated (i.e. the economic injury threshold). If the costs of any future damage (estimated by forecasting the aphid population and future economic damage) after this point are higher than the costs of the control treatment, then spraying would be advised. The criteria that assesses which advice option is chosen is depicted in Table 1.

#### 4. FIELD SAMPLING

This requires the farmer to enter his field and sample for aphid infestation. A clear relationship has been demonstrated between the percentage of stems colonized by aphids and the average size of the colonies (Rabbinge and Mantel, 1981a, 1981b). Therefore the time-consuming task of counting individual aphids is avoided. Instead fifty stems are examined in a diagonal across the field for infestation and from this the percentage of stems infested can be calculated. This procedure is easily and quickly carried out and is much more acceptable to the farmers. However there is a considerable variation in the relation between the two parameters: for example the number of aphids per stem corresponding with 80% of the stem infested may vary from 5 to 15 approximately. This factor would be important if it was not for the fact that the number of aphids per stem can double in only a few days and that the benefit of control depends less on the number of aphids at the time of spraying but more on the further increase of the aphids if the crop was not sprayed.

#### 5. THE PROGRAM

An outline of the model is represented in Table 2. The model consists of 3 subroutines:

1. Information input
2. Calculation and forecasting
3. Advice

TABLE 2. Cereal aphid control program.

```
1 REM Enter data
  1.1 Expected yield
  1.2 Selling price
  1.3 Spraying cost
  1.4 Wheeling losses - Yes/No
  1.5 Growth stage of crop
  1.6 REM Percentage of stems infested
    1.6.1 English grain aphid
    1.6.2 Rose grain aphid
2 REM Calculate the number of aphids per hectare
  2.1 English grain aphid
  2.2 Rose grain aphid
3 REM Forecast aphid numbers and damage
  3.1 Repeat the following for each aphid species
    3.1.1 REM Past damage
    3.1.2 n=growth stage
    3.1.3 Repeat the following until aphid number <= 0
      3.1.3.1 Calculate the past damage
      3.1.3.2 Total the past damage
      3.1.3.3 n=n-1
    3.1.4 REM Future damage
    3.1.5 n=growth stage
    3.1.6 Repeat the following until aphid number <=0
      3.1.6.1 n=n+1
      3.1.6.2 Calculate the future damage
      3.1.6.3 Total the future damage
4 REM Add up the damage from the two aphid species
  4.1 Total past damage
  4.2 Future damage
    4.2.1 Daily damage
    4.2.2 Total damage
5 REM Advice code decision
  5.1 If future damage > cost of spray application +
    5.1.1 n=growth stage wheeling losses
    5.1.2 Total damage = past damage
    5.1.3 Repeat the following 7 times
      or until total damage >= 0.25% of yield
      5.1.3.1 n=n+1
      5.1.3.2 Total damage = total damage + damage at
    5.1.4 If n<3 then advice code = 1 day n
    otherwise
      5.1.5 Advice code = n
otherwise
  5.2 Advice code = 8
6 REM Print advice
  6.1 If code = 1 print "spray immediately"
  6.2 If code = 8 print "do not spray, do not return"
  6.3 If code >2 and <8 print "return in n days' time"
```



### 5.1. Information input subroutine

The following details are supplied by the farmer about the crop.

1. Spraying cost. This can be based on the chemical cost alone or on the application plus chemical costs. Many farmers argue that if the spray operator was not spraying he would be doing another job; in this case only the cost of the chemical would be input. In other cases however the spray operator may be working overtime. A large number of sprays are applied outside normal working hours, either in the early morning or late in the evening, and so application costs would be included in these cases. Insecticides are also applied cheaply as tank-mixes with fungicides; in this case the chemical cost alone would be given. For contract aphicide spraying, the total contract spraying cost would be given.

2. Expected yield. This is the yield that would be expected to be obtained if there was no aphid damage. It is based on the farmer's previous experience of his land and the crop.

3. Selling price. The approximate price that the farmer will sell his grain at. This will depend on his selling plans (milling, feed, seed or intervention). Futures prices can be obtained from a variety of sources including the local farming press and Farmlink.

4. Growth stage. The amount of damage per aphid and the total forecasted damage depends on the growth stage of the crop. A simple growth stage key is used based on the Zadoks scale (Zadoks, Chang and Konzak, 1974). The farmer inputs the present growth stage of his crop.

5. Percentage infestation. This requires the farmer to enter his field and sample for aphid infestation. Fifty stems are examined in a diagonal across the field for infestation and from this the percentage of stems infested can be calculated. This operation is carried out for both species.

### 5.2. Calculation and forecasting subroutine

This consists of three parts: estimating the damage that had occurred before the sampling date, short-term forecasting of aphid numbers and damage, and long-term forecasting. In

each case the change in population is forecasted using growth rates and then the damage from this population is calculated. There are several stages of this subroutine that need a more detailed description.

#### 5.2.1. Conversion of % stems infested to number of aphids/stem

The relationship between the percentage of stems infested with aphids and the number of aphids per stem is described above. The damage caused per aphid varies according to the developmental stage of the aphid. These stages have been divided into two groups - instars I, II and III, and adult plus IV instar (Watt, Vickerman and Wratten, 1984). Damage has been measured according to aphid unit days (i.e. damage per aphid per day) where one aphid unit day was one adult or IV instar, or three earlier instars (Wratten et al., 1984). Therefore the total number of aphids per stem needs to be converted to number of adults + IV instar and numbers of I-III instars per stem. The ratio between these two groups for each growth stage has been calculated from field data (e.g. Leather et al., 1984). This facilitated the conversion to aphid unit days which could then be used in the program.

#### 5.2.2. Forecasting aphid populations

There are at least three main approaches to the study of forecasting populations. The approaches are: (1) the analytic (life table) and related methods; (2) the theoretical (usually difference equation model) approach and (3) the synthetic (simulation modelling) approach; (Putman and Wratten, 1984). There is considerable debate about the value and limitations of each method; all have their advantages and disadvantages, but no method exists that will mimic natural populations of insects due to the number of variables involved.

The program was designed to be safe. Although it prevented prophylactic spraying, it still edged on the side of caution. Also weather data could not be incorporated into the model due to a lack of comprehensive data on the influence of weather on aphid numbers (Dean, 1974; Vickerman

and Wratten, 1979) and due to the unreliability of short term, small scale weather forecasting systems (N. Thompson, London Meteorological Office, pers. comm.). Hence the method chosen to forecast populations was to adopt a semi-synthetic approach by using population growth rates derived from field data (e.g. Lee et al., 1981; Holt, Griffiths and Wratten, 1984; Leather et al., 1984; Wratten and George, 1985).

However, using maximum population growth rates alone resulted in the forecasted populations reaching several magnitudes above what could ever possibly be found in the field. Therefore a density dependent factor was built into the model. This was calculated by comparing actual field populations with forecasted populations.

### 5.2.3. Forecasting aphid damage

The rates of damage per aphid unit day have been calculated for each species from field data (Lee et al., 1981; Lee, Wratten and Kenyi, 1981; Holt, Griffiths and Wratten, 1984; Watt and Wratten, 1984). These rates differ between the two aphid species and according to the developmental stage of the crop. Using the forecasted population it was possible to forecast damage.

### 5.3. Advice subroutine

The advice page presented to the farmer offers advice on control policy. There are 3 variants of the control policy according to the criteria described in Table 1.

1. The level of aphid infestation is posing no threat at present. You are advised to reassess the situation in not more than n days' time.

This means that at present the number of aphids is not high enough to cause economic losses; however such a level may be reached, if the aphids reproduce at maximum rates, not earlier than n days' time. The value of n varies from 3 to 7 days. The maximum level is set at 7 due to the inaccuracies in forecasting populations.

2. Spray immediately. There is an imminent danger of X% yield loss. If you spray immediately, you will save at least Y£/ha.

This advice will be given if the value of n is less than 3 and the estimated economic yield loss for the future is greater than the cost of spraying. The information includes the possible yield loss if spraying does not take place (X%) and the possible gain in monetary terms from spraying (Y £/ha).

3. It is uneconomic to spray your crop. Take no action. If you spray you will lose a minimum of Z £/ha. There is no need to sample again because the crop growth stage is too advanced for economic loss to occur.

As the crop matures it eventually becomes uneconomic to spray (i.e. even if the population was to rise at its maximum possible growth rate, the economic threshold level would not be reached) and hence this advice page is given. The economic benefits from not spraying are given.

#### 6. MARKETING OF THE ADVICE SYSTEM AND THE FARMERS' REACTION

A single-species version of the model, incorporating only Sitobion avenae, has been on-line and available free to subscribers of British Telecommunications' Prestel "Farmlink" since June 1985. As such the model has the advantages of independent and almost instantaneous advice. A new version of the model, combining advice on both Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum, will be on-line by May 1986.

During 1985 the model was evaluated with the cooperation of farmers. Field work was carried out on a farm near Stockbridge, Hampshire, to compare the yield response from spraying according to the M.A.F.F. thresholds with the advice given by the single-species model. However, numbers never rose above 4 aphids/stem (or 65% of stems infested) and spraying was never advised by either the M.A.F.F. threshold

or the model. Data from other sources was run on the model and although the model did advise spraying in a small number of cases when spraying should not have been carried out, it would have prevented a great deal of uneconomic spraying if a prophylactic treatment had been applied and in no cases did economic losses occur when spraying was not advised. The importance of the model was shown greatest with a late aphid infestation when economic loss did occur but spraying was not advised by the M.A.F.F. threshold.

In August 1985 a reply-paid card questionnaire was sent to a small number of Farmlink subscribers in south-west England (at the time Farmlink covered only the south-west, going nationwide to cover the U.K. in mid-October). Of the 26 farmers that replied, 15 had used the program and 13 had found it useful. The model first became available to Farmlink subscribers on June 17th. Between that date and December 31st, a total of nearly 1200 entries were made to the program, averaging at 6 per day. During this time Farmlink had an average of about 800 subscribers, so during the aphid season (June-July), there were c.28 uses/day.

#### 7. FUTURE DEVELOPMENT OF ADVISORY PACKAGES

The multi-species cereal aphid control package is merely the first stage in the development of a series of advisory packages which are being developed at Southampton University for Farmlink. The type of packages depend on the farming industry and on what research information is available; all such new packages will be tailored to the needs of the farming industry and changed or developed as the need arises. At present work is being carried out on a sugar beet foliage and soil pests package and on a winter oilseed rape package. At a time when pesticide inputs are being critically re-examined because profit margins are reducing and environmental pressures on the farmer are increasing, such packages should prove invaluable to the modern farmer.

REFERENCES

- DEAN, G.J., 1974. Effect of temperature on the cereal aphids Metopolophium dirhodum (wlk.) and Macrosiphium avenae (F.) (Hem., Aphididae). Bulletin of Entomological Research, 63: 401-409.
- GEORGE, K.S. and GAIR, R., 1979. Crop loss assessment on winter wheat attacked by the grain aphid, Sitobion avenae (F.), 1974-77. Plant Pathology, 28: 143-149.
- HOLT, J. GRIFFITHS, E. and WRATTEN, S.D., 1984. The influence of wheat growth stage on yield reductions caused by the rose-grain aphid, Metopolophium dirhodum. Annals of Applied Biology, 105: 7-14.
- LEATHER, S.R., CARTER, N., WALTERS, K.F.A., CHROSTON, J.R., THORNBACK, N., GARDNER, S.M. and WATSON, S.J., 1984. Epidemiology of cereal aphids on winter wheat in Norfolk, 1979-1981. Journal of Applied Ecology, 21: 103-114.
- LEE, G., STEVENS, D.J., STOKES, S. and WRATTEN, S.D., 1981. Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and bread making quality. Annals of Applied Biology, 98: 169-179.
- LEE, G., WRATTEN, S.D. and KENYI, K.B.L., 1981. The effects of growth stage in cereals on yield reductions caused by aphids. Proceedings 1981 British Crop Protection - Pests and Diseases, 2: 449-456.
- M.A.F.F., 1982, Cereal aphids. Government publication, U.K., 8 pp.
- M.A.F.F., 1984. Use of fungicides and insecticides on cereals, 1984. Government publication, U.K., 96 pp.
- PUTMAN, R.J. and WRATTEN, S.D., 1984. Principles of Ecology. Croom Helm Ltd. Publications. 388 pp.
- RABBINGE, R. and MANTEL, W.P., 1981a. Bladluizen in wintertarwe, hoe schade te voorkomen. Gewasbescherming, 12(1): 17-22.
- RABBINGE, R. and MANTEL, W.P., 1981b. Monitoring for cereal aphids in winter wheat. Netherlands Journal of Plant Protection, 87: 25-29.
- VICKERMAN, G.P. and WRATTEN, S.D., 1979. The biology and pest status of cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) in Europe: a review. Bulletin of Entomological Research, 69: 1-32.

- WATT, A.D., VICKERMAN, G.P. and WRATTEN, S.D., 1984. The effect of the grain aphid, Sitobion avenae (F.) on winter wheat in England; an analysis of the economics of control practice and forecasting systems. *Crop Protection*, 3(2): 209-222.
- WATT, A.D. and WRATTEN, S.D., 1984. The effects of growth stage in wheat on yield reductions caused by the rose-grain aphid Metopolophium dirhodum. *Annals of Applied Biology*, 104: 393-397.
- WRATTEN, S.D. and GEORGE, K.S., 1985. Effects of cereal aphids on yield and quality of wheat and barley. *Bulletin SROP, WPRS Bulletin*, 8(3): 10-35.
- WRATTEN, S.D., HOLT, J. and WATT, A.D., 1984. Conversion of research models to micro-computer advice on cereal aphid control. 1984 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases, 609-614.
- WRATTEN, S.D., LEE, G. and STEVENS, D.J., 1979. Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and quality. *Proceedings 1979 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*, 1-8.
- ZADOKS, J.C., CHANG, T.T. and KONZAK, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.

INTERPRETATION STATISTIQUE DE 13 ANNEES D'OBSERVATIONS  
RELATIVES A LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS APHIDIENNES DES  
FROMENTS EN BELGIQUE ET PRATIQUE DE LA PREVISION

G. LATTEUR<sup>(1)</sup>, R. OGER<sup>(2)</sup> et M. DE PROFT<sup>(3)</sup>

RESUME (4)

De 1971 à 1983, l'évolution des populations des pucerons des céréales a été suivie dans 70 champs de froment d'hiver répartis dans toute la Moyenne Belgique. Les comptages de pucerons ont été effectués une à deux fois par semaine durant toute la durée des infestations. Les organismes aphidiphages présents sur les talles ont également été répertoriés.

L'analyse de ces observations a permis de mettre en évidence les relations qui existent entre le développement des populations aphidiennes, les conditions climatiques et la présence d'ennemis naturels. Ces résultats sont à la base de la technique de prévision qui a été mise au point pour estimer l'importance des populations au maximum de leur développement.

Comme dans beaucoup d'autres études sur le sujet, la croissance des populations de pucerons s'est révélée être étroitement liée à la phénologie des plantes. En Belgique, les premières infestations commencent au début du mois de mai, au stade dernière feuille, atteignent leur maximum au stade grain laiteux, au début juillet, pour ensuite chuter très rapidement à la suite des modifications qui interviennent dans l'état physiologique des plantes-hôtes. Les parasites et les mycoses se développent surtout à partir de la mi-juin.

Pendant ces deux mois, les populations aphidiennes s'accroissent de manière exponentielle avec un taux relativement constant. En moyenne,

- 
- (1) Station de Zoologie appliquée, 8, Chemin de Liroux, 5800 GEMBLoux, Belgium.
  - (2) Bureau d'Informatique et de Statistique appliquées, Avenue de la Faculté d'Agronomie, 5800 GEMBLoux, Belgium.
  - (3) Station de Phytopharmacie, 11, rue du Bordia, 5800 GEMBLoux (Belgium).
  - (4) Cette communication fera l'objet d'un article qui sera publié prochainement.



le nombre de pucerons par talle est multiplié par 2,64 chaque semaine pour S. avenae et par 2,25 pour M. dirhodum.

Les conditions climatiques hivernales influencent le niveau des populations au moment de l'épiaison. Des températures basses pendant l'hiver ou un nombre élevé de jours de gel ont tendance à réduire le nombre de pucerons à l'épiaison. Un hiver doux semble également accroître la vitesse de développement des parasites et des mycoses entre l'épiaison et le moment où le maximum est atteint.

La vitesse de développement entre l'épiaison et ce maximum dépend aussi du niveau atteint à l'épiaison. Les populations peu élevées à ce stade ont tendance à se développer plus rapidement et vice versa.

Le nombre de pucerons au maximum est corrélié négativement avec la somme des degrés jour du mois de juin. Même si la littérature souligne le rôle positif de la température sur la vitesse de développement des populations de pucerons, l'effet négatif de ce paramètre qui a été mis en évidence dans cette étude peut s'expliquer par le fait que la température influence également le développement de la plante et que les populations de pucerons arrivent toujours à leur maximum au stade grain laiteux. Si les températures sont basses en juin, ce stade est retardé, de sorte que les pucerons disposent de plus de temps pour continuer leur développement. La corrélation (0,61) qui a été trouvée entre la durée de la période qui va de l'épiaison à ce dernier stade et l'importance du maximum, confirme cette hypothèse.

L'étude des relations entre le nombre de pucerons observés aux différents stades phénologiques et le nombre de pucerons au maximum a montré qu'un système d'avertissement basé sur le dénombrement des populations avant la floraison était peu réaliste.

Par contre, une procédure de contrôle basée sur un modèle linéaire de régression multiple et faisant intervenir le nombre moyen de pucerons par talle et la proportion de pucerons parasités et mycosés peu après la floraison donne des résultats satisfaisants.

D'autre part, cette période convient bien pour d'éventuels traitements anti-pucerons car, en général, les populations sont encore trop faibles pour nuire significativement au rendement et le froment est proche du stade phénologique où les risques de recolonisation par des pucerons ailés deviennent faibles.

De 1971 à 1983, une quarantaine d'essais ont également été effectués en champ pour mesurer la nuisance des pucerons sur le froment. La combinaison du système de prévision de l'évolution des populations aphidiennes avec la connaissance de leur nuisance a permis d'élaborer une méthode de lutte rentable contre ces déprédateurs. On ne décide d'entreprendre la lutte que contre des populations qui sont susceptibles d'atteindre au cours de leur évolution future un développement occasionnant une perte au moins égale au coût total du traitement.

Dans le contexte économique actuel, on estime que le coût total du traitement, exprimé en équivalent froment, est de l'ordre de 170 kg/ha. On estime que cette perte de rendement est occasionnée par des populations qui, au cours de leur séjour sur le froment, atteignent un maximum de 10 pucerons par talle, larve et adultes, pucerons des feuilles et des épis compris.

La méthode n'est valable que pour chaque champ en particulier. Toute extrapolation peut entraîner des erreurs. Cependant, jusqu'à présent, peu d'agriculteurs ont la formation requise pour effectuer eux-mêmes des observations dans leurs champs; aussi la lutte économique contre ces ravageurs s'effectue-t-elle sur base d'avis émis par un petit groupe de spécialistes. Leur travail consiste à suivre, de semaine en semaine, dans des champs de référence dispersés sur tout le territoire à protéger, l'évolution des populations aphidiennes dès la colonisation des froments et à évaluer l'importance de l'action des auxiliaires (hyménoptères parasites, mycoses, coccinelles, syrphes).

Peu après la floraison, si à partir des données recueillies dans les champs de référence, on estime grâce au système de prévision que les

populations atteindront dans la plupart des cas le seuil économique de nuisance, alors il est conseillé de traiter. Dans le cas contraire, la situation est l'objet d'un nouveau et dernier contrôle la semaine suivante. Les avis sont, si nécessaire, modulés en fonction des régions. Lorsque le doute subsiste quant à l'évolution des populations, alors on estime préférable de recommander un traitement pour éviter de faire courir aux agriculteurs un trop grand risque de ne pas traiter alors que le développement des populations l'aurait justifié.

Afin d'amener progressivement les agriculteurs à prendre eux-mêmes la décision adéquate, il leur est, à chaque avertissement, recommandé d'effectuer au moins une observation sommaire du type présence-absence sur un certain nombre de talles afin qu'ils apprennent à évaluer la densité aphidienne et à traiter en connaissance de cause.

WORK ON PLANT RESISTANCE TO RHOPALOSIPHUM PADI (L.) IN OATS AND BARLEY - PRESENT STATUS.

J. WEIBULL

Dept. of Plant and Forest Protection,  
P.O. Box 7044, S-750 07 Uppsala, SWEDEN

Since the last report from this project (Weibull, 1985) the activities have concentrated on three major areas: the verification in the field of previously found differences in resistance between spring barley lines, the extended study of particularly interesting wild oat and barley species and, finally, the development of the technique for obtaining phloem sap samples and analysing them with respect to amino acids.

The differences between barley lines obtained in the laboratory have shown to persist under field conditions. The Yugoslavian line CI 16145 was consistently more resistant than other lines/cultivars, and a 30-40% reduction in aphid peak numbers was observed.

Among the wild species screened a few have been selected for more intense study. The tetraploid perennial oat species *Avena macrostachya* was found to possess remarkable antibiotic characteristics (population growth only 15-20% of the control, cv. Selma) and one accession of *A. barbata* did also show resistance characteristics (Weibull, in press). In barley the overall population growth was around 20% compared to the control (cv. Tellus). Of the barley accessions the diploid species showed highest levels of resistance, although no such pattern could be seen in oats.

Finally, the method of amino acid analysis of nl-samples of cereal phloem sap has been improved (Weibull et al., in press). So far the analyses have concerned sap samples from susceptible oats (cv. Selma) and barley (cv. Tellus) and the differences between these two cereals are negligible, as regards both content and composition of amino acids. Aspartic acid and glutamic acid were the dominating acids in the sap, together with serine. Methionine content was low. The work is now being concentrated upon sap from the most interesting lines/species.

This study is supported by the Swedish Council for Forestry and Agricultural Research and the Plant Breeding Board.

REFERENCES

- WEIBULL, J. 1985. Breeding for resistance against *Rhopalosiphum padi* (L.) in spring cereals in Sweden. OILB/WPRS Bulletin 1985/VIII/3.
- WEIBULL, J. 1986. Screening for resistance against *Rhopalosiphum padi* (L.). I. *Avena* species and breeding lines. Euphytica (in press).

WEIBULL, J., BRISHAMMAR, S. & PETERSSON, J. 1986. Amino acid analysis of phloem sap from oats and barley: a combination of aphid stylet excision and high performance liquid chromatography. Ent. exp. appl. (in press).

SCREENING OAT VARIETIES FOR CEREAL APHID RESISTANCE  
IN THE FIELD AND IN THE LABORATORY:  
A COMPARISON OF RESULTS

Th. BASEDOW

Institute of Phytopathology and Applied Zoology,  
University of Giessen, FRG

Summary

When trying in the lab, with seedlings, to reproduce results obtained in the field, with ripening plants, findings concerning the susceptibility of 3 oat varieties to the attack by the aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) were partly contradictory.

On seedlings in the lab, the number of progeny per exule was significantly lower in 'Selma' (partly resistant in the field) than on 'Leanda' (very susceptible in the field).

But in the variety 'Marino', being partly resistant to *R. padi* in the field, the number of progeny per exule on seedlings in the lab was significantly higher than in 'Selma'. So no Antibiosis was observed in the lab in 'Marino', in contrast to 'Selma'.

It is stressed, that screening cereals for varietal resistance to cereal aphids in the lab does not always give the same results as field tests do.

1. INTRODUCTION

Field screening for cereal aphid resistance is very much dependent on the very variable occurrence of the aphids. Due to this uncertainty, which may delay the finding of results very often, methods are wanted, which allow a more continuous work. Through being laborious, screening of seedlings in the lab or in the greenhouse is often performed (e.g. LOWE 1980).

Screening oat varieties for their susceptibility to cereal aphid attack was performed in the field in Northern Germany from 1976 to 1981, but only in 3 of

10 cases only one aphid species was abundant enough to obtain results (BASEDOW et al. 1983).

It was found out, that the oat variety 'Leanda' was very susceptible to the attack by the birdcherry-oat-aphid *Rhopalosiphum padi* (L.), while the varieties 'Selma' and 'Marino' proved to be partial resistant (see BASEDOW 1985).

The 3 varieties were taken to the lab in order to try and find out, on what mechanism of resistance the observed differences might be basing, and to see whether screening might also be conducted in the lab, gaining time.

Concerning the possible mechanism of the partial resistance observed in the field not plenty of information was obtained. But the results seem to be important, when referring to the methods of screening. Particularly to give a contribution to the methodology, the results of the laboratory experiments are presented here.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The aphids for the experiments, *Rhopalosiphum padi*, were taken from a laboratory strain, which ten years prior to the experiments had been taken from a cereal field near Kiel (FRG) and had been kept under artificial light (ca. 2000 Lux) and long day conditions on cereal seedlings continuously.

Oat seedlings were allowed to grow through a piece of foam rubber, which then was fitted into the bottom of a glass tube (10 mm wide and 10 mm long). One newborn aphid was placed on each seedling and the glass tube was closed subsequently at the top with a piece of foam rubber.

The seedlings were placed into a light chamber with 16 h light (2000 Lux)/8 h dark and 12 h 22 °C/12 h 12 °C. Mortality and reproduction of the aphids were recorded daily until their death, progeny being removed daily. Three experiments were performed in early 1980, with 20 aphids per variety, i.e. in all 60 aphids per variety were tested.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

The data obtained are summarized in the table together with the degree of susceptibility to *Rhopalosiphum padi* obtained in the field tests earlier.

Oat Variety	field results: susceptibility to <i>R. padi</i> in ripening plants (BASEDOW 1985)	laboratory experiments with seedlings (light chamber, 2000 Lux)		
		number of progeny per exule	days to first reproduction	dead before reproduction (%)
'Leanda'	high*	31,7	8,6	45,6
'Selma'	low	22,1**	8,7	55,2
'Marino'	low	34,0	8,5	32,2

\*\* difference to the other 2 varieties at  $p = 0,01$

\* at  $p = 0,05$  (BASEDOW 1985).

If first the varieties 'Leanda' and 'Selma' are regarded, the results of tests in the field and in the lab are in agreement: on the susceptible variety the aphids produced a significant higher number of progeny and had a slightly lower mortality than on the partial resistant variety. So the variety 'Selma' seems to exert 'Antibiosis' on *R. padi*.

But, if only the results obtained in the lab would be regarded, one would expect the variety 'Marino' to be very susceptible in the field, which is not true: in the lab the number of progeny was highest and the mortality was least, as compared with the other 2 varieties. So the results obtained in the lab are contradictory to the observations in the field, in this variety.

From the experiments and observations performed so far, neither the discrepancy found here can be explained, nor can the mechanism be named, which is responsible for the low susceptibility of 'Marino' to attack by *R. padi* in the field. It could be stated only, that with seedlings in the lab, no 'Antibiosis' could be found.

It seems important, however, to stress the fact, that tests with seedlings in the lab do not always give the same results as field tests, concerning the susceptibility of cereal varieties to cereal aphid attack.



REFERENCES

1. BASEDOW, Th., ROSEMBAUM-KURT, I., LAUENSTEIN, G. (1983). Freilanduntersuchungen zur Anfälligkeit verschiedener Hafersorten gegenüber den Getreideblattläusen (Hom., Aphididae). Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 35, 76 - 77.
2. BASEDOW, Th. (1985). Studies on the effect of partial host plant resistance on the population dynamics of the cereal aphids. Bull. SROP/WPRS Bull. VIII, 3, 120 - 122.
3. LOWE, H.J.B. (1980). Resistance to aphids in immature wheat and barley. Ann. appl. Biol. 95, 129 - 135.

EFFET DES FACTEURS VARIETAL ET PHENOLOGIQUE DE DIFFERENTS CULTIVARS DE  
BLE D'HIVER SUR LE POTENTIEL BIOTIQUE DE SITOBION AVENAE (F.)  
EN CONDITIONS CONTROLEES.

Jean-Paul DI PIETRO & Madjid AKLI

I.N.R.A.- Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie de l'E.N.S.A.R.,  
Centre de Recherche Agronomique de Rennes,  
F. 35650 Le Rheu

SUMMARY.

The intrinsic rate of naturel increase ( $r_m$ ) of **S. avenae** was evaluated under controlled conditions at 5 growth stages on 6 cv of winter wheat.  $R_m$  is increasing all along the vegetative stages, reaches its maximum at the beginning of heading and is low again after milky ripe stage, for 5 the cvs. On the opposite, cv "Fidel" induces at beginning of heading a lower  $r_m$  than at the former vegetative growth stages. Consequently, it seems that evaluation of resistance of cvs to **S. avenae** must be undertaken at 2 different growth stages : non-vernalized seedlings and heading to milky ripe stage.

Le taux d'accroissement ( $r_m$ ) de **S. avenae** a été évalué en conditions contrôlés ( $20 \pm 1^\circ$  C ; 16 h de photophase et 50-70 % H.R.) sur 6 cultivars de blé d'hiver : "Maris Huntsman", "Champlein", "Capitole" "Roazon", "Fidel" et "Mironovskaïa 808".

Pour chaque cultivar, on a évalué ce paramètre à 5 stades phénologiques déterminés selon l'échelle de ZADOKS :

- Plantule non vernalisée (Pnv) : stade 10-15 ;
- Plantule vernalisée (Pv) : " " ;
- Tallage-Montaison (T-M) : stade 21-39 ;
- Début épiaison à début maturité laiteuse (Eml) : stade 55-70 ;

- Maturité laiteuse à p $\hat{a}$ teuse (Emp) : stade 75-85

L'évolution du  $r_m$ , tout cultivar confondu, est la suivante : il augmente au cours des différents stades végétatifs étudiés, atteint sa valeur maximale au stade Eml et prend sa valeur la plus faible au stade Emp.

Cependant, l'évolution de ce paramètre présente des différences selon le cultivar étudié : "Champlein", "Maris Huntsman", "Roazon" et "Capitole" permettent l'expression d'un  $r_m$  élevé à tous les stades et dont l'évolution est approximativement comparable à celle, moyenne, de l'ensemble des cultivars, avec un  $r_m$  maximal au début de l'épiaison. "Mironovskaïa 808" présente ce même type d'évolution mais le  $r_m$  est significativement plus faible, aux stades végétatifs, que celui des autres cultivars. Enfin, "Fidel" présente une particularité à partir de l'épiaison où le  $r_m$  est plus faible qu'aux stades précédents, avec des valeurs proches de celles obtenues pour "Mironovskaïa 808".

De plus, sur d'autres cultivars étudiés par nous même (DI PIETRO & DEDRYVER, 1986), comme "Iljitchevka", "Jubilejna" et "PI 94571", le  $r_m$  exprimé par **S. avenae** au début de l'épiaison est remarquablement faible alors que celui exprimé au stade plantule non vernalisée sur ces cultivars est proche de celui obtenu pour "Maris Huntsman".

Une conséquence pour la recherche de cultivars résistants par antibiosis à **S. avenae**, est que les études doivent à notre avis être effectuées à deux stades phénologiques du blé :

- le stade plantule non vernalisée, facile à obtenir, qui semble indiquer le caractère relativement favorable ou non du cultivar pour l'ensemble des stades végétatifs.

- le épiaison-maturité laiteuse auquel le caractère de résistance de certains cultivars peut s'atténuer (cas de "Mironovskaïa 808") ou se révéler, alors qu'il n'apparaissait pas au stade plantule (cas de "Fidel", mais surtout de "Iljitchevka", "Jubilejna" et "PI 94571"). Les expérimentations à ce stade, bien que longues et difficiles à réaliser, présentent de plus un intérêt de vérification pratique dans la mesure où dès leur émergence, les épis sont dans la nature rapidement colonisés par **S. avenae** qui y atteint le maximum de ces effectifs.

BIBLIOGRAPHIE :

DI PIETRO J.P., DEDRYVER C.A., 1986. Relations entre les pucerons des céréales et leurs plantes-hôtes. I. - Mise au point d'une méthodologie de recherche de résistance à *Sitobion avenae* (F.) chez différents cultivars de blé d'hiver. *Agronomie*, 6, (5).

PREMIERS RESULTATS SUR L'EPIDEMIOLOGIE DE LA JAUNISSE  
NANISANTE DE L'ORGE (J.N.O.) EN BRETAGNE.

Monique HENRY<sup>\*</sup>, H. GILLET<sup>\*\*</sup> et C.A. DEDRYVER<sup>\*\*\*</sup>.

Summary : First results on the epidemiology of Barley yellow dwarf virus (B.Y.D.V) in Brittany.

For the last few year, B.Y.D.V causes economic losses in winter cereals (barley, wheat, oat) in Brittany. All species of grasses are potential hosts for this virus. Five species have been tested during autumn 1984 and spring 1985 : Bromus sp, Dactylis glomerata, Festuca sp, Lolium italicum and Lolium perenne. All these grasses are reservoirs of aphids in autumn. The most common aphid is Rhopalosiphum padi L. Three grasses are infected by B.Y.D.V (strain P.A.V.) : Bromus, Festuca and Lolium italicum. 60% of Bromus' samples harbore virus. Because of their occurrence during the whole year, these cultivated grasses are very important in the epidemiology of B.Y.D.V. in Brittany.

INTRODUCTION

La jaunisse nanisante de l'orge est une maladie dont l'extension est croissante dans l'Ouest de la France. En 1985, elle a causé des dégats importants en Bretagne, en particulier sur des semis précoces d'escourgeon. Cette région paraît propice à l'installation de la maladie pour les raisons suivantes:

-La douceur du climat permet aux pucerons des céréales de survivre et de se multiplier tout l'hiver, leurs populations y étant partiellement anholocycliques (DEDRYVER et GELLE 1982).

-Les systèmes culturaux régionaux sont tels qu'il existe en permanence au cours de l'année, des plantes hôtes nombreuses pour ces pucerons. Leurs populations se développent au cours des saisons sur diverses graminées (céréales à paille, maïs, graminées prairiales et repousses de céréales) qui se succèdent dans le temps.

Nous avons étudié le rôle de certains de ces hôtes dans l'épidémiologie de la maladie, et en particulier celui des graminées prairiales, encore peu connu en France. Ce sont des cultures pour la plupart pluri-annuelles qui peuvent, en tant que réservoirs permanents de virus, avoir une importance considérable dans l'épidémiologie de la J.N.O.

\* Laboratoire d'Entomologie fondamentale et appliquée-Campus de Beaulieu Université de Rennes 1 - 35042 RENNES cedex.

\*\* GRISP - Domaine de la Motte au Vicomte - 35650 LE RHEU

\*\*\* INRA - Laboratoire de recherches de la chaire de Zoologie de l'ENSA de Rennes - 35650 LE RHEU.

## MATERIELS et METHODES

Cinq graminées cultivées sont étudiées: le brome (*Bromus* sp), le dactyle (*Dactylis glomerata*), la fétuque (*Festuca* sp), le raygrass d'Italie (*Lolium italicum*) et le raygrass anglais (*Lolium perenne*). Pour ces cinq espèces, 21 parcelles sont échantillonnées à l'automne 1984 (du 27/11 au 21/12) et 37 au printemps 1985 (du 4/4 au 31/5). L'étude s'est limitée au département d'Ille et Vilaine (fig.1).

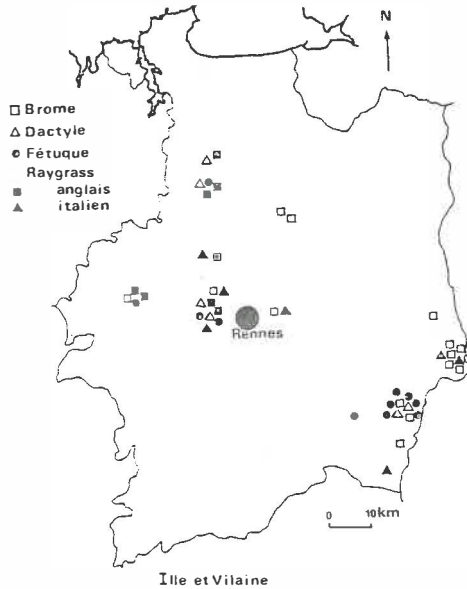


fig 1: Localisation des parcelles.

Dans chaque parcelle, on détermine le nombre et l'espèce des pucerons présents sur 100 talles (10 stations de 10 talles chacune). Par ailleurs, cinq échantillons de plantes sont récoltés au hasard dans chaque champ. On prélève trois grammes de feuilles de chaque échantillon, qui sont ensuite conservés au congélateur à  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ceux-ci sont éprouvés par le test immunoenzymatique Elisa selon la méthode décrite par CLARKS et ADAMS (1977). La seule souche de J.N.O. détectée est la souche PAV décrite comme souche non spécifique transmise par *Rhopalosiphum padi* L. et *Sitobion avenae* F. (ROCHOW 1970). Elle est également appelée NS2 par LAPIERRE et MAROQUIN (1986).

## RESULTATS

### Infestation par les Pucerons

Trois espèces de pucerons ont été observées: *R.padi*, *S. avenae* et *Metopolophium dirhodum* Wlk. . Le tableau 1 montre le nombre (n) et les pourcentages relatifs(%) des trois espèces de pucerons trouvées sur les différentes graminées.

Plantes hôtes	Automne 1984			Printemps 1985				
	n	% <u>R.padi</u>	% <u>S.avenae</u>	% <u>M.dirhodum</u>	n	% <u>R.padi</u>	% <u>S.avenae</u>	% <u>M.dirhodum</u>
Brome	277	89	11	0	1	0	100	0
Dactyle	28	93	0	7	1	0	100	0
Fétuque	21	100	0	0	0	-	-	-
Raygrass anglais	6	100	0	0	0	-	-	-
Raygrass d'Italie	53	94	0	6	1	0	100	0

Tableau 1: Pourcentages relatifs des trois espèces de pucerons

R.padi constitue l'essentiel des populations en automne 1984 (plus de 90% des effectifs). Par contre, au printemps on rencontre très peu d'individus, ce sont tous des S.avenae.

Le tableau 2 indique les valeurs minimales (1) et maximales (2) des pourcentages de talles infestées pour chaque graminée et par parcelle.

Plantes hôtes	Automne 1984		Printemps 1985	
	% min.(1)	% max.(2)	%min.(1)	% max.(2)
Brome	1	60	0	1
Dactyle	2	14	0	1
Fétuque	2	11	0	0
Raygrass anglais	0	3	0	0
Raygrass d'Italie	0	19	0	1

Tableau 2: Taux d'infestation par les pucerons

On observe une variabilité des taux d'infestation par les pucerons d'une part entre les parcelles d'une même culture (1 à 60% pour le brome), d'autre part entre les deux saisons. Au printemps les infestations sont très faibles, alors qu'en automne elles sont parfois très importantes, notamment dans le cas du brome. Les cultures de raygrass anglais sont toujours très peu infestées par les pucerons .

### Détection de la J.N.O.

Le tableau 3 montre la présence de J.N.O. (souche PAV) dans trois des graminées étudiées: le brome, la fétuque et le raygrass d'Italie. Le brome et la fétuque sont très contaminés puisqu'on observe des taux d'infection de 60% pour le brome en automne et de 40 et 49% pour la fétuque. Toutefois on observe une baisse du nombre d'échantillons virosés entre les deux saisons dans le cas du brome et du raygrass d'Italie. La J.N.O. n'a pu être détectée dans le raygrass anglais ni dans le dactyle.

Plantes	Automne 1984			Printemps 1985		
	nombre testé	nombre infecté	pourcentage d'infection	nombre testé	nombre infecté	pourcentage d'infection
Brome	35	21	60	55	9	16
Dactyle	10	0	0	29	0	0
Fétuque	20	8	40	41	20	49
Raygrass anglais	5	0	0	39	0	0
Raygrass d'Italie	25	4	16	25	1	4

Tableau 3: Infection des différentes graminées par la J.N.O. (un échantillon est considéré comme infecté lorsque la Do est supérieure à 0,100)

La figure 2 représente les histogrammes des densités optiques (Do) obtenues au test Elisa pour les trois graminées infectées. Par comparaison nous avons ajouté un histogramme des Do obtenues dans le cas de quelques parcelles d'orge en automne 1984.

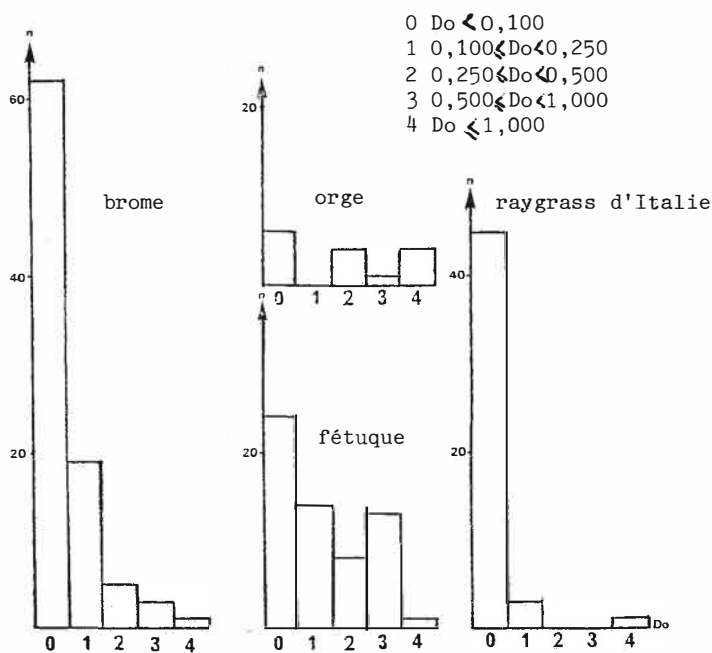


fig 2: Répartition des Do obtenues au test Elisa.

Les Do obtenues avec les graminées appartiennent en majorité aux classes 0, 1 et 2 (Do faibles). Celles obtenues pour l'orge se répartissent dans les classes 0, 2, 3 et 4 (Do élevées). Ceci indiquerait donc que les graminées sont infectées par des quantités plus faibles de virus.



## DISCUSSION

Cette étude préliminaire a permis de mettre en évidence la présence de pucerons sur les graminées prairiales, ainsi que la grande variabilité de leurs effectifs. En automne 1984, ceux-ci sont très importants, alors qu'au printemps 1985, ils sont quasiment nuls. Une des causes principales de ces taux d'infestation faibles est probablement le climat. L'hiver 1984 a été rigoureux, entraînant une recolonisation des parcelles lente et tardive.

La J.N.O. a été détectée dans trois des graminées étudiées. Les deux autres ( le dactyle et le raygrass anglais) n'ont pas réagi au test Elisa. Plusieurs explications sont envisageables :

- d'une part, ces deux graminées ne sont pas infectées par la J.N.O. soit par absence de pucerons vecteurs sur celles-ci (seulement 0 à 3% de plantes infestées dans le cas du raygrass anglais-tableau 2), soit parce qu'elles sont résistantes à la J.N.O.. Cette hypothèse est à rejeter car plusieurs auteurs ont détecté le virus de la J.N.O. dans ces plantes. (LATCH 1977, BAYON 1983 et PANAYOTOU 1985).

- d'autre part, ces graminées peuvent être infectées par une souche de J.N.O. autre que la PAV (ex: MAV ou RPV). En effet, FARGETTE (1982), aux Etats-Unis rencontre dans les graminées infectées par la J.N.O. plus de 95% de souche RPV. Il est donc nécessaire de réaliser le test Elisa avec d'autres sérums de type RPV ou MAV, ou d'effectuer des tests de transmission à l'aide de pucerons.

La variabilité intersaisonnière observée entre les taux d'infestation par les pucerons est également observée entre les pourcentages de plantes virosées. Elle peut être due à différents facteurs :

- climatiques (températures)
- biologiques (état physiologique de la plante)
- cultureaux (conditions d'exploitation de la parcelle : fenaision, ensilage, pâtûrage).

Les graminées prairiales cultivées en Bretagne sont donc pour la plupart réservoirs de pucerons et de virus. Elles sont en majorité pluri-annuelles. Lorsque les conditions de développement du virus et de ses vecteurs sur les céréales à paille sont défavorables, elles peuvent prendre le relais de celles-ci et maintenir une quantité suffisante de virus pour une nouvelle infection.

## Bibliographie

- . BAYON F., AYRAULT J.P. et PICHON P., 1983. Rôle des cultures de raygrass dans l'épidémiologie de la jaunisse nanisante de l'orge (VJNO ou BYDV) en Poitou-Charentes. Med. Fac. Landbouww, Rijksuniv. Gent, 48/3, 78, 807-811.
- . CLARKS M.F. et ADAMS A.N., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. J. Gen. Virol., 34, 475-483.
- . DEDRYVER C.A. et GELLE A., 1982. Biologie des pucerons des céréales dans l'ouest de la France. IV. Etude de l'hivernation de populations anholocycliques de Rhopalosiphum padi L., Metopolophium dirhodum Wlk., et Sitobion avenae F. sur repousses de céréales dans trois stations de Bretagne et du Bassin parisien. Acta oecol. Oecol. applic., 3, 321-342.

.FARGETTE D., LISTER R.M. et HOOD E.L., 1982. Grasses as reservoirs of Barley yellow dwarf virus in Indiana. Plant dis., 66, 11, 1041-1044.

.LAPIERRE H. et MAROQUIN R., 1986. Modalités de la transmission des virus des céréales et conséquences pour la sélection. Colloques de l'INRA. Versailles, 23 et 24/1/1986. "Les résistances génétiques dans les systèmes de protection céréalières contre les champignons, virus et nématodes."

.LATCH G.C.M., 1977. Incidence of Barley yellow dwarf virus in ryegrass pastures in New Zealand. N. Z. J. agric. Res., 20, 87-89.

.PANAYOTOU P.C., 1985. Effect of Barley yellow dwarf virus on the forage yield of herbage grasses. Riv. Patol. veg., 21, 1, 3-11.

.ROCHOW W.F., 1970. Barley yellow dwarf virus. C.M.I/A.A.B. Description of plant viruses, 32, 4pp.

ELABORATION D'UN SYSTEME D'AVERTISSEMENTS AGRICOLES CONTRE LA  
JAUNISSE NANISANTE DE L'ORGE DANS LE BASSIN DE RENNES  
PREMIERS RESULTATS

H. GILLET \*, Agnès GAMON \*, C.A. DEDRYVER \*\*

\* GRISP, BP 29 35650 LE RHEU

\*\* INRA, Laboratoire de Zoologie, BP 29 35650 LE RHEU

Summary

During the autumns of 1983, 1984 and 1985, the transmission of the Barley Yellow Dwarf virus to barley plants was studied in the district of Rennes. The experiments showed that the rate of virus transmission could be forecasted by knowing the suction trap catches of R. padi and the weekly mean temperature. These two variables explain 80 % of the variance of the percentage of infection of the samples. This result has to be tested in the next years and in different places.

1 - INTRODUCTION

Les régions de l'Ouest de la France constituent une zone à risques importants de dégâts de la Jaunisse nanisante de l'orge sur céréales à paille : d'une part, le climat, de type océanique, y autorise fréquemment l'activité des pucerons vecteurs pendant toute l'année ; d'autre part, les systèmes culturaux à base de maïs, graminées fourragères et céréales à paille y permettent un entretien permanent de l'inoculum viral.

De ce fait, plusieurs graves épidémies de cette maladie ont affecté les orges et blés en 1982, 1984 et 1985 dans le Bassin de Rennes. Ceci a justifié la mise en place depuis 1983 d'une expérimentation ayant pour but d'estimer l'évolution au cours du temps de l'inoculum viral susceptible d'être transmis aux céréales. Ses relations avec des paramètres physiques et biologiques aisément mesurables ont été étudiées afin d'élaborer un système d'avertissements agricoles contre la Jaunisse nanisante de l'orge.

## 2 - MATERIELS ET METHODES

L'intensité et la durée des déplacements de pucerons ailés sont mesurées par capture des principales espèces potentiellement vectrices (Rhinalosiphum padi L., Metopolophium dirhodum Wlk, Sitobion avenae F.) au piège à succion du Rheu. Ce piège de 12,2 m de haut, type "Rothamsted", fait partie du réseau "AGRAPHID". On prend en compte les cumuls hebdomadaires de captures d'octobre à décembre 1983, 1984 et 1985.

La contamination des orges d'hiver par les pucerons est estimée en disposant chaque semaine d'octobre à décembre 1983, 84 et 85, sur une zone de terre nue, une série de 100 pots d'orge (cv capri) comportant chacun 5 à 6 plantules au stade 2 feuilles. Au bout de 7 jours, les différentes espèces et formes de pucerons présents sur les plantules sont comptées puis triées à l'aide d'un traitement au pyrimicarbe. La série de pots est ensuite enlevée et remplacée par une nouvelle.

La contamination des orges par le virus de JNO est suivie de la manière suivante : les séries de pots d'orge traitées sont placées pendant une semaine dans un local à 20° C de manière à permettre la multiplication dans les plantes du virus transmis. Ensuite, les échantillons végétaux sont testés par la méthode ELISA à l'aide du sérum INOTECH type B. Ce sérum permet la détection de la souche PAV (ROCHOW, 1970), également appelée NS2 (LAPIERRE et MAROQUIN, 1986). Un échantillon est considéré comme virosé si sa densité optique (D.O.) en ELISA est supérieure à 0.1.

## 3 - RESULTATS

R. padi constitue plus de 95 % des pucerons piégés au cours des trois automnes d'expérimentation. C'est également le puceron le plus fréquemment trouvé sur les plantules d'orge, quelle que soit l'année ou la période (au minimum 85 % du total des comptages).

Une analyse statistique portant sur 24 séries de résultats hebdomadaires (7 en 83, 9 en 84, 8 en 85) a été réalisée sur les variables suivantes :

- captures hebdomadaires de R. padi (non compris les mâles) au piège à succion
- pourcentages de pots d'orge contaminés par R. padi.
- nombre total de R. padi ailés sur les 100 pots.
- pourcentage de pots virosés.
- température moyenne de la semaine considérée.

On trouve une excellente corrélation entre les captures hebdomadaires de R. padi et le pourcentage de pots d'orge contaminés par ce même puceron ( $r = 0,90$ ) ainsi qu'avec le nombre total d'ailés de R. padi sur 100 pots ( $r = 0,92$ ). Ceci montre la capacité du piégeage par aspiration à 12.2 m de haut, à refléter les niveaux d'infestation des plantules d'orge à l'automne, au moins dans les conditions

de l'expérience.

Le pourcentage de pots virosés est très corrélé aux variables suivantes : pourcentages de pots infestés par R. padi ( $r = 0,87$ ), captures hebdomadaires de R. padi au piège à succion ( $r = 0,85$ ), températures moyennes hebdomadaires ( $r = 0,82$ ). Le calcul d'une équation de régression multiple a permis d'établir que 80 % de la variance du pourcentage de pots porteurs du virus de la J.N.O. étaient expliqués par l'association des deux variables suivantes : captures hebdomadaires de R. padi au piège à succion et températures hebdomadaires moyennes.

### 3 - CONCLUSION

L'expérimentation, mise en oeuvre depuis 1983, montre qu'il existe dans le Bassin de Rennes une très forte liaison entre les flux du virus de la J.N.O. transmis à l'orge et l'activité aérienne de son principal vecteur. Ce résultat semble indiquer qu'il y a peu de variation au cours de l'automne dans le pouvoir virulifère des pucerons, c'est à dire que l'inoculum viral n'y est pas un facteur limitant. Dans ces conditions, il apparaît possible d'établir, pour le Bassin de Rennes, un schéma de prévision des risques dus à la J.N.O., fonction de la date de levée des céréales, des vols de pucerons et de la température moyenne. Il sera cependant nécessaire de s'assurer que les relations virus-vecteur, apparemment stables sur 3 ans, ne se déstabilisent pas sur une plus longue période, en fonction de facteurs climatiques et cultureux (modifications de systèmes agraires ou de pratiques agricoles).

De plus, il y aura lieu de tester l'éventuelle transmission d'autres souches de la J.N.O., et d'estimer la représentativité du système de "plantes pièges" employées par rapport à une pratique culturale "normale".

En tout état de cause, le système prévisionnel ainsi obtenu n'a qu'une valeur régionale et il conviendra de le réétalonner pour d'autres zones géographiques. Dans ce but, l'expérimentation décrite ici, a été effectuée en 1985 dans 3 autres régions céréalières françaises.

### BIBLIOGRAPHIE

- LAPIERRE H., MAROQUIN R. (1986). Modalités de la transmission des virus des céréales et conséquences pour la sélection. Colloque de l'INRA. Versailles les 23 - 24/01/86 : "Les résistances génétiques dans les systèmes de protection des cultures céréalières contre les champignons, virus et nématodes".
- ROCHOW W.F. (1970). Barley yellow dwarf virus CMI/AAB. Descriptions of plant viruses 32, 4 pp.

RÔLE DES PUCERONS DU MAÏS DANS LE CYCLE ET LES CONSEQUENCES  
DU VIRUS DE LA JAUNISSE NANISANTE DE L'ORGE (VJNO)

J.P. MOREAU \* et H. LAPIERRE \*\*

Institut National de la Recherche Agronomique

\* Station de Zoologie  
\*\* Station de Pathologie Végétale } Rte de St Cyr F. 78000 Versailles

SUMMARY. (Role of maize aphids in the BYDV cycle and damages)

The aphids *Rhopalosiphum padi* L., *Sitobion avenae* F. and *Metopolophium dirhodum* Wlk. vectors of the barley yellow dwarf virus (BYDV) to small grain cereals, can also transmit the virus to maize. The latter crop can be considered as a "relay" crop (summer and autumn), as the virus effect on maize in the field has not been clearly established, or, at last, not clearly separated from the other yield limiting factors, including the direct effect of aphids. Current investigations are devoted to the flight of aphids, to the frequency of the viruliferous winged aphids which invade maize and of those which leave maize in autumn, as well as to the frequency of infested plants. These frequencies vary with aphid species, type of maize crop (lines or hybrids) and sowing time. In 1985, comparative trial with *R. padi* and *M. dirhodum* used for maize contamination showed that only *R. padi* had caused BYDV to multiply on plants, and thus leading to loss in yield. In natural contamination, aphid flights were reduced, and included a low percentage of viruliferous insects, so that only the late sown crops (June) were clearly infested. However, low yields could not be related in this trial to presence or absence of BYDV.

La nuisibilité des pucerons observés sur maïs réside principalement dans le fait que la plupart des espèces transmettent le VJNO (BYDV). En conséquence, toute étude de la multiplication et de la dispersion des pucerons vivant sur graminées cultivées, et particulièrement de leur passage des céréales à paille vers le maïs et réciproquement, mérite d'être associée à des programmes d'épidémiologie du VJNO.

En Ile de France, Centre et régions limitrophes, les deux espèces d'aphides qui ont causé jusqu'à présent des dégâts directs au maïs quand elles s'y installent ou s'y multiplient en abondance sont *Metopolophium dirhodum* Wlk. et *Rhopalosiphum padi* L. (MOREAU et LAPIERRE, 1983).

Les populations de pucerons ailés qui se posent sur les cultures de maïs à partir de la fin juin, et surtout en juillet, sont constituées presque uniquement de *M. dirhodum*, *Sitobion avenae* F. et *R. padi*. Celles qui s'envolent des maïs en automne sont essentiellement formées de *R. padi*, avec parfois un certain nombre de *S. avenae*. Ces trois espèces sont donc obligatoirement à retenir dans l'étude du cycle du VJNO des céréales à paille vers le maïs et inversement. Pour un examen plus détaillé, il serait utile de considérer aussi d'autres espèces, telles *M. festucae* et *R. maidis*, dont les effectifs restent toujours faibles mais dont l'importance peut être augmentée par la monoécie. En effet, comme pour *S. avenae*, lui aussi monoécique sur graminées, l'hôte primaire n'étant pas une dicotylédone, peut servir de réservoir de VJNO.

Les techniques utilisées sont les suivantes :

- captures des pucerons ailés au piège à succion (piège n°12 du réseau AGRAPHID), qui fonctionne à La Verrière depuis 1984 (12 km de l'INRA - Versailles)
- collecte des ailés qui se posent sur les cultures de maïs, pour les installer sur des jeunes orges test, sous cagette individuelle
- analyse par tests immunoenzymatique (ELISA) des maïs contaminés expérimentalement ou naturellement au champ.

## RESULTATS

Autour de Paris, les pucerons des céréales volent pour la plupart surtout en juillet (voir tableau n°1). En dehors de cette période, on note un vol d'automne, où l'espèce la plus abondante est *R. padi*. Ce vol de "retour" vers les céréales à paille se produit précocement si le mois de septembre est chaud (1985) ou, tardivement en octobre-novembre (1984). L'année 1985, qui a fait suite à un hiver à forts gelées, pourra être prise comme référence à l'avenir.

Pour comparer plus facilement les années, on a recours à une représentation graphique en coordonnées logarithmiques (fig.1). Les tracés correspondent aux captures hebdomadaires cumulées des principales espèces. On peut constater que *S. avenae* a prédominé en 1984, alors que *M. dirhodum* et

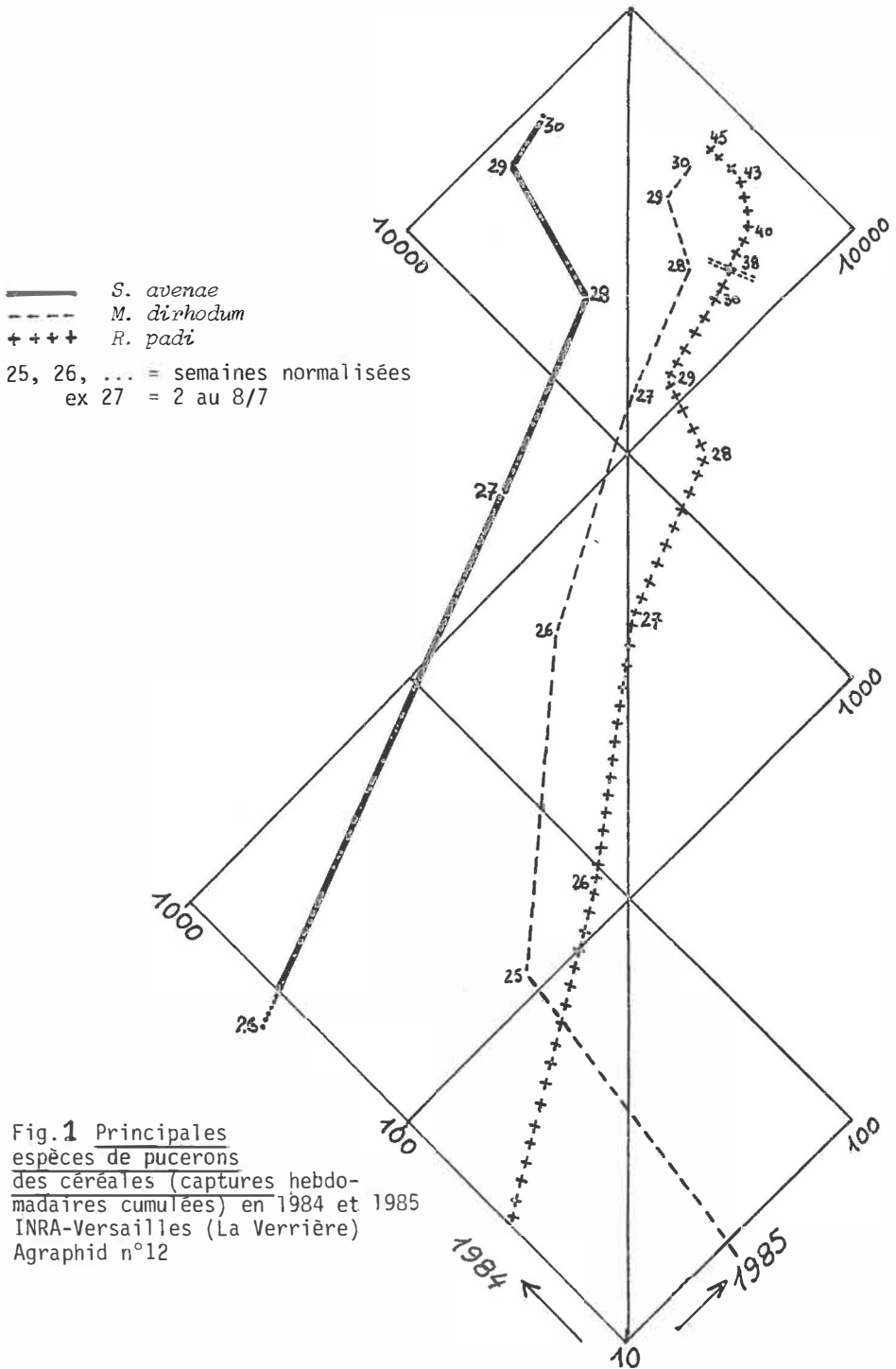


Fig. 1 Principales espèces de pucerons des céréales (captures hebdomadaires cumulées) en 1984 et 1985 INRA-Versailles (La Verrière) Agraphid n°12



*R. padi* ont été plus nombreux en 1985, à partir de la 27<sup>ème</sup> semaine normalisée.

Tableau 1 : Captures des pucerons des graminées en 1984 et 1985.  
(Numbers of cereal aphids caught in 1984 and 1985 years) (Agraphid n°12)

Espèces	Total 1984	Jul 84 (%)	Total 1985	Jul 85 (%)
<i>Metopolophium dirhodum</i>	3.272	2.718 (83,1)	6.239	5.983 (95,9)
<i>M. festucae</i>	47	37 (78,7)	173	159 (91,9)
<i>Rhopalosiphum insertum</i>	271	142 (52,4)	394	140 (35,5)
<i>R. maidis</i>	225	192 (85,8)	69	32 (46,4)
<i>R. padi</i>	3.467	1.469 (42,4)	7.570	4.234 (55,9)
<i>Schizaphis graminum</i>	0	0 ( - )	2	1 (50)
<i>Sitobion avenae</i>	8.897	8.564 (96,2)	3.950	3.798 (96,2)
<i>S. fragariae</i>	249	198 (79,5)	81	68 (83,9)
<i>Anoecia sp.</i>	73	1 (1,4)	360	12 (3,3)
<i>Tetraneura sp.</i>	21	2 (9,5)	47	0 ( 0 )

La récolte quotidienne, sur les plantes, des pucerons ailés qui se posent en champs de maïs, et leur installation en petites cages sur des plantules d'orge au stade 2 feuilles, permettent de suivre le pourcentage d'individus virulifères. Pendant les mois de juin et juillet 1985, les tests ELISA effectués une semaine plus tard sur les orges utilisés dans cette expérimentation ont prouvé que le taux était resté très bas, pour augmenter seulement en fin de période, sans dépasser 2 ou 3%. Une parcelle de maïs semée à la mi-mai (variété LG 11) a été, en conséquence, très peu contaminée par le virus, alors que la parcelle voisine (LG 1), semée un mois plus tard, s'est révélée fortement atteinte (30% de plantes virosées en septembre).

Etant donné la rareté des publications concernant l'effet du VJNO sur le maïs, et leur interprétation parfois difficile, il importe de poursuivre les expérimentations en conditions variées. En 1985, nous avons procédé à une contamination artificielle avec un inoculum bien plus élevé que ceux rencontrés normalement dans nos régions. L'expérience a eu lieu dans un champ cultivé normalement, sans irrigation, en Eure et Loir (variété Dea). Des pucerons élevés sur orge d'hiver atteint de JNO ont été placés le 25 juin, au stade 9 feuilles du maïs, à raison de 10 à 20 individus par

plante. Cent plantes ont été ainsi contaminées par *R. padi*, et 100 par *M. dirhodum*. En septembre, les tests ELISA (effectués sur la 2e feuille en partant du haut) ont fourni un fort pourcentage de réponses positives pour les maïs ayant reçu *R. padi* (49 sur 92 maïs testés), alors que ceux ayant reçu *M. dirhodum* ne conduisaient qu'à une réponse faiblement positive sur 30 (0 sur 30 chez les témoins). La récolte individuelle des plantes a permis de noter une baisse de rendement de 16,5% avec *R. padi* (Tableau 2) (les masses sont en grammes de matière sèche).

Tableau 2 : Effets d'une infestation artificielle de pucerons et de VJNO sur maïs - Broué (28) - variété Dea (Exploitation de M. F. PELLETIER).

	Infested plants	Normal plants	Harvested ears	Grain mass/ear	Mass of 10 grains	Mass of rachis
	Nb de plantes infestées le 25.6.85	Nb de plantes normales 7/8	Epi récoltés	Masse de grain/épi	Masse de 10 grains	Masse du rachis
<i>R. padi</i>	100	85	95	77,52 ± 4,51	2,37 ± 0,06	10,99 ± 0,63
<i>M. dirhodum</i>	100	98	100	93,38 ± 3,65	2,64 ± 0,06	12,54 ± 0,57
Témoin	( 50 )	46	47	92,87 ± 6,47	2,63 ± 0,11	13,46 ± 1,07

A Versailles, la contamination naturelle sur le semis tardif de LG 1 nous a permis d'étudier l'effet du VJNO dans ces conditions particulières, d'autant plus que de très nets symptômes foliaires sont apparus en septembre. Des plantes proches de la maturité ont été classées en deux groupes : les unes présentaient à la fois des symptômes et un ELISA positif, les autres sans symptômes et avec ELISA négatif. La comparaison de leurs épis (séchage jusqu'à poids constant) est relatée dans le tableau n°3.

Tableau 3 : Contamination naturelle de VJNO - Versailles (78) - Variété LG 1 (INRA-CNRA).

	Investigated plants	Grain mass/plant	Mass of 10 grains	Mass of rachis
	Nombre de plantes étudiées	Masse de grain par plante	Masse de 10 grains	Masse de rachis
ELISA négatif	35	45,45 ± 6,76	1,68 ± 0,17	10,00 ± 1,19
ELISA positif et symptômes foliaires	30	44,68 ± 8,86	1,75 ± 0,26	8,78 ± 1,43

Même si les plantes souffrent du virus, comme l'indique la légère diminution des poids des rachis, on ne note pas de fléchissement de la récolte de grain, par ailleurs plutôt modeste. A noter que la variabilité est plus élevée chez les plantes virosées. (LG 1, tout comme Dea, est un hybride simple, chez qui les individus sont normalement homogènes, d'où l'intérêt de leur choix dans ce type d'essais).

En conclusion , une forte contamination par *R. padi* porteur de VJNO a conduit à une baisse de rendement sans symptômes visibles sur feuilles. Inversement une contamination naturelle sur un semis tardif, malgré l'apparition de rougissements liés à la présence de virus, ne s'est traduite que par une augmentation de l'hétérogénéité individuelle des plantes.

Dans nos deux expériences, en conditions du champ, le VJNO n'a pas affecté le maïs aussi nettement que lorsque l'inoculation se fait en chambre climatique avant le repiquage à l'extérieur (PEARSON et ROBB, 1984).

Cependant, nous n'avons pas étudié certains facteurs très importants : la variété, le stade du maïs à l'arrivée des pucerons vecteurs, le type de souche virale utilisé. Une expérimentation complémentaire doit donc être envisagée pour mieux rendre compte des nuisibilités potentielle et réelle du VJNO sur le maïs.

#### REFERENCES

- MOREAU J.P. et LAPIERRE H. 1983 - Pucerons sur maïs en rotations céréalières intensives. Journées d'Etudes RCI. Paris. 16-17/5/83.
- PEARSON M.N. et ROBB S.M. 1984 - The occurrence effects of barley yellow dwarf virus in maize in Sw England. Plant Pathology, 33, 503-512.

EFFECTS OF REDUCED DOSE RATES OF PIRIMICARB AND FENVALERATE  
ON APHIDS AND BENEFICIAL ARTHROPODS IN WINTER WHEAT.

H.M.Poehling  
Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz  
Universität Hannover  
Herrenhäuserstr. 2, 3000 Hannover 21, BRD

Summary

The influence of various insecticides on cereal aphids and some natural enemies was investigated in field experiments in winter wheat (1983-1985). Insecticide applications were normally carried out at the end of flowering, when aphid density had reached 3-5 aphids/ ear or flag leaf. Pirimicarb in the registered dose rate of 150 g a.i./ha had no initial toxicity to coccinellid larvae but distinct negative effects on syrphid larvae and adult parasitoids could be observed. But as a result of the complete elimination of aphids a pronounced long term reduction of all investigated aphid specific antagonists occurred. When dose rates were reduced to 50g or even 25 g a.i./ha the efficiency towards aphids but also the initial toxicity to syrphid larvae and parasitoids decreased. The surviving small aphid populations had no detrimental effects on yield but provided an important food source for predators or hosts for parasitoids. After treatments with Fenvalerate small colonies of *M.dirhodum* remained under flag leaves which were attacked mainly by syrphid larvae and parasitoids to which the pyrethroid had surprisingly low direct side effects, especially at low dose rates.

Introduction

The increasing abundance of grain aphids especially in regions of intensive culture of winter wheat and winter barley in northern parts of Germany has resulted in almost regular insecticide treatments of winter wheat to prevent severe yield loss.

Naturally occurring aphid antagonists, predators and parasitoids have a strong influence on aphid population dynamics ( Carter et al. 1982; Chambers et al. 1983) but under normal conditions they cannot prevent

aphid population growth from exceeding the very low "official" threshold of 1 aphid per ear and flag leaf at flowering (Basedow et al. 1983). So an early effective control of grain aphids can only be achieved by insecticide application. Since integrated pest management should be more than optimized chemical control, it is desirable to use also the potential of natural enemies in combination with chemical control.

So moderate chemical control methods have to be developed with negative side effects on non target organism being as low as possible. Development and application of selective aphicides is often the "magic formula", the key to solve all antagonists problems, to guarantee their survival and further development. But normally by using the registered dose rates the efficiency of selective aphicides (e.g. Pirimicarb) is so high that the complete elimination of aphids causes severe indirect side effects on the antagonists by starvation (predators) or by absence of hosts (parasitoids) (Cavalloro, 1983 ; Poehling et al. 1985 ; Powell et al. 1985 ). This effect has often been discussed, but without any consequence for practical pest management.

Therefore we investigated whether a reduction in insecticide efficiency by either using reduced dose rates or by using insecticides with already reduced efficiency (e.g. contact insecticides ) could help to maintain limited, small aphid populations in the field. This could improve conditions for survival and development of aphid antagonists especially for the more or less stenophagous species of limited mobility.

#### Material and Methods

The experiments described below were done in a winter wheat field of 4 ha (cv. "Kanzler") which was divided into plots of 36 x 75 m . Fungicide and herbicide treatments and fertilisation were carried out according to common practice. For grain aphid control 3 plots were treated with Pirimicarb (Pirimor) using dose rates of 150, 50 and 25 g a.i./ha, 3 with Fenvalerate (Sumicidin) at dose rates of 30, 24 and 12 g a.i./ha, 2 plots were untreated control plots. The same experiments were replicated in two more different fields. Insecticide applications were carried out at growth stage 69 (Zadoks et al. 1974). At this time the threshold of 1 aphid per ear and/or flag leaf had been exceeded for about 7 days, but according to the aim of these investigations this threshold is much too

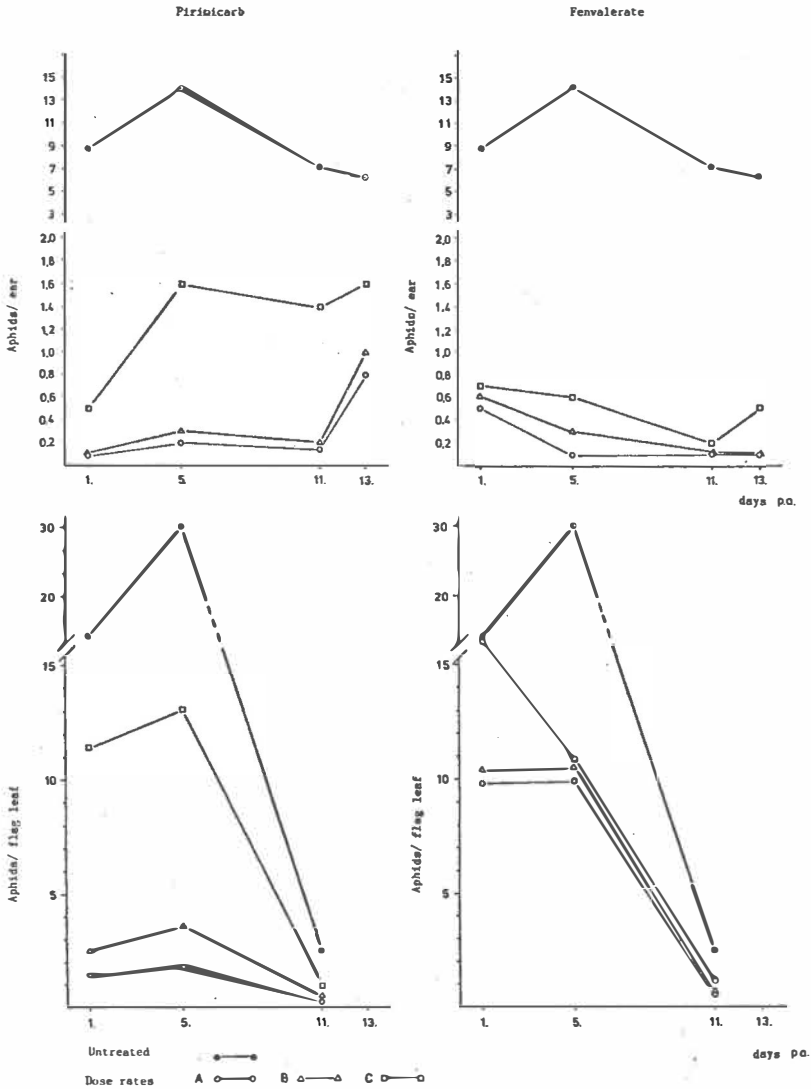


Fig.1 Influence of Pirimicarb and Fenvalerate at different dose rates on cereal aphids on ears (*S.avenae*) and flag leaves (*M.dirhodum*) of winter wheat. Dose rates: Pirimicarb 150 (A), 50 (B) and 25 (C) g a.i./ha ; Fenvalerate 30 (A), 24 (B) and 12 (C) g a.i./ha.

low and not convenient for a control system which should include the use of natural occurring antagonists.

Aphids: Aphid density was recorded continuously from the middle of June until population breakdown at the end of July. Aphids were counted on ears and flag leaves on 4 x 100 plants per plot.

Aphid antagonists: Insects on the upper parts of wheat plants (ear, upper leaves and stem) were collected using a vacuum net sampler (sampling head covering 0.1 m<sup>2</sup> was held for 10 sec. above the crop, 10 replicates) or a sweep net (10 strokes going 5m ahead, 10 replicates). The vacuum net sampler was very suitable for diptera and adult parasitoids, the sweep net for coccinellid larvae and syrphid larvae. A visual control (insects per plant) was the most accurate counting technique but this time consuming method is not appropriate for comparison of high numbers of plots during short time periods.

### Results

Cereal aphids: The aphid population exceeded the threshold of 5-6 aphids per ear or flag leaf in the here described investigations of 1985 at the 10. July at growth 69. At this time the ear was colonized by S. avenae, whereas about 95% of aphid flag leaf population consisted of M.dirhodum.

Pirimicarb at dose rates of 150 and 50 g a.i./ha reduced aphid density very efficiently on ears and flag leaves. Only at rates of 25 g a.i./ha limited populations survived on both wheat organs (Fig.1).

Fenvalerate removed aphids nearly completely from the ear, but at all tested dose rates small aphid colonies remained underneath the flag leaves. In contrast to Pirimicarb the efficiency of Fenvalerate rose continuously until population breakdown.

Coccinellidae: The two dominant coccinellid species were Propylea quatuordecimpunctata and Coccinella septempunctata. The numbers of adult Coccinellidae were very low so that only the influence of insecticide treatment on larval populations was investigated. About one week after insecticide application a peak in the larval population, at this time in the developmental stages L3 - L4, could be observed (Fig.2). It was not possible to register an initial effect of the insecticides, because it is very difficult to count the small L1 and L2 stages exactly. But,

assuming that Pirimicarb has no direct initial toxicity to coccinellid larvae ( well known from laboratory experiments),it is obvious from Fig.2 that the abundance of coccinellid larvae decreased with decreasing aphid density. Only in the Pirimicarb plots with low dose rates many coccinellid larvae survived and completed their development to the pupal stage.

In contrast to the Pirimicarb plots only very few coccinellid larvae could be observed in all Fenvalerate plots, although here always aphids survived ( compare Fig. 1 and 2 ).

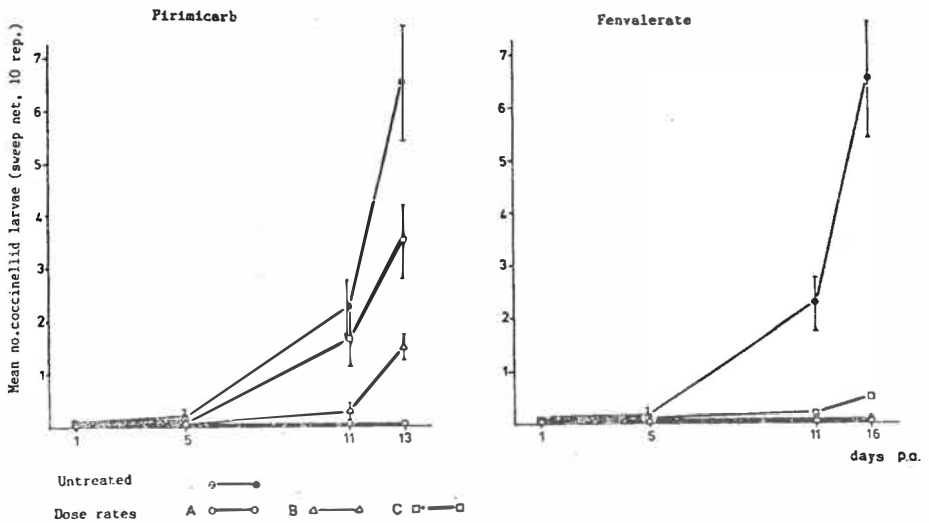


Fig. 2 Influence of Pirimicarb and Fenvalerate at different dose rates on coccinellid larvae. Dose rates: Pirimicarb 150 (A), 50 (B) and 25 (C) g a.i./ha ; Fenvalerate 30 (A), 24 (B) and 12 (C) g a.i./ha.

Syrphidae: Syrphidae (different species ) were very abundant in winter wheat fields in 1985 and their larvae were one of the most efficient aphid antagonists. Their larval population increased simultaneously with aphid population so that at the time of insecticide application relatively high numbers of larvae could be found on the wheat plants. So initial and long time effects could be studied. Both insecticides reduced the density of syrphid larvae within one day but only to a limited extend with distinct graduations according to the different dose rates (Fig. 3).



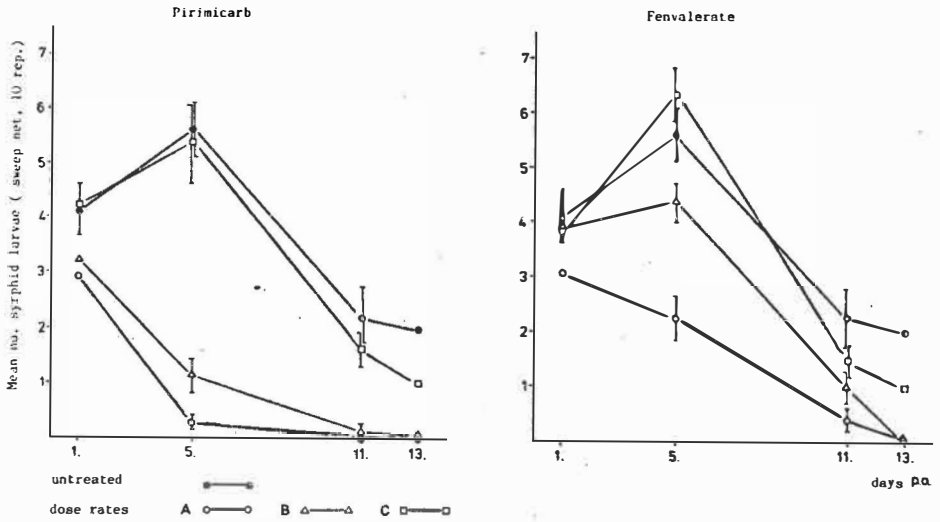


Fig. 3 Influence of Pirimicarb and Fenvalerate at different dose rates on syrphid larvae. Dose rates: Pirimicarb 150 (A), 50 (B) and 25 (C) g a.i./ha ; Fenvalerate 30 (A), 24 (B) and 12 (C) g a.i./ha.

Again ( see Coccinellidae) the abundance of syrphid larvae showed a strong correlation with aphid density (Fig. 4).

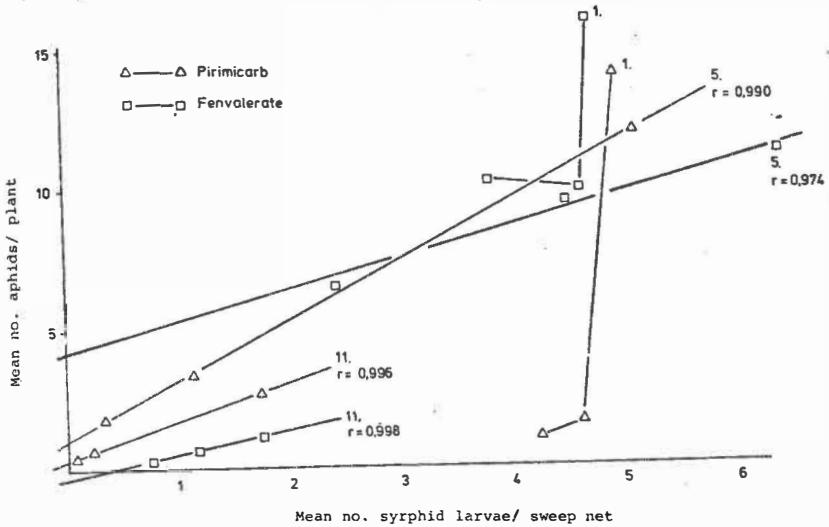


Fig. 4 Correlation of aphid density with abundance of syrphid larvae 1, 5 and 11 days after application of Pirimicarb and Fenvalerate at different dose rates.(Linear regression analysis).

Staphylinid larvae: As already shown in 1985 (Poehling et al. 1985) a lot of staphylinid larvae could be captured with sweep nets from wheat leaves and ears, especially during night time. Peaks of abundance could be observed at flowering ( pollen eaters) and at high aphid densities. Feeding experiments and determinations of gut contents showed that aphids were often components of the diet of these larvae. Pirimicarb has almost no initial effect on these larvae (Fig. 5), but again one week after treatment a population decrease could be observed in all plots with low aphid densities. Fenvalerate on the other hand showed a strong initial effect lasting for about one week, after which a sudden invasion of staphylinid larvae could be observed mainly in plots with reduced dose rates (Fig. 5 ).

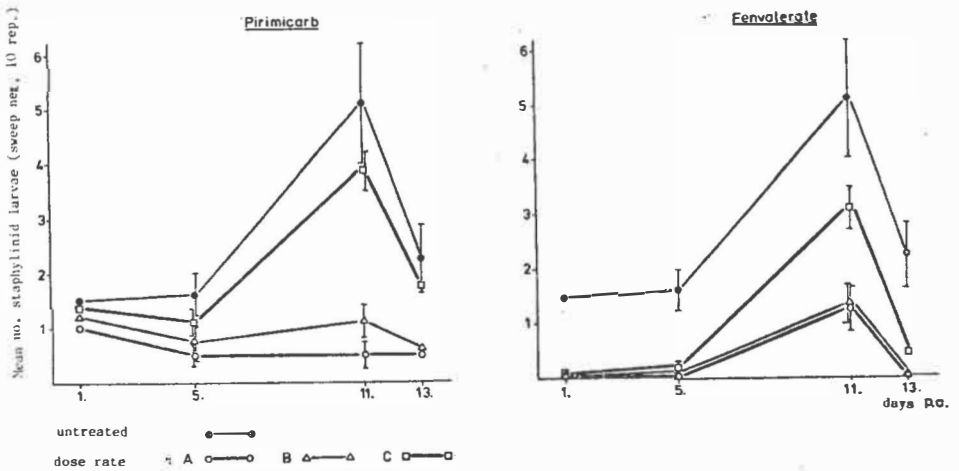


Fig. 5 Influence of Pirimicarb and Fenvalerate at different dose rates on staphylinid larvae captured on leaves and ears of winter wheat. Dose rates: Pirimicarb 150 (A), 50 (B) and 25 (C) g a.i./ha ; Fenvalerate 30 (A), 24 (B) and 12 (C) g a.i./ ha.

Parasitoids: Pirimicarb at the normal dose rate of 150 g a.i./ha showed a distinct initial effect on adult parasitoids. This negative influence decreased with dose rate reduction (Fig.6). The initial toxicity of Fenvalerate was lower compared to Pirimicarb and and no clear graduation could be observed when the amount of this aphicide was reduced.

The long time studies showed that both insecticides had detrimental effects on the parasitoid population only in the high dose rate plots.

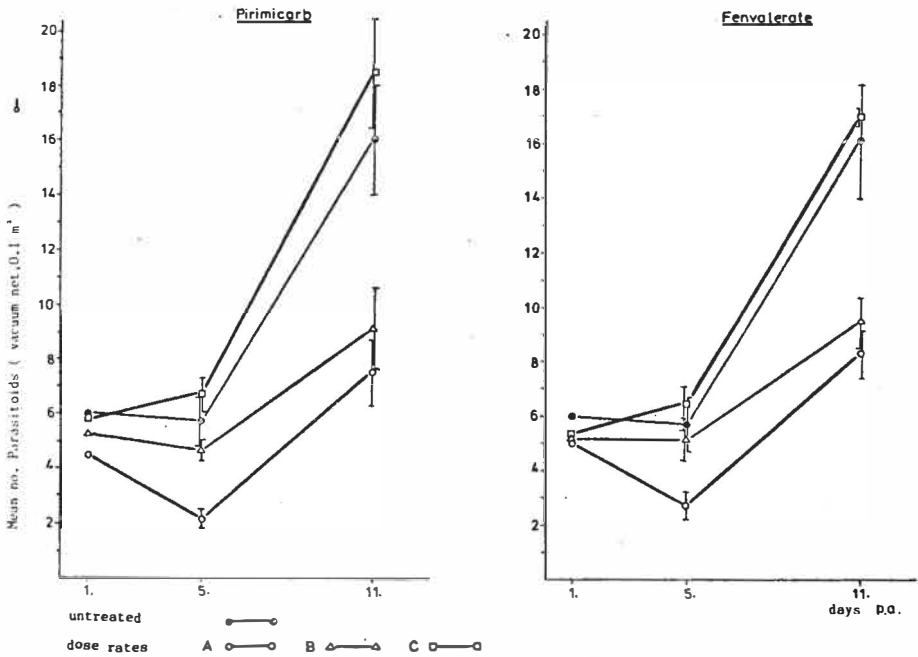


Fig. 6 Influence of Pirimicarb and Fenvalerate at different dose rates on adult parasitoids (different species) captured with a vacuum net sampler from leaves and ears of winter wheat plants. Dose rates: Pirimicarb 150 (A), 50 (B) and 25 (C) g a.i./ha ; Fenvalerate 30 (A), 24 (B) and 12 (C) g a.i./ha.

### Discussion

The use of selective aphicides in winter wheat for cereal aphid control only reduces the direct initial toxic effects for different species of beneficial arthropods. This is desirable but it must also be taken into account that the application of these aphicides at the recommended dose rates normally guarantees a very high efficiency for aphid control and therefore also a long term removal of prey/ host populations. This indirect side effects are very pronounced in the case of specialised aphid antagonists like coccinellid and syrphid larvae or parasitoids

and will contribute to long term reductions of these important aphid antagonists. Such effects are difficult to quantify and therefore often neglected in test systems for evaluation of side effects of pesticides on beneficial organism ( Hassan 1985).

So it is important to investigate not only the initial toxicity of insecticides against non target organism in laboratory or semi-field tests and to produce more selective agents but also to evaluate the indirect effects above explained to modify application recommendations. In the case of Pirimicarb it is possible by reduction of the dose rate to maintain limited aphid populations in the field which provide a sufficient food source for parts of the specialised antagonists. On the other hand the direct toxicity effect, which can be roughly estimated in the field by the rapidity of reduction of different species immediately (12-24 hours) after aphicide application, can be lowered too, particularly in the case of sensitive syrphid larvae and adult parasitoids. Fenvalerate shows dose rate depend effects against aphids and some beneficial arthropods only immediately ( initial toxicity) after spraying. Interesting is the increase in efficiency of these aphicide during the period some time after spraying in contrast to Pirimicarb. This phenomena may be resulting from repellent effects (Poehling et al. 1985) interfering with the direct toxicity. In the case of aphids this causes on one side complete long term elimination of S. avenae from the ears, which are normally covered nearly completely by the aphicide residue. But on the other side always some colonies of M. dirhodum remained under the flag leaves on areas which were not covered with insecticide residue. These aphids also serve as hosts and prey for parasitoids or predators, particularly for syrphid larvae and parasitoids to which the direct toxicity of Fenvalerate was surprisingly low. The experiments show ( e.g. Fenvalerate) that under field conditions the initial toxicity of special insecticides on beneficial arthropods could be much lower than in a standard laboratory test procedure.

First estimations of yield show no significant losses due to such a "limited" aphid control. Data of two years available up to now, both of years with relative late aphid invasions, are not sufficient for a final conclusion, yet, but demonstrate some interesting aspects for a modification of cereal aphid pest management.

References

- Basedow, T., C. Bauers und G. Lauenstein (1983). Zur Bekämpfungsschwelle der Getreideblattläuse an Winterweizen. Nachrichtenblatt. Deut. Pflanzenschutzd. 35, 141-142.
- Carter, N., S. Gardner, A.M. Fraser and T.H. Adams (1982). The role of natural enemies in cereal aphid population dynamics. Ann. appl. Biol. 101, 190 - 195.
- Chambers, R.J., K.D. Sunderland, J.J. Wyatt and G.P. Vickerman (1983). The effects of predator exclusion and caging on cereal aphids in winter wheat. J.appl. Ecol. 20, 209 - 224.
- Cavalloro, R. (Ed) (1983). Aphid antagonists. Proc. Meeting EC Experts' Group. Portici 23 - 24 Nov. 1982. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Hassan, S.(1985 ). Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 15, 214 - 255 .
- Poehling, H.M., H.W. Dehne und P. Sprick (1985). Untersuchungen zur Bedeutung von Carabiden und Staphyliniden als Blattlausantagonisten in Winterweizen und deren Beeinträchtigung durch insektizide Wirkstoffe. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 50/2b
- Poehling , H.M., H.W. Dehne und K.Picard (1985). Untersuchungen zum Einsatz von Fenvalerate zur Bekämpfung von Getreideblattläusen in Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung von Nebenwirkungen auf Nutzarthropoden. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 539 - 554.
- Powell, W., G.J. Dean and R. Bardner (1985). Effects of Pirimicarb, Dimethoate and Benomyl on natural enemies of cereal aphids in winter Wheat. Ann. appl. Biol. 106, 235 - 242.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14, 415 421.

A QUANTITATIVE ECOTOXICOLOGICAL INVESTIGATION OF THE IMPACT OF SYNTHETIC PYRETHROIDS ON BENEFICIAL INSECTS IN WINTER CEREALS

P.C. JEPSON, P. CUTHBERTSON, M. DOWNHAM, D. NORTHEY, S. O'MALLEY,  
A. PETERS, A. PULLEN, R. THACKER, D. THACKRAY, C. THOMAS & C. SMITH

Depts. of Biology and Chemistry, The University, Southampton, SO9 5NH, U.K.

Introduction

A rationale for the quantitative evaluation of pesticide effects on non-target organisms has been outlined by Jepson, (1986). The most important features of the rationale were the inclusion of sub-lethal and indirect effects as well as direct lethal effects on insects and quantification of the exposure of insects to pesticides. The rationale proposed the development of a flexible programme of laboratory, field and semi-field methods to supplement the suite of standard tests developed by Hassan, (1985) to offer a more ecologically orientated approach to pesticide evaluation. This paper summarises some initial findings from an investigation which aims to develop components of this new methodology.

Autumn applied synthetic pyrethroids in U.K. winter cereals were chosen as the initial subject for investigation because of a current debate concerning the environmental effects of their widespread, prophylactic use. In addition there is considerable interest in the variable toxicity of pyrethroid insecticides within different predatory groups (Croft & Whalon, 1982). The non-target, beneficial insects selected were the epigeal, polyphagous predatory arthropods which are active in the early Autumn but which also contribute to spring cereal-aphid control (Wratten et al., 1984). The species chosen for investigation were amongst those that were ranked highest by a battery of evaluation methods devised by Wratten and his colleagues.

The project falls into three interacting areas, based in the laboratory, the open field and within large barriered areas (semi-

field). New techniques are being developed to quantify predator exposure to pesticides, generate predictive models of their lethal effects and to evaluate the role of sub-lethal and indirect effects (Jepson, 1986).

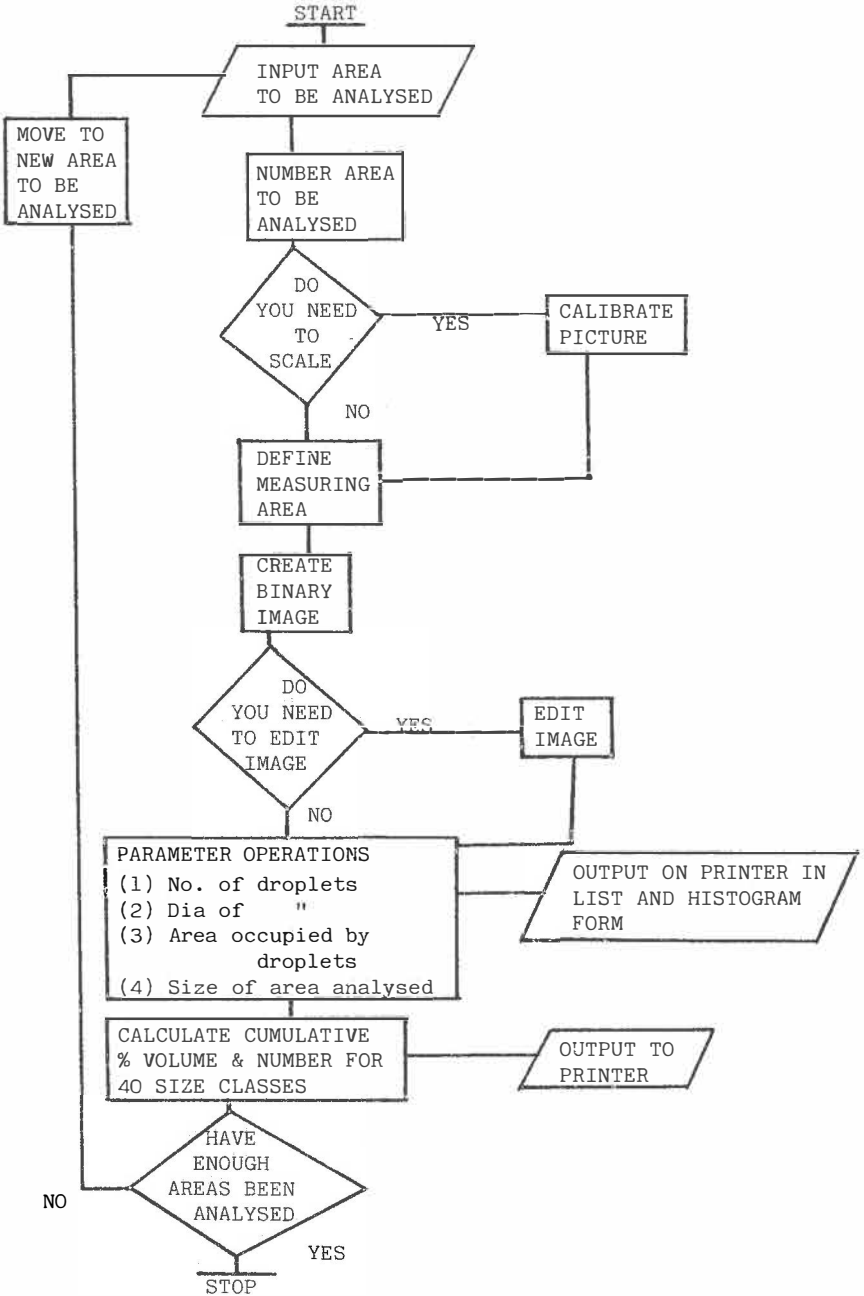
The project was initiated in Autumn 1985 and will continue until 1988. A review of the full programme with results from the laboratory, semi-field and field studies will be given elsewhere. The summary below gives a brief outline of methods and results from the components of the investigation concerned with the measurement of exposure to pesticides in the field, the effects of post treatment conditions on mortality and the effects of treatment on activity. All of these components were part of a group research project being carried out by participants in an IPM Masters' course at Southampton University in 1985/6.

#### Materials and Methods

Measurement of the distribution of pesticides in the field and the exposure of non-target organisms

For the precise measurement of the likely exposure of insects to pesticides in the field, techniques are required that can record the distribution of pesticide droplets in the crop canopy, on the soil and on the insects themselves. In the present study, image analysis techniques have been developed to resolve individual pesticide droplets, on natural and artificial surfaces, using fluorescent tracers and sensitive media. Infra-red photography and image analysis have also been used to measure canopy density. Figure 1 summarises the operations of an image analysis programme which measures the numbers and size range of visualised droplets on an edited video image of a treated surface. The advantages of this system over those previously developed are that it can integrate spread factors (for droplet images on different surfaces) with droplet size measurements, images can be edited (removing coalesced

Fig. 1. A flow chart illustrating the operations of an image analysis programme which measures the size and distribution of pesticide droplets.





droplets and the areas that they occupy) and finally, a rapid throughput of areas to be assessed is possible. As an example of the power of this technique, results are given which estimate the maximum potential pesticide mass deposited on a variety of insect species by direct contact at the time of spraying.

Modelling the toxicological effects of  
pyrethroids

Pyrethroid insecticides have complex neurophysiological and neuropharmacological effects including temporary paralysis (or knockdown). In addition, they exhibit a negative temperature coefficient and treated insects are sensitive to post-treatment conditions such as relative humidity. These complexities render the results of standard laboratory bioassays meaningless with regard to forecasting field effects. Techniques have therefore been developed within the investigation whereby dose, temperature, relative humidity and route of exposure to pesticides are all controlled within laboratory conditions. Technical grade Cypermethrin was used throughout these investigations and the extent of knockdown and subsequent mortality in all the tests was carefully measured. An example of the results from an experiment designed to determine the effects of relative humidity and topical dose rate on mortality of the carabid beetle Demetrias atricapillus is given, to illustrate the significance and predictive potential of this approach.

Sub-lethal, behavioural effects of pyrethroids

Pyrethroid insecticides have been shown to affect rates of activity of insects via unknown neuropharmacological effects. These phenomena can only be analysed by direct observation of the behaviour of treated individuals. In the present study, time-lapse video techniques are being used to investigate behavioural responses to treatment. Those aspects of behaviour that might affect reproductive success or dispersal

are being investigated to aid interpretation of the field and semi-field investigations. Three separate investigations are being carried out.

- a) The interaction between low temperature, topical dose applied and foraging rate.
- b) The effects of topical dosing on foraging behaviour and responses to patchily distributed prey.
- c) The effects of topical dose on diel activity patterns.

An example of the results from the latter investigation is given, where the effects of topical treatment with a range of doses on the activity patterns of Nebria brevicollis are being recorded in a laboratory arena with a patch of uniformly distributed prey items.

#### Results and Discussion

##### Pesticide distribution and insect exposure

The results from a simple analysis of maximum potential chemical deposition rates on carabids of different sizes are given in Fig. 2. These can be used to determine maximum direct contact dose rates for laboratory testing. A similar technique has also been used to estimate the deposition rates of foliar sprays on coccinellids at different heights within a crop canopy and used to explain differences in mortality amongst groups foraging in the ground zone and on leaves (Langley, 1985). The image analysis technique can also be used to record the distribution of fluorescent tracer droplets throughout the crop canopy and can therefore be used to estimate the effects of spraying at different stages in crop development and of sprays applied by different methods.

Fig. 2. The maximum direct topical deposition rates of cypermethrin on selected carabid species calculated from average beetle area, and pesticide droplet density calculated from MgO slides placed on the ground surface at the time of spraying. Calculation assumes beetles were on the soil surface on open ground.

species	x area (mm <sup>2</sup> )	± SD	N	Droplet size distribution			max volume deposited per beetle (L)	max mass a.i. deposited per beetle (ng)
				NMD	VMD	No. drop-lets analysed		
<u>Bembidrom lampros</u>	3.26	± 0.78	41	168	595	4893	4.24 x 10 <sup>-8</sup>	5.0
<u>Demetrias atricapillus</u>	6.07	± 1.11	214	"	"	"	7.89 x 10 <sup>-8</sup>	10.0
<u>Agonum dorsale</u>	12.40	± 3.12	27	"	"	"	1.61 x 10 <sup>-7</sup>	20.0
<u>Pterostichus melanarius</u>	90.55	±10.28	131	"	"	"	1.18 x 10 <sup>-6</sup>	148.0
<u>Nebria brevicollis</u>	39.31	± 4.82	29	"	"	"	5.11 x 10 <sup>-7</sup>	64.0

#### Modelling toxic effects

Figures 3, 4 & 5 illustrate profiles of mortality in response to a range of topical dose rates of cypermethrin applied in different relative humidities. These experiments have also been carried out at different temperatures and with residual, as opposed to topical applications. The Figures show an increase in relative mortality with decreasing humidity. Mortality was carefully distinguished from knockdown paralysis, which was also recorded. These data form the basis for a simple model which can predict post-treatment mortality in natural, field conditions. These predictions can be tested within the semi-field plots by spraying and recapturing marked insects.

The toxicology experiments are intended to provide feedback to the field experiments which may, in turn, suggest further tests in controlled laboratory conditions. The aim is to quantify lethal and short-term sub-lethal effects as accurately as possible so that individual species tolerances can be compared and more selective pesticide usage tactics developed.

#### Behavioural effects of chemical treatment

Figure 6 summarises the overall activity patterns of three groups of Nebria brevicollis, at different levels of treatment with topically applied sub-lethal doses of cypermethrin. There is a consistent trend for insects treated with low doses to become more active than untreated insects or those that have received high doses. This effect is independent of predation and following more detailed analysis of video recordings of movement tracks, appears also to comprise greater rates of turning and walking during bouts of activity. Other components of the investigation have suggested that the onset of foraging post-treatment, can be further delayed by low temperatures. The ecological significance of these

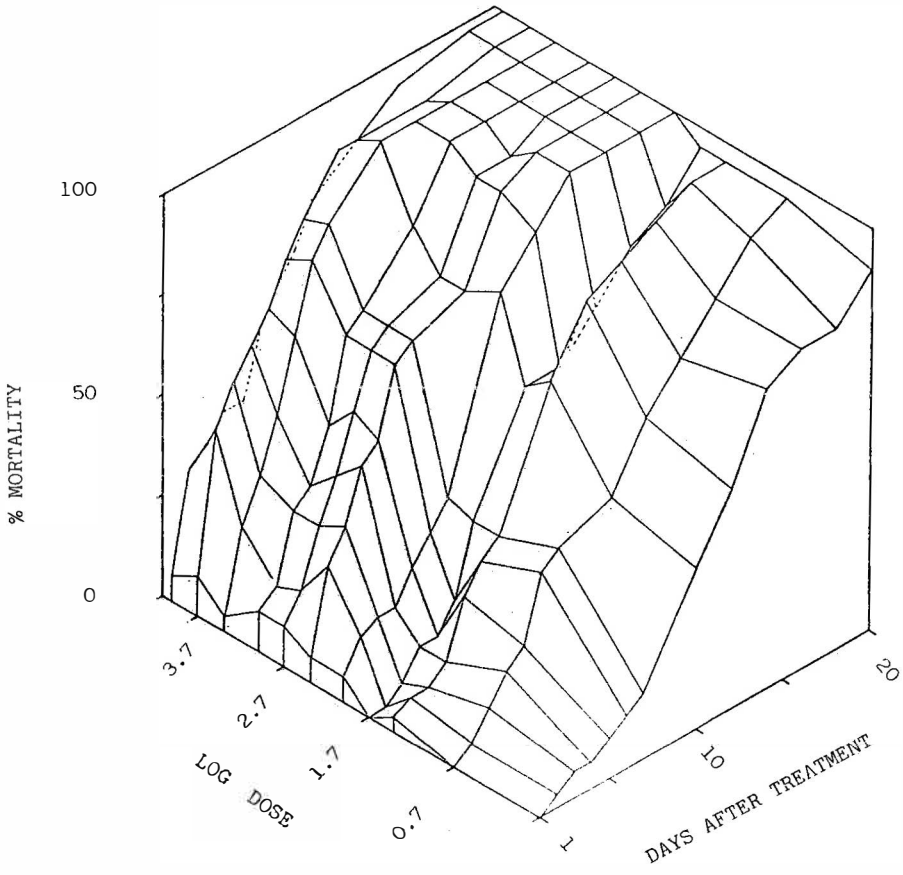


FIG. 3. 20% r.h.

Figures 3,4 & 5 illustrate the interaction between topical dose applied, humidity and mortality in Demetrius atricapillus. Fig. 3, 20%; Fig. 4, 50%; Fig. 5, 100% r.h.

FIG. 4. 50% r.h.

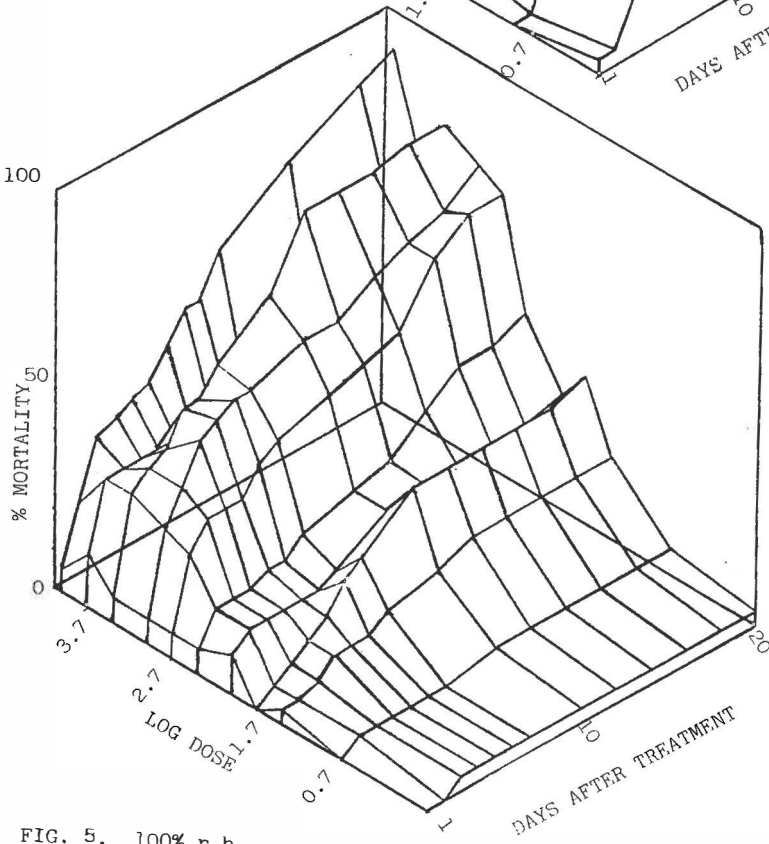
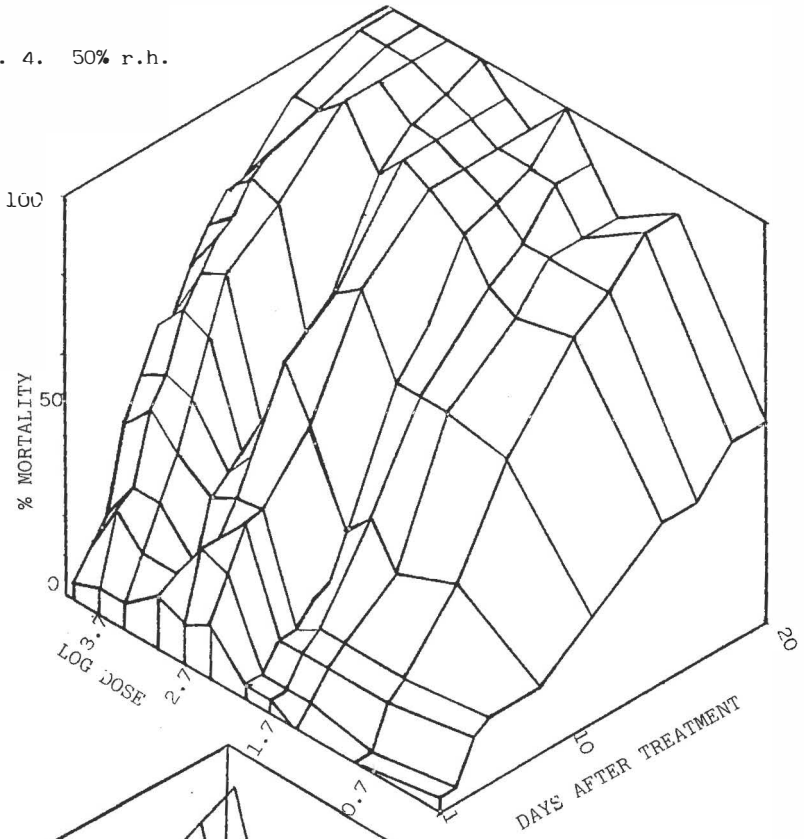


FIG. 5. 100% r.h.

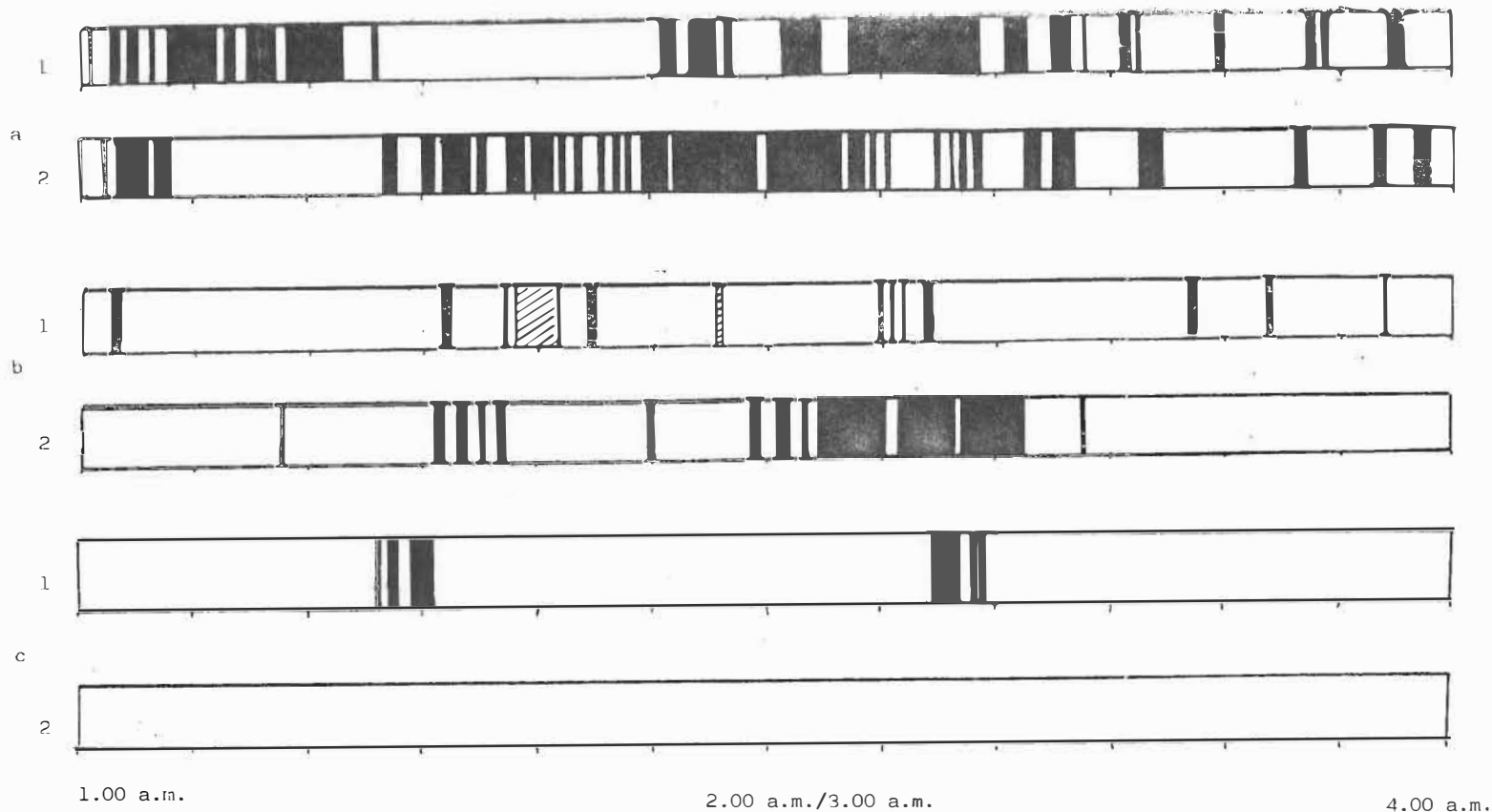


FIG. 6. Bar charts illustrating the activity patterns of *Nebria brevicollis* treated with a. 1 µl cypermethrin @ 10 µg/ml. b. no insecticide. c. 1 µl cypermethrin @ 100 µg/ml. Periods illustrated are for two activity peaks 1. 6-8 p.m. 2. 1-2, 3-4 a.m. Shaded areas indicate active periods, cross-hatched areas feeding, open areas no activity. Results obtained by analysis of time-lapse infra-red sensitive video recordings of insects in controlled environment conditions.

findings can be tested in the field and semi-field experiments. They illustrate the importance of direct observations of the behaviour of treated insects and reveal that direct physiological effects may have an effect on predation rate and apparent dispersal. These initial findings may question the hypothesis of Chiverton, (1984) concerning hunger mediated activity increases by carabids in treated field plots.

#### Conclusions

These findings represent the current status of an investigation which was still in progress at the time of writing. The methods reviewed are intended to contribute to the revised testing methodology proposed by Jepson, (1986). The results reveal that subtle and complex effects can be detected in simple experiments and feedback between laboratory and field testing programmes may facilitate advances in an area of research that currently lags behind other areas of cereal crop pest management. This approach offers an opportunity to improve the degree of precision in the interpretation of field and laboratory toxicological research and also the prospect of improved repeatability and comparability between research programmes.

The tentative conclusions of the study to date, including the field programme are

- (1) There is little or no evidence for mortality at field application rates of cypermethrin amongst predatory carabids.
- (2) There is evidence from field experimental results that population densities of certain species are affected and it is therefore probable that reductions in numbers are explained by a combination of sub-lethal and indirect effects.
- (3) The environmental conditions at and following treatment are critical in determining mortality and sub-lethal effects.
- (4) The behavioural and ecological effects so far described are complex and it is not possible to say yet if these will have long-term effects on population dynamics and predation.



Acknowledgements

P.C., M.D., S.O'M. & R.T. were funded by the Southampton University Committee for Advanced Studies. D.T. was funded by a M.A.F.F., Advanced Course Studentship and A. Pullen by a M.A.F.F. C.A.S.E. Studentship. C.S. was supported by the Agrochemical Evaluation Unit, Southampton University. D.N. by Shell (UK) Ltd., and A. Peters by the GTZ, Germany/Western Samoa. We are grateful to Dr. N. Sotherton of the Game Conservancy, Cereals and Gamebirds Research Project for his advice and support and to Dr. R. Brown, ICI (Plant Protection) Ltd. for the supply of technical grade and formulated cypermethrin. The projects summarised in this report were a formal component of training within the M.Sc. 'Insect Pest Management' at Southampton University.

References

1. CHIVERTON, P.A. (1984). Pitfall trap catches of the carabid beetle Pterostichus melanarius, in relation to gut contents and prey densities; in insecticide treated and untreated spring barley. Entomol. Exp. appl. 36, 23-30.
2. CROFT, B.A., WHALON, M.E. (1982). Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. Entomophaga, 27, 3-21.
3. HASSAN, S.A. (1985). Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group pesticides and beneficial organisms. EPPO Bulletin 15, 214-55.
4. JEPSON, P.C. (1986). An experimental rationale for the quantitative evaluation of pesticide side effects on beneficial insects in cereal crops. (This volume).
5. LANGLEY, M.G. (1985). The effects of a foliar fungicide on beneficial arthropods found in cereal crops. Unpublished M.Sc. thesis. Southampton University.

AN EXPERIMENTAL RATIONALE FOR THE QUANTITATIVE EVALUATION OF PESTICIDE SIDE EFFECTS ON BENEFICIAL INSECTS IN CEREAL CROPS

P.C. JEPSON

Depts. of Biology and Chemistry, The University, Southampton, SO9 5NH

Introduction

There is an increasing potential for the inclusion of information concerning natural enemies in pest (especially aphid) control decision making in cereal crops. The reasons for this include recent improvements in the precision of evaluation and ranking of natural enemies (Wratten et al. 1984, Chambers et al. 1986) and the current level of technological advancement, in aphid pest control, whereby growers have the option of making decisions based on field specific economic and biological variables (Mann et al. in press).

In comparison with the scientific advances cited above, there is a considerable lag in the availability of guidelines for the selective use of pesticides, especially with respect to methods of application and the selection of compounds. The major reason for this is the absence of a satisfactory methodological framework for the investigation of pesticide side effects that can be used to guide commercial, government (advisory or regulatory) or research scientists.

Current Methodology

The variety of experimental approaches and methods of interpretation currently employed, prevents any attempt to compare the findings of different investigations in detail. For example, in three recent field investigations of the effects of pyrethroids on carabid beetles (Matcham and Hawkes, 1985, Basedow, 1985 and Chiverton, 1984) pitfall traps were used to assess the effects of chemical sprays within plots (barriered and open) which varied in size from 0.01 to 5.0 ha. The interpretation of differences in numbers trapped between treated and control plots included

the assumptions that lower numbers indicated direct mortality (Matcham and Hawkes, 1985), higher numbers indicated an indirect effect on prey which caused a hunger mediated activity increase (Chiverton, 1984) and that no differences indicated the absence of any effects (Basedow, 1985). No records of direct mortality, behaviour or physiological effects were made.

Recognizing the need for a more rigorous approach, Hassan (1985) has developed a methodology for the evaluation of pesticide effects on beneficial insects (Fig. 1). The basic principle of this methodology is that pesticide testing progresses, in a stepwise manner, from the laboratory to the field, each step being determined by the level of toxicity of the compound being investigated. The underlying assumptions are that all import pesticide effects will act through direct mortality and that intrinsic toxicity, measured in the laboratory, can be used to predict the comparative effects of pesticides on beneficial insects, when applied in the field.

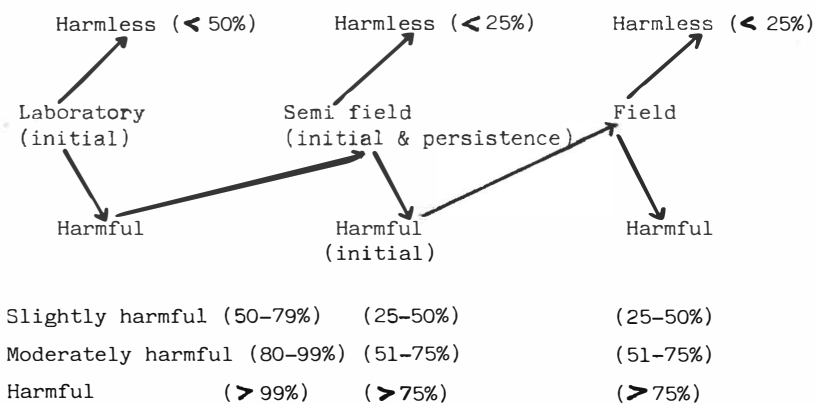


Figure 1. (Modified from Hassan, 1985). Proposed stepwise testing for the effects of pesticides on beneficial insects. Progress to the next stage depends upon a threshold of mortality being exceeded (indicated in brackets).

This methodology has considerable advantages, especially the standardisation of testing procedures, which will ensure that data collected in a variety of crops and conditions will be directly comparable. The choice of fixed thresholds of 'harmfulness' also provides a simple set of criteria by which pesticide development scientists, regulatory bodies or advisers can evaluate and compare a series of compounds. The approach does have some disadvantages however. The most important of these is that direct mortality is the major index by which a compound is assessed (although some measures of predation are suggested, mortality determines progression through the series of tests); sub-lethal or indirect effects are not recorded and there is no route by which information from the field can be fed back to the laboratory. The three stages are seen as independent steps and there is no flexibility for using the advantages of one to offset the disadvantages of another. The framework may not therefore be compatible with a research oriented approach, which would investigate indirect and sub-lethal effects so that the long-term consequences of pesticide impact on beneficial insects could be forecasted.

The assumption that the progression from laboratory testing to field experimentation is one of increasing complexity and difficulty of interpretation is certainly correct as far as data analysis is concerned. It is not however correct if more ecological questions are considered. For example, initial laboratory tests require decisions to be made concerning the method, level and route of exposure of the insect to pesticides, the physiological status of the insect and the conditions prior to, during and following treatment. Just as importantly, the choice of species to be tested will require at least some understanding of its relative contribution as a natural enemy at the time of applying the

chemical concerned. Considering questions such as these, it might be considered that a field evaluation programme would be more appropriate as a first stage in some circumstances. One of the reasons why this has not occurred is that field testing programmes have been treated as a larger scale, more complex version of the original laboratory experiment rather than being seen as an opportunity for quantifying various parameters that could be fed back to the laboratory for controlled testing. These parameters include some of the ecological factors referred to above for example, the level and route of exposure of particular species to pesticides, and the environmental conditions at and following treatment. It is therefore proposed that a more flexible approach to testing be developed that can be adapted to meet the requirements of commercial, government and research scientists by offering the possibility of including a broader range of effects and which uses feedback between the stages of the testing programme.

#### Revised Methodology

Any revised methodology should be designed to be flexible in approach and recognize that, for pesticides to be fully integrated within an insect pest management programme, their effects on natural enemy efficacy in the long term must be quantified. To achieve this, indirect and sub-lethal effects must be measured, as well as direct mortality. The revised methodology should also recognize that chemical selectivity can be supplemented by ecological selectivity (i.e. the use of a harmful compound in a way that minimises its effects on natural enemy effectiveness); it should therefore include the quantification of natural enemy exposure to pesticides as one of the major factors to be recorded. The revised methodology should also serve the secondary objective of elaborating the limitations of any particular experimental

procedure; this may encourage a more cautious analysis and interpretation of results.

By quantifying exposure and recording environmental variables in more detail, the methodology may offer a greater potential for comparison between different treatments. It may therefore facilitate more rapid progress in the development of ecologically selective application techniques and other novel practices which aim to maximise natural enemy survival.

The main constraint on development of a revised framework, for pesticide testing on beneficial insects, is the lack of standard procedures for the evaluation of exposure and sub-lethal effects. Table 1 lists the main components of pesticide impact to be recorded following the selection of the natural enemy species and life stage that is to be tested. These components are "exposure", "direct effects" and "indirect effects". The sub-components of 'exposure' include spray distribution following application, the persistence of chemical residues (measured chemically or toxicologically) the route by which the insect takes up the chemical and finally, the environmental conditions that may modify chemical behaviour or toxic effects. The sub-components of 'direct effects' include mortality, which may be modified by route of exposure or environmental conditions and occur within or between generations, and sub-lethal effects which can be measured by physiological, ecological or behavioural methods. The sub-component 'indirect effects' includes reproduction which may be influenced by the quality and quantity of the available diet and which contributes to population growth and dispersal, mediated by ecological effects. Table 1 also indicates the location (laboratory, semi-field or field (see Hassan, 1985)) where these major components can be measured and shows whether or not a standard technique

MAJOR COMPONENTS	SUB COMPONENTS	LOCATION OF TEST			
		LAB.	SEMI FIELD		FIELD (with 'absolute' sampling methods)
			LAB. ARENA	FIELD ENCLOSURE	
EXPOSURE	APPLICATION			(*)✓	(*)✓
	Spray distribution				
	[droplet cm <sup>-2</sup> n.g., a.i., cm <sup>-2</sup> ]				
	PERSISTENCE			(*)✓	(*)✓
	Spray distribution				
	Toxicological (mortality)			(*)✓	(*)✓
	ROUTE				
	Contact			(✓)	✓
	Residual			(✓)	✓
	Diet			(✓)	✓
DIRECT EFFECTS	CONDITIONS				
	Temperature			*✓	*✓
	Humidity			*✓	*✓
	Soil type/conditions			*✓	*✓
	MORTALITY				
	Within generations - individuals	*✓	(*)✓	(*)✓	
	[ED <sub>50</sub> contact ED <sub>50</sub> residual ED <sub>50</sub> diet]				
	Environmental - factors	*✓	(*)✓	(*)✓	
	[ED <sub>50</sub> : t <sup>0</sup> E <sub>50</sub> : r.h.]				
	Within generations - populations				*✓
Between generations - populations				(*)✓	
INDIRECT EFFECTS	SUB-LETHAL EFFECTS				
	Within generations - individuals				
	Physiological	(*)✓	(✓)	✓	✓
	Ecological				
	Behavioural				
	Foraging	*✓	(*)✓	(✓)	
	Spatial distribution		*✓	*✓	*✓
	Diet/efficiency		* (✓)	* (✓)	*✓
	REPRODUCTION				
	Food/energy/fitness	✓	✓	(*)✓	(*)✓
Population dynamics				*✓	
DISPERSAL					
In response to ecological change			(✓)	(*)✓	

Table 1. Summary of the major components and sub-components of pesticide effects on beneficial insects with location of research observations (ticks). Brackets indicate a less preferred site, \*, a standard technique is available, (\*) a technique is available, but has not previously been used in pesticide research.

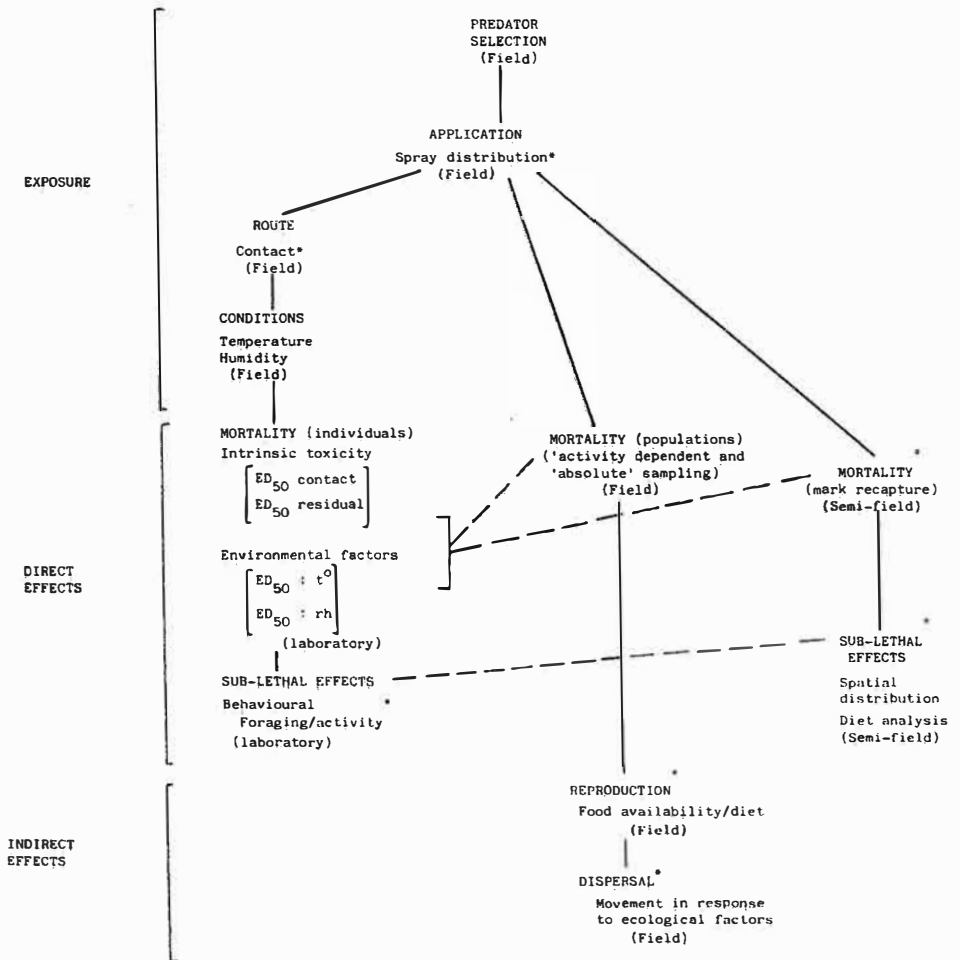
is available or has been previously applied to pesticide evaluation. It illustrates the requirement for new, standardised, procedures in several important areas including the route of pesticide exposure, the physiological, ecological and behavioural components of sub-lethal effects and indirect effects on population growth and dispersal. These factors are frequently referred to in discussions of simple, laboratory or field, pesticide evaluations. They are rarely, if ever, quantified directly.

The development of new standard methods

A group research project has been established at Southampton University (1985-1988) to develop new techniques for the assessment of pesticide side-effects on beneficial insects (Jepson et al., 1986). The pathways chosen through the list of parameters given in Table 1 are shown in Fig. 2. The most important feature of this experimental programme is that there is a considerable level of feedback between the laboratory, field and semi-field experiments. For example, detailed laboratory bioassays have been carried out in conditions and via routes of exposure, recorded from the field. This data is then used to interpret the results of field experiments and to generate hypotheses concerning post-treatment mortality for testing in the semi-field experiments. Further studies are being carried out which exploit the advantages of laboratory, field and semi-field situations. For example, the behaviour of treated insects is being recorded in the laboratory, reproductive rate and dispersal are being estimated from the field and the spatial distribution and activity of marked insects is being recorded in the semi-field barriers. Some initial results from this study are presented by Jepson et al. (1986).



Fig. 2. The pathway chosen, through the list provided in Table 1, to evaluate the impact of pesticides on beneficial insects by Jepson et al. (1986). Asterisks indicate areas where new techniques are being developed.



### Summary

1. The development of chemically and ecologically selective tactics of pesticide use requires a more quantitative approach to the evaluation of effects on natural enemy efficiency.
2. A methodological framework is proposed to achieve this goal. The two major features are
  - (a) That field, semi-field and laboratory tests are integrated in a more flexible way with feedback between them and the development of testable hypotheses.
  - (b) That standard techniques for the evaluation of insect exposure to pesticides, sub-lethal effects and indirect effects are developed to supplement the suite of tests for direct effects, already available.
3. The objective is to formulate experimental pathways through these tests to satisfy the contrasting requirements of commercial, regulatory, advisory and research scientists.

### References

- BASEDOW, T., RZEHA, H., VOS, K. (1985). Studies on the effect of deltamethrin sprays on the numbers of epigeal predatory arthropods occurring in arable fields. *Pestic. Sci.* 16, 325-331.
- CHAMBERS, R.J., SUNDERLAND, K.D., STACEY, D.L. and WYATT, I.J. (1986). Control of cereal aphids in winter wheat by natural enemies : aphid-specific predators, parasitoids and pathogenic fungi. *Ann. Appl. Biol.* 108, 219-31.
- CHIVERTON, P.A. (1984). Pitfall trap catches of the carabid beetle Pterostichus melanarius, in relation to gut contents and prey densities, in insecticide treated and untreated spring barley.

Entomol. Exp. appl. 36, 23-30.

- HASSAN, S.A. (1985). Standard methods to test the side effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group pesticides and beneficial organisms. EPPO Bulletin 15, 214-55.
- JEPSON, P.C. et al. (1986). An experimental rationale for the quantitative evaluation of pesticide side effects on beneficial insects in cereal crops. (This volume).
- MATCHAM, E.J., HAWKES, C. (1985). Field assessment of the effects of deltamethrin on polyphagous predators in winter wheat. Pestic. Sci. 16, 317-20.
- MANN, B.P., WRATTEN, S.D., and WATT, A.D. (in press). A computer based advisory system for cereal aphid control. Computers and Electronics in Agriculture.
- WRATTEN, S.D., BRYAN, K., COOMBES, D., SOPP, P.(1984). Evaluation of polyphagous predators of aphids in arable crops. Proceedings of the 1984 BCPC conference. Pests and diseases, 271-276.

THE BOXWORTH PROJECT

Cereal Pest/Predator Interactions

A.J. BURN

Department of Applied Biology, University of Cambridge

The aims of this study within the Boxworth Project (described more fully in the SROP/WPRS Report for 1985) are to investigate the long-term effects of intensive pesticide use in winter wheat, on the interactions between cereal pests (principally cereal aphids and slugs) and their predators (principally polyphagous predators). This is a long-term study, with the experimental phase due to run from 1983 to 1988, and the following abstract summarises the principal findings arising from the first two years of this part of the study only, consequently these should be treated as very preliminary findings.

Over the first two years of treatments, pesticide applications in the "supervised" and "integrated" areas were very much lower than those in the "insurance" area (Table 1), although there were no major differences in pesticide treatments between "integrated" and "supervised" areas. At this stage, the following trends are already apparent (fuller details are to be published elsewhere).

There have been population reductions in a number of predatory species, these have been most marked in those species in which most or all of the adult population overwinters actively on the soil surface and is not at that time restricted to the field boundary. In contrast, there are no clear changes in the populations of species overwintering principally in field boundaries. However, there have been significant changes in the diet of some of these species, and the possible long-term consequences of this are being investigated.

At present, there are no clear consistent differences in predation rates - measured using both artificial prey, and the effects of predator exclusion on natural prey numbers - or in pest status between the treatment areas. However, it should be emphasised that the experimental phase of the project is still at an early stage, and these should therefore be regarded only as provisional conclusions.

REFERENCE

SROP/WPRS Bulletin 1985/VIII/3: Integrated Control of Cereal Pests.  
pp. 118.

Table 1 PESTICIDE USAGE IN THE BOXWORTH STUDY SITE

	Mean no. pesticides applied per field		
		1983/4	1984/5
	Total pesticides	Insecticides only	Insecticides only
INSURANCE	18.8	6.0	5.0
SUPERVISED	8.0	2.0	0
INTEGRATED	8.3	2.0	0

ON THE INFLUENCE OF PHOSALONE AND FENVALERATE ON  
THE EPIGEAL ARTHROPOD FAUNA IN WINTER WHEAT

CASTEELS H. and DE CLERCQ R.  
State Nematology and Entomology  
Research Station  
Merelbeke, Belgium

SUMMARY

In 1984 and 1985 the influence of the insecticides phosalone and fenvalerate has been investigated on the soil predators (Carabidae, Staphylinidae and Araneae) in winter wheat. Our field experiments were carried out in 3 replicates on square barriered plots of 25 m<sup>2</sup>. The predators fauna was examined by means of pitfall traps.

From these field experiments it can be concluded that the insecticides phosalone and fenvalerate, applied half June, have no or little toxic effect on the soil predators in winter wheat.

I. INTRODUCTION

In 1980, 1981 and 1982 the influence of the insecticides parathion, dimethoate and pirimicarb, and of the fungicide benomyl has been investigated on the epigeal predator fauna (Carabidae, Staphylinidae and Araneae) in winter wheat fields. From these experiments it can be concluded that the insecticides dimethoate and parathion are very toxic for the dominant Carabidae- and Staphylinidae spp., but only little for the spiders, whereas pirimicarb and the fungicide benomyl had no influence on this fauna (3). Analogous results are obtained by BASEDOW et al. (1) and VICKERMAN and SUNDERLAND (4).

This paper describes field experiments carried out in order to investigate the possible influence of phosalone and fenvalerate on the epigeal arthropod fauna in winter wheat.

## 2. METHODS

The experiments were carried out in 1984 and 1985 in 3 replicates on square plots of 25 m<sup>2</sup>. Winter wheat was sown in November, using seed cultivar, seed rate, fertilizer treatment and herbicides typical of locality.

All the plots were barriered half June with 50 cm high corrugated plastic sheets which were buried 20 cm into the soil to delineate the plots and to prevent movement of the various predators from one treatment area to another.

The following objects were compared.

- untreated
- phosalone at 900 g a.i./ha, crop treatment
- phosalone at 900 g a.i./ha, ground treatment
- fenvalerate at 25 g a.i./ha, crop treatment
- fenvalerate at 25 g a.i./ha, ground treatment

Four days after the application of the pesticides 8 plastic beakers with a diameter of 10 cm were buried within each plot with their open end level to the soil.

The beakers filled with a formol solution 1 % to which a spreading agent was added, were weekly emptied, beginning a week after the application of the pesticides until the end of July.

The effect of these applications on carabids, staphylinids and spiders and on the dominant subfamilies of carabids and staphylinids is dealt with separately.

### 3. RESULTS

The total number of predators caught in 1984 and 1985 within the different plots is given in table 1. The spiders and the rove beetles were the most abundant groups.

The Araneae consisted mainly of : *Erigone atra* (Blackwall), *Oedothorax apicatus* (Blackwall), *Bathypantes gracilis* (Blackwall) and *Leptyphantes tenuis* (Blackwall) (Linyphidae). The results demonstrate that fenvalerate caused a reduction of the number of spiders by 16 % to 25 % during the observed post-treatment period, whereas phosalone decreased the number very little by 1 % to 5 %.

The most numerous occurring rove beetles were : *Aloconota gregaria* (Er.) from the Aleocharinae and *Tachyporus hypnorum* (L.) from the Tachyporinae. The results indicate that both insecticides (ground- and crop treatment) had no effect on the rove beetles population.

The Carabidae were less abundant than the former predator groups; the dominant species were : *Bembidion lampros* Herbst, *B. ustulatum* L. (Bembidiinae), *Pterostichus melanarius* (Illiger), *Platynus dorsalis* Pont. (Pterostichinae), *Loricera pilicornis* F. (Loricarinae), *Clivina fossor* L. (Scaritinae) and *Trechus 4-striatus* Schrk. (Trechinae). Phosalone and fenvalerate had no or little effect on the carabids.

The total number of carabids and staphylinids, divided in the different subfamilies, is given in table 2 and 3. It can be concluded from these tables the insecticides phosalone and fenvalerate do not make any distinction in toxicity for the different subfamilies.



Table 1

Influence of phosalone and fenvalerate on the predators.  
Total catches in 3 x 8 pitfalls from half June to the end of July.

Treatment	CARABIDAE		STAPHYLINIDAE		ARANEAE	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Untreatment	430	1998	2338	3871	2565	5520
Phosalone (crop treatment)	512	1743	2539	4186	2404	5500
Phosalone (ground treatment)	446	1883	2982	3926	2476	5015
Fenvalerate (crop treatment)	442	1974	2709	4445	1943	4753
Fenvalerate (ground treatment)	445	2146	2828	4437	2103	4564

Table 2

Influence of the pesticides on the subfamilies of the Staphylinidae.  
Total catches in 3 x 8 pitfalls from half June to the end of July.

Treatment	Aleocharinae		Tachyporinae		Remaining subfam. (*)	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Untreatment	1709	1859	437	1553	192	459
Phosalone (crop treatment)	1919	1857	425	1785	195	544
Phosalone (ground treatment)	2252	1812	529	1552	201	562
Fenvalerate (crop treatment)	2152	2006	361	1770	196	669
Fenvalerate (ground treatment)	2192	1993	447	1841	189	603

(\*) Remaining subfamilies : Staphylininae, Steninae, Paederinae, Oxytelinae and Micropeplinae.

Table 3

Influence of the pesticides on the subfamilies of the Carabidae. Total catches in 3 x 8 pitfalls from half June to the end of July.

		Untreat- ment	Phosalone crop treatment	Phosalone ground treatment	Fenvalerate crop treatment	Fenvalerate ground treatment
Scaritinae	1984	52	83	72	77	67
	1985	37	30	27	33	31
Loricarinae	1984	10	6	8	2	6
	1985	254	250	276	256	342
Bembidiinae	1984	197	206	142	197	192
	1985	1050	873	1086	1059	1209
Trechinae	1984	72	125	102	83	93
	1985	14	12	9	11	19
Pterostichinae	1984	51	36	55	46	37
	1985	562	489	414	523	476
Remaining	1984	48	56	67	37	50
Sufamilies (*)	1985	81	89	71	92	69

(\*) Remaining subfamilies : Nebriinae, Notiophilinae, Demetriinae, Badistrinae, Zabrinae, Stenolophinae, Harpalinae and Anisodactylinae.

#### 4. CONCLUSION

These experiments have shown that phosalone and fenvalerate are little toxic for carabids, staphylinids and spiders. Our results are analogous to those obtained by CHEROUX et DEBRAY (2).

Because of their low detrimental effect on the soil predators, these broader spectrum insecticides can be used for cereal aphid control in winter wheat, but even these insecticides should only be applied when the aphid infestation exceeds the economic threshold level.

#### REFERENCES

- (1) BASEDOW Th., BORG A. und SCHERNEY F. (1976).  
Auswirkungen von Insektizidbehandlungen auf die epigäische Raubarthropoden in Getreidefeldern, insbesondere die Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae).  
Ent. exp. and appl. 19, 37-51.
- (2) CHEROUX M. et DEBRAY Ph. (1985).  
Sumicidin 10, incidence des pulvérisations sur la faune auxiliaire en culture de maïs et blé.  
La défense des végétaux, n° 233, 31-37.
- (3) DE CLERCQ R. and PIETRASZKO R. (1984).  
On the influence of pesticides on Carabidae and Staphylinidae in winter wheat.  
Les Colloques de l'INRA, n° 31, 273-278.
- (4) VICKERMAN G. and SUNDERLAND K. (1977).  
Some effects of dimethoate on arthropods in winter wheat.  
J. Appl. Ecol., 767-777.

INCIDENCES D'UN TRAITEMENT INSECTICIDE PRECOCE  
SUR LES ARTHROPODES PRESENTS EN BLE TENDRE D'HIVER

J.P. Chambon\*\*\*, Ch. Cocquempot\*\*\*, A. Fougeroux\*, P. Taupin\*\*

RESUME

L'essai réalisé en 1984, conjointement entre l'ITCF, l'INRA et l'ACTA, a permis l'observation de plus de 80 000 arthropodes entre le 10.05 et le 12.07, à l'aide de cinq techniques : contrôles visuels, pots-pièges, pièges colorés, filet fauchoir et aspirateur "D-Vac". Le nombre d'individus collectés aux pots-pièges et aux pièges colorés dépasse 71 000. Seuls quelques résultats des pots-pièges et des contrôles visuels sont discutés.

L'essai relaté dans cette communication donne des indications assez complètes sur l'incidence des traitements sur l'évolution des populations d'arthropodes. Dans ce cas précis, on s'aperçoit que, sur la plupart des groupes, la deltaméthrine semble plus toxique que la phosalone. L'incidence des traitements se traduit par une modification nette de l'évolution des niveaux de populations de pucerons qui sont plus élevés dans le témoin. Si dans la plupart des cas, cette action dépressive des produits est fugace (2-3 semaines), pour certaines espèces (Coccinelles à sept points) elle semble se traduire par la suppression d'une génération.

\* ACTA - Association de coordination technique agricole -  
149 Rue de Bercy - 75575 Paris cédex 12.

\*\* ITCF - Institut technique des céréales et des fourrages -  
Station expérimentale de Boigneville - 91720 Maise.

\*\*\*INRA - Institut national de la recherche agronomique -  
Laboratoire de faunistique écologique - Route de Saint-Cyr -  
78000 Versailles.

## I- INTRODUCTION

Le raisonnement de l'emploi d'insecticides sur de grandes surfaces céréalières passe par une meilleure connaissance de l'action de ces produits, à la fois sur les ravageurs visés, mais aussi sur l'ensemble de la faune avec laquelle ils sont en relation.

Les travaux de Chambon (1982) ont montré des réductions importantes de l'entomofaune consécutives aux traitements en cours de végétation à l'épiaison (stage 10 - 5 - 2).

Ces études portant sur l'application d'organophosphorés mettent en effet, en évidence des chutes temporaires de l'ordre de 70 à 80 %.

La tendance actuelle, visant à intervenir au gonflement, a pour but de lutter à la fois contre la Tordeuse des céréales (Cnephasia pumicana Zeller) et les pucerons présents sur le feuillage (essentiellement Sitobion avenae F. et Metopolophium dirhodum Walk).

On estime, pour l'année 1984, que deux millions d'hectares de blé tendre d'hiver (sur un total de plus de 4,5 millions) ont été traités avec un insecticide au printemps. Environ 50 % de ces traitements ont été faits de façon systématique en association avec des fongicides et 18 % des surfaces concernées ont reçu des insecticides à large spectre d'activité.

Cette évolution des pratiques agricoles nous a conduit à entreprendre, en 1984, des investigations visant à mettre en évidence l'incidence des traitements précoces (mi-mai) appliqués contre la Tordeuse des céréales sur l'entomofaune, en comparant les effets d'un produit connu pour sa faible agressivité vis à vis des arthropodes utiles (phosalone) à ceux d'un produit à plus large spectre d'action (deltaméthrine). Un des objectifs particuliers de cette étude a été, en outre, de suivre le devenir des populations de pucerons à la suite de ces interventions.

Cette recherche complète les travaux réalisés par l'INRA et par certaines firmes agrochimiques. Parallèlement, elle apporte des informations quant aux méthodes d'estimation des populations d'arthropodes.

## II- EXPERIMENTATION

L'essai est implanté dans le Bassin parisien (Amponville, Seine et Marne).

La parcelle se situe dans un secteur de grandes cultures céréalières.

Le site d'essai, en zone ouverte, d'environ 5 ha, a été subdivisé en trois parcelles équivalentes de 1,6 ha chacune :

- une parcelle témoin (notée parcelle T),
- une parcelle traitée avec de la deltaméthrine (7,5 g/ha) (notée parcelle D),

- une parcelle traitée avec de la phosalone (600 g/ha) (notée parcelle P).

Les traitements sont effectués le 25 mai (stade 10 du blé).

### Matériel et méthodes

Sur chaque parcelle, sont effectués :

- Des contrôles visuels (50 par parcelle) selon le protocole établi par Dedryver - Ladevèze (com. personnelle). Avant traitement, ces contrôles n'ont été réalisés que sur la parcelle témoin, considérant que celle-ci était représentative de l'ensemble du champ d'expérimentation. Après traitement ils sont effectués sur les trois parcelles.

- Des piègeages (pots-pièges) (Chambon 1982).

Le protocole des techniques d'échantillonnage est résumé dans le tableau 1.

Tableau 1. Techniques d'échantillonnage.

METHODES	SUIVI des PEUPLIEMENTS	PROTOCOLE	FREQUENCE des RELEVES
Contrôle visuel	Pucerons : comptage sur feuilles et épis - <i>Sitobion avenae</i> - <i>Metopolophium dirhodum</i> - <i>Rhopalosiphum padi</i>	Protocole établi par Dedryver-Ladeveze 1981 - 50 stations/parcelle - examen de 20 à 2 talles par station selon l'infestation (échantillonnage séquentiel)	1 fois par semaine
	Auxiliaires : prédateurs spécifiques de pucerons - <i>Coccinellidae</i> (O.L.A.) - <i>Chrysopidae</i> (L.A.) - <i>Hemeroptidae</i> (L.A.) - <i>Arachnidae</i> (A) - <i>Cantharidae</i> (A) - <i>Syrphidae</i> (L)	A chaque station "comptages pucerons", observation des prédateurs spécifiques sur une surface de 1 m <sup>2</sup> par station	1 fois par semaine
Pots pièges	Entomofaune ayant une activité de surface - prédateurs spécifiques - prédateurs polyphages - espèces phytophages - espèces détritiphages - espèces indifférentes	5 pots-pièges disposés au centre de chaque zone et distants les uns des autres de : - 20 m dans la parcelle T - 29 m dans les parcelles P et D Les pots contiennent une solution saturée d'acide picrique	1 fois par semaine Durée de piègeage : 7 jours

Légende : O : oeuf      L : larve      A : adulte

### Détermination des arthropodes

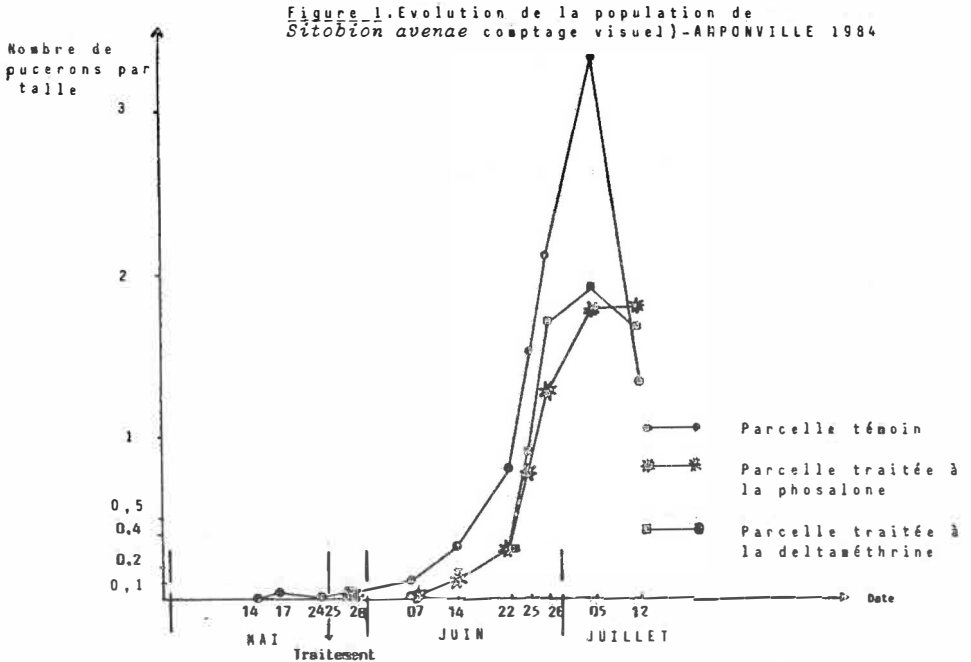
Tous les arthropodes capturés sont conservés dans l'alcool à 70 %, puis identifiés au laboratoire de faunistique écologique de l'INRA de Versailles. Les individus sont déterminés jusqu'à la famille, le genre, voire l'espèce, en tenant compte de leur abondance.

### Résultats

#### a) Evolution des populations de pucerons (Figure 1.)

##### - Parcelle témoin

Les données rapportées concernent essentiellement S. avenae qui était l'espèce la plus représentée sur l'essai.



L'examen de la figure 1. fait apparaître trois phases :

- une phase se prolongeant jusqu'au 7 juin où l'on note des populations très faibles (moins de 0,1 puceron par talle)
- une phase de croissance de la population (atteignant au maximum 3,3 pucerons par talle) ; du 7 juin au 5 juillet (stade phénologique "grain laiteux"),
- une phase de régression des populations de pucerons au-delà du 5 juillet (stade phénologique du blé "grain pâteux") qui corrobore les observations de Latteur (1976).



- Parcelles traitées

La figure 1. montre nettement que les traitements retardent d'environ 15 jours le développement des populations par rapport à la parcelle témoin (18 mai - 14 juin). Par la suite le profil des courbes est identique mais il faut remarquer que jusqu'au 5 juillet les niveaux de population de pucerons des parcelles traitées sont très largement inférieurs à ceux de la parcelle témoin (environ 1,8 - 1,9 pucerons par talle contre 3,3 dans le témoin au 5 juillet).

Il est vraisemblable que l'écart aurait pu être plus grand s'il n'était pas tombé 2,9 mm de pluie six heures après les applications de la deltaméthrine et de la phosalone.

Dans les trois cas, les niveaux atteints par les populations de pucerons sont assez bas et toujours inférieurs au seuil de nuisibilité (10 pucerons par épis). Ceci peut s'expliquer en grande partie par les conditions climatiques défavorables qui ont régné en mai (température journalière moyenne entre 0 et 15° C et seulement deux jours sans pluie).

A la fin de l'étude (12 juillet) les populations dans les parcelles traitées sont légèrement supérieures (D = 1,5 et P = 1,7 pucerons par talle) à celles observées dans les parcelles témoins (T = 1,3 pucerons par talle).

Ces différences minimes, de l'ordre de 0,2 à 0,4 puceron par talle, interviennent environ 1,5 mois après les interventions, on peut avec réserve les relier, soit à une action régulatrice moindre de la part des auxiliaires aphidiphages dans les parcelles P et D, soit à une maturation plus précoce de la parcelle témoin la plus infestée.

**b) Ennemis naturels des pucerons**

- Les hyménoptères aphidiides

Le parasitisme a été évalué par dénombrement de momies sur les plantes. Le pourcentage de pucerons parasités calculé correspond au nombre de momies (moyenne par talle) à la semaine n + 1 sur le nombre de pucerons sains (moyenne par talle) à la semaine n. Cette méthode indique un taux de parasitisme faible, aussi bien dans le témoin que dans les parcelles traitées. En effet, le pourcentage le plus élevé est obtenu dans la parcelle deltaméthrine le 12.07 et atteint 12 % seulement.

Complémentairement, le 22.06, le taux de parasitisme a été évalué par dissection de 100 pucerons prélevés au filet fauchoir sur la parcelle témoin. Il apparaît que le parasitisme mesuré par cette méthode s'élève à 8 %, alors que par observation directe de momies au champ, aucun parasitisme n'avait été relevé.

Bien que l'échantillonnage soit insuffisant, il semble que cette méthode de dissection soit plus précise que les comptages de momies sur la parcelle. Notons que le parasitisme par microhyménoptères reste très faible dans le Bassin parisien et semble insuffisant pour assurer seul, une bonne régulation des populations de pucerons.

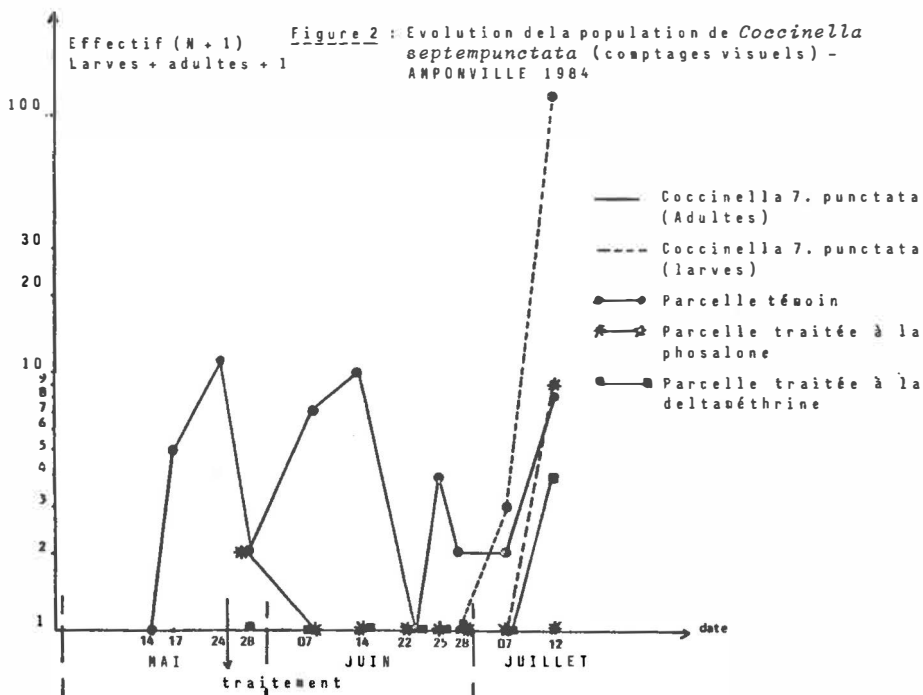
- Les prédateurs essentiellement aphidiphages

Cette catégorie regroupe principalement les Coccinellides, les Syrphides, les Chrysopides.

Au cours de cet essai, seules les Coccinellides ont été présents en nombre suffisant pour permettre une interprétation.

Deux espèces ont été observées sur les parcelles : surtout Coccinella septempunctata L. et, dans une moindre mesure, Propylea quatuordecimpunctata L.

La figure 2. représente l'évolution de C. septempunctata par comptage sur les stations de 1 m<sup>2</sup>.



Les faibles populations printanières de pucerons, déjà mentionnées, n'ont pas permis le développement important des coccinelles sur les parcelles. Dans ces conditions, il s'en suit que les traitements, appliqués le 25 mai, n'ont eu une incidence que sur des populations de coccinelles faibles.

Les premiers adultes (génération hivernante) ont été observés le 17 mai.

Les deux premiers stades larvaires n'ont pu être dénombrés par un contrôle visuel et il apparaît que seule la parcelle non traitée présente une population importante de larves âgées à la mi-juillet (118 larves/50 m<sup>2</sup>).

Cette dernière remarque peut s'expliquer par le fait que dans les parcelles traitées, les pucerons n'ont commencé à se multiplier que vers la mi-juin, alors qu'ils étaient déjà en place dans le témoin avec des populations doubles de celles des parcelles traitées, permettant ainsi le maintien des coccinelles.

On comprend alors qu'au 12 juillet les larves de coccinelles ont joué un plus grand rôle dans la régression des populations de S. avenae dans le témoin.

#### - Les prédateurs polyphages

Cette catégorie regroupe les Carabiques, les Staphylinides et les Araignées. Pour la plupart, les représentants de ces groupes ont été répertoriés dans les captures aux pots-pièges.

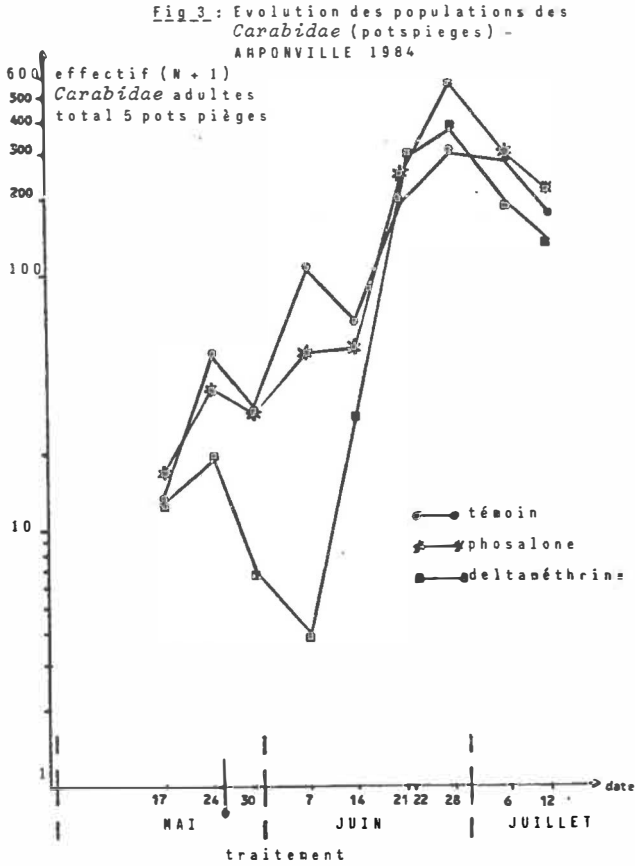
#### - Evolution des captures de Carabiques

1 215 individus ont été récoltés sur les trois parcelles de l'essai durant la période de suivi. Les pots-pièges ont capturé la majorité de l'effectif piégé (pièges colorés + pots-pièges) soit 99 % qui se répartit en 15 espèces dont les plus importantes sont les suivantes :

- <u>Platysma vulgare</u> L.	70	%
- <u>Poecilus cupreus</u> L.	12,5	%
- <u>Anchomenus dorsalis</u> Pontpp	4,2	%
- <u>Trechus quadristriatus</u> Schr.	3,6	%
- <u>Asaphidion stierlini</u> L.	2,8	%
- <u>Metallina lampros</u> Herbst	2,1	%
- <u>Agonum mulleri</u> Herbst	1,6	%

Ces captures correspondent aux espèces communément rencontrées en système céréalière (Potts&Vickerman, 1974, Chambon, 1982, Chambon, 1985).

Le traitement à la deltaméthrine entraîne une chute sensible, mais momentanée, des captures de Carabiques (Figure 3.), alors que la phosalone a une action moins marquée.



Ces chutes traduisent avant tout la baisse des niveaux de population enregistrée pour P. cupreus (Figure 4.), d'A. dorsalis (Figure 5.) et d'A. stierlini (Figure 6.). En revanche, sur ces espèces, la phosalone ne se différencie pas du témoin. Les adultes de P. vulgare (Figure 7.) et de T. quadristriatus (Figure 8.), quant à eux sont restés peu sensibles aux applications insecticides en raison probablement de leur faible activité lors du traitement (reproducteurs d'été). Par ailleurs, P. vulgare semble assez peu sensible aux insecticides (Emile, 1980).

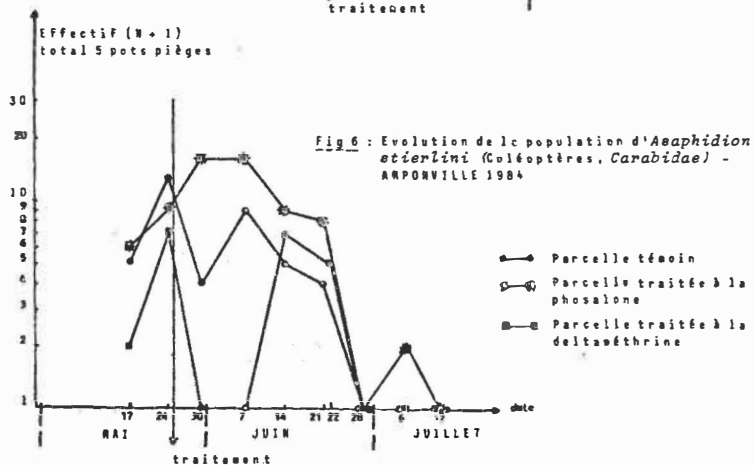
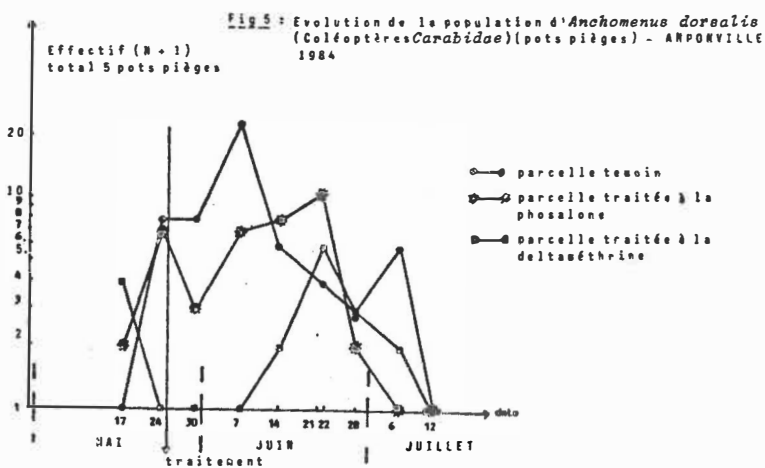
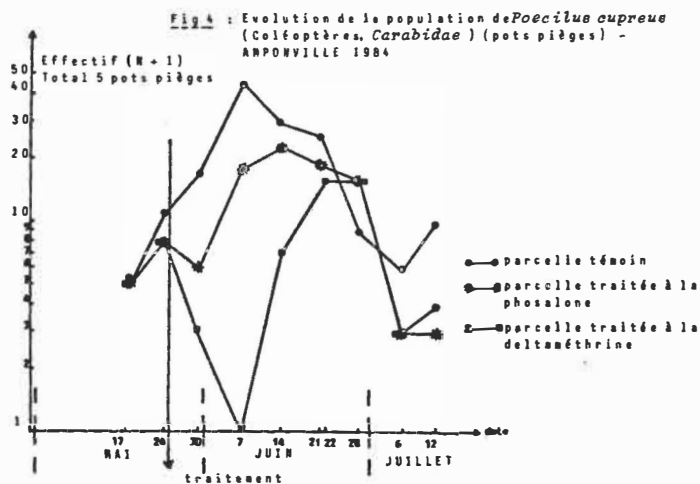


Fig 7: Evolution de la population de *Platysma vulgare* (Coléoptères, Carabidae) (pots pièges) - AMPONVILLE 1984

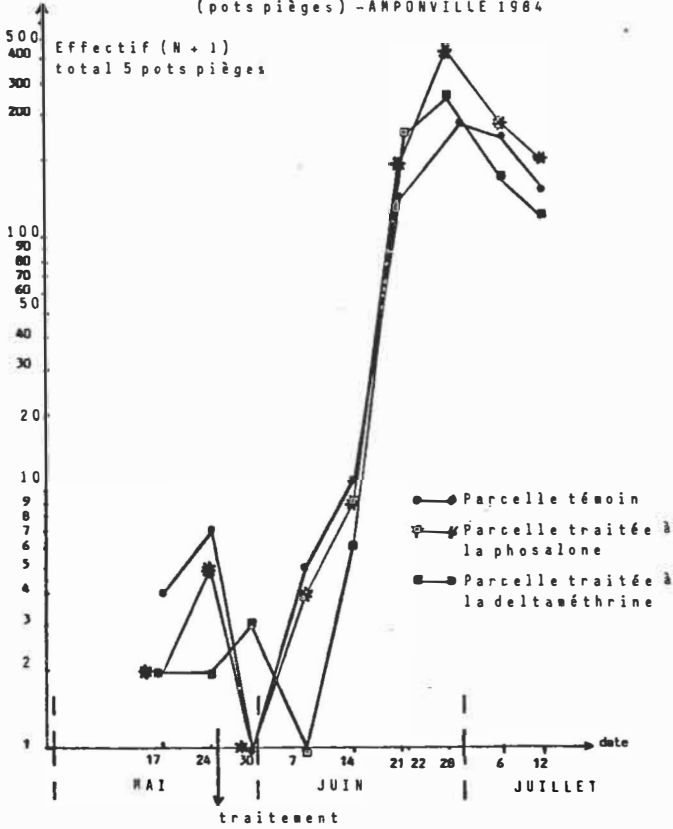
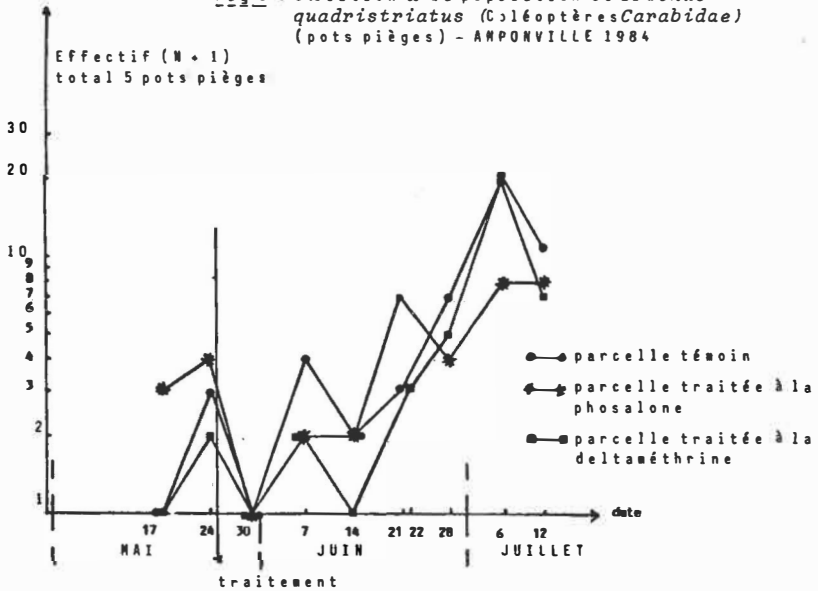


Fig 8 : Evolution de la population de *Trechus quadristriatus* (Coléoptères Carabidae) (pots pièges) - AMPONVILLE 1984



- Evolution des Staphylinides

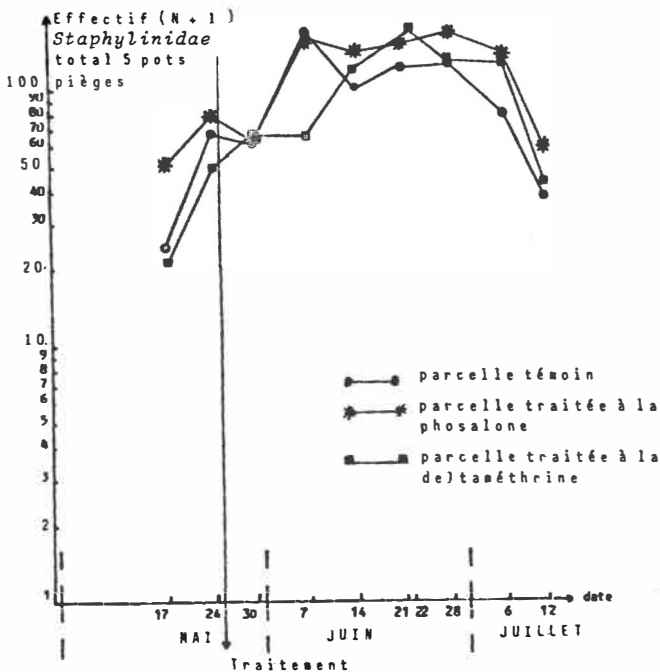
Là aussi, parmi les deux techniques (pots-pièges + pièges colorés), les pots-pièges capturent la majorité de l'effectif des Staphylinides au cours de l'essai (80 %).

Cet effectif se répartit de la manière suivante :

- <u>Aleocharinae</u>	51,5 %
- <u>Tachyporinae</u>	17,7 %
- <u>Oxytelinae</u>	14,9 %
- <u>Oxyporinae</u>	6,4 %
- <u>Staphylininae</u>	3,3 %

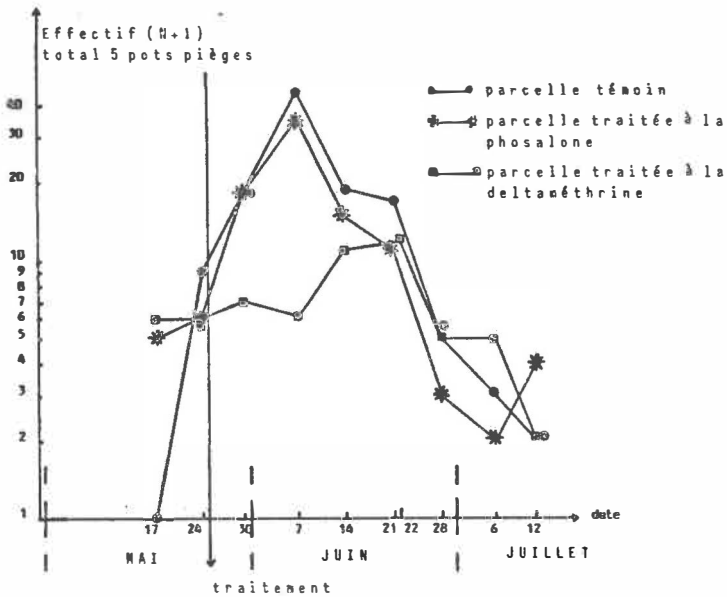
L'application de la deltaméthrine a un léger effet dépressif sur les populations globales de Staphylinides. Toutefois, cette différence, par rapport aux autres parcelles, s'estompe trois semaines après traitement (Figure 9.)

Fig 9 : Evolution des populations de *Staphylinidae* (pots pièges) - AMPONVILLE 1984



Au niveau spécifique, seules les données concernant Tachyporus hypnorum montrent une chute sensible, mais momentanée, des captures après traitement à la deltaméthrine (Figure 10.).

Fig 10 : Evolution de la population de *tachyporus hypnorum* (Coléoptères Staphylinidae) (pots pièges) AMPONVILLE 1984



Il faut noter que ces chutes de populations liées à la deltaméthrine durent 28 jours environ. Il est vraisemblable que ce temps est lié à la surface traitée et au pouvoir de recolonisation des espèces concernées.

- Evolution des captures d'Araignées

Les pots-pièges ont permis de capturer 97 % de l'effectif total piégé des Araignées sur l'essai. 34 espèces ont été dénombrées, appartenant à 11 familles dont les Erigonidae et les Lynphiidae constituent les deux familles prépondérantes.



Cinq espèces ont été capturées en nombre important (74 % des captures totales des pots-pièges du témoin) :

- Erigonidae:

<u>Erigone atra</u> (Blackwall)	11,26 %
<u>Oedothorax apicatus</u> (Blackwall)	44,63 %

- Lyniphiidae :

<u>Leptyphantes tenuis</u> (Blackwall)	9,40 %
<u>Porrhomma microphthalmum</u> (O.P. Cambridge)	2,38 %

- Lycosidae :

<u>Pardosa prativaga</u> (L. Koch)	7,15 %
------------------------------------	--------

Les seules espèces en nombre important au moment des traitements sont O. apicatus et E. atra. Les captures ont chuté dans les trois parcelles après la date de traitement. Toutefois, un effet frein sur les populations globales est observé suite à l'application de la deltaméthrine (Figure 11.).

Fig 11 : Evolution des populations d'Araignées (pots pièges) - AMPONVILLE 1984

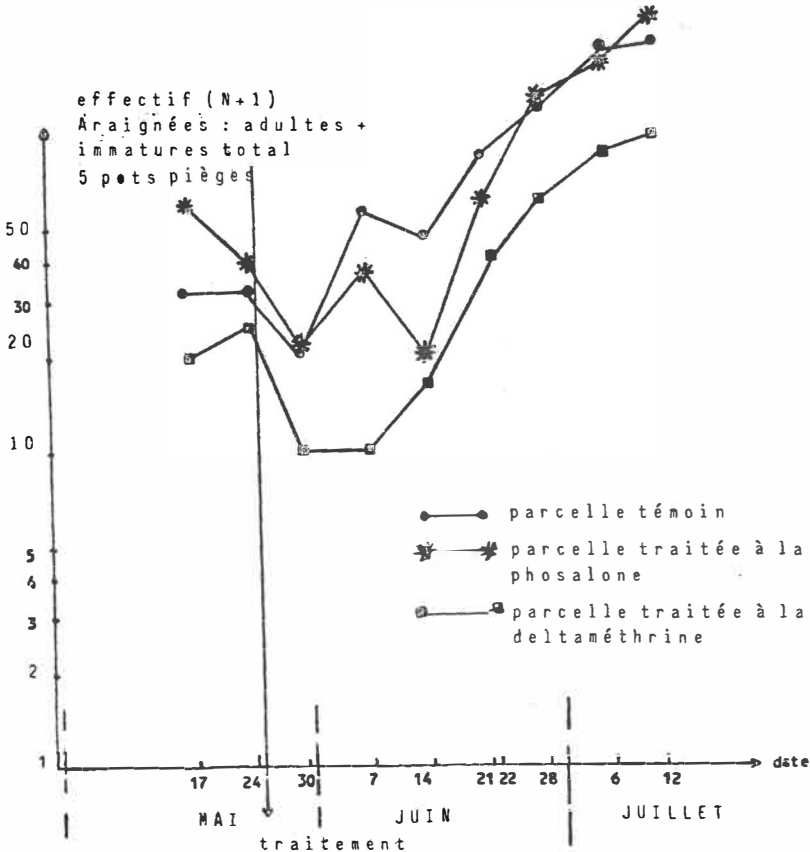


Fig 12 : Evolution de la population d'*Oedothorax apicatus* (Araignées *Erigonidae*) (pots pièges) - AMPONVILLE 1984

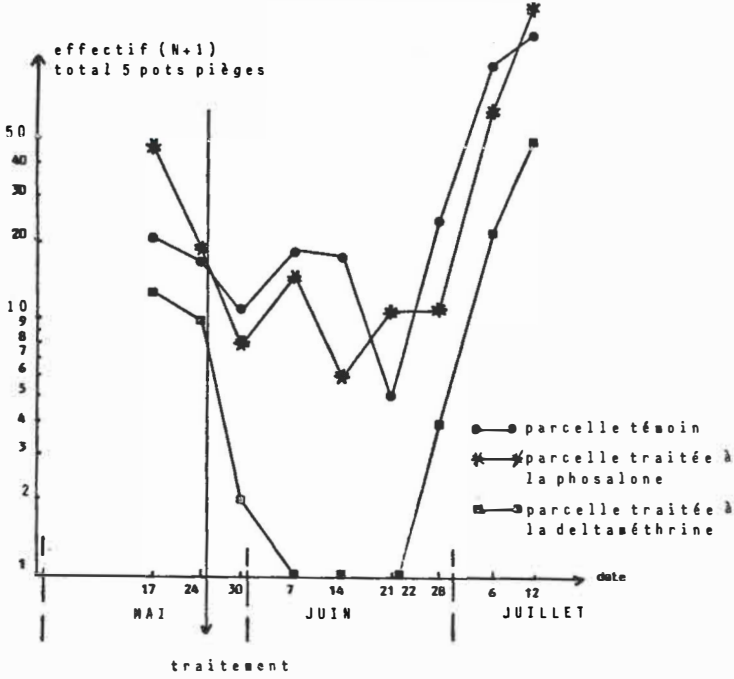


Fig 13 : Evolution de la population d'*Erigone atra* (Araignées *Erigonidae*) (pots pièges) - AMPONVILLE 1984

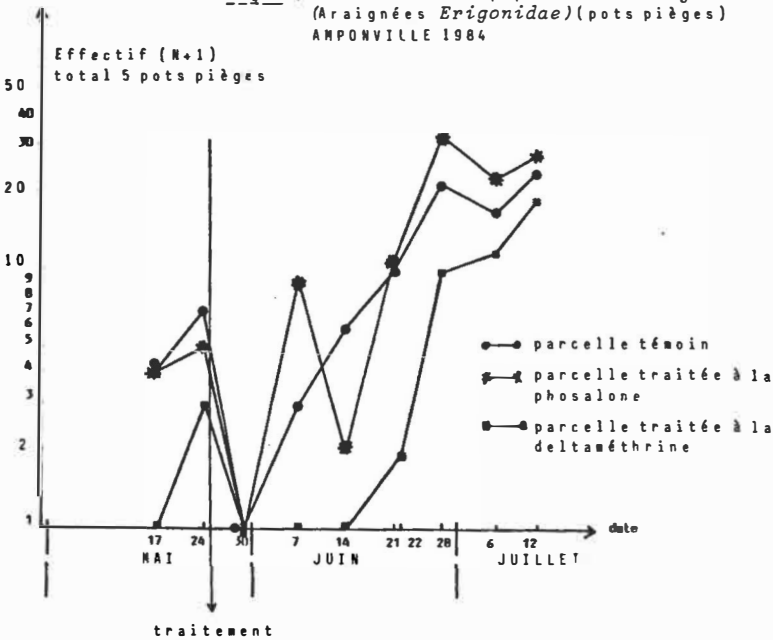
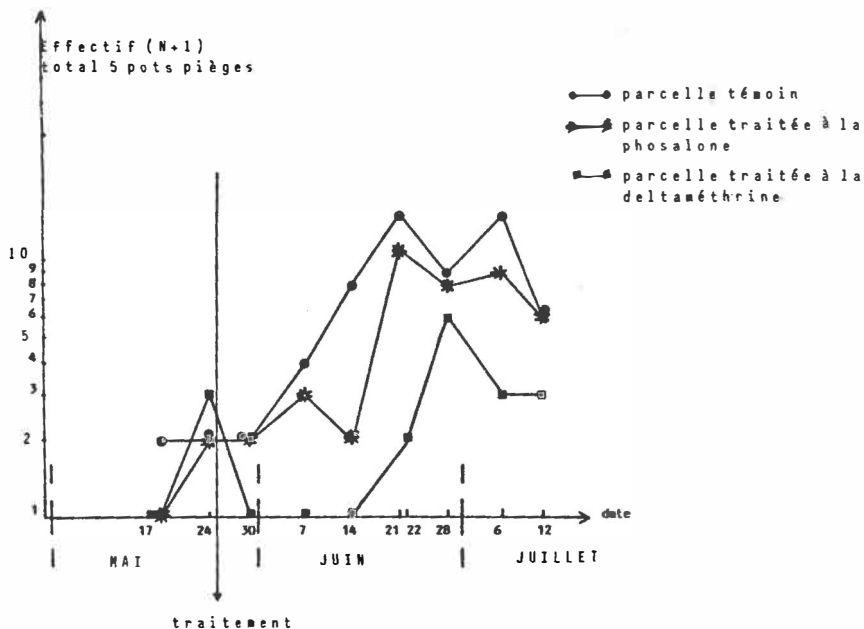


Fig 14 : Evolution de la population de *Pardosa prativaga*  
(Araignées, *Lycosidae*) (pots pièges) AMPONVILLE  
1984



### III - CONCLUSION

En France, les surfaces de céréales traitées avec un insecticide à l'automne et au printemps ont quintuplé en quatre ans, passant de 600 000 à 2 700 000 ha.

Cette augmentation ne s'explique pas seulement par une recrudescence des ravageurs existants ou nouveaux, mais aussi par de nombreux traitements dits "d'assurance". Ceux-ci sont souvent appliqués tôt par rapport au développement des ravageurs et, dès lors, on peut s'interroger sur la perturbation de la régulation naturelle qu'il peuvent induire.

Il apparaît donc nécessaire de mieux connaître l'incidence de ces applications d'insecticides sur la biocénose, particulièrement au printemps, période d'activité importante pour bon nombre d'insectes.

Cette expérimentation lourde, nécessitant le concours de spécialistes pour les déterminations, confirme la richesse de la biocénose céréalière, déjà établie par des travaux concernant le même thème (Chambon, 1982).

Les résultats, obtenus par comparaison des parcelles, permettent de conclure sur certains effets marqués de la deltaméthrine, en particulier sur les Carabiques : Poecilus cupreus, Anchomenus dorsalis, Asaphidion stierlini ; les Staphylinides Tachyporus hypnorum ; et les Arachnides : Oedothorax apicatus, Erigone atra, Pardosa prativaga.

Ces données confirment les conclusions de Basedow et al. (1985) qui mettent en avant, pour des traitements à l'épiaison, l'incidence de la deltaméthrine sur les staphylinides et les Lyniphides et les complètent en ce qui concerne diverses espèces de Carabiques.

L'action de la deltaméthrine, dans cet essai, reste peu marquée et toujours au-dessus de celle de la phosalone pour la plupart des groupes considérés.

Dans tous les cas, les chutes de populations observées sont de courte durée (au maximum un mois). Il reste à déterminer la cause de ces diminutions d'activité de certains taxons. En effet, celles-ci peuvent être dues : soit à une mortalité ? soit à un effet de fuite ou de répulsion ?

En ce qui concerne les pucerons, il apparaît que les deux produits, en application précoce, montrent une efficacité à peu près équivalente.

Il faut encore signaler, qu'au cours de cette étude, malgré l'incidence des traitements avec la phosalone et surtout la deltaméthrine sur les Carabiques, les Staphylinides et les Araignées, nous n'avons pas constaté la pullulation des pucerons des céréales dans les parcelles traitées.

En effet, les populations de S. avenae, en particulier, y sont restées inférieures à celles notées dans la parcelle témoin. Rappelons encore que dans toutes les parcelles, les populations ont toujours été largement en dessous des seuils de nuisibilité.

Il reste enfin, que pour un bon nombre d'espèces d'arthropodes l'absence de répétition, l'imprécision liée à certaines techniques d'observations ou de prélèvements ou encore les variations d'activité inhérentes aux variations climatiques ou au rythme nyctéméral de certaines espèces ne permettent d'avancer que des hypothèses à confirmer. Dans cette présentation, seuls les groupes ou les espèces ayant été fortement marqués par les traitements ou étant en nombre suffisant, ont fait l'objet de discussions.

Les méthodologies doivent être précisées, notamment pour définir les tailles d'échantillons, limiter les observations à quelques taxons indicateurs, déterminer avec précision les périodes et les sites d'activité de certains arthropodes.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. Philippe Evrard, agriculteur à Amponville (Seine et Marne), chez qui cette étude a pu être réalisée dans de bonnes conditions,

ainsi que :

Mme C. Pineau, MM. G. Genestier, M. Martinez, du Laboratoire de faunistique écologique de l'INRA de Versailles,

Mlle B. Fumex (personnel temporaire ITCF),

Mlle D. Jouve (stagiaire ACTA).

## SUMMARY

The trial set up in 1984, in collaboration between ITCF, INRA and ACTA, permitted the catches of 80 000 arthropods. Four technics were used : pitfall traps, coloured traps, sweeping net and vacuum "D-Vac". The number of arthropods collected with pitfall and coloured traps was higher than 71 000. Only some results of pitfall traps and visual control are discussed in this paper.

This trial, give us good indications on the effects of treatments on arthropods (deltamethrin, phosalone). Deltamethrin seems to be more toxic than phosalone. The treatments induce changes on the evolution of aphids populations levels which are higher in control plot. On a great number of group of arthropods this toxicity has a short term effect (2-3 weeks). Meanwhile for *Coccinella septempunctata*, this toxicity seems to suppress a whole generation.

## BIBLIOGRAPHIE

BASEDOW T., RZEHAK M. et VOSS K., 1985 : Studies on the effect of deltamethrin sprays on the numbers of epigeal predatory arthropods occurring in arable fields. *Pesticides science*, 1985, 16, 325-331.

CHAMBON J.P., 1982 : Recherches sur les biocénoses céréalières I. Incidence à long terme des rotations maïs-blé sur les niveaux des populations d'insectes ravageurs. *Agronomie*, 1982, 2 (4), 373-378.

CHAMBON J.P., 1982 : Recherches sur les biocénoses céréalières II. Incidence des interventions insecticides sur les composants de l'entomofaune. *Agronomie*, 1982, 2 (5), 405-416.

CHAMBON J.P., 1985 : Recherches sur les biocénoses céréalières IV. Les prédateurs polyphages dans la région parisienne. *Déf. des végétaux* N° 236 (Nov. Déc.) 1-10.

EMILE J.C., 1981 : La faune carabique des terres agricoles de Lorraine. Cas particulier d'*Amara ovata* F. et *Amara similata* G. Thèse Institut national polytechnique de Lorraine, 158 pages.

LATTEUR G., 1971 : Evolution des populations aphidiennes sur froment d'hiver. Med. fakultheit. Landbouweterochappen Gent, 36, 3/4, 928-939.

LATTEUR G. 1976 : Les pucerons des céréales : biologie, nuisance, ennemis. Mémoire n° 3, Centre de recherches agronomiques de l'Etat. Station de Zoologie appliquée Gembloux, fascicule 1 74, fascicule 2.

POTTS G.R., VICKERMAN G.P., 1974 : Studies on the cereals ecosystem. *Advances in ecological research*, 8, 107-197.