ACADÉMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

THESE

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour obtenir le grade de Docteur de 3ème Cycle
EN PARASITOLOGIE, PATHOLOGIE ET RELATIONS ECOPHYSIOLOGIQUES

LES PUCERONS DES CEREALES DANS LA REGION DE MONTPELLIER.

DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET FACTEURS DE REGULATION.

par

Bernard DUFOUR

Soutenue le 5 Juillet 1982 devant la Commission d'Examen.

JURY : MM.	L.	EUZET,	Professeur	Président
	G.	BOUIX,	Professeur	Assesseurs
	F.	LECLANT,	Professeur	
	C.A.	DEDRYVER,	Chargé de Recherches	
	A.	BOURNIER,	Professeur honoraire	Invité

ATELIER DUPLICATION
— U.S.T.L. —

U N I V E R S I T E
DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DU LANGUEDOC

LISTE DES PROFESSEURS

Président : L. THALER

Vices-Présidents : MM. CORRIU, PIETRASANTA et NOUAZE.

Doyens honoraires à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc :

P. MATHIAS
B. CHARLES
A. CASADEVALL

Présidents honoraires :

P. DUMONTET
J. ROUZAUD

Professeurs Honoraires de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc :

R. JACQUES	J. SALVINIEN	J.M. MORETTI
M. CASTERAS	M. MOUSSERON	G. COUCHET
E. TURRIERE	P. CHATELAIN	P. DEMANGEON
C. CAUQUIL	A.M. VERGNOUX	J.P. ROIG
G. DENIZOT	E. KAHANE	
J. GRANIER		

Secrétaire Général :

E. SIAU

Professeurs titulaires :

M.J. AVIAS	Géologie
M. JJ. MOREAU	Mécanique rationnelle
M. B. CHARLES	Mathématiques Pures
M. R. JOUTY	Physique
M. R. LEGENDRE	Zoologie
M. I. ASSENMACHER	Physiologie Animale
M. Ch. ROUMIEU	Analyse Supérieure
M. J. ROBIN	Physique

M. B. DISTOULET	Physiologie
M. A. POTIER	Chimie Minérale
M. R. LAFONT	Physique
M. R. JACQUIER	Chimie
M. J. FALGUEIRETTES	Minéralogie
M. J. REGNIER	Chimie
Mme J. CHARLES	Mathématiques
M. J. ROUZAUD	Chimie
M. P. CAILLON	Physique
M.H. CHRISTOL (E.N.S.C.M.)	Chimie
M. H. ANDRILLAT	Astronomie
Mme G. VERNET	Biologie Animale
M. L. CECCHI	Physique
M. L. EUZET	Zoologie
M. C. DELOUPY	Physique
M. M. MATTAUER	Géologie
M. M. SAVELLI	Physique
M. R. MARTY	Psychophysiologie
M. A. BONNET	Botanique
M. G. LAMATY	Chimie
Mme S. ROBIN	Physique
M. R. CORRIU	Chimie
Mme N. PARIS	Physiologie Végétale
M. J. ZARZYCKI	Sciences des Matériaux
M. M. MAURIN	Chimie Minérale
M. L. THALER	Paléontologie
M. S. GROMB	Chimie Physique
M. J.V. ZANCHETTA	Chimie Générale
M. P. SABATIER	Mathématiques
M. F. SCHUE	Chimie Organique
M. E. GROUBERT	Physique
M. Ch. CASTAING	Mathématiques
M. M. ROUZEYRE	Physique
M. F. PROUST	Géologie
M. J. PARIS	Biologie Animale
M. A. GROTHENDIECK	Mathématiques
M. C. DURANTE	Physique
M. G. BOUGNOT	Physique
M. G. LECOY	E.E.A
M. R. GAUFRES	Chimie

M. JD BAYLE	Physiologie Animale
M. JL IMBACH	Chimie
M. J.P. FILLARD	E.E.A.
M. N. ROBY	Mathématiques
M. Ph. JEANTEUR	Biochimie
M. M. AMANIEU (I.S.I.)	Hydrologie et Mariculture
M. A. COMMEYRAS	Chimie Organique

Professeurs sans Chaire :

M. G. TOURNE	Chimie
M. J. REMY	Géologie
Mme H. GUASTALLA	Biologie Physico-Chimique
M. R. LENEL	Biologie Animale
M. A. BASSOMPIERRE	Physique
M. R. JONARD	Botanique
M. R. CANO (I.U.T.)	Mesures Physiques
M. P. MOLINO	Mathématiques
M. J. LEGRAND	Physiologie Animale
M. J. D'AUZAC	Physiologie Végétale
M. G. BOUIX	Zoologie
M. M. DENIZOT	Biologie Végétale
M. B. BRUN	Chimie Physique
M. L. GIRAL	Chimie Organique
M. JP QUIGNARD	Zoologie
M. Ph. VIALLEFONT	Chimie
M. A. RAIBAUT	Zoologie
M. P. VITSE	Chimie Minérale
M. J. GRIMAUD (E.N.S.C.M)	Chimie
M. J. GARCIA (I:U.T. NIMES)	Génie Mécanique
M. P. LOUIS	Géophysique Appliquée
M. Cl. BOCQUILLON	Hydrologie
M. A. DONNADIEU	Physique
M. M. LEFRANC	Mathématiques
M. G. MASCHERPA	Chimie
M. C. GOUT	Physique
M. JP. TRILLES (I.U.T.)	Biologie Appliquée
M. F. HALLE	Biologie Végétale
M.G. BORDURE (I.U.T.)	Génie Electrique
M. JP NOUGIER	Electronique
M. M. GODRON	Ecologie Végétale

M. L. LAGARRATTE (I.U.T.)	L.E.A.
M. J. LAPASSET (I.U.T.)	Physique Mesure Physique
M. M. AVEROUS (I.U.T.)	Physique Génie Electrique
M. G. MAURY	Chimie
M. G. LOUPIAS	Mathématiques
M. R. BEN AIM (I.S.I.)	Génie chimique et Traitement des eaux
M. J. CROUZET (I.S.I.)	Biochimie Appliquée
M. L. COT (ENSCM)	Chimie
M. JC CHEFTEL (I.S.I.)	Biochimie Appliquée à l'Alimentation
M. P. JOUANNA (I.U.T.)	Génie Civil
M. H. MATHIEU (I.S.I.)	E.E.A.

Professeurs Associés :

M. M. MICALI	Mathématiques
M. H. BILGER	Physique
M. G. AUBERSON	Mathématiques

Professeurs associés d'Université :

M. L. DAUZIER	Physiologie Animale
M. GALZY	Biochimie
M. C. MAURIN	Biologie Animale
M. R. SENOUILLET	Economie et Gestion
M. E. SERVAT	Géologie
M. C. VAGO	Biologie Animale
Mme M. VAN CAMPO	Biologie Végétale
M. E. VERDIER	Chimie
M. F. WINTERNITZ	Chimie

Maître de Conférences :

M. R. HAKIM	Mathématiques
M. F. LAPSCHER	Mathématiques
Mlle M. LEVY (I.U.T.)	Chimie
M. J. LAGARRIGUE (I.U.T.)	Biologie Appliquée
M. CL DROGUE (I.S.I.)	Hydrogéologie
M. P. GENESTE (E.N.S.C.M.)	Chimie Physique Appliquée

M. Y. PELTRE-WANTZ (E.N.S.C.M.)	Chimie Organique
M. B. LEMAIRE (I.S.I.)	Mathématiques Appliquées Informatique
M. M. VALADIER	Mathématiques
M. JL ROBERT (IUT NIMES)	Génie Electrique
M. O. MAISONNEUVE	Mécanique
M. R. BRUNEL	Physique
M. M. CADENE	Physique
M. P. DELORD	Physique
M. A. PAVIA	Chimie
M. JM BESSIERE	Chimie
M. JP BARD	Géologie
M. P. BESANCON (I.S.I.)	Physiologie de la nutrition appliquée à l'alimentation
M. Y. NOUAZE	Mathématiques
M. J. PETRISSANS	Chimie
M. JY. GAL	Chimie Analytique Appliqué
M. C. BENOIT	Physique
M. H. GIBERT (I.S.I.)	Génie Alimentaire
M. A. LIEGEOIS (I.S.I.)	Automatique
M. B. TARODO DE LA FUENTE (I.S.I.)	Biochimie Appliquée et Techniques des Matières Alimentaires.
M. Y. ESCOUFIER	Informatique
M. A. SANS	Psychophysiologie
M. G. DURAND	Chimie
M.B. FILLIATRE (I.S.I.)	Informatique et Gestion
M. JJ. MACHEIX	Physiologie Végétale
M. P. HINZELIN	Génie Civil
M. Cl. BOKSENBAUM	Informatique
M. G. CAMBON (I.S.I.)	E.E.A
M. J. FERRIE (I.S.I.)	Informatique
M. E. AKUTOWICZ	Mathématiques
M. CH HEBANT	Paléobotanique
M. J. LANCELOT	Géophysique
M. D. AUVERGNE (I.S.I.)	E.E.A
M. B. LEBLEU	Biochimie
M. C. JOUANIN	Physique
M. M. RIBES	Chimie
M. JP ROQUE	Chimie
M. JL AUBAGNAC	Chimie
M. CL ALIBERT	E.E.A

Mlle H. ASTIER	Physiologie Animale
M. F. ARTHAUD	Géologie
M. G. ROYO	Chimie Organique Mesures Physiques.
M. PH.FOUCOU (I.U.T.)	Sciences Economiques

AVANT - PROPOS

Les travaux dont les résultats sont présentés ici, ont été menés au LABORATOIRE D'ECOLOGIE ANIMALE et de ZOOLOGIE AGRICOLE de l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE de MONTPELLIER, INSTITUT NATIONAL de la RECHERCHE AGRONOMIQUE.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à M. le Professeur F. LECLANT, Directeur de ce laboratoire, pour l'accueil qu'il m'a réservé et la confiance qu'il m'a témoignée tout au long de mon séjour. L'occasion m'est offerte de lui rendre hommage pour sa longue expérience de la systématique des Aphides, qu'il a souvent eu l'occasion de me faire partager.

Je suis particulièrement redevable à M. le Professeur A. BOURNIER qui dirigea mon travail de D.E.A. alors qu'il assurait la direction de ce laboratoire. c'est avec un immense plaisir que je lui présente aujourd'hui mes sincères remerciements.

M. le Professeur L. EUZET, titulaire de la Chaire de Parasitologie Comparée à l'U.S.T.L., me fait l'honneur de présider ce Jury. Je suis très heureux de saisir cette occasion de lui présenter ma sincère gratitude et mes plus vifs remerciements.

M. le Professeur G. BOUIX, Professeur de Zoologie-Protistologie à l'U.S.T.L. a bien voulu figurer dans ce Jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Il m'est agréable d'exprimer toute ma gratitude à M. C. A. DEDRYVER pour son accueil particulièrement chaleureux au Centre I.N.R.A. de Rennes et sa contribution fort appréciée à l'identi-

fication des Entomophthorales. Il a bien voulu juger ce travail en participant à ce Jury, je l'en remercie vivement.

Je tiens à remercier également MM. G. IPERTI, J. P. LYON et J. M. RABASSE (Station de Zoologie-Lutte biologique d'Antibes, I.N.R.A.) qui se sont intéressé à mes travaux et qui m'ont aidé dans la détermination d'entomophages.

Je ne saurais oublier le Dr P. STARÝ, chercheur à l'Institut d'Entomologie de l'Académie des Sciences de Tchécoslovaquie, pour sa remarquable compétence sur la systématique des Aphidiides. Il m'a encouragé dans mes recherches et a suscité ma persévérence dans l'identification des Hyménoptères parasitoïdes. J'ai vivement apprécié le concours de MM. Z. BOUČEK et J. QUINLAN de l'Institut d'Entomologie du Commonwealth pour la détermination des Ptéromalidés et des Alloxystidés.

Qu'il me soit permis de remercier tout le personnel du laboratoire de Zoologie pour l'aide qui m'a été aimablement apportée et pour le soutien constant qu'il m'a toujours accordé.

Je voudrais remercier particulièrement Melle Michèle BOISSEAU qui, avec beaucoup de gentillesse et de dévouement, m'a apporté une précieuse aide pour le règlement de certaines questions administratives.

Je remercie également MM. G. CARRAUX, G. PUCH et A. THOMAS pour leur contribution fort utile sans laquelle ce travail n'aurait pas pu aboutir.

Enfin, c'est à ma famille et à tous mes amis que vont mes pensées les plus affectueuses en témoignage de reconnaissance pour tout ce qu'ils m'ont donné.

S O M M A I R E

page

INTRODUCTION 1

PREMIERE PARTIE : GENERALITES 3

Chapitre premier : Les Pucerons des céréales 4

1. Les espèces 4
1.1. Les Pucerons des organes aériens 4
1.2. Les Pucerons des racines 4

2. Les cycles biologiques 5

3. Importance de la plante-hôte pour la pérennité des cycles 8

4. Les nuisances 8

5. La lutte antiaphidienne 9

Chapitre deuxième:Les ennemis naturels 10

1. Les prédateurs 10
1.1. Les *Coccinellidae* 10
1.2. Les *Syrphidae* 11
1.3. Les autres prédateurs 12

2. Les parasitoïdes 12
2.1. Les parasitoïdes primaires 13
2.1.1. Période d'activité 13
2.1.2. Utilisation de l'hôte 14
2.1.3. Spécificité parasitaire 14
2.1.4. Les espèces 15
2.2. Les parasitoïdes secondaires 15

3. Les agents entomopathogènes 16

DEUXIEME PARTIE : EVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS DES CEREALES; REGULATION PAR LES ENNEMIS NATURELS..... 19

Chapitre premier : le milieu 20

1. Localité - sol 20

2. Données climatiques 20

2.1 L'année climatologique 1980 20

2.2. L'année climatologique 1981 22

Chapitre deuxième: Méthodes d'étude 25

1. Conditions agronomiques 25

1.1. Semis 25

1.2. Précédent cultural 25

1.3. Apports nutritifs 25

1.4. Desherbage 25

2. Dispositif expérimental 25

3. Echantillonnage 25

3.1. Intensité d'échantillonnage 25

3.2. Observations et prélèvements d'échantillons 27

4. Le piégeage 30

4.1. La tour à aspiration 30

4.2. Les pièges jaunes 30

4.3. Intérêt des deux principes de piégeages 33

5. Considérations phytotechniques 34

5.1. Influence des facteurs climatiques sur le développement du blé 34

5.2. La verse 34

5.3. Les maladies 34

Chapitre troisième : Résultats 36

1. Evolution spatio-temporelle des populations 36

1.1. La contamination des cultures 36

1.1.1. Détection des premiers ailés 37

1.1.2. Origine des migrants 38

1.1.3. Influence de la température sur l'activité migratoire 39

1.1.4. Importance de la date de contamination pour le développement des colonies 43
1.2. Evolution générale des populations 44
1.2.1. Evolution en 1980 44
1.2.1.1. Accroissement des populations 45
1.2.1.2. Fin de l'accroissement et niveaux maximums des populations 45
1.2.1.3. Déclin des populations 48
1.2.1.4. Nouvelle phase d'accroissement 48
1.2.1.5. Déclin et disparition des populations 49
1.2.1.6. Conclusion 49
1.2.2. Evolution en 1981 49
1.2.2.1. Accroissement des populations 49
1.2.2.2. Fin de l'accroissement et niveaux maximums des populations 51
1.2.2.3. Déclin et disparition des populations 51
1.2.2.4. Conclusion 51
1.3. Structure démographique des populations 51
1.3.1. Variation de la production de formes ailées selon les années 52
1.3.2. Variation de la production de formes ailées selon les espèces 54
1.3.2. Cas de *R. padi* 54
1.4. Evolution de la répartition verticale des populations sur la plante 54
1.4.1. Description du phénomène pour chacune des espèces 55
1.4.1.1. *Metopolophium dirhodum* 55
1.4.1.2. *Metopolophium festucae* 57
1.4.1.3. *Rhopalosiphum padi* 57
1.4.1.4. *Sitobion avenae* 59
1.4.1.5. Discussion 59
1.4.2. Comparaison des taux potentiels d'accroissement des populations sur chaque étage de la plante. Stabilité des populations 61

1.4.3. Evolution de la répartition des éléments de population sur chaque étage de la plante 62
1.4.4. Influence des ennemis naturels sur le mode de répartition verticale des populations 67
1.5. Localisation des Pucerons sur les feuilles 67
1.5.1. Evolution temporelle de la localisation des différentes espèces 67
1.5.2. Evolution spatiale de la localisation des différentes espèces 69
1.5.3. Comportement spécifique de chaque type de Puceron 69
2. Importance des ennemis naturels 70
2.1. Les Coccinelles 70
2.1.1. Coïncidence chronologique entre les pullulations de Pucerons des céréales et l'intervention des Coccinelles 70
2.1.1.1. *Coccinella septempunctata* 70
2.1.1.2. *Adonia variegata* 71
2.1.2. Importance et limites des potentialités des deux espèces 72
2.2. Les Syrphes 72
2.2.1. Importance relative des différentes espèces sur céréales 72
2.2.2. Rôle des Syrphes dans le contrôle des populations de Pucerons 73
2.2.2.1. L'activité de ponte 73
2.2.2.2. La prédation 74
2.2.2.3. Les potentialités 74
2.3. Les parasitoïdes 77
2.3.1. Problèmes posés par l'identification des espèces 77
2.3.2. Importance relative des différentes espèces de parasitoïdes 79
2.3.3. Stades parasités dans les conditions naturelles . 80
2.3.4. Evolution du parasitisme 81
2.3.4.1. Répartition des Pucerons momifiés sur la plante 81

2.3.4.2. Expression de l'évolution globale du parasitisme 82
2.3.4.3. Structure et évolution du complexe pararsitaire associé aux populations, en 1980 82
2.3.5. Spécificité parasitaire 85
2.3.6. Sex-ratio 88
2.3.7. Importance des parasitoïdes dans la régulation des populations aphidiennes sur céréales 89
2.4 Les agents entomopathogènes: les Entomophthorales . . 91
2.4.1. Intensité et durée des épizooties 91
2.4.2. Abondance relative des espèces et relations hôtes-pathogènes 93
2.4.3. Répartition verticale des Aphides mycosés 94
2.4.4. Structure de la fraction mycosée 95
2.4.5. Conclusion 95

Discussion et conclusion 96

1. Importance des conditions climatiques 96
2. Importance de la plante-hôte 97
3. Importance des ennemis naturels 97

TROISIEME PARTIE : INFLUENCE DE LA DATE DE SEMIS SUR L'EVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS DES CEREALES 99

Chapitre premier : Le milieu 100

Chapitre deuxième : Méthodes d'étude..... 101

1. Conditions agronomiques 101
1.1. Semis 101
1.2. Apports nutritifs 101
1.3. Desherbage 101
2. Dispositif expérimental 101
3. Echantillonnage 101
4. Considérations phytotechniques 104

4.1. Influence du facteur "date de semis" sur le développement du blé 104
4.2. Incidence écologique des semis trop tardifs 104

Chapitre troisième : Résultats 106

1. Les contaminations 106

2. Etude comparative de l'évolution des populations 107
2.1. L'accroissement 111
2.1. Fin de l'accroissement 111
2.3. Déclin des populations 112
2.4. La recontamination 112

3. Répartition des ennemis naturels sur les parcelles I et II en fonction de leur niveau d'infestation. 112

Discussion et conclusion 115

QUATRIEME PARTIE : INFLUENCE DE LA SENSIBILITE VARIETALE DU BLE ET DE L'ORGE SUR L'EVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS 117

Chapitre premier : Le milieu..... 119

Chapitre deuxième : Méthodes d'étude 120

1. Conditions agronomiques 120
1.1. Semis 120
1.2. Précédent cultural 120
1.3. Apports nutritifs 120
1.4. Desherbage 120

2. Choix des variétés 120

3. Dispositif expérimental 121

4. Echantillonnage 121
4.1. Intensité d'échantillonnage 121
4.2. Observations et prélèvements d'échantillons 121

5. Considérations phytotechniques 125

5.1. Différences morphologiques 125
5.2. Différences de précocité 125
5.3. Autres différences 127

Chapitre troisième : Résultats..... 128

1. Evolution générale des populations sur l'ensemble des parcelles 128

2. Traitement des données 129

3. Etude de la sensibilité variétale du blé tendre aux principales espèces de Pucerons 130
3.1. Analyse des données de l'essai 1980 131
3.1.1. Interprétation des axes 131
3.1.2. Etude du tableau de contingence 134
3.2. Analyse des données de l'essai 1981 134
3.2.1. Interprétation des axes 134
3.2.2. Etude du tableau de contingence 136
3.3. Analyse des données propres à *S. avenae* 136
3.3.1. Interprétation des axes 136
3.3.2. Etude du tableau de contingence 139
3.4. Discussion 139

4. Etude de la sensibilité variétale de l'orge aux principales espèces de Pucerons 141
4.1. Première analyse des données de l'essai 1980 141
4.2. Seconde analyse des données de l'essai 1980 142
4.3. Analyse des données de l'essai 1981 144
4.4. Discussion 144

Conclusion 147

CINQUIEME PARTIE : INTRODUCTION A L'ETUDE DE LA BIOLOGIE D'*APHIDIUS RHOPALOSIPHI* DE STEFANI-PEREZ (HYM. APHIDIIDAE) ET DE SON HOTE *SITOBION AVENAE* FABRICIUS (HOM. APHIDIDAE)..... 148

Chapitre premier : Matériel et méthodes..... 150

1. Culture et élevage. 150
   1.1. Culture du blé 150
   1.2. Elevage de l'hôte: *S. avenae* 150
   1.3. Elevage du parasitoïde: *A. rhopalosiphi* 150

2. Dispositif expérimental 152

3. Manipulation des parasitoïdes 153
   3.1. L'accouplement 153
   3.2. L'oviposition 153

4. Observations 155

Chapitre deuxième : Résultats et discussion..... 156

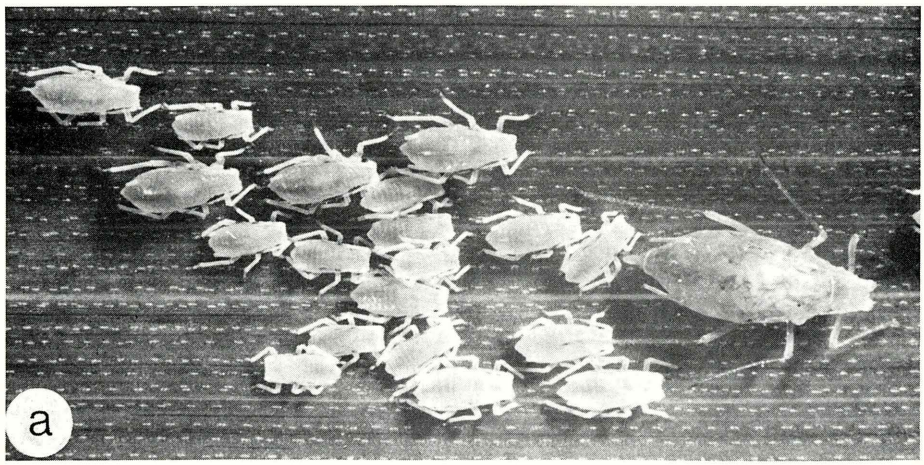
1. Développement de *S. avenae* et de son parasitoïde primaire: *A. rhopalosiphi*, à 15 et 20°C. 156
   1.1. Durée de développement de *S. avenae* sain 156
   1.2. Durée de développement de *S. avenae* parasité 158
   1.3. Durée de développement d'*A. rhopalosiphi* 161
   Conclusion 161

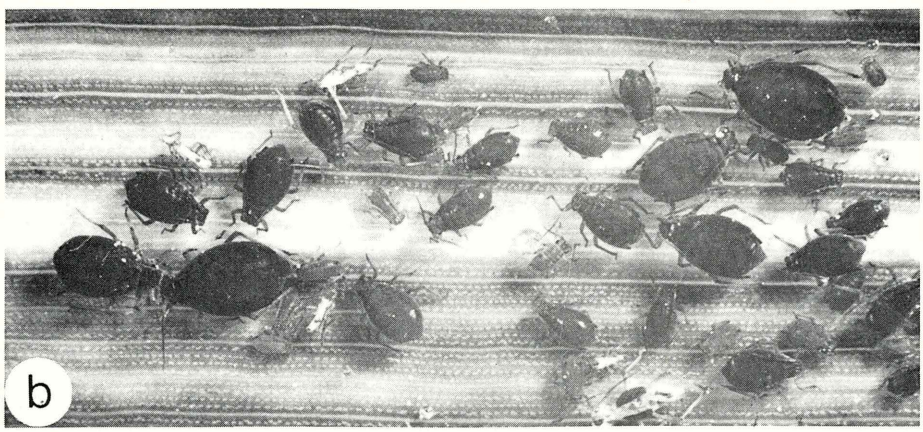
2. Incidence du parasitoïde *A. rhopalosiphi* sur la fécondité de son hôte *S. avenae*, à différentes températures 163
   2.1. Fécondité de *S. avenae* sain 163
   2.2. Fécondité de *S. avenae* parasité 163
   Conclusion 166

RESUME ET CONCLUSION GENERALE 167

BIBLIOGRAPHIE 170

ANNEXES..... 178





Colonies de Pucerons sur blé:

a) *Metopolophium dirhodum* WLK.

b) *Rhopalosiphum padi* L.

c) *Sitobion avenae* F.

INTRODUCTION

Longtemps considérés comme des déprédateurs occasionnels sur céréales, les Pucerons ont suscité récemment un accroissement d'intérêt après les pullulations de 1967 dans le Sud-Ouest de la France (LECLANT, 1969) et surtout de 1975 dans la moitié Nord de la France (REMAUDIERE et al., 1976). Le déséquilibre écologique serait sans doute lié à des causes profondes telles que l'augmentation des surfaces en céréales à paille et au bouleversement des assolements céréaliers provoqués par l'introduction quasi-généralisée du maïs dans les rotations (DEDRYVER, 1980). Cette céréale s'est révélée être une plante relai très importante dans le cycle biologique des Pucerons. D'autres raisons d'ordre conjoncturel peuvent être invoquées, en particulier les aléas climatiques.

Si les dégâts directs peuvent être imputés aux pullulations aphidiennes, il n'en n'est pas moins vrai que ces ravageurs constituent les principaux vecteurs des maladies à virus. La lutte chimique telle qu'elle a pu être pratiquée en certaines occasions, représente un réel danger à partir du moment où les produits utilisés ont été, la plupart du temps, mal appliqués, risquant ainsi à plus ou moins long terme de perturber sensiblement les écosystèmes céréaliers.

La région de Montpellier, comme toutes les régions situées en bordure de la Méditerranée, ne présentent pas cette grande vocation céréalière que l'on attribue souvent à des zones plus occidentales (Gers, Lauragais...) ou plus septentrionales (Bassin Parisien, Champagne...). Néanmoins les cultures de céréales ne sont pas totalement absentes (122 040 ha en 1979) en Languedoc et devant les risques d'invasion qui les menacent, il apparait important de prévoir des méthodes de lutte efficaces et rationnelles en tenant compte des réalités climatiques et écologiques de ces régions.

- Dans un premier temps, il nous a semblé tout à fait opportun d'étudier les caractéristiques biologiques des déprédateurs en cause. Cette étude est indispensable si l'on veut établir des systèmes prévisionnels

fondés sur des renseignements concernant les déplacements de populations ailées et sur les observations de routine effectuées directement sur les cultures. Nous devions par ailleurs, nous pencher sur l'ensemble de l'agro-biocoenose et prendre en compte les différents éléments susceptibles de présenter un intérêt pour une solution écologique à la protection des céréales.

- La mise en oeuvre de nouvelles techniques culturales peut conduire à la limitation des populations, soit directement, en recherchant les dates de semis convenables par exemple, soit indirectement en diversifiant les cultures, voire les variétés, favorisant ainsi le développement des ennemis naturels et la multiplication des espèces. Dans le cadre de ces mesures préventives, nous avons été amenés à étudier l'influence de la date de semis sur l'évolution des principales espèces de ravageurs.

- En complément de ces mesures, il convenait d'insister sur les orientations possibles de la lutte génétique qui aurait permis dans l'avenir, de produire des variétés résistantes aux déprédateurs. Pour l'heure, l'étude de la sensibilité variétale du blé et de l'orge à l'égard des Aphides, est un aspect important que nous avons essayé de développer.

- Bien que les expérimentations de terrain aient occupé une très grande place dans nos recherches, nous n'avons pas délaissé pour autant le travail de laboratoire dont les implications peuvent être importantes. Il nous a paru intéressant de nous consacrer à l'étude biologique d'un parasitoïde très fréquent sur céréales: *Aphidius rhopalosiphi* DE STEFANI-PEREZ et de son hôte *Sitobion avenae* FABRICIUS.

PREMIERE PARTIE

G E N E R A L I T E S

Les Pucerons des céréales

Les ennemis naturels

Chapitre premier

LES PUCERONS DES CEREALES

1. Les espèces.

Dans le Midi de la France, on peut rencontrer une dizaine d'espèces de Pucerons sur céréales. Leur fréquence et leur abondance sont très variables d'une année à l'autre selon les céréales attaquées (LECLANT, 1974).

Certains Pucerons colonisent les organes aériens, d'autres dont la présence passe souvent inaperçue, se développent sur les racines.

1.1. Les Pucerons des organes aériens.

Parmi les plus abondants dans nos régions, nous citerons: *Sitobion avenae* F., *Rhopalosiphum padi* L., *Metopolophium dirhodum* WLK.. Localement, certaines années, des niveaux alarmants sont atteints. Nous devons donc les considérer comme des déprédateurs non négligeables des céréales.

La présence de *Rhopalosiphum maïdis* FITCH est très variable. Elle se situe principalement lors de la montaison. L'orge est particulièrement affecté.

Metopolophium festucae WLK., beaucoup moins fréquent, a été considéré jusque-là comme un ravageur peu important.

Schizaphis graminum ROND. se rencontre épisodiquement dans le Sud de la France alors qu'en Roumanie (BARDULESCÚ, 1974), en Espagne, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord (LECLANT, 1974), il cause d'importants dégâts.

De façon très sporadique, il est possible de trouver *Sitobion fragariae* WLK., *Sipha (Rungsia) maïdis* PASS., *Myzus persicae* SULZ., ainsi que *Sipha (Rungsia) elegans* DEL GU. et *Diuraphis (Holcaphis) sp.*.

1.2. Les Pucerons des racines.

Ils ne semblent pas présenter de grand danger pour les cultures. Nous citerons: *Tetrameura ulmi* L., *Forda formicaria* V. HEYD., *Geoica utri-*

cularia PASS., *Baizongia pistachiae* L., *Anoecia corni* F. et *Rhopalosiphum insertum* WLK..

Dans cette étude, quatre espèces principales vont retenir notre attention: M. *dirhodum*, M. *festucae*, R. *padi* et S. *avenae*. Toutefois, nous serons amenés à montrer l'importance relative de quelques autres espèces rencontrées lors de nos observations.

2. Les cycles biologiques.

Parmi les quatre espèces citées, M. *festucae* et S. *avenae* sont monoéciques sur graminées, c'est-à-dire que leur cycle se réalise sur le même type d'hôte. Par contre, R. *padi* et M. *dirhodum* sont normalement diéciques, successivement sur Rosacées et Graminées (HILLE-RIS-LAMBERS, 1947). Primitivement, ces espèces ont été décrites comme holocycliques, ce qui signifie que leur cycle de développement présente une phase sexuée où l'oeuf constitue la forme de résistance aux conditions défavorables de l'hiver (Fig. 1).

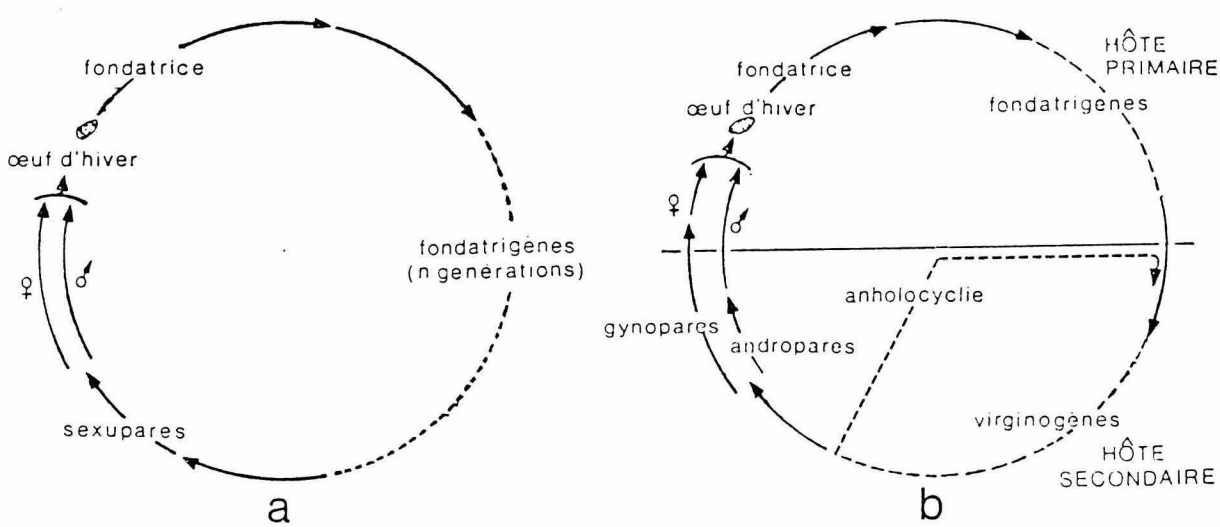


Fig. 1 : Cycle évolutif d'un puceron monoécique (a) et d'un Puceron hétéroécique présentant un anholocycle sur l'hôte secondaire (b).

En région méditerranéenne, les conditions climatiques hivernales sont telles que chacun des cycles de développement échappe généralement, comme nous allons le voir, aux règles précédemment citées.

Les espèces monoéciques.

M. festucae est un Aphide allongé, assez gros, avec des appendices pâles. L'ailé présente un abdomen jaunâtre rayé de bandes sombres. Dans nos régions, comme en principe dans toute l'Europe de l'Ouest, *M. festucae* passe l'hiver de façon anholocyclique sur des feuilles de graminées ou des repousses de céréales (HILLE-RIS-LAMBERS, 1947) (Fig. 2).

S. avenae, le gros Puceron des céréales, hiverne le plus souvent sous forme de virginipare sur graminées spontanées (*Dactylis glomerata, Bromus sp., Festuca sp., Hordeum murinum etc*) (LECLANT, 1974). Les pourcentages d'hivernation à l'état d'oeuf semblent tout à fait liés aux conditions climatiques de l'hiver.

Les espèces diéciques.

R. padi est un Puceron globuleux, vert sombre avec une tache brun-rouge en arrière des cornicules. Le cycle normal de *R. padi* admet comme hôte primaire, le Merisier à grappes (*Prunus padus*), arbuste pratiquement inexistant dans la région méditerranéenne. *R. padi* présente par conséquent un anholocycle sur l'hôte secondaire, ce qui constitue sa seule chance de survie durant l'hiver. On le rencontre très fréquemment sur graminées spontanées, en particulier à la base des tiges ou sous les feuilles basales des plantes (LECLANT, 1974).

M. dirhodum, gros Puceron jaune-verdâtre à appendices pâles, admet comme hôte primaire, les rosiers ornementaux et sauvages (*Rosa sp.*). On connait cependant peu de choses de sa biologie lors de son passage sur l'hôte primaire. Comme chez les espèces précédentes, l'anholocyclie semble prédominante chez *M. dirhodum*. Il se maintient à l'état de virginipare sur l'hôte secondaire durant toute la période hivernale.

Remarque.

Chez les espèces hétéroéciques, le passage de la plante-hôte primaire à la plante-hôte secondaire réalisé par les fondatrigènes ailés, constitue ce que l'on appelle: le vol d'émigration; le retour vers l'hôte primaire est appelé vol de rémigration ou vol de retour. On dit qu'il s'agit d'espèces migrantes et qu'il y a migration.

Chez les espèces monoéciques par contre, on ne trouve pas de telles migrations; on observe seulement des vols de dissémination qui assurent la colonisation de plantes ayant la même valeur dans le cycle des insectes. Toutefois, chez ces espèces, on utilise parfois, par extension, le terme de migration pour désigner les déplacements d'individus ou de populations de plante à plante ou encore d'un organe à un autre sur une même plante. C'est aussi dans de sens que nous utiliserons le terme de migration.

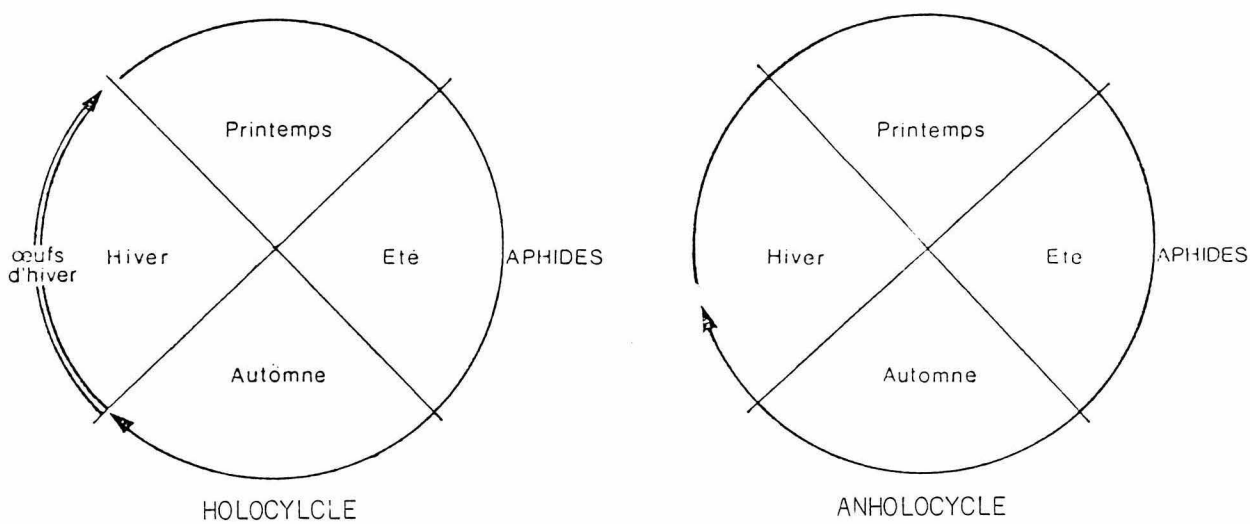


Fig. 2 : Comparaison entre un cycle holocyclique et un cycle anholocyclique (d'après RABASSE, 1974).

3. Importance de la plante-hôte pour la pérennité des cycles.

La prédominance de l'anholocyclie chez les différentes espèces exige qu'il y ait constamment des hôtes susceptibles de les héberger au fur et à mesure que les saisons se succèdent.

Dans certaines régions, le processus semble particulièrement facilité. En Bretagne par exemple, après maturation des céréales à paille, les populations d'ailés viennent coloniser les plantes-relais telles que le maïs, se maintenant ainsi jusqu'à la récolte en octobre. Après dissémination, ce sont les graminées sauvages et les repousses de céréales qui servent de réservoir aux hivernants (ROBERT & ROUZE-JOUAN, 1975).

4. Les nuisances.

Les Pucerons des céréales provoquent des dégâts sur les plantes-hôtes, principalement sur les cultures, suivant des modalités diverses.

- En premier lieu, leur action est spoliatrice.

Comme tous les *Aphididae*, ils prélèvent leur nourriture sous forme de sève élaborée. L'ampleur de la déprédation peut entraîner des pertes de rendement, notamment par la diminution du nombre de grains par épi (ANGLADE, 1969) et du poids des grains (RAUTAPAÄ, 1968 a et b). Par contre la qualité des céréales, principalement la teneur en protéines, ne semble pas subir de modifications notables.

L'excrétion abondante de miellat forme un dépôt à la surface des feuilles et entrave le bon fonctionnement des échanges gazeux du végétal.

Chez certaines espèces, l'injection de salive toxique provoque des troubles physiologiques plus ou moins graves, se traduisant par des modifications importantes de la coloration du feuillage.

- En second lieu et d'une manière plus indirecte, les Pucerons des céréales présentent une nuisibilité incontestable par leur aptitude à transmettre des virus phytopathogènes. Maïs et céréales à paille sont des hôtes de choix. Le virus de la jaunisse nanisante de l'orge (J.N.O.) ou "Barley

Yellow Dwarf Virus (B.Y.D.V.)" est le plus connu. C'est un virus persistant pour lequel *R. padi* représente le vecteur le plus efficient. La maladie provoque des modifications physiologiques de la plante: nanisme, retard et réduction de l'épiaison.

5. La lutte antiaphidienne.

Une lutte rentable contre un déprédateur n'est possible qu'à condition de connaître le seuil économique de nuisances de ses populations. LATTEUR (1976) précise que le seuil économique de nuisances des pucerons des céréales est un nombre minimum moyen de Pucerons à observer par talle ou partie de celle-ci, à un stade phénologique donné de la plante et capable d'engendrer des populations suffisamment importantes pour causer à la culture une diminution de rentabilité économiquement récupérable que l'on peut appeler "dommage économique". Celui-ci représente le coût du traitement.

Si de nombreux pesticides montrent une grande efficacité contre les Pucerons des céréales, l'usage même raisonné de ces produits peut entraîner, à plus ou moins long terme, des conséquences néfastes pour la culture et son environnement. Aussi, dans le cadre de la lutte intégrée, la lutte chimique ne devrait-elle pas être employée tant que les auxiliaires naturels s'avèrent suffisants pour maintenir les ravageurs au-dessous de leur seuil économique de nuisances. Précisons d'ailleurs que beaucoup d'auteurs reconnaissent aujourd'hui l'importance considérable des organismes aphidiphages et entomophages dans la régulation naturelle des populations.

Chapitre deuxième

LES ENNEMIS NATURELS

Les ennemis naturels des Aphides sont particulièrement importants pour deux raisons essentielles: d'abord, ils peuvent contribuer à limiter l'expansion des populations durant les périodes où elles se développent le mieux, donc à limiter les pullulations, ensuite ils assurent la régulation générale des populations d'une année à l'autre (VICKERMAN & WRATTEN, 1979). Nous distinguerons trois types d'agents:

- les prédateurs
- les parasitoïdes
- les agents entomopathogènes.

1. Les prédateurs.

Par définition, ce sont des animaux libres qui se nourrissent aux dépends de proies afin d'assurer leur propre survie.

En région méditerranéenne, les espèces les plus communes mais aussi les plus visibles et les plus spécifiques, rencontrées sur céréales, appartiennent aux *Coccinellidae* (Coléoptères) et aux *Syrphidae* (Diptères).

Leur intérêt en tant que prédateurs dépend à la fois de leur densité, de leur degré de voracité et de leur aptitude à synchroniser leur activité avec celle de leurs proies.

1.1. Les *Coccinellidae*.

Elles comportent un certain nombre d'espèces aphidiphages dont l'importance agronomique n'est plus à démontrer. La période durant laquelle les Coccinelles manifestent une activité prédatrice correspond à la période de reproduction où larves et adultes ont besoin de se nourrir (RABASSE et al, 1978). La durée d'un tel phénomène reste très lié aux particularités biologiques de chaque espèce et aux conditions géoclimatiques considérées. Ces dernières déterminent le nombre de générations annuelles (voltinisme) et partant, le ralentissement ou l'arrêt saisonnier de l'activité de ces insectes (IPERTI, 1961).

En général, la plupart des espèces aphidiphages présentent une capacité prédatrice élevée au cours du printemps. D'après LATTEUR (1973), une larve de Coccinelle consomme 200 à 600 Pucerons au cours de son développement. IPERTI (1961) indique 250 à 800 Pucerons du troisième stade larvaire, selon l'espèce considérée. Il précise aussi qu'en élevage, les adultes des différentes espèces aphidiphages consomment en moyenne et par jour, 150 à 200 Pucerons du troisième stade.

Sur céréales, nous avons rencontré principalement:

- *Coccinella septempunctata* L.
- *Adalia bipunctata* L.
- *Propylea quatuordecimpunctata* L.
- *Adonia variegata* GOEZE
- *Exochomus flavipes* THIMB.

1.2. Les *Syrphidae*.

Parmi les Diptères, les larves de Syrphes comptent sans aucun doute parmi les ennemis les plus redoutables des Pucerons.

Au cours du printemps, les femelles, exclusivement floricoles, pondent d'une manière très échelonnée et très isolée au sein même des populations aphidiennes. Dès leur éclosion, les larves se mettent en quête de proies qu'elles sucent complètement.

Les larves d'*Episyrphus balteatus* DEGEER consomment environ 400 à 500 Pucerons durant leur activité dont la durée peut varier d'une à deux semaines (LYON, 1971).

Les effectifs de Syrphes semblent conditionnés beaucoup plus par l'abondance des individus immigrants et par l'abondance de leurs pontes que par le nombre d'individus nés sur place (REMAUDIERE & LECLANT, 1971). Migration et voltinisme chez les espèces aphidiphages constituent les facteurs déterminants dans l'efficacité de la prédation. Globalement, il n'existe pas de période de pullulation de Pucerons où les Syrphes soient absents, d'autant que l'aptitude au vol des adultes et leur capacité de rétention des pontes jouent, en dehors des différents cas de diapause, un rôle impor-

tant dans l'adaptation aux conditions temporairement défavorables (LYON, 1965).

Les espèces rencontrées sont les suivantes:

- *Episyrphus baltëatus* DEG.
- *Scaeva pyrastri* L.
- *Sphaerophoria scripta* L.
- *Syrphus vitripennis* MEIGEN
- *Metasyrphys corollae* FABA
- *Melanostoma mellinum* L.

1.3. Les autres prédateurs.

Nous pouvons citer les *Chrysopidae* et *Hemerobiidae* (Névroptères) dont les larves et dans certains cas les adultes, constituent de grands prédateurs de Pucerons. Leur présence sur le blé semble particulièrement rare (LATTEUR, 1976). Au cours de nos observations, nous n'avons prélevé qu'un seul individu du genre *Chrysopa*.

Un certain nombre d'autres prédateurs peuvent en outre présenter une activité aphidiphage plus discutée sur céréales. Nous citerons simplement:

- les *Chamaemyiidae* (Diptères)
- " *Itonididae* (Diptères)
- " *Hemerobiidae* (Névroptères)
- " *Anthocoridae* (Hétéroptères)
- " *Miridae* (Hétéroptères)
- " *Nabidae* (Coléoptères)
- " *Carabidae* (Coléoptères)
- " *Staphylinidae* (Coléoptères)
- " *Telephoridae* (Coléoptères).

2. Les parasitoïdes.

Ce sont des organismes vivants qui se développent aux dépends

d'un autre organisme qui leur assure certaines relations avec le milieu extérieur. Contrairement aux parasites, les parasitoïdes sont amenés à tuer rapidement leur proie.

Malgré la généralisation du terme "parasite" par de très nombreux auteurs, nous nous conformerons aux définitions actuelles, plus précises, compte tenu de l'évolution de nos connaissances en Parasitologie. Nous emploierons donc le terme "parasitoïde".

2.1. Les parasitoïdes primaires.

Chez les Pucerons des céréales, les parasitoïdes primaires appartiennent presque exclusivement à l'ordre des Hyménoptères et plus précisément à la famille des *Aphidiidae* (*Ichneumonidea*) et la famille des *Aphelinidae* (*Chalcidoïdea*) dont quelques espèces sont des auxiliaires très efficaces, *Aphelinus mali* HALDEMAN étant le plus illustre (BONNEMAISON, 1965; MICHEL, 1969). Cependant, les *Aphelinidae* sont rarement rencontrés dans les champs de céréales (RABASSE & DEDRYVER, sous presse) et d'une manière générale, ils sont peu fréquents dans la nature (MICHEL, 1972).

De nombreuses études écologiques ont été consacrées à l'action de ces Hyménoptères, toutefois leur intérêt dans le contrôle des populations de Pucerons des céréales semble encore mal perçu pour diverses raisons:

- selon les régions, leur action est généralement masquée par l'intervention des prédateurs et des agents entomopathogènes.

- d'une année à l'autre, l'abondance relative de ces parasitoïdes peut être fortement modifiée par la présence des parasitoïdes secondaires appelés encore hyperparasites (DEAN et al, 1981; JONES, 1972).

2.1.1. Période d'activité.

D'après DEAN (1974a) et JONES (1979), il existerait une synchronisation plus ou moins étroite des Hyménoptères ennemis et des ailés de contamination sur céréales, selon les années, au moment de la reprise d'activité du début de saison. Pour les Pucerons de la Pomme de terre, ROBERT (1980) explique le phénomène de synchronisation par l'ajustement évolutif

du parasitoïde par rapport à son hôte. Il précise aussi que les écarts sont liés à l'action de la température qui intervient sur l'équilibre du couple Puceron-Hyménoptère dont les deux termes présentent des seuils de développement et des constantes de température différents. Dans certains cas de parasitisme précoce, les ailés de contamination et les parasitoïdes primaires sont présents simultanément sur les cultures par le simple fait que certains ailés sont porteurs d'oeufs ou de larves de ces parasitoïdes. Chez les *Aphidiidae*, l'activité cesse généralement au début de l'été pour une longue période de diapause, mais on ignore encore ce qui détermine l'intensité et la durée de la diapause (DEAN et al, 1981).

2.1.2. Utilisation de l'hôte.

La femelle pond à l'intérieur de l'hôte à l'aide de sa tarière. Une seule larve se développe en se nourrissant des tissus vivants du puceron. Ce dernier s'immobilise puis meurt au bout de huit à dix jours; son abdomen devient globuleux et sa cuticule se pigmente plus ou moins selon l'espèce. Avant de se nymphoser, le parasitoïde tisse un cocon qui, placé soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de l'hôte, demeure fixé au substrat. Du Puceron il ne reste plus que le tégument que l'on nomme communément "momie". Cette dernière contient ou recouvre la nymphe. Enfin l'imago peut émerger après avoir découpé un orifice circulaire dans la partie dorsale de la momie, généralement situé entre les cornicules.

2.1.3. Spécificité parasitaire.

D'une façon générale, dans le milieu naturel, les Hyménoptères parasitoïdes présentent chacun un spectre d'hôtes réels important, constitué d'un ensemble d'espèces de Pucerons connues susceptibles d'être attaquées dans une aire de distribution déterminée.

L'intervention de l'Homme sur le milieu, en créant des agroécosystèmes, a forcément influencé la spécificité parasitaire. Dans un agroécosystème donné, on assiste à une réduction du spectre d'hôtes réels qui se limite à une seule ou un petit nombre d'espèces aphidiennes nuisibles, ce qui constitue en quelque sorte une dégradation secondaire de la spécificité parasitaire (STARY, 1978).

Le degré d'adaptation à ces nouvelles conditions (cycle de vie, lieux d'hivernation, etc) semble être la seule règle de survie.

2.1.4. Les espèces.

Dans la région de Montpellier, nous avons rencontré plusieurs espèces sur céréales, appartenant à la seule famille des *Aphidiidae*.

Dans le genre *Aphidius* NEES où la momie renferme totalement le cocon:

- le complexe *Aphidius rhopalosiphi* DE STEFANI-PEREZ et *Aphidius uzbekistanicus* LUZHETZKI est constitué de deux espèces très contestées, qui font actuellement l'objet de profondes confusions. Nous apporterons des précisions sur ces deux espèces dans la deuxième partie. Elles se développent sur *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*.

- *Aphidius matricariae* HALIDAY se trouve fréquemment sur *R. padi*. STARY (1973) indique aussi *S. graminum* ROND.

- *Aphidius picipes* NEES a été mis en évidence sur *M. dirhodum* et *M. festucae* ainsi que sur *S. avenae*.

- *Aphidius ervi* HALIDAY, quoique fréquent sur les Pucerons des céréales (RABASSE & DEDRYVER, sous presse) n'a pas été observé dans nos prélèvements.

Chez le genre *Praon* HALIDAY où la momie recouvre le cocon, tissé à l'intérieur:

-*Praon volucre* HALIDAY est présent sur *M. dirhodum*, *M. festucae* et sur *S. avenae*. STARY (1979) indique aussi *R. padi*.

2.2. Les parasitoïdes secondaires.

Dans le complexe parasitaire des Pucerons des céréales, les parasitoïdes secondaires sont représentés par des Hyménoptères qui se développent aux dépends de parasitoïdes primaires. Le processus de reproduction se déroule selon le même principe: la femelle dépose ses oeufs soit à l'intérieur, soit autour de la larve ou de la nymphe de l'hôte. Après éclosion, un seul individu se développe, entraînant la mort de l'hôte.

Lorsqu'ils sont présents dans le milieu, les parasitoïdes secondaires entravent la multiplication des *Aphidiidae* et des *Aphelinidae*, réduisant ainsi l'action régulatrice de ces derniers sur les populations aphidiennes.

DEAN (1974a) indique que leur période d'activité semble plus longue que celle ces parasitoïdes primaires, probablement en raison de leur aptitude à parasiter d'autres types d'hôtes. Ils présentent en effet une certaine tendance à la polyphagie.

Les espèces rencontrées appartiennent à différentes familles:

- les *Pteromalidae* (*Chalcidoïdea*)
  - *Asaphes vulgaris* WLK.
  - *Asaphes suspensus* NEES
  - *Pachyneuron aphidis* BOUCHE
  - *Pachyneuron formosum* WLK.
  - *Pachyneuron muscarum* L.
  - *Coruna clavata* WLK.
- les *Cynipidae* (*Cynipoïdea*)
  - *Alloxysta victrix* WESTWOOD
  - *Alloxysta sp.*
  - *Phaenoglyphis sp.*

3. Les agents entomopathogènes.

Les principaux agents responsables d'épizooties chez les Pucerons de céréales appartiennent au groupe des Champignons Zygomycètes et plus précisément à l'ordre des Entomophthorales.

La transmission de la maladie se fait par l'intermédiaire des conidies. Projetées sur le tégument de l'hôte, les conidies émettent un tube germinatif qui pénètre dans le corps. Des filaments mycéliens se développent et envahissent complètement l'hémocoele. Le Puceron meurt au bout de 48 heures.

Dans des conditions hygrométriques suffisantes, de nombreux hy-

phes traversent la cuticule et forment des conidies qui sont à l'origine de nouvelles contaminations. Dans des conditions défavorables, la mycose évolue dans un sens différent: la conjugaison d'hyphes deux à deux, aboutit à la formation de spores de résistance (Fig. 3).

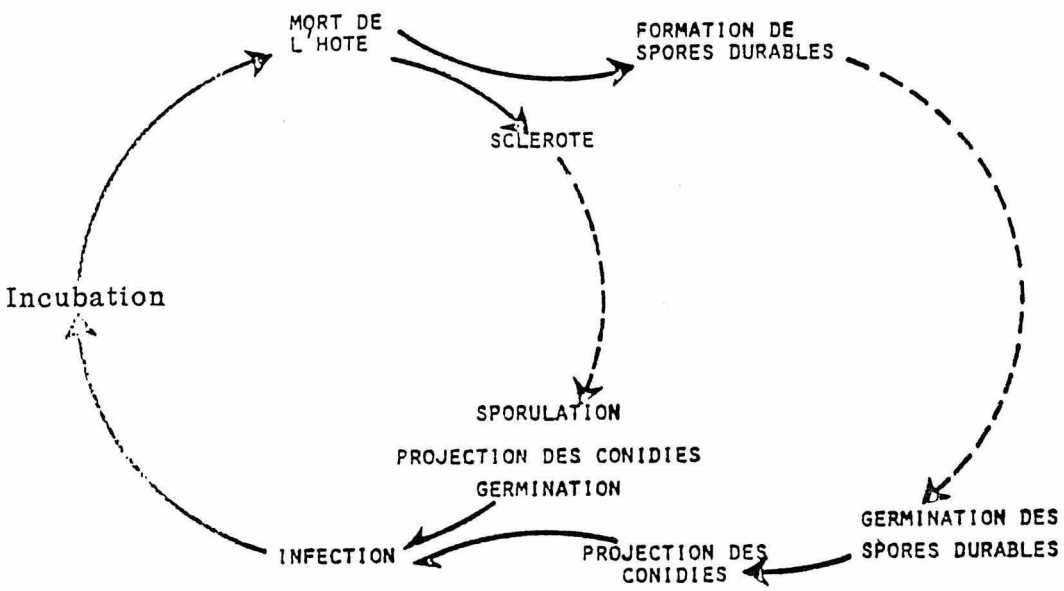


Fig. 3 : Cycle général des Entomophthorales (d'après MAC LEOOD, 1963 in RABASSE, 1974).

Chez de nombreuses Entomophthorales, le spectre d'activité peut s'étendre à toute une famille d'hôtes, voire-même tout un ordre (THOIZON, 1970).

Parmi les trois espèces les plus fréquentes sur céréales, deux seulement ont été mises en évidence:

- *Erynia neoaphidis* REMAUDIERE et HENN. (= "*Entomophthora aphidis*" *sensu* NOVAK).

- *Entomophthora planchoniana* CORNU

- La troisième espèce, *Conidiobolus obscurus* (HALL & DUNN) REMAUD. &

KELLER (= *Entomophthora thaxteriana* PETCH.) a déjà été indiquée par SEKKAT (1978) dans la région de Montpellier, sur *Acyrthosiphon pisum* HARRIS.

DEUXIEME PARTIE

EVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS DES CEREALES;

REGULATION PAR LES ENNEMIS NATURELS

Le milieu

Méthodes d'étude

Résultats

Discussion et conclusion

LE MILIEU

1. Localité - sol.

Les essais ont été réalisés au domaine de la Valette, domaine expérimental du Centre de Recherches I.N.R.A. de Montpellier, situé à la limite nord de la ville. En 1979-80, ils ont été implantés sur un sol limoneux argilo-calcaire brun-jaunâtre. L'année suivante, les autres essais ont été mis en place à 1 km des précédents, sur un sol limoneux argilo-sableux brun-jaunâtre, moins favorable pour la culture.

Les parcelles retenues pour cette étude seront utilisées simultanément pour préciser l'"influence de la date de semis sur l'évolution des populations de Pucerons des céréales" (cf. troisième partie).

2. Données climatiques.

Parmi tous les éléments climatiques, la température et la pluviosité sont les seuls que nous ayons pris en considération:

- les normales thermiques et pluviométriques à Montpellier de 1920 à 1969 sont fournies par le poste climatologique de Montpellier Bel-air situé à 5 km de la Valette (Tab. 1).

- les données pour les années météorologiques 1980 et 1981 sont fournies par le poste climatologique de la Valette (Tab. 2).

2.1. L'année météorologique 1980 (1er décembre 1979 - 30 novembre 1980).

Elle présente une température légèrement inférieure à la normale, résultant d'une moyenne des températures minimales déficitaire de 1,4°C et d'une moyenne des températures maximales égale à la normale. Le total pluviométrique annuel représente 80 p. cent de la pluviosité normale. Le déficit est de 152 mm.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
Temp. (°C)	mini	2,2	2,8	5,5	8,2	11,4	14,9	17,1	16,8	14,5	10,5	6,1	3,1	9,4
	maxi	10,6	12,0	14,8	17,6	21,5	25,7	28,6	27,8	24,5	19,7	14,5	11,0	19,0
	moy.	6,4	7,4	10,1	12,9	16,5	20,3	22,9	22,3	19,5	15,1	10,3	7,1	14,2
Pluviosité (mm)		57,7	46,1	81,5	57,4	54,9	32,4	21,3	43,1	97,5	109,6	84,2	80,7	766,4

Tableau 1 : Température sous abri et pluviosité à Montpellier Bel-air.
Moyennes établies sur 50 ans.

		D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	année
1980	mini	2,4	1,8	4,5	3,6	5,4	9,1	12,4	14,1	16,0	13,2	7,8	5,4	8,0
	Temp.(°C) maxi	12,4	9,6	13,8	14,3	17,2	20,4	25,2	26,7	29,4	26,2	19,7	12,9	19,0
	moy.	7,4	5,7	9,1	9,0	11,3	14,8	18,8	20,4	22,7	19,7	13,7	9,1	13,5
	Pluviosité (mm)	36,8	72,0	26,3	66,9	75,1	81,7	14,2	16,8	109,3	10,0	31,5	73,6	614,2
1981	mini	-1,2	0,0	-1,4	6,2	7,4	9,8	13,1	14,8	14,5	13,3	8,6	2,4	7,3
	Temp.(°C) maxi	10,1	11,5	11,3	15,6	19,3	20,0	26,7	27,3	29,6	25,4	20,0	15,6	19,4
	moy.	4,5	5,7	4,9	10,9	13,3	14,9	19,9	21,1	22,0	19,3	14,3	9,0	13,3
	Pluviosité (mm)	22,0	38,3	99,7	98,3	26,7	59,5	132,6	22,5	7,1	55,3	58,0	0,0	620,0

Tableau 2 : Température sous abri et pluviosité à Montpellier La Valette.
Moyennes des années 1980 et 1981.

Période du 1er décembre 1979 au 31 juillet 1980 (Fig. 4a).

Les températures.

L'hiver est doux sans période de froid importante. En décembre, la 3ème décade connait un refroidissement qui se poursuit jusque vers le 20 janvier. Le minimum absolu de l'année est observé le 12 janvier avec -6,5°C. Le mois de février est particulièrement doux avec des températures maximales élevées, supérieures de 1,8°C à la normale correspondante.

Le printemps est plutôt froid. De mars à mai, la moyenne des températures est inférieure de 1,5°C à la normale. Les températures maximales sont déficitaires de -1°C.

Le début de l'été est assez frais malgré la première décade de juin relativement chaude. Un réchauffement se produit vers le 17 juillet. Le maximum absolu de l'année est noté de 24 juillet avec 35,3°C.

Les précipitations.

L'hiver est sec. La hauteur des précipitations représente 73 p. cent de l'eau normalement reçue pour la saison.

La pluviosité printanière devient légèrement excédentaire. Pourtant le mois d'avril ne présente que quatre jours de pluie.

Le début de l'été est marqué par un déficit hydrique par rapport à la normale, de 56 p. cent en juin et de 21 p. cent en juillet.

2.2. L'année météorologique 1981 (1er décembre 1980 - 30 novembre 1981).

Elle présente une température moyenne inférieure à la normale, résultant d'une moyenne des températures minimales déficitaire de 2,1°C et d'une moyenne des températures maximales excédentaire de 0,4°C. Le total pluviométrique représente 80,9 p. cent de la pluviosité normale. Le déficit est de 146,4 mm.

Période du 1er décembre 1980 - 31 juillet 1981 (Fig. 4b).

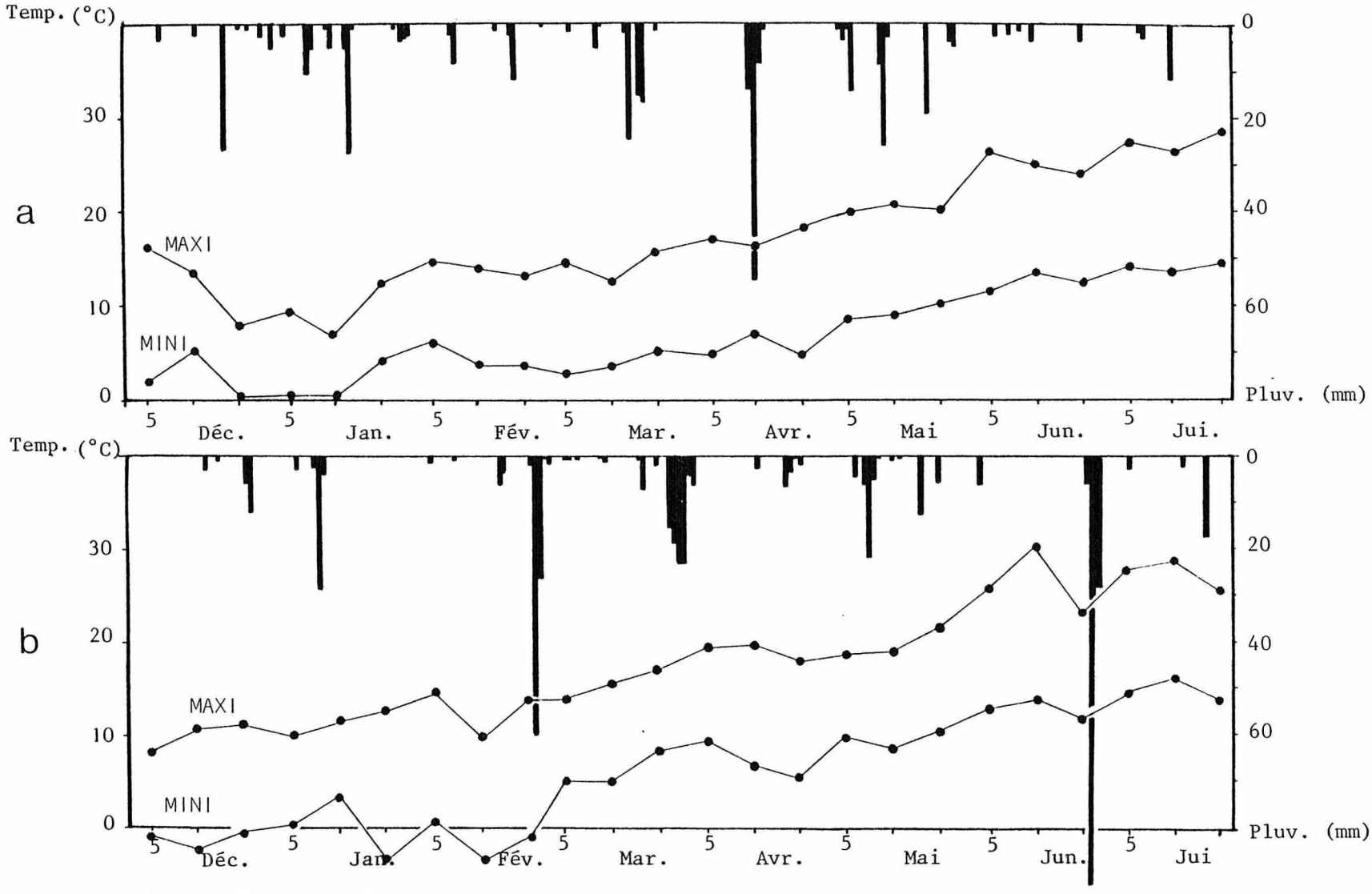


Fig. 4 : Moyennes décadaires des températures et valeurs journalières des précipitations de décembre à juillet - a, 1980; b, 1981.

Les températures.

L'hiver est froid, avec cependant un adoucissement lors de la deuxième décade de janvier. Les températures minimales sont inférieures à la normale les trois mois durant. On note ainsi un déficit de 4,3°C en décembre et de 4,2°C en février. Les maximums sont légèrement en-dessous de la normale.

Le printemps connait un net réchauffement. Cependant, à partir de mai, les températures moyennes tendent à s'abaisser.

Le début de l'été est frais malgré un excédent de 1°C, en juin, des températures maximales.

Les précipitations.

L'hiver est très sec. La pluviosité des mois de décembre et janvier représente 43,5 p. cent de la normale correspondante. Toutefois les deux derniers jours de février apportent 85 mm d'eau qui viennent compenser en partie le déficit hydrique.

Le printemps est normalement humide.

Le début de l'été est très sec; cependant les très fortes pluies de la fin juin (126 mm en deux jours) apportent 409 p. cent de la pluviosité normale.

Chapitre deuxième

METHODES D'ETUDE

1. Conditions agronomiques.

1.1. Semis: réalisés le 5 décembre 1979 et renouvelés en 1980 après labours et façons culturales. L'opération est faite à la main à raison de 180 kg/ha (cultivar Maris Huntsman).

1.2. Précédent cultural: maïs en 1979 et tournesol en 1980.

1.3. Apports nutritifs: engrais binaire répandu sur le sol avant le labour : 120 U de P, 120 U de K puis 150 U d'N réparties en trois épandages équivalents aux stades trois feuilles, tallage et montaison.

1.4. Desherbage: pulvérisation en pré-émergence, avec une spécialité à base de trifluraline + dinuron (Chandor) à la dose de 4 l/ha.

2. Dispositif expérimental.

Le dispositif est constitué de cinq parcelles de 61 m X 2 m. Elles alternent avec cinq autres parcelles ensemensées avec le même cultivar (Maris Huntsman). L'ensemble est entouré d'une bordure emblavée de Frandoc (Fig. 5).

3. Echantillonnage.

3.1. Intensité d'échantillonnage.

Pour atteindre une précision donnée dans l'estimation d'une moyenne, il est nécessaire selon BARIDEAU et al. (1975), de fixer l'intensité de l'échantillonnage:

- en premier lieu, il y a toujours intérêt à augmenter le nombre de parcelles plutôt que le nombre de comptages à l'intérieur de chaque parcelle. Compte tenu de la superficie qui a pu être dégagée, le choix reste

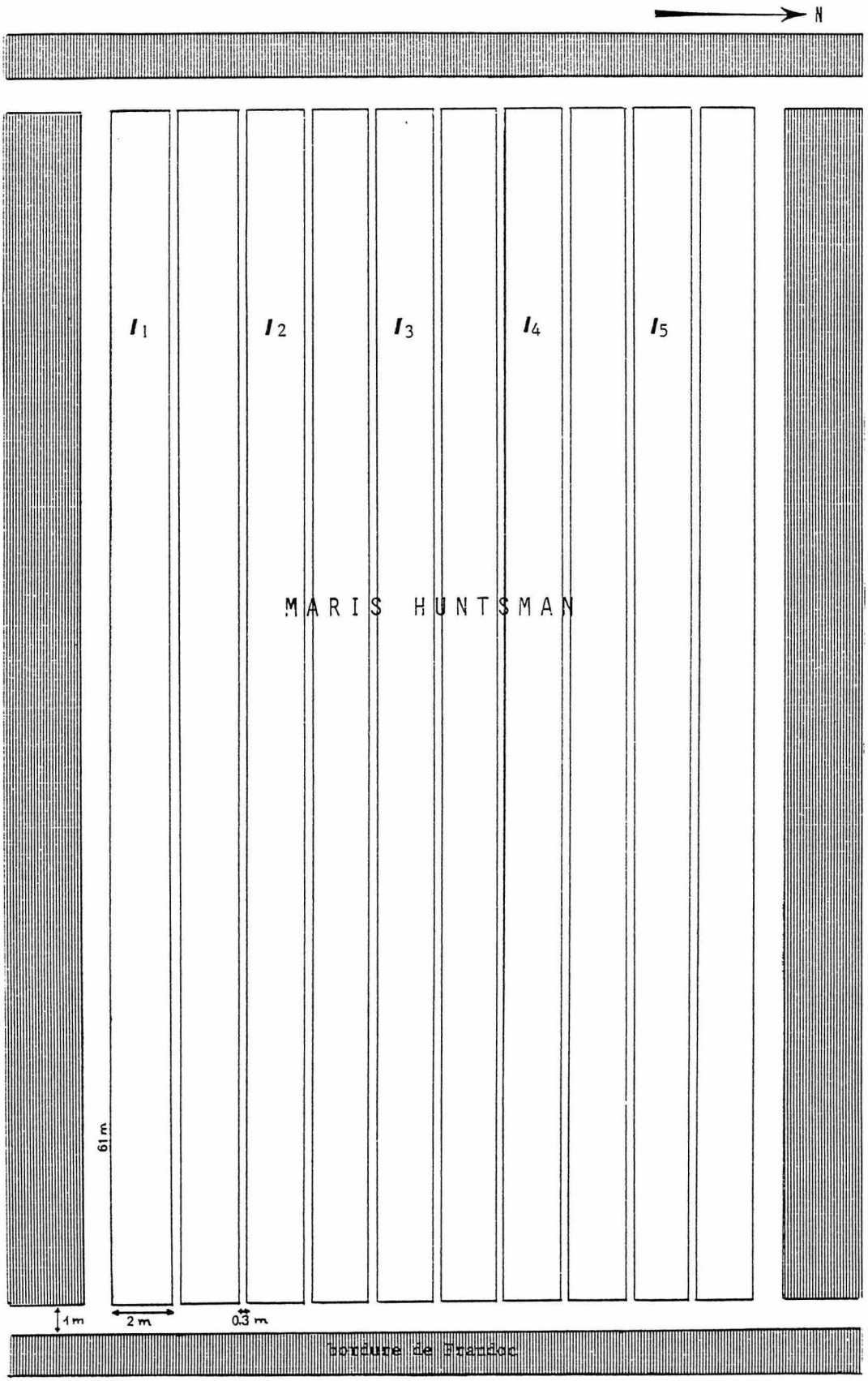


Fig. 5 : Schéma du plan expérimental.

limité. Le nombre de parcelles est fixé à cinq.

- en second lieu, on doit être amené à ajuster le nombre de comptages dans chaque parcelle en fonction du niveau d'infestation, de façon à maintenir la marge d'erreur proche de la valeur attendue. Cette valeur est fixée à 20 p. cent, ce qui correspond à la précision la plus grande retenue par BARIDEAU et al. (1975).

Ainsi, en conservant le même nombre de répétitions et la même marge d'erreur, nous pouvons facilement déterminer le nombre de comptages par parcelle à l'aide d'abaques (Annexe I), avec une probabilité de 0,05, en tenant compte du niveau d'infestation rapidement estimé au début de chaque relevé (Tab. 3). Toutefois, pour des infestations supérieures ou inférieures à celles prévues par les abaques, le nombre de comptages par parcelle est déterminé de manière approximative.

L'ajustement du nombre de comptages est effectué seulement pendant la période d'accroissement des populations de Pucerons. Nous n'avons pas jugé utile de le poursuivre jusqu'à la fin.

3.2. Observations et prélèvements des échantillons.

La méthode est la même pour les deux années:

- les relevés: en principe, ils sont effectués chaque semaine. Les échantillons sont pris tous les 5 m environ, selon un transect longitudinal à l'intérieur de chaque parcelle.

Les trois premiers relevés sont réalisés sur des plantes très jeunes et difficiles à prélever, ne présentant que des effectifs de population assez faibles. Par conséquent les comptages sont effectués directement sur les plantes en place.

Pour tous les autres relevés, les talles sont prélevées avec précaution sur un plateau, puis observées immédiatement.

Au fur et à mesure de l'évolution phénologique du blé, les comptages sont réalisés séparément:

selon le niveau: - feuilles jaunes
- 1ère feuille verte

essai 1980				essai 1981			
Date	E/P	T/E	C/P	Date	E/P	T/E	C/P
1 III	10	160	1600	2 IV	10	160	1600
31 III	10	80	800	14 IV	10	160	1600
27 IV	10	20	200	26 IV	10	80	800
4 V	10	20	200	2 V	10	20	200
11 V	10	10	100	11 V	10	20	200
18 V	10	10	100	18 V	10	10	100
24 V	10	5	50	24 V	10	10	100
28 V	10	5	50	31 V	10	10	100
1 VI	10	5	50	3 VI	10	10	100
8 VI	10	5	50	10 VI	10	10	100
14 VI	10	5	50	18 VI	10	10	100
21 VI	10	5	50	26 VI	10	10	100
2 VII	10	5	50	2 VII	10	10	100
7 VII	10	5	50				
13 VII	10	5	50				

E/P : nombre d'échantillons par parcelle.

T/E : nombre de talles par échantillon.

C/P : nombre de comptages par parcelle.

Tableau 3 : Mode et intensité d'échantillonnage à chaque relevé, pour les années 1980 et 1981.

- 2ème feuille verte
- 3ème feuille "
- 4ème feuille "
- épi

selon la position des Pucerons sur les feuilles:

- face supérieure
- face inférieure

- l'identification des espèces: les Pucerons sains sont examinés soit à l'oeil nu, soit à la loupe binoculaire, puis comptés sur place. Les espèces sont identifiées et les stades sont notés de la façon suivante:

- L1: larves de 1er stade
- L2: larves de 2ème "
- L3: larves de 3ème "
- N3: larves de 3ème stade, avec bourgeons alaires
- L4: larves de 4ème stade
- N4: larves à ptérothèques ou nymphes
- A0: virginipares aptères
- A1: virginipares ailées

En 1980, l'abondance des populations lors de certains comptages, nous a contraint à regrouper les stades L1 et L2 puis L3, N3 et L4.

Les Pucerons parasités (momies) sont introduits individuellement dans des gélules de gélatine (type "snap-fit" n°0) marquées d'un numéro de référence. Les momies sont mises à éclore au laboratoire à la température ambiante afin de recueillir les Hyménoptères adultes.

Les Pucerons mycosés sont prélevés et encapsulés dans des gélules. Au laboratoire, la détermination des Champignons entomopathogènes exige la formation de fructifications. Pour ce faire, chaque Puceron mycosé est placé à la surface d'une goutte d'eau, sur une plaque à godets que l'on recouvre d'une lame de verre afin de maintenir une humidité saturante. Après 6 heures à 20°C, le développement des fructifications est réalisé. A ce moment, les Pucerons peuvent se conserver dans l'alcool à 60°

en vue d'une identification ultérieure.

Les prédateurs sont dénombrés et récoltés dans la mesure du possible. Nous portons une attention particulière aux larves et aux adultes de Coccinelles ainsi qu'aux larves de Syrphes. Chez ces derniers, les oeufs sont aussi dénombrés et les nymphes mises à éclore au laboratoire.

- Le stade phénologique des plantes: il est noté à chaque prélèvement selon l'échelle de FEEKES (LARGES, 1955) (Tab. 4).

4. Le piégeage.

Nous avons adopté deux types de pièges:

- la tour à aspiration
- les pièges jaunes.

4.1. La tour à aspiration (Fig. 6).

Implantée au Centre I.N.R.A. de Montpellier, dans le cadre du réseau "ACTAPHID", elle fonctionne en permanence depuis 1978. La hauteur de 12,2 m à laquelle l'aspiration est réalisée, permet d'obtenir la meilleure image du gradient des populations aphidiennes depuis le sol jusqu'à plus de 1000 m d'altitude (ROBERT & CHOPPIN DE JANVRY, 1977).

Les Pucerons sont recueillis chaque jour , déterminés puis conservés dans l'alcool à 70°.

4.2. Les pièges jaunes (Fig. 7).

Pour les besoins de notre étude, nous avons installé des bacs carrés de 60 cm de côté et de 10 cm de profondeur, peints en jaune "bouton d'or" (RIPOLIN 514) dont le domaine spectral de diffusion se situe entre 5000 et 6300 Å (BRUNEL & LANGOUET, 1970), remplis aux 2/3 d'eau additionnée d'un peu de mouillant du genre "Teepol".

- deux bacs permanents, distants de 5 m sont placés à proximité de la tour à aspiration, l'un posé sur le sol enherbé, l'autre à 70 cm de

STADE	ETAT PHYSIOLOGIQUE
0	Pré-émergence.
1	Levée (on peut se repérer au nombre de feuilles).
2	Début du tallage.
3	Talles formés, feuilles souvent tordues en spirale.
4	Début de redressement de la pseudo-tige, la gaine des feuilles commence à s'allonger.
5	Pseudo-tige (formée par la gaine des feuilles) fortement dressée.
6	Premier noeud de la tige visible en bas de la pousse
7	Second noeud formé.
8	Dernière feuille visible mais encore enroulée, épi commençant à gonfler.
9	Ligule de la dernière feuille visible.
10	Gaine de la dernière feuille complètement développée, épi gonflé mais pas visible.
10 - 1	Premiers épis visibles.
10 - 2	25% de l'épiaison réalisée.
10 - 3	50% de l'épiaison réalisée.
10 - 4	75% de l'épiaison réalisée.
10 - 5	Epiaison complètement réalisée.
10 - 5 - 1	Début de la floraison.
10 - 5 - 2	Floraison complète au sommet de l'épi.
10 - 5 - 3	Floraison complète à la base de l'épi.
10 - 5 - 4	Fin de la floraison, grain acqueux.
11 - 1	Grain laiteux.
11 - 2	Grain pâteux, contenu du grain tendre mais sec.
11 - 3	Grain dur (difficile à couper avec l'ongle du pouce).
11 - 4	Maturation complète, paille sèche.

Tableau 4 : Les stades de développement du blé et de l'orge (échelle de FEEKES).

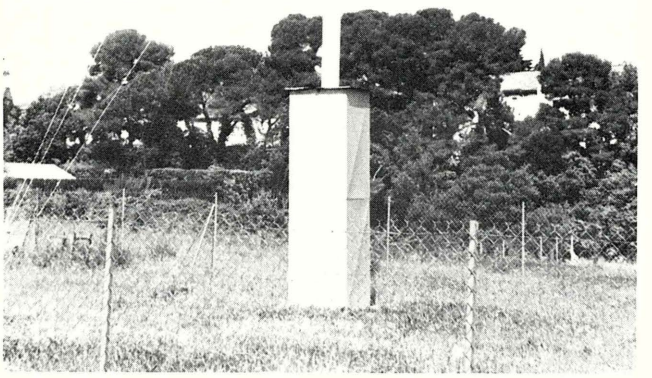


Fig. 6 : Tour à aspiration

Fig. 7 : Piège jaune

haut, sur un support métallique. Les Pucerons sont recueillis tous les deux à trois jours et placés dans l'alcool à 70° puis déterminés.

- deux autres bacs sont installés de part et d'autre du champ expérimental, à 70 cm de haut. Leur utilisation est limitée à 48 heures par semaine, durant les périodes d'infestation de 1980 seulement.

4.3. Intérêt des deux principes de piégeages.

Si le piégeage par aspiration présente le grand avantage de donner une bonne image de la "composition" en Aphides, de l'espace aérien à l'échelle régionale, donc des quantités de Pucerons potentiellement disponibles pour contaminer les champs (ROBERT & CHOPPIN DE JANVRY, 1977), il ne traduit pas immédiatement ce qui existe au niveau de la culture (CALLU, 1978). Il n'en reste pas moins qu'en ce qui concerne la date d'arrivée des premiers Pucerons, les résultats obtenus sont excellents pour certaines cultures (betteraves, fèveroles, etc) ou satisfaisants pour d'autres (céréales, pomme de terre, etc) (ROBERT & CHOPPIN DE JANVRY, 1977).

Les bacs jaunes sont plus attractifs. Leur efficacité dépend du comportement des Pucerons vis-à-vis de la couleur. Selon EASTOP (1955) et HEATHCOTE et al. (1969), ils seraient moins attractifs pour les Pucerons des céréales que pour la plupart des autres espèces. ROBERT et al. (1974) montrent que cette "non attractivité" pour le jaune peut être due, en partie, à un niveau de piégeage inadéquat; c'est la raison pour laquelle les pièges permanents situés près de la tour à aspiration ont été placés à deux niveaux différents.

Dans une perspective de prévision à plus ou moins long terme, le piège jaune a ses limites: s'il traduit parfois assez bien quelques relations quantitatives concernant la présence effective des Pucerons sur les cultures, il ne le fait qu'au moment où les ailés se sont déjà abattus sur les surfaces cultivées (ROBERT & CHOPPIN DE JANVRY, 1977). Précisons par ailleurs que l'installation et le fonctionnement des bacs jaunes sont relativement aisés et que, selon la place qu'ils occupent, ils peuvent donner des informations très localisées.

5. Considérations phytotechniques.

5.1. Influence des facteurs climatiques sur le développement du blé.

La phénologie du blé est suivie depuis l'émergence jusqu'à la maturation complète. Les notations sont reportées sur la figure 8.

Le semis réalisé le 5 décembre 1980 lève au bout de trois semaines en raison des conditions de température assez douces pour la saison. Les plantes végètent normalement tout au long de l'hiver.

L'année suivante, les conditions climatiques hivernales sont beaucoup plus rudes. Avec les froid et la sècheresse, l'émergence accuse un retard d'une quinzaine de jours; le développement des plantes se trouve fortement ralenti.

Le décalage phénologique qui s'est installé durant l'hiver entre les deux essais tend à diminuer au cours du mois de mars. A partir de ce moment, le deuxième essai connait des conditions de température et de pluviosité favorables à la végétation. Dès le mois d'avril, l'écart entre les stades se réduit à 1 et se maintient ainsi jusqu'à la fin du mois de mai. Finalement il s'estompe vers le 10 juin, à l'approche du stade "grain laiteux".

5.2 La verse.

La verse est un facteur qui dépend de la hauteur de la plante, de la rigidité de la paille et du système radiculaire. En 1980, les fortes pluies des 12 et 13 mai ont provoqué localement et faiblement la verse des blés dans certaines parcelles, mais quelques jours plus tard, les talles versées se sont rapidement redressées.

5.3. Les maladies.

A aucun moment les cultures n'ont présenté de symptômes graves de maladies.

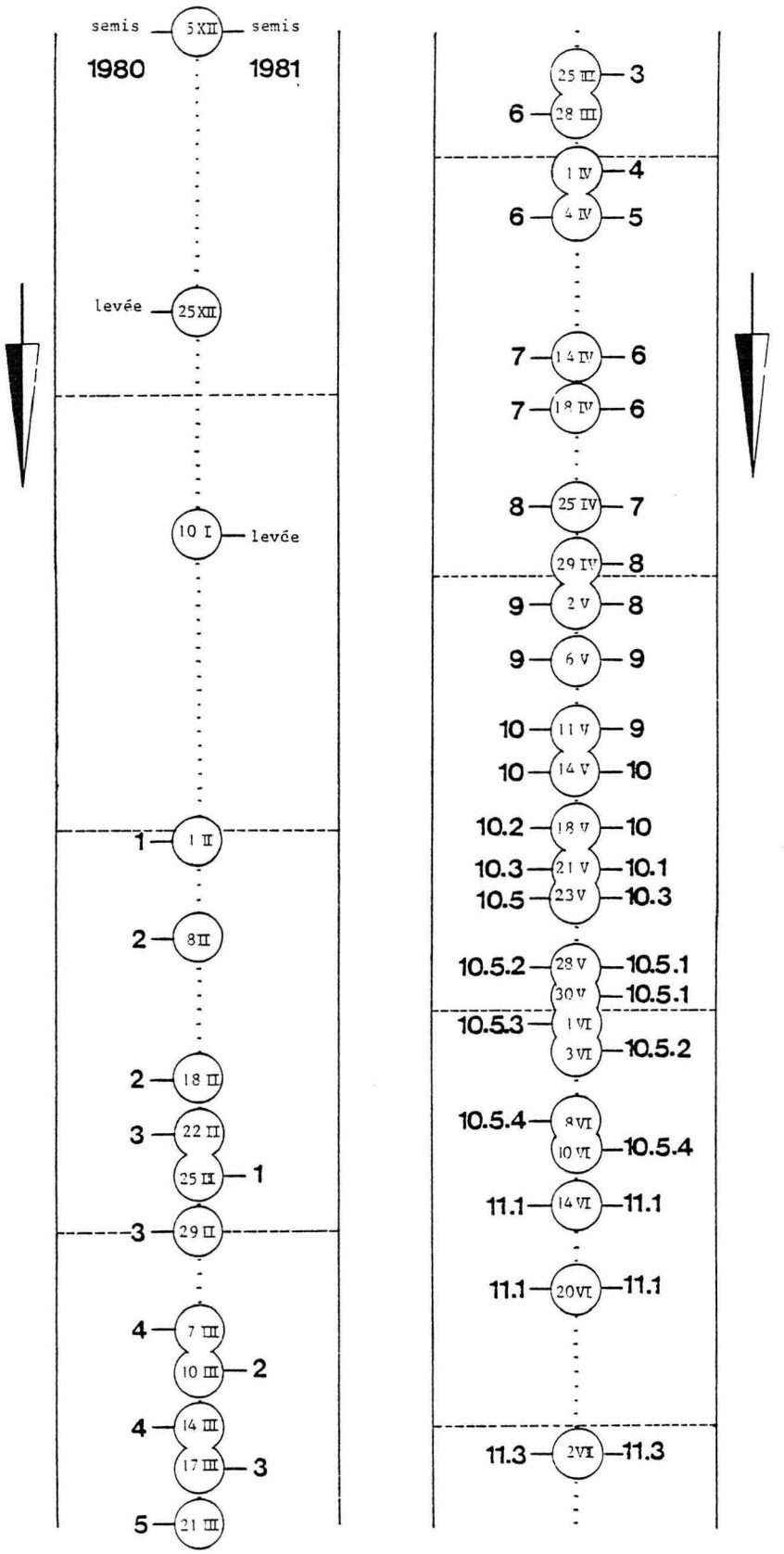


Fig. 8 : Chronologie des stades phénologiques du blé en 1980 et 1981.

Chapitre troisième

RESULTATS

Sur la base de nos deux années d'expérimentations, nous indiquerons tout d'abord les modalités de contamination qui constituent un point de repère important dans l'étude des populations des Pucerons des céréales, puis nous aborderons l'évolution générale en tenant compte des facteurs du milieu. Ensuite, nous présenterons successivement la structure démographique, la répartition verticale et la localisation sur les feuilles des différentes espèces d'Aphides.

L'importance des ennemis naturels dans la limitation des populations de déprédateurs nous conduira à étudier précisément le rôle de chacun d'eux à l'intérieur des grands groupes, à savoir:

- les prédateurs
- les parasitoïdes
- les Champignons entomopathogènes.

1. Evolution spatio-temporelle des populations.

1.1. La contamination des cultures.

Au début du printemps, moment important du cycle saisonnier chez les Pucerons des céréales, les formes ailées assurent la dispersion des espèces. Selon ROBERT & ROUZE-JOUAN (1975), les ailés ont une incidence agronomique à la fois par la date à laquelle ils sont susceptibles de contaminer une culture et par leur quantité, ainsi que leur état sanitaire au moment de cette contamination. Certains Pucerons tels que *R. padi* semblent échapper à cette règle: malgré la précocité et l'abondance des formes ailées colonisatrices, les infestations semblent véritablement limitées (DEAN, 1974c).

Nous savons déjà que chez les Pucerons des céréales, la formation d'ailés peut être très variable d'une espèce à l'autre car elle est étroitement dépendante du cycle biologique. La formation d'ailés se manifeste en réponse à certains facteurs: l'effet de groupe et la modifica-

tion physiologique des plante-hôtes notamment. Il est à noter que les conditions climatiques agissent plus ou moins directement sur deux facteurs: elles interviennent d'une part sur le développement des populations, d'autre part sur celui des plantes. La production d'ailés peut ainsi varier dans le temps, d'une année à l'autre.

La formation des ailés est une phase importante du cycle des Aphides tant du point de vue écologique qu'agronomique. En effet, les Pucerons ailés vont assurer la dispersion et la propagation des insectes sur des étendues considérables et, par conséquent, vont permettre la colonisation des cultures.

Les méthodes de piégeages, principalement le piégeage par aspiration à 12,2 m de hauteur (TAYLOR, 1955), sont en mesure d'assurer la détection des premier ailés de contamination présents dans la zone considérée (GEORGES, 1974; SPARROW, 1974). Par contre, il semble difficile de savoir si, dans un champ donné, les populations aphidiennes en place ont pour origine des ailés ayant migré sur de longues distances ou de migrants (cf. p. 7) provenant de cultures voisines et de plantes sauvages de bordures. A partir de deux années de piégeage on peut néanmoins chercher à voir s'il existe une coïncidence entre les premiers vols de contamination et les conditions climatiques locales.

1.1.1 Détection des premiers ailés.

Les résultats des piégeages (Fig. 9) mettent en évidence l'arrivée des premiers ailés lors des deux années consécutives:

- en 1980, *R. padi* est l'espèce la plus précoce et la plus abondante. Elle apparaît dès le début janvier. *M. festucae* et *S. avenae* apparaissent vers la fin février, puis *M. dirhodum* au début mars. Toutes les espèces sont piégées avant qu'elles soient observées sur la culture, excepté *S. graminum*.

- en 1981, l'arrivée des premiers ailés se manifeste beaucoup plus tard. *M. dirhodum, M. festucae et R. padi* sont capturés vers le 20 mars, *S. avenae* et *S. graminum* un mois plus tard, alors que leur présence sur

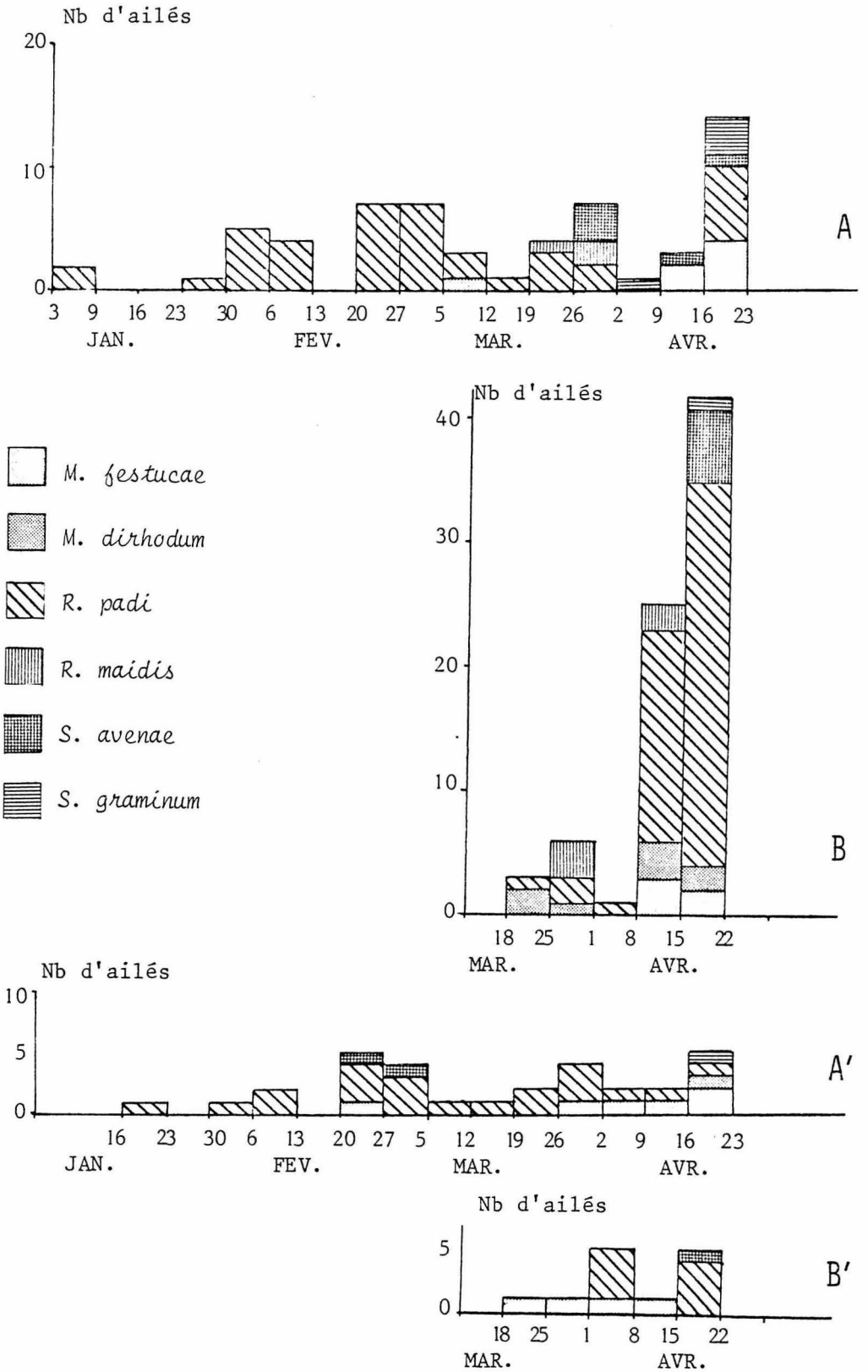


Fig. 9 : Capture des ailés par piégeage (nombre d'ailés/semaine):

- tour à aspiration, (A) 1980, (B) 1981
- bacs jaunes (ENSAM), (A') 1980, (B') 1981.

la culture avait déjà été reconnue.

1.1.2. Origine des migrants.

Les premières années, les méthodes de piégeage nous ont certes permis de déceler les premiers migrants mais sans pouvoir définir leur origine. Le système de piégeage mis en place à proximité de la culture ne nous a pas fourni les résultats que l'on espérait.

L'année suivante, nous avons choisi de rechercher les Pucerons des céréales hivernant au voisinage du champ (Fig. 10):

- *R. padi*, non capturé pendant les mois froids, a hiverné sur *Phalaris tuberosa* et certainement bien d'autres graminées spontanées telles que : *Agropyrum repens*, *Brachypodium phenicoïdes*, *Bromus sp.*, *Dactylis glomerata*, *Poa annua* (LECLANT, 1974). Les nymphes sont apparues très tôt, dès la mi-janvier. Les conditions étaient donc réunies pour que les hivernants les plus proches assurent la contamination.

- l'hivernation de *M. festucae*, n'a pas été mise en évidence aux abords de notre culture. Par contre, *M. dirhodum* s'est particulièrement bien reproduit sur *Phalaris tuberosa* jusqu'à la mi-mars, sans que l'on ait pu observer la formation de nymphes. Cependant, jusqu'au 2 avril, début de la contamination, l'hypothèse d'une production d'ailés sur d'autres plantes est parfaitement envisageable.

- Pour ce qui concerne *S. graminum et S. avenae*, leur hivernation a été constatée mais la formation d'ailés n'a pas été observée.

D'autres prélèvements, notamment sur orge en herbe, effectués à environ 5 km de notre culture, à l'E.N.S.A. de Montpellier, nous ont conduit à reconnaître l'abondance des hivernants chez les principales espèces déjà citées y compris chez *R. maidis et Diuraphis sp.* Notons aussi la présence d'un certain nombre de formes ailées qui n'attendaient que des conditions favorables pour leur maturation, puis leur envol.

En définitive, si nous avons pu mettre en évidence la formation d'ailés chez les hivernants locaux, il est par contre difficile de préciser leur importance dans la contamination des céréales.

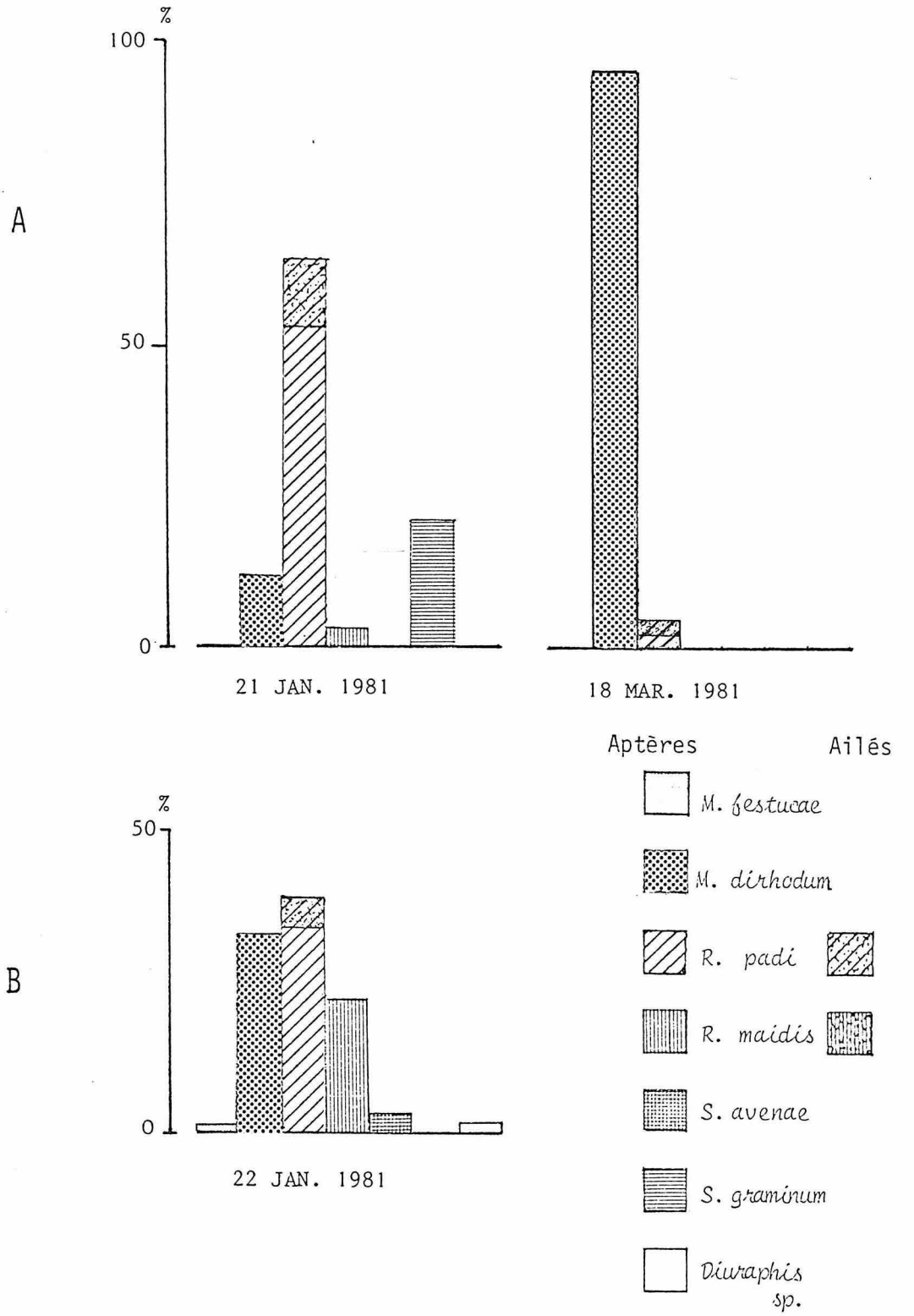


Fig. 10 : Histogrammes représentant l'abondance relative de Pucerons hivernant (%) :

- A : sur *Phalaris tuberosa*, en 1981
- B : sur orge en herbe, en 1981.

1.1.3. Influence de la température sur l'activité migratoire.

Il semble que le facteur température joue un rôle particulièrement important dans les phénomènes migratoires des Pucerons. Cependant, peu d'informations ont été apportées jusqu'à maintenant.

DRY & TAYLOR (1970) ont abordé l'étude des seuils thermiques liminaires d'envol chez quelques espèces de Pucerons. Pour *S. avenae* ils indiquent un seuil de 14°C. ROBERT & ROUZE-JOUAN (1976) enregistrent un seuil de l'ordre de 11°C pour *R. padi*.

De sont côté, SPARROW (1974) met en relation la date d'arrivée de six espèces de Pucerons des céréales et la déviation de température par rapport à la température moyenne de mars dans la région d'Edinbourg en Ecosse.

Nous nous sommes inspiré de SPARROW pour expliquer le comportement de vol des ailés locaux au début des grandes migrations annuelles. Les températures moyennes des mois de décembre à mai sont indiquées dans le tableau suivant:

Mois	Temp. moyenne sur 50 ans (°C)	Temp. (°C) 79-80	Temp. (°C) 80-81
déc.	7,1	7,4	4,5
jan.	6,4	5,7	5,7
fév.	7,4	8,9	4,9
mar.	10,1	9,0	10,9
avr.	12,9	11,3	13,3
mai	16,5	14,8	14,9

Il apparait que la moyenne des mois de février des deux années consécutives, présente les valeurs les plus extrêmes, autour de la moyenne à long terme. D'une manière générale, en 1980 l'hiver est plus doux

qu'en 1981.

La première année, les températures élevées de février semblent favoriser l'envol précoce de *R. padi*, *S. avenae* et *M. festucae*. L'année suivante, février est plus rigoureux qu'à l'ordinaire. Il faut attendre la fin du mois de mars pour détecter les premiers vols de *R. padi*, *M. dirhodum* et *M. festucae*.

Dans les deux cas, *R. padi* et *M. festucae* sont capturés les premiers. *R. padi* est certainement favorisé par son seuil d'envol particulièrement bas. *M. festucae*, assez bien adapté au froid, est reconnu pour effectuer des vols précoces (ROBERT & ROUZE-JOUAN, 1975).

S. avenae semble avoir besoin de températures plus élevées que les autres pour s'envoler. D'ailleurs, le seuil d'envol déterminé par DRY & TAYLOR tend à le justifier.

Enfin, *M. dirhodum*, quoique bien adapté au froid, aurait la particularité d'être moins précoce que *M. festucae*.

1.1.4. Importance de la date de contamination pour le développement des colonies.

Si l'on considère les populations dans leur ensemble, on peut dire que le déclenchement des infestations sur la culture est perçu de façon nette, avec un écart d'un mois environ entre les deux années (Fig. 11). Bien entendu, ce sont les contaminations de 1980, les plus précoces, qui ont eu au départ, le plus de chances d'engendrer les premières pullulations. Nous trouvons donc: 2 745 Pucerons sur 1000 talles le 27 avril 1980 et seulement 1 043 Pucerons sur 4000 talles le 26 avril 1981, soit environ dix fois moins.

Pour ce qui concerne chaque espèce en particulier, la date d'infestation peut engendrer sa pullulation ou sa disparition, compte tenu de son cycle biologique et des conditions climatiques du moment. L'exemple de *M. festucae* et de *M. dirhodum* est intéressant:

- *M. festucae* est une espèce précoce. En 1980, les conditions de température de février ont favorisé sa migration puis son développement

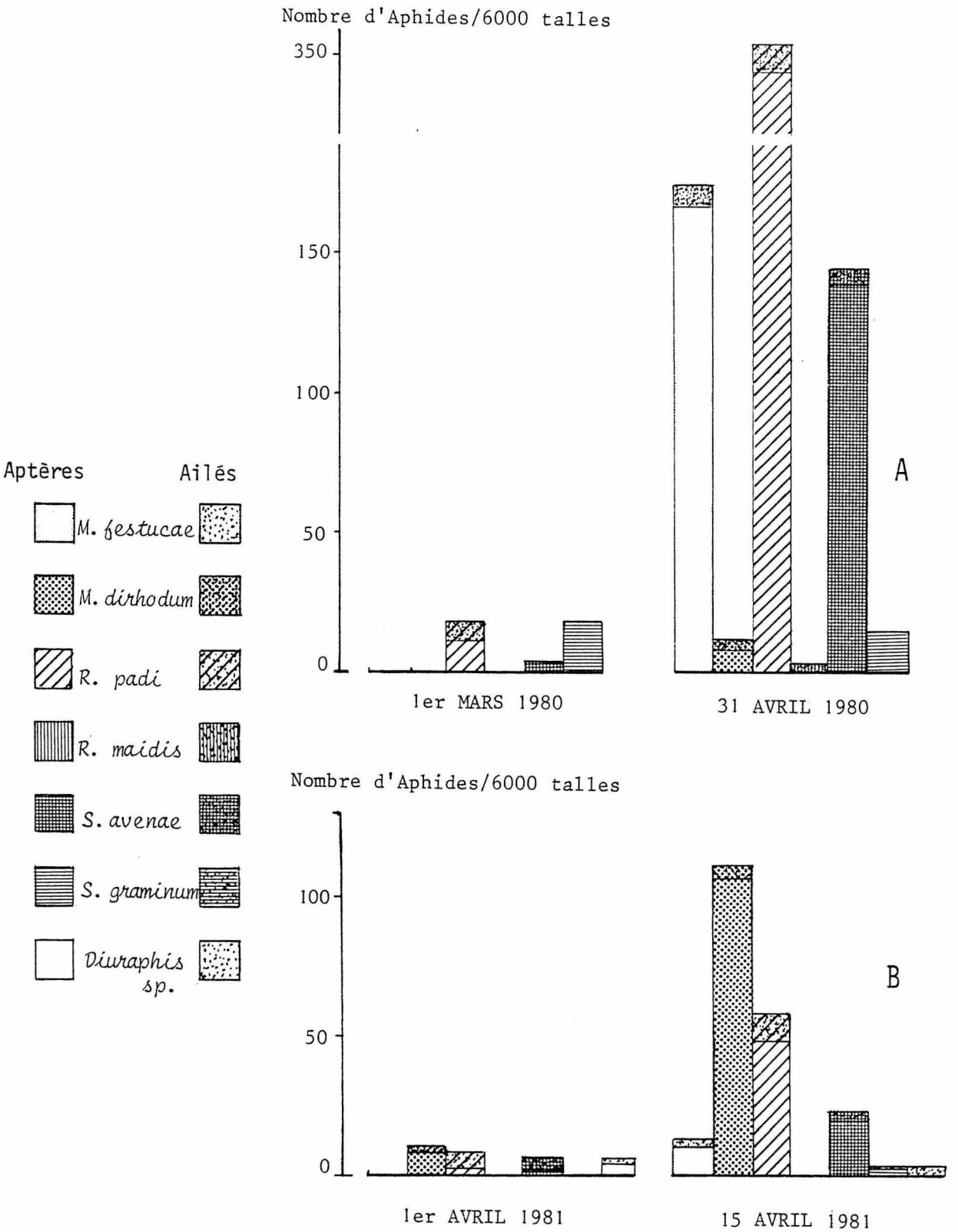


Fig. 11 : Histogrammes représentant l'abondance relative des Pucerons colonisant les blés (Nombre d'Aphides/ 6 000 talles),

- A : en 1980
- B : en 1981

sur céréales, avec une certaine avance sur M. *dirhodum*.

- M. *dirhodum* est une espèce plus tardive. Aussi, le retard qu'ont manifesté tous les vols de contamination en 1981 a-t-il certainement contribué à son développement, d'autant mieux que les ailés de M. *dirhodum* étaient plus nombreux à s'installer sur la culture et cela au détriment de M. *festucae* dont les ailés de contamination se sont révélés moins abondants.

A partir de deux années d'expérimentations, nous sommes en mesure de mieux comprendre l'importance des conditions climatiques locales pour l'envol des différents Pucerons et les modalités de contamination. En réalité, cette première étape constituée par l'installation des ailés sur la culture est à l'origine des pullulations sont nous allons étudier précisément l'évolution.

1.2. Evolution générale des populations.

Nous avons choisi de montrer l'évolution des populations de chacune des quatre espèces les mieux représentées en 1980 et 1981, soient M. *dirhodum*, M. *festucae*, R. *padi* et S. *avenae*. Signalons le cas particulier de M. *dirhodum* et M. *festucae*. Les individus appartenant à ces deux espèces sont facilement identifiés lorsqu'ils sont parfaitement sains. Par contre, les modifications morphologiques de ces individus survenant après l'intervention des Champignons entomopathogènes ou des parasitoïdes, ne permettent plus de définir leur appartenance à l'une ou l'autre des deux espèces. Cette difficulté nous a conduit à représenter sur la figure 12, d'une part l'évolution commune de M. *dirhodum*, de M. *festucae* et de leurs ennemis, d'autre part l'évolution de chacune des deux espèces privées de ces mêmes ennemis.

1.2.1. Evolution en 1980.

La précocité des contaminations contribue de façon significative au développement de trois espèces dès le 31 mars. Du point de vue de leur abondance, les trois espèces se classent dans l'ordre suivant: R. *padi*

puis M. *festucae* et S. *avenae*. Seul M. *dirhodum* demeure encore très rare (7 individus pour 4 000 talles). Plusieurs phases successives peuvent être reconnues:

1.2.1.1. Accroissement des populations.

D'après la figure 12, la phase d'accroissement dure jusqu'au 11 mai.

Les températures moyennes décadaires varient de 10,5°C à 14,5°C. Les plantes caractérisées par une croissance vigoureuse, constituent une source de nourriture "illimitée" et le cortège des ennemis naturels présente une activité encore très négligeable. Ainsi, privées de toute régulation importante, les populations s'accroissent rapidement mais à des vitesses différentes selon des espèces.

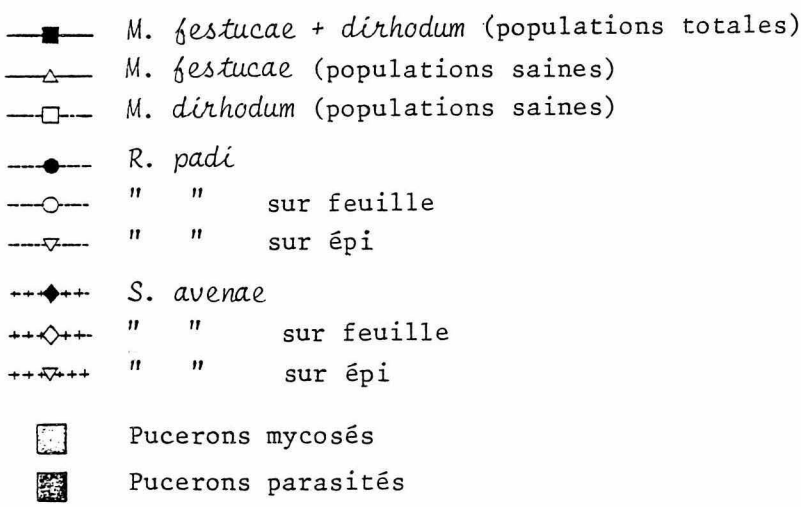
M. *dirhodum* et M. *festucae* se développent le plus rapidement. R. *padi*, malgré sa relative abondance, semble évoluer plus lentement que les deux espèces précédentes, notamment au début du mois d'avril. Pour ce qui est de S. *avenae*, la vitesse d'accroissement de sa population est la plus faible. Cette constatation trouve une justification dans les conclusions de WATT (1979) à propos de la comparaison du taux de reproduction de M. *dirhodum* et de S. *avenae* sur blé, à des stades phénologiques différents: sur feuillage en effet, le taux de reproduction de S. *avenae* serait toujours inférieur à celui de M. *dirhodum*, au moins jusqu'au stade "grain laiteux".

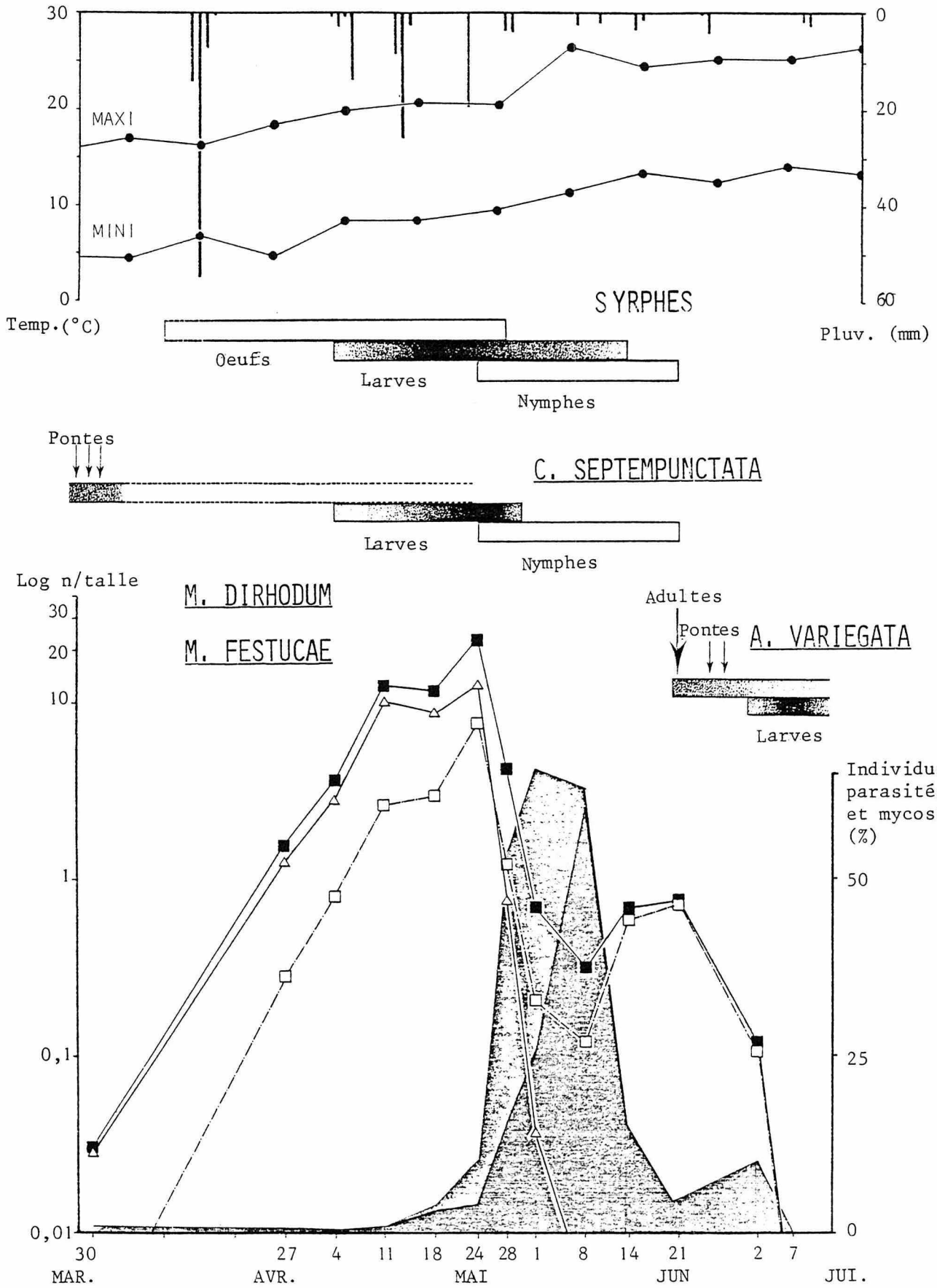
1.2.1.2. Fin de l'accroissement et niveaux maximums des populations.

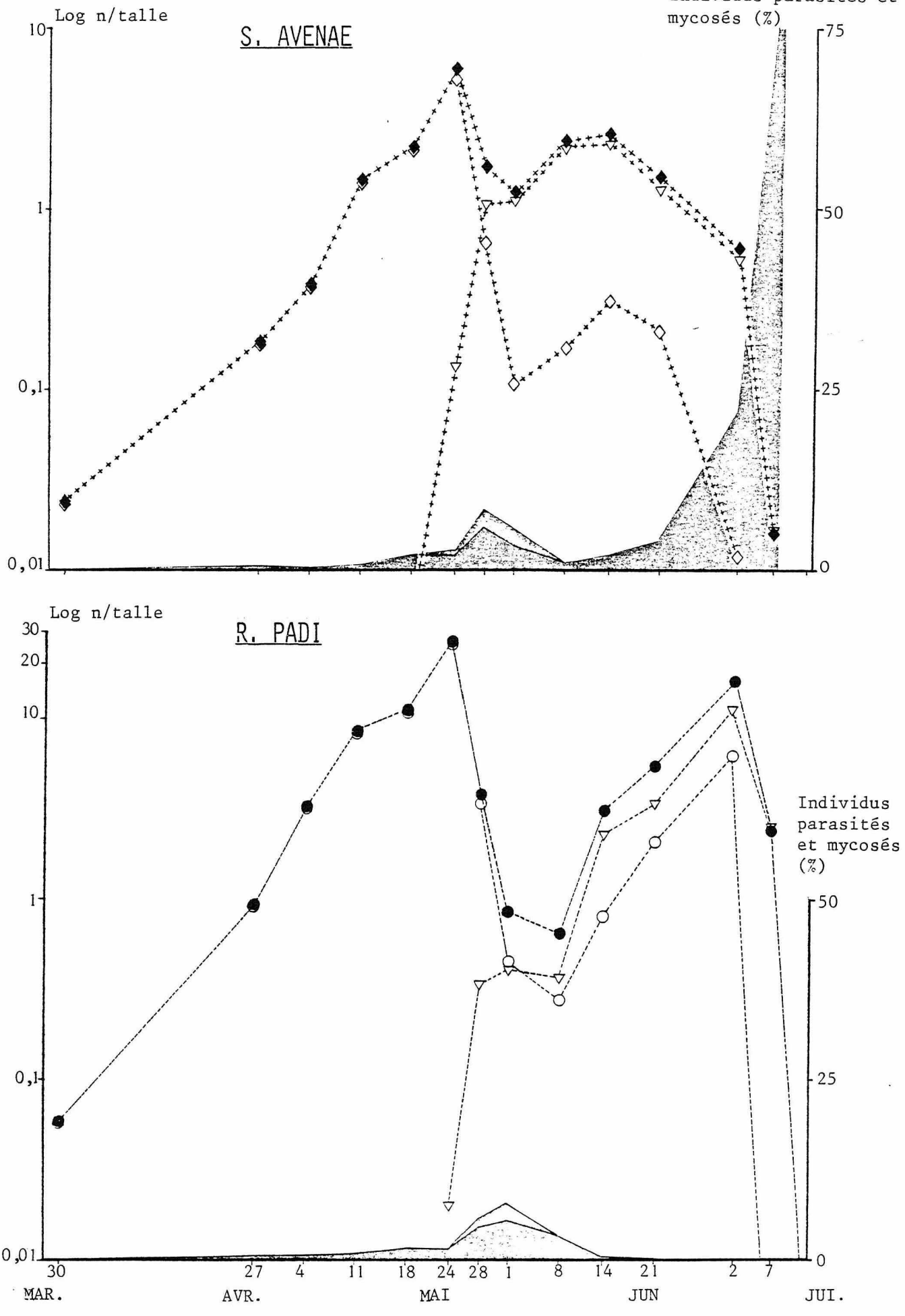
Cette phase se situe entre le 11 et le 24 mai, ce qui correspond,chez la plante, à la période d'épiaison. Nous assistons-là à une double intervention limitative sur les différentes populations:

- tout d'abord, l'action des fortes pluies des 12 et 13 mai se traduit par une légère verse des blés et par un balayage des colonies les plus exposées, ce qui explique la présence d'un palier sur les courbes.

Fig. 12 : Evolution des populations de Pucerons (Log n/talle) sur blé, en 1980; pourcentage d'individus détruits par les parasitoïdes et les Entomophthorales et co-ïncidence chronologique de l'activité des prédateurs.




30
20
10
0
MAXI
MINI
0
20
40
60
SYRPHES
Temp.(°C)
Pluv. (mm)
Oeufs
Larves
Nymphes
Pontes
C. SEPTEMPUNCTATA
Larves
Nymphes
Log n/talle
M. DIRHODUM
M. FESTUCAE
Adultes
Pontes
A. VARIEGATA
Larves
Individus parasités et mycosés (%)
30
20
10
1
0,1
0,01
50
25
0
30 27 4 11 18 24 28 1 8 14 21 2 7
MAR. AVR. MAI JUN JUI.


Log n/talle
S. AVENAE
Individus parasités et mycosés (%)
10
1
0,1
0,01
75
50
25
0
Log n/talle
R. PADI
30
20
10
1
0,1
0,01
Individus parasités et mycosés (%)
50
25
0
30 MAR.
27 AVR.
4
11
18
24
28
1 MAI
8
14
21 JUN
2
7 JUI.

- ensuite, les auxiliaires entrent en jeu et tendent à mettre un terme à l'accroissement des populations aphidiennes.

Les niveaux maximums sont atteints le 24 mai avec les valeurs suivantes :

- *R. padi*: 27 Pucerons/talle
- *M. dirhodum* + *M. festucae*: 22,5 Pucerons/talle
- *S. avenae*: 6 Pucerons/talle

1.2.1.3. Déclin des populations.

Il se manifeste très brûtalement à la fin de l'épiaison, provoqué principalement par l'activité intense des larves de *Coccinella septempunctata* L. et des larves de Syrphes. En huit jours, les effectifs de *R. padi*, de *M. dirhodum* et de *M. festucae* atteignent des valeurs inférieures à 1 Puceron par talle. *M. festucae* tend à disparaître totalement tandis que *R. padi* et surtout *S. avenae* échappent partiellement aux prédateurs en "migrant" sur les épis.

1.2.1.4. Nouvelle phase d'accroissement.

Elle s'explique pour deux raisons: tout d'abord la nymphose des larves de Syrphes qui met fin à leur propre activité prédatrice, ensuite l'augmentation de la température, favorisant la croissance des populations. ainsi:

- *R. padi* amorce sa nouvelle phase d'accroissement dès le 8 juin. La figure 12 montre que les populations se développent selon une même vitesse de croissance sur épi et sur feuille. Deux facteurs antagonistes semblent guider son évolution:

- le facteur nutritionnel qui devient limitatif au fur et à mesure que les plantes se rapprochent de la maturité et se dessèchent.

- le facteur "taux de croissance intrinsèque" très influencé par les conditions de température. Selon DEAN (1974b), *R. padi* présente un taux de croissance qui augmente beaucoup plus vite à mesure que la température s'élève au-dessus de 15°C. Ici, le maximum est atteint le

2 juillet avec 16 Pucerons par talle.

- *S. avenae* a la particularité de se développer plus vite sur épi que sur feuille (WATT, 1979) entre les stades "floraison" et "grain laiteux". Le maximum de population est observé le 14 juin au stade "grain laiteux" avec une valeur de 2,6 Pucerons par talle.

M. dirhodum évolue très faiblement. Le maximum est atteint le 21 juin avec 0,7 Puceron par talle.

1.2.1.5. Déclin et disparition des populations.

Le dessèchement accéléré des blés constitue le facteur essentiel de la disparition des dernières populations. Nous devons cependant prendre en considération l'action régulatrice excercée par les larves d'*Adonia variegata* GOEZE qui envahissent brusquement le milieu et entrainent la disparition totale des quelques individus restants.

1.2.1.6. Conclusion.

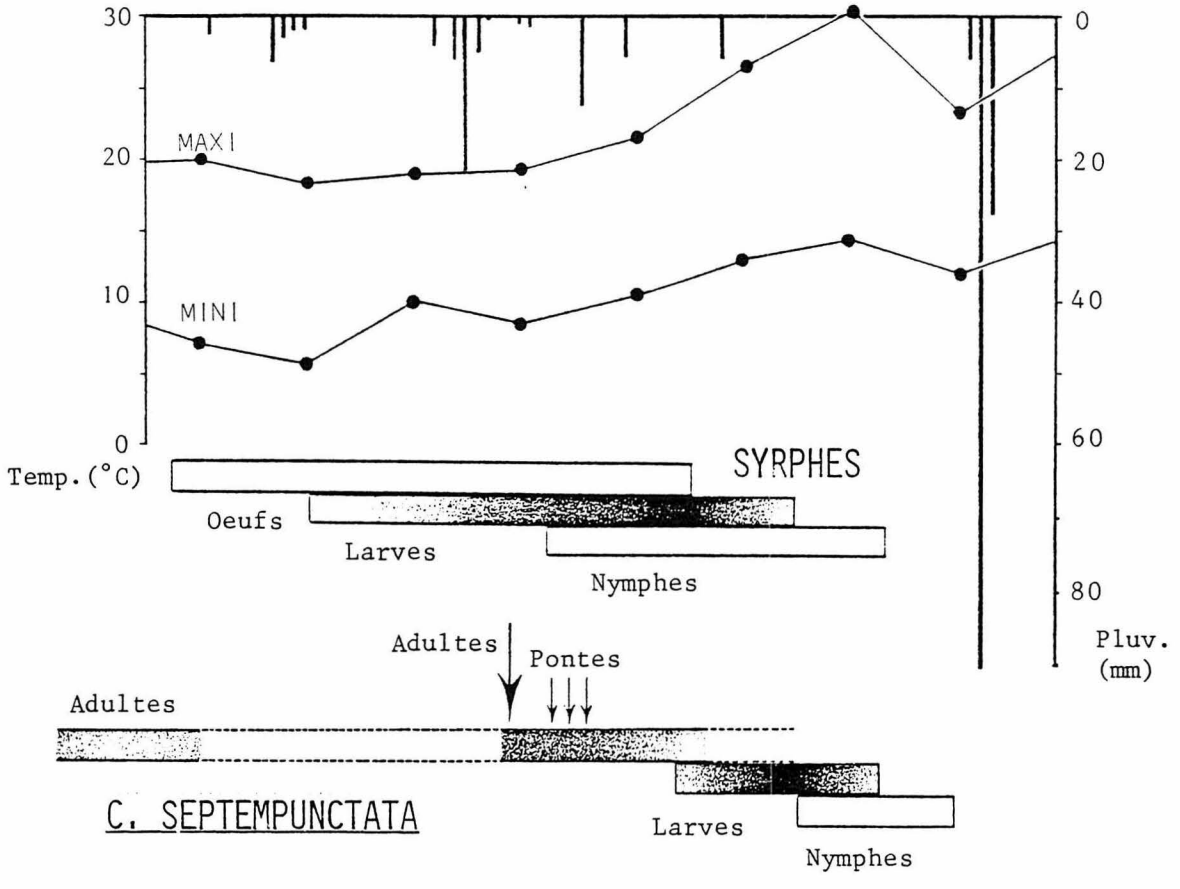
En 1980, le développement peut être caractérisé par sa durée au cours de laquelle nous avons pu saisir des comportements spécifiques et par l'amplitude des pullulations, fortement dépendantes de l'intervention des ennemis naturels.

1.2.2. Evolution en 1981.

Le retard très marqué des contaminations tend à favoriser le développement d'une seule espèce par rapport aux autres. Ainsi, dès le 14 avril, *M. dirhodum* est l'espèce la plus abondante. Viennent ensuite *R. padi*, *S. avenae* et *M. festucae*.

1.2.2.1. Accroissement des populations.

Il se déroule du 14 avril au 11 mai, dans des conditions très proches de celles connues l'année précédente, avec cependant un déficit hydrique assez prononcé. Les seuls ennemis naturels sont représentés par les larves de Syrphes dont le nombre est encore très réduit.


30
20
10
0
MAXI
MINI
Temp. (°C)
0
20
40
60
80
Pluv. (mm)
SYRPHES
Oeufs
Larves
Nymphes
Adultes
Pontes
Adultes
C. SEPTEMPUNCTATA
Larves
Nymphes

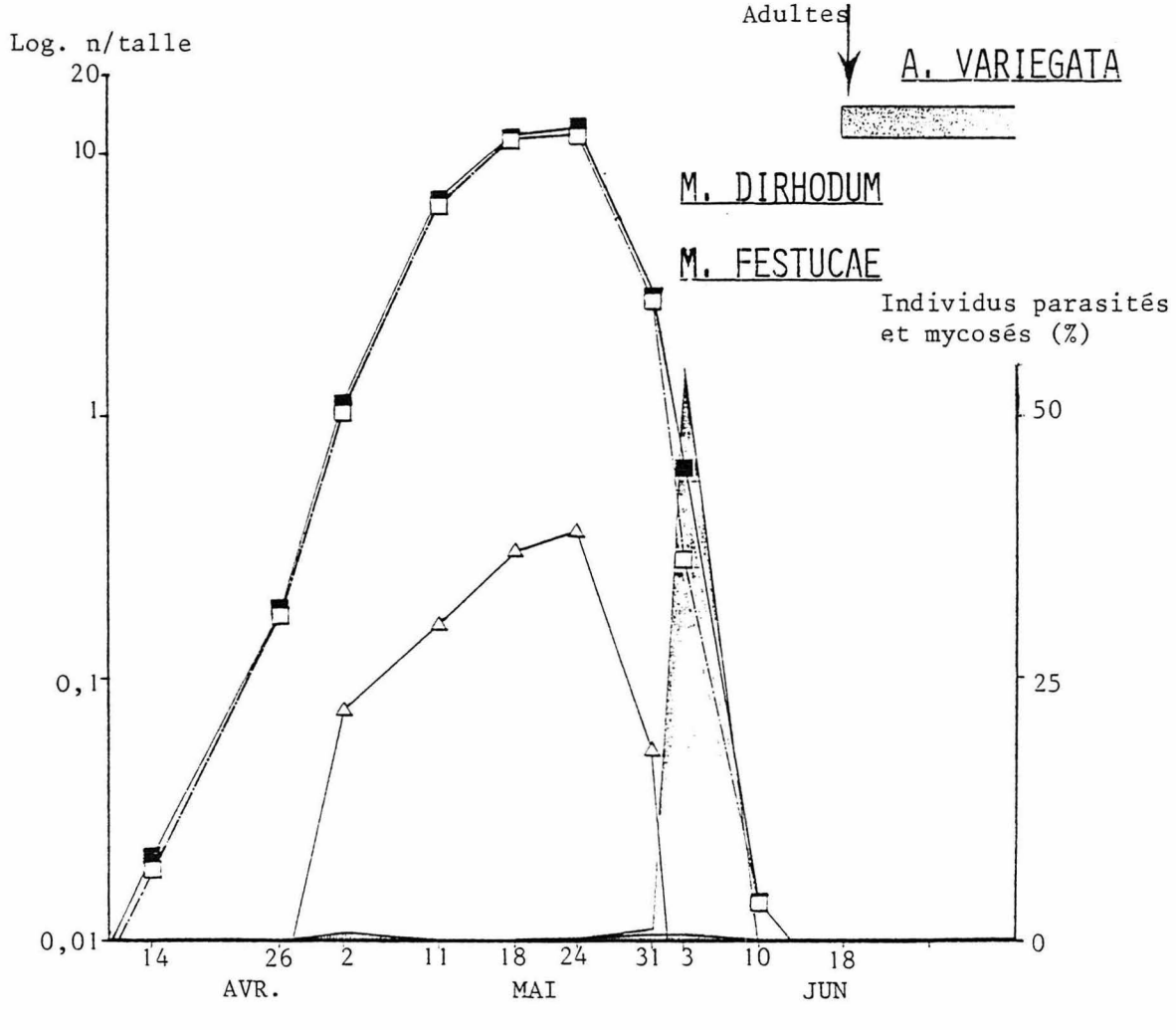
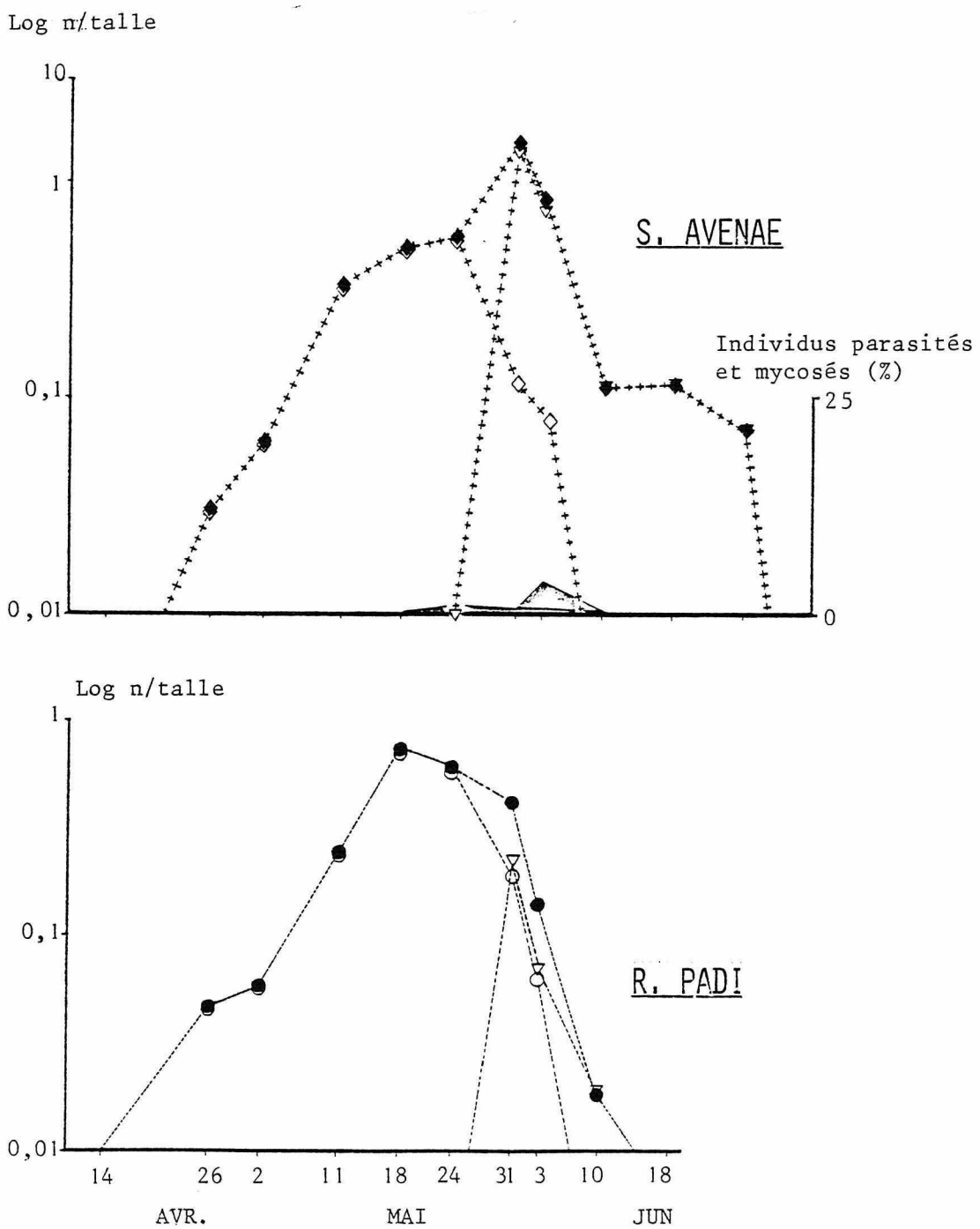

Log. n/talle
20
10
1
0,1
0,01
Adultes
A. VARIEGATA
M. DIRHODUM
M. FESTUCAE
Individus parasités et mycosés (%)
50
25
0
14
26
2
11
18
24
31
3
10
18
AVR.
MAI
JUN

Fig. 13 : Evolution des populations de pucerons (Log n/talle) sur blé, en 1981; pourcentage d'individus détruits par les parasitoïdes et les Entomophthorales et coïncidence chronologique de l'activité des prédateurs.

(même légende que la Fig. 12)



L'examen de la figure 13 montre que seul, *M. dirhodum* se développe avec la même vigueur que l'année précédente. *R. padi*, *S. avenae* et *M. festucae* se multiplient faiblement.

1.2.2.2. Fin de l'accroissement et niveaux maximums des populations.

L'intervention brûtale des adultes de *Coccinella septempunctata* et des larves de Syrphes contribue à bloquer l'accroissement des populations. Le maximum est atteint le 24 mai chez *M. dirhodum* avec 12 Pucerons par talle, le 31 mai chez *S. avenae* avec 5 Pucerons par talle. Les autres espèces n'atteignent pas la valeur de 1 Puceron par talle.

1.2.2.3. Déclin et disparition des populations.

Les interventions successives des larves de *C. septempunctata* et d'*A. variegata* constituent certainement la principale cause du déclin total des populations. Seules les populations de *S. avenae*, localisées sur les épis, résistent temporairement aux attaques des prédateurs.

Le rôle des Entomophthorales semble assez limité, celui des parasitoïdes quasiment nul.

1.2.2.4. Conclusion.

En définitive, le développement des populations en 1981 est caractérisé par un retard créé par les conditions climatiques de l'hiver, par une pullulation de faible amplitude et un déclin rapide et complet, favorisé par l'action conjuguée des différents prédateurs.

1.3. Structure démographique des populations.

Cette étude porte seulement sur des individus sains. Les Pucerons momifiés ou mycosés n'ont pas été pris en considération pour les raisons indiquées plus haut.

Notons tout d'abord que la composition élémentaire des différentes populations telle qu'elle est représentée sur la figure 14, pour la seule période du mois d'avril, nous amène à justifier le mode de contamination que nous avions précisé dans le paragraphe 1.1.:

- en 1980, chez *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*, la présence de larves à ptérothèques ou nymphes (N4) et de tous les stades aptères, la quasi absence d'adultes ailés, témoignent d'une contamination précoce par ces espèces.

- en 1981, à la même période, le pourcentage d'ailés de contamination est élevé et les larves à ptérothèques sont absentes. Cette structure confirme, ici, le caractère tardif de la contamination.

Malgré d'importantes différences relatives au mode de contamination et aux effectifs de populations en 1980 et 1981, le modèle évolutif de la structure démographique chez les différentes espèces ne se trouve guère modifié. Seule la formation d'ailés apporte quelques variations. Nous allons nous intéresser ici, principalement à l'évolution des larves à ptérothèques et des ailés qui en sont issus.

1.3.1. Variation de la production de formes ailées selon les années.

L'augmentation du nombre de N4 en 1980 semble coïncider précisément avec l'accroissement des différentes populations. Les maximums sont atteints simumtanément le 24 mai.

En 1981, tout se passe comme si la production de nymphes échappait à "l'effet de groupe". Effectivement, les maximums de population précèdent d'une à deux semaines les taux les plus élevés de N4. Si la densité de population semble insuffisante pour stimuler la formation d'ailés, il faut alors prendre en considération d'autres facteurs. Nous sommes tentés de penser que les modifications physiologiques des plants de blé caractérisés par une deshydratation progressive du bas vers le haut, pourraient bien constituer un élément d'explication de la formation d'ailés.

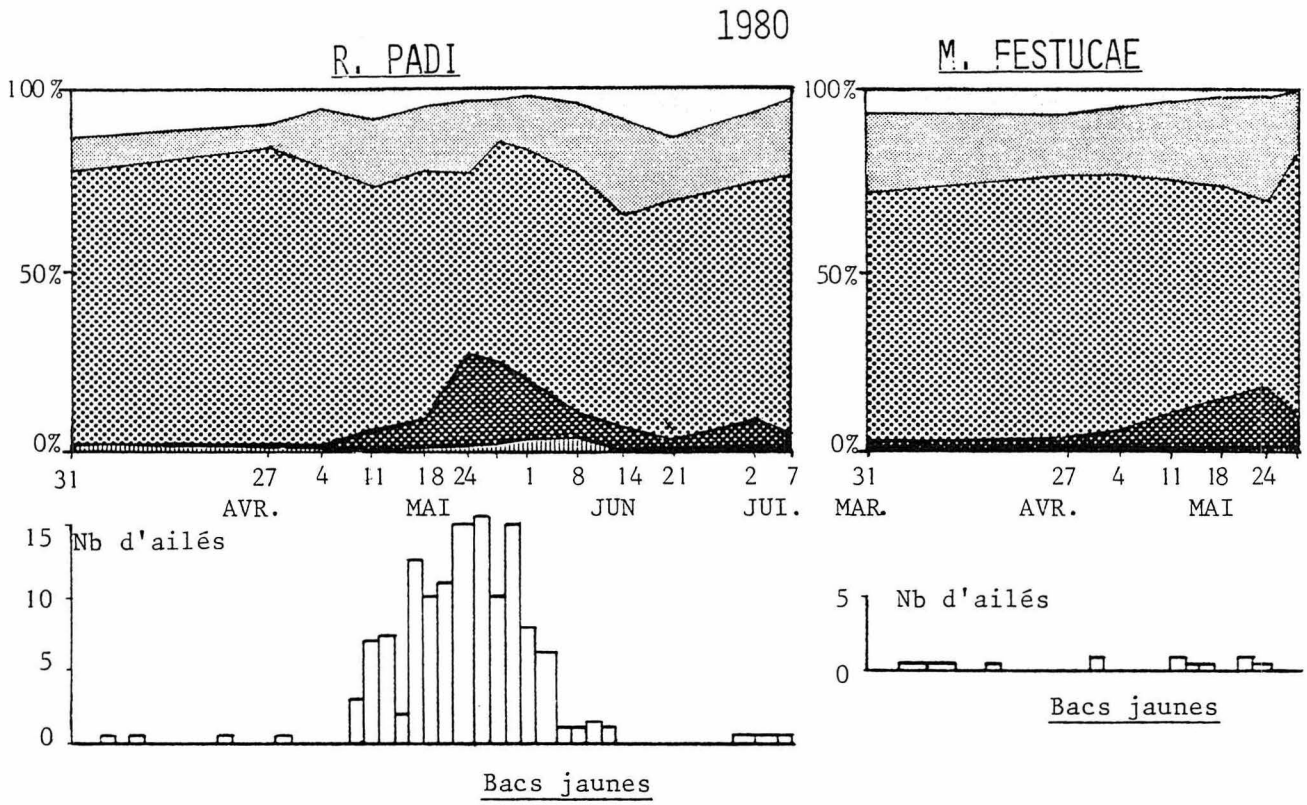
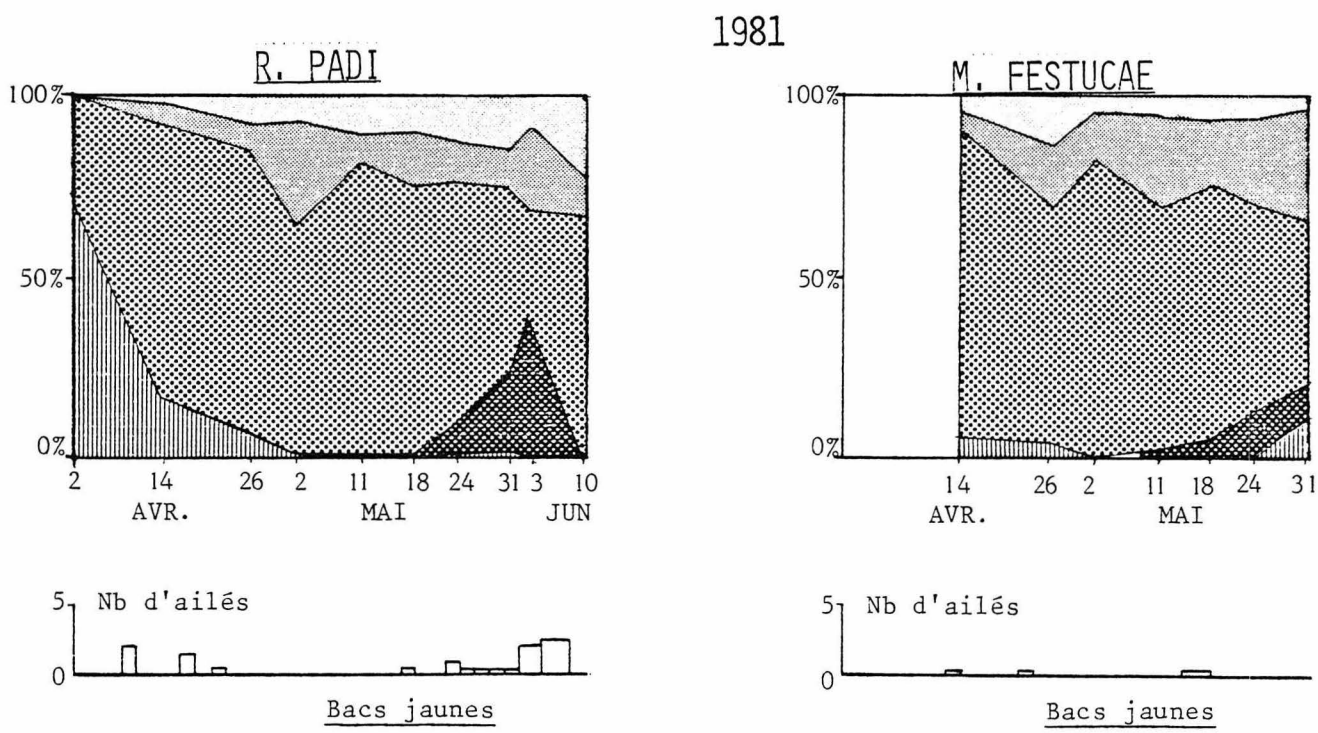
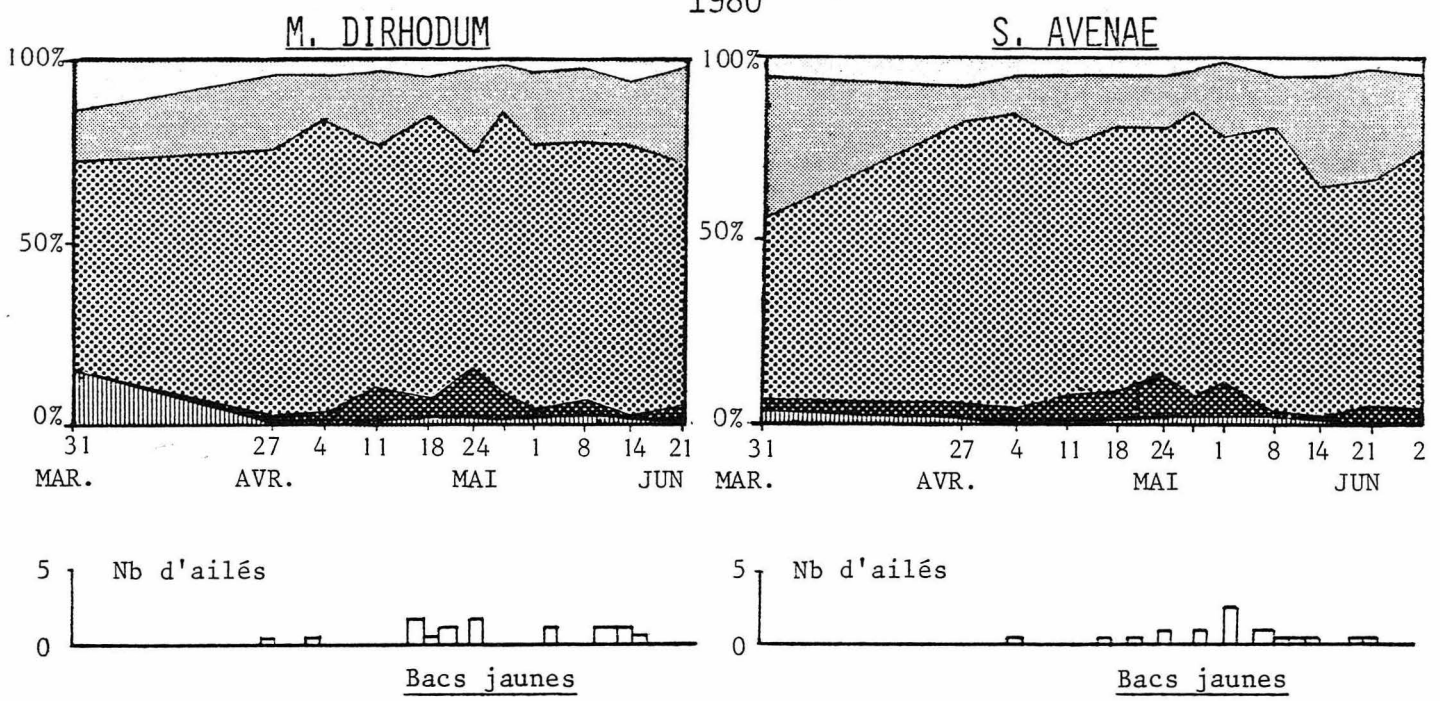


Fig. 14 : Structure démographique des populations de *R. padi*, *M. festucae*, *M. dirhodum* et *S. avenae*; contrôle des migrations d'ailés par le piégeage en bacs jaunes, en 1980 et 1981.



1980



Virginipares ailés (A1)

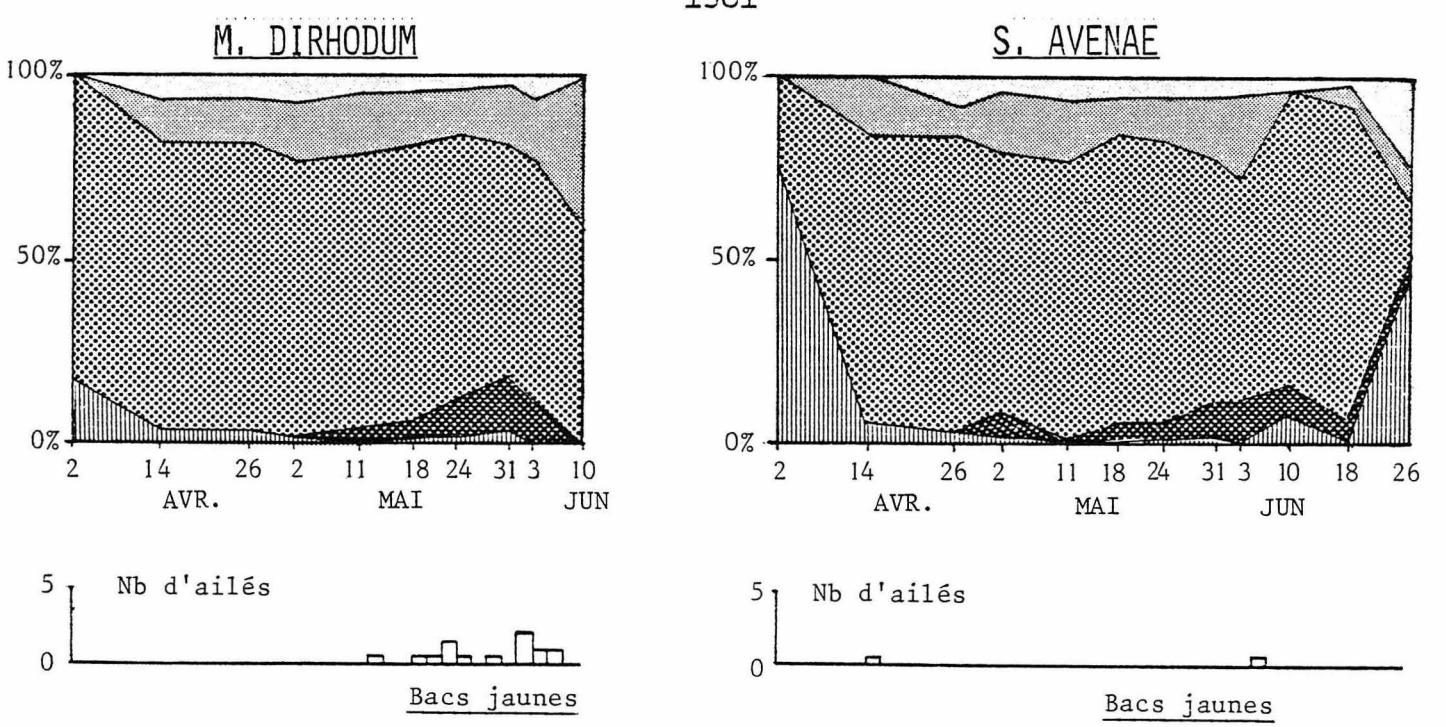
Larves à ptérothèques (N4)

Larves de 1er et 2ème stade (L1 + L2)

Larves de 3ème et 4ème stade (L3 + N3 + L4)

Virginipares aptères (A0)

1981



1.3.2. Variation de la production de formes ailées selon les espèces.

Quel que soit le cas, parmi les quatre espèces, *R. padi* est le seul à atteindre le taux de 25 à 35 p. cent de N4. Chez *M. dirhodum*, *M. festucae* et *S. avenae*, les pourcentages sont plus faibles et ne présentent pas de différences notables.

1.3.3. Cas de *R. padi*.

Lorsque le facteur "effet de groupe" prédomine, comme en 1980, la formation de N4 doit être plus ou moins favorisée par la répartition horizontale des populations sur les feuilles. Le type "très aggrégatif" des colonies de *R. padi* correspond parfaitement avec la proportion élevée de N4.

Lorsque le facteur "état physiologique" du végétal prédomine comme en 1981, la formation de N4 doit dépendre de la répartition verticale des populations. Nous étudierons ce type de distribution dans le prochain paragraphe, mais déjà, nous pouvons indiquer que, plus encore que les autres espèces, les colonies de *R. padi* se répartissent principalement sur la feuille verte la plus ancienne et la plus exposée au dessèchement. Plus encore que les autres espèces, *R. padi* donne naissance à un grand nombre d'ailés. Nous retrouvons là une relation très étroite entre l'état physiologique du substrat et le taux élevé de N4.

Quelles que soient les sources de variations auxquelles est soumise la production de N4, notons une excellente correspondance avec les captures d'ailés par la méthode des bacs jaunes.

1.4. Evolution de la répartition verticale des populations sur la plante.

L'étude de la répartition verticale des Pucerons du blé a été menée à partir du stade 8 (selon l'échelle de FEEKES) jusqu'à la maturation des plantes. Toutefois, en raison de leur insuffisance numérique,

les populations n'ont pas été représentées à tous les stades, notamment en 1981.

Le principe adopté est le suivant:

- au début, le dénombrement des populations s'effectue à partir du niveau appelé F1 qui correspond à la première feuille verte à partir du bas ou plus exactement la plus ancienne des feuilles vertes.

- au-dessus de F1, on distingue les autres niveaux appelés successivement: F2, F3, F4 et épi.

- au-dessous de F1, on désigne par FJ, l'ensemble des feuilles jaunes ou jaunissantes porteuses de Pucerons. Dans la plupart des cas, seule la feuille la moins desséchée reste infestée.

Vers la fin de la floraison, lorsque le nombre de feuilles vertes par talle est en voie de réduction rapide, les différents niveaux (F1, F2, etc) disparaissent successivement jusqu'à ne laisser que l'épi.

1.4.1. Description du phénomène pour chacune des espèces.

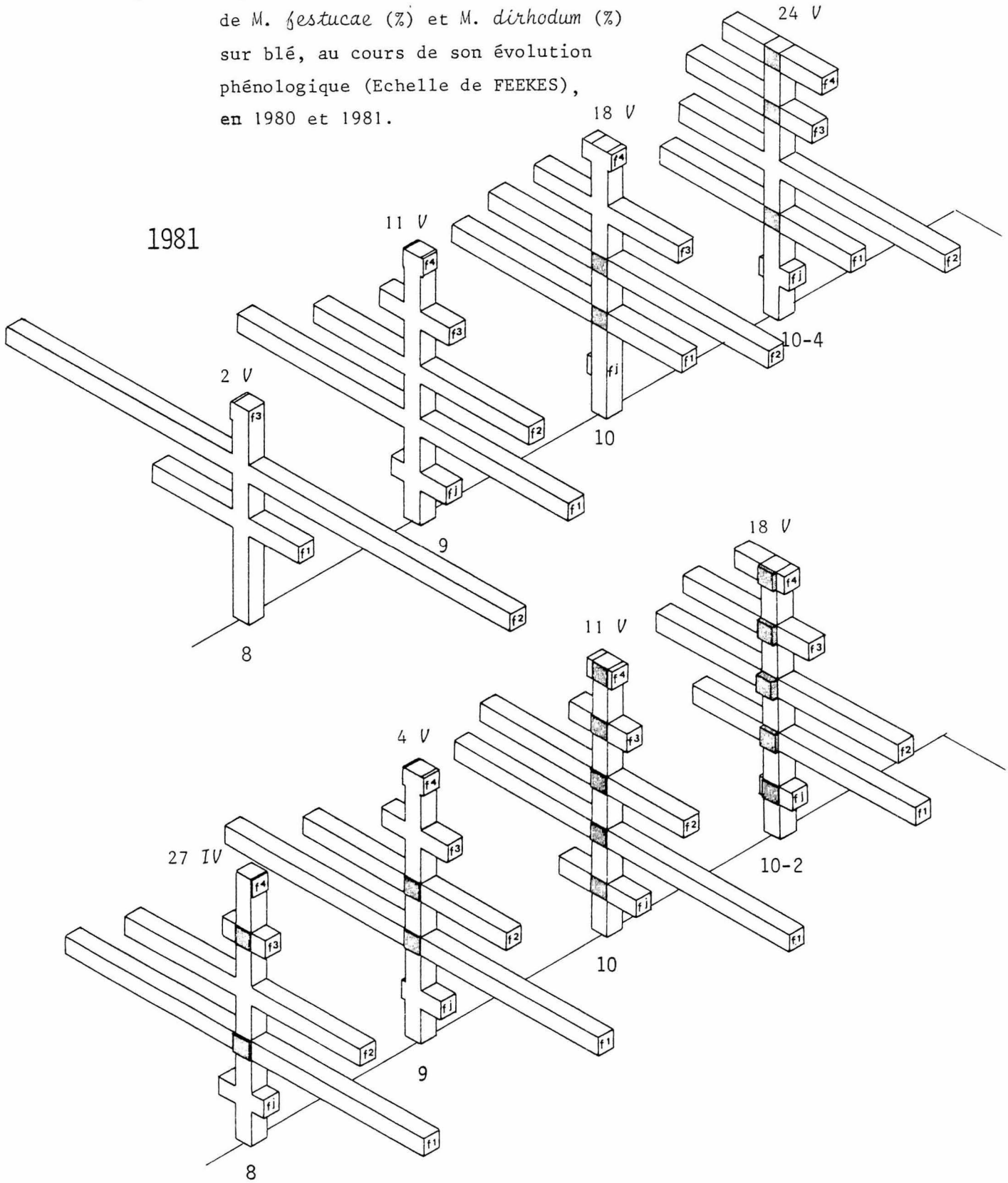
1.4.1.1. *Metopolophium dirhodum* (Fig. 15).

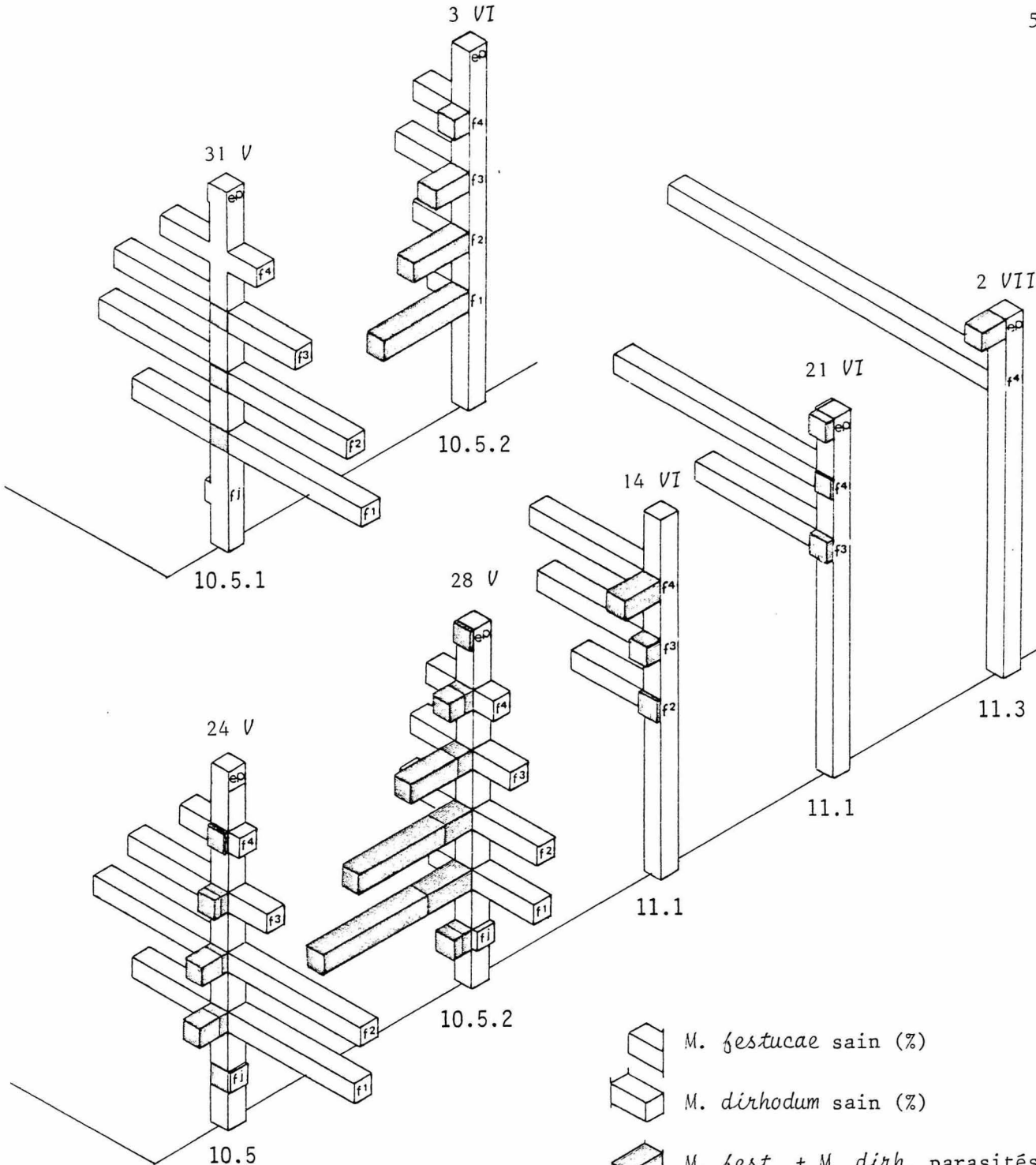
Entre le stade 8 et l'épiaison, M. *dirhodum* se répartit de façon très inégale sur le feuillage. La première feuille verte est la plus colonisée, les autres feuilles supportent d'autant moins de Pucerons qu'elles sont plus proches du sommet de la plante.

Au début de l'épiaison, les feuilles en voie de dessèchement sont abandonnées par les Pucerons qui tendent à se répartir de façon plus régulière sur tous les autres niveaux foliaires.

Progressivement, au cours des stades suivants, les Pucerons viennent occuper les niveaux supérieurs. Le dernier étage foliaire contitue l'ultime site occupé par M. *dirhodum*. Cette observation rejoint celle de DEDRYVER (1978a). Le dessèchement complet de toutes les feuilles entraîne donc la disparition de l'espèce.

Fig. 15 : Répartition verticale des populations de M. *festucae* (%) et M. *dirhodum* (%) sur blé, au cours de son évolution phénologique (Echelle de FEEKES), en 1980 et 1981.





1980

M. *festucae* sain (%)

M. *dirhodum* sain (%)

M. *fest.* + M. *dirh.* parasités (% + %)

M. *fest.* + M. *dirh.* mycosés (% + %)

ep Epi

f4 4ème feuille

f3 3ème "

f2 2ème "

f1 1ère "

fj Feuilles jaunes

1.4.1.2. *Metopolophium festucae* (Fig. 15).

On connait peu de choses concernant le site occupé par M. *festucae* sur les céréales. Dans cette étude, nous avons été amenés à constater que dans l'ensemble, M. *festucae* présente une relative stabilité quant au niveau qu'il occupe sur la plante au cours des différents stades phénologiques. Seules les observations de l'année 1980 sont particulièrment prises en considération car leurs effectifs de population sont très importants et donnent une meilleure image des phénomènes.

Avant l'épiaison, il apparaît que plus de la moitié de la population se développe sur la première feuille, le reste se répartit de manière décroissante jusqu'à la dernière.

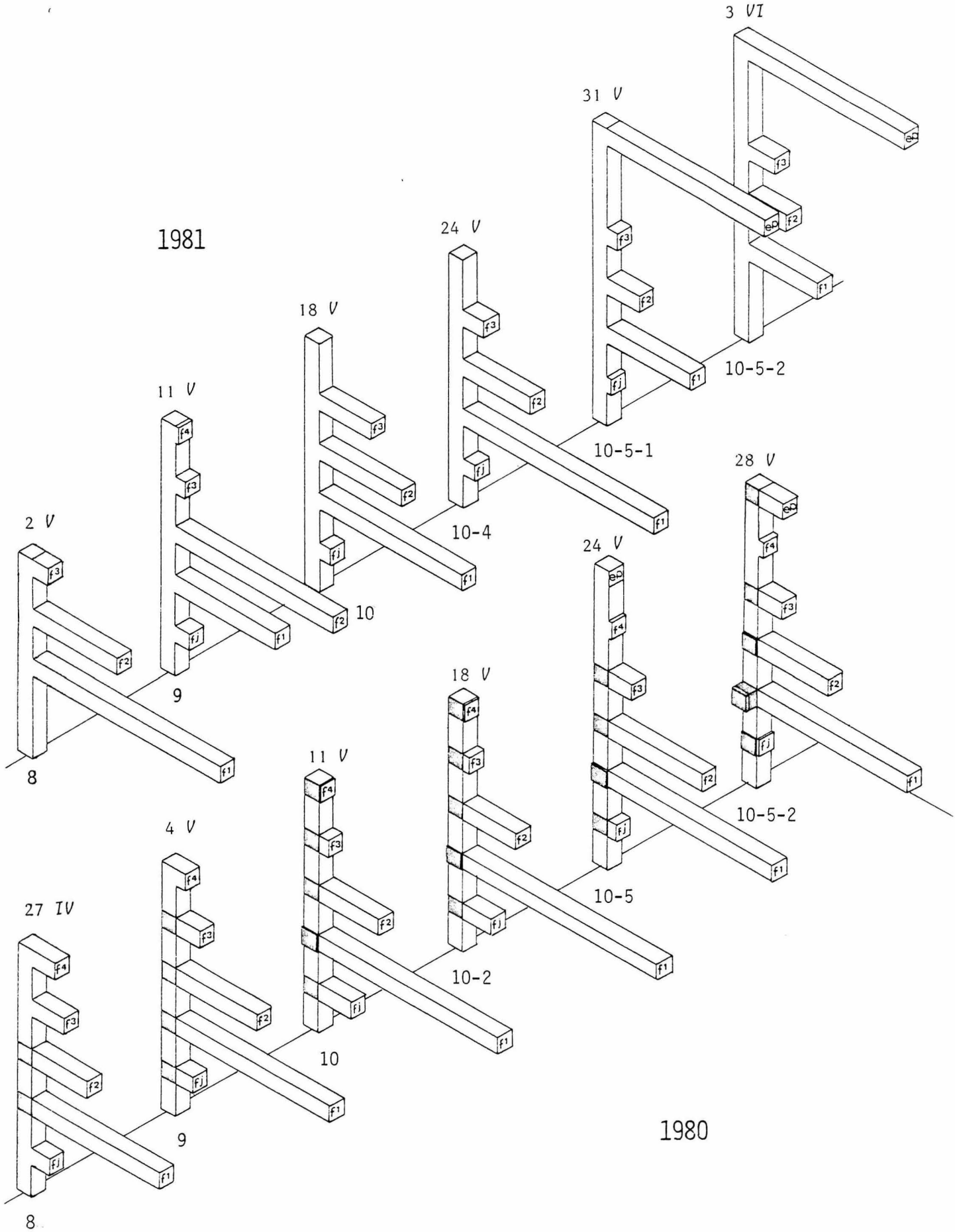
A partir de l'épiaison, les populations de la première et de la deuxième feuille verte tendent à s'équilibrer. Elles disparaissent ainsi en pleine floraison. Tout comme pour M. *dirhodum*, la présence de M. *festucae* sur épi est extrèmement rare sinon accidentelle.

1.4.1.3. *Rhopalosiphum padi* (Fig 16).

Pour des niveaux de population très différents d'une année à l'autre, nous retrouvons sensiblement la même répartition des colonies de *R. padi* sur les blés.

Jusqu'à la fin de l'épiaison, *R. padi* colonise principalement la première feuille verte. On le rencontre souvent à la base du limbe et parfois-même autour de la tige. Sur les niveaux supérieurs, les populations diminuent d'autant plus que l'on se rapproche du sommet de la plante. Les feuilles en voie de dépérissement supportent une fraction non négligeable de la population de la plante entière, soit 5 à 10 p. cent.

Dès le début de la floraison, on assiste à une modification profonde de la distribution des populations de *R. padi*. Très rapidement, l'épi devient fortement colonisé: entre le 28 mai et le 1er juin 1980 le taux d'infestation de l'épi passe de 8 à 43 p. cent de la population totale. La situation sur les autres niveaux foliaires tend à s'inverser: *R. padi* se concentre progressivement sur les niveaux les plus élevés. Les conditions


1981
3 VI
31 V
24 V
18 V
11 V
2 V
10-5-2
10-5-1
10-4
10
9
8
28 V
24 V
18 V
11 V
4 V
27 IV
10-5-2
10-5
10-2
10
9
8
1980

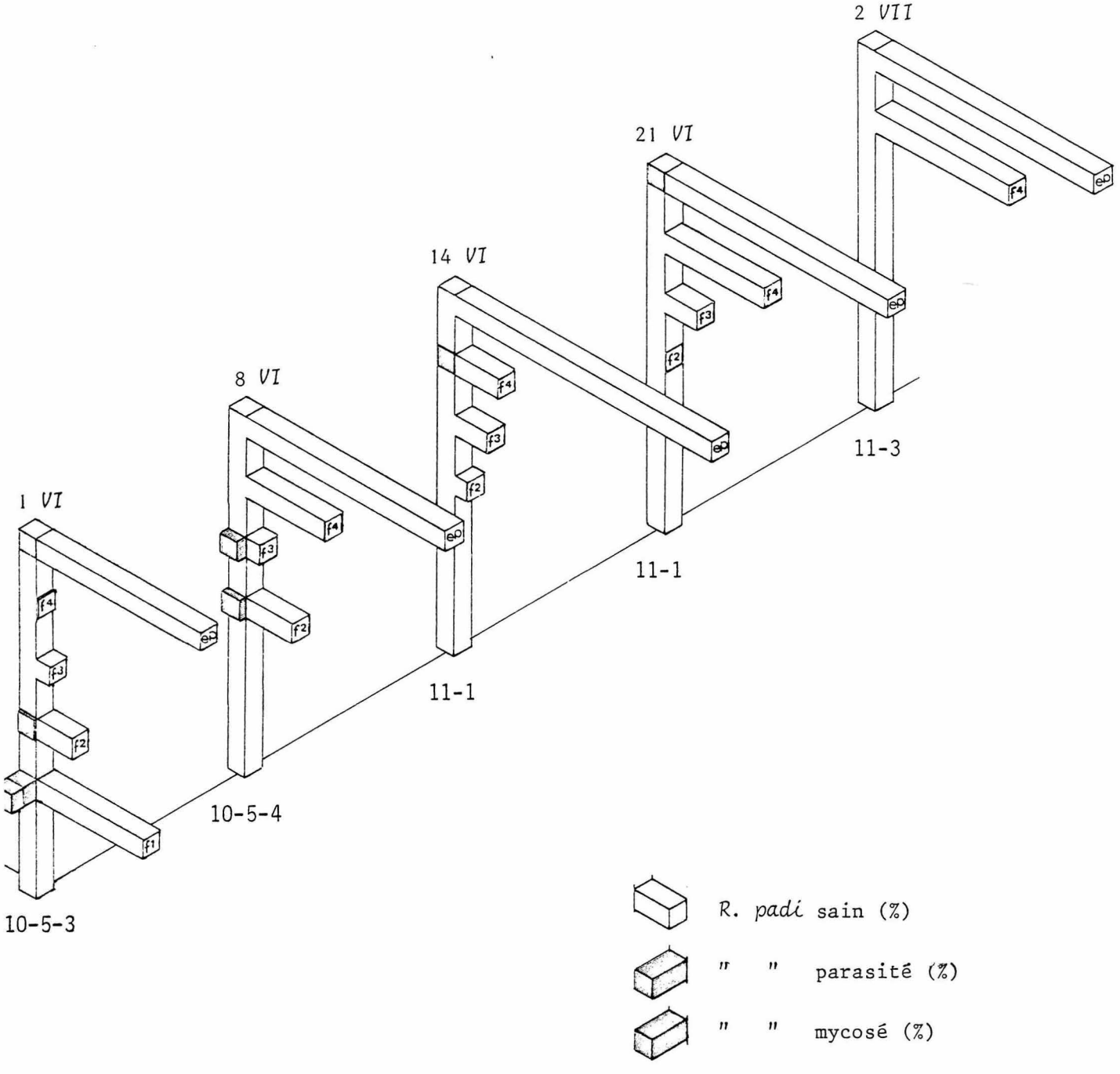


Fig. 16 : Répartition verticale des populations de *R. padi* (%) sur blé, au cours de son évolution phénologique (Echelle de FEEKES), en 1980 et 1981.

climatiques accélèrement le processus de dessèchement des feuilles inférieures qui ne portent plus aucun Puceron.

Apartir du stade "grain laiteux" la distribution du départ est complètement inversée. *R. padi* se maintient ainsi sur la plante jusqu'à la maturation complète.

1.4.1.4. *Sitobion avenae* (Fig. 17).

C'est une espèce dont le maximum de population se situe toujours à un niveau foliaire supérieur à celui de *M. dirhodum* (DEDRYVER, 1978a). Dans nos essais, nous constatons ce phénomène dès le stade 8.

Durant l'épiaison, deux cas sont à considérer:

- en 1980, la progression des populations vers les feuilles supérieures se déroule lentement. Les populations se distribuent de façon équivalente sur tous les étages.

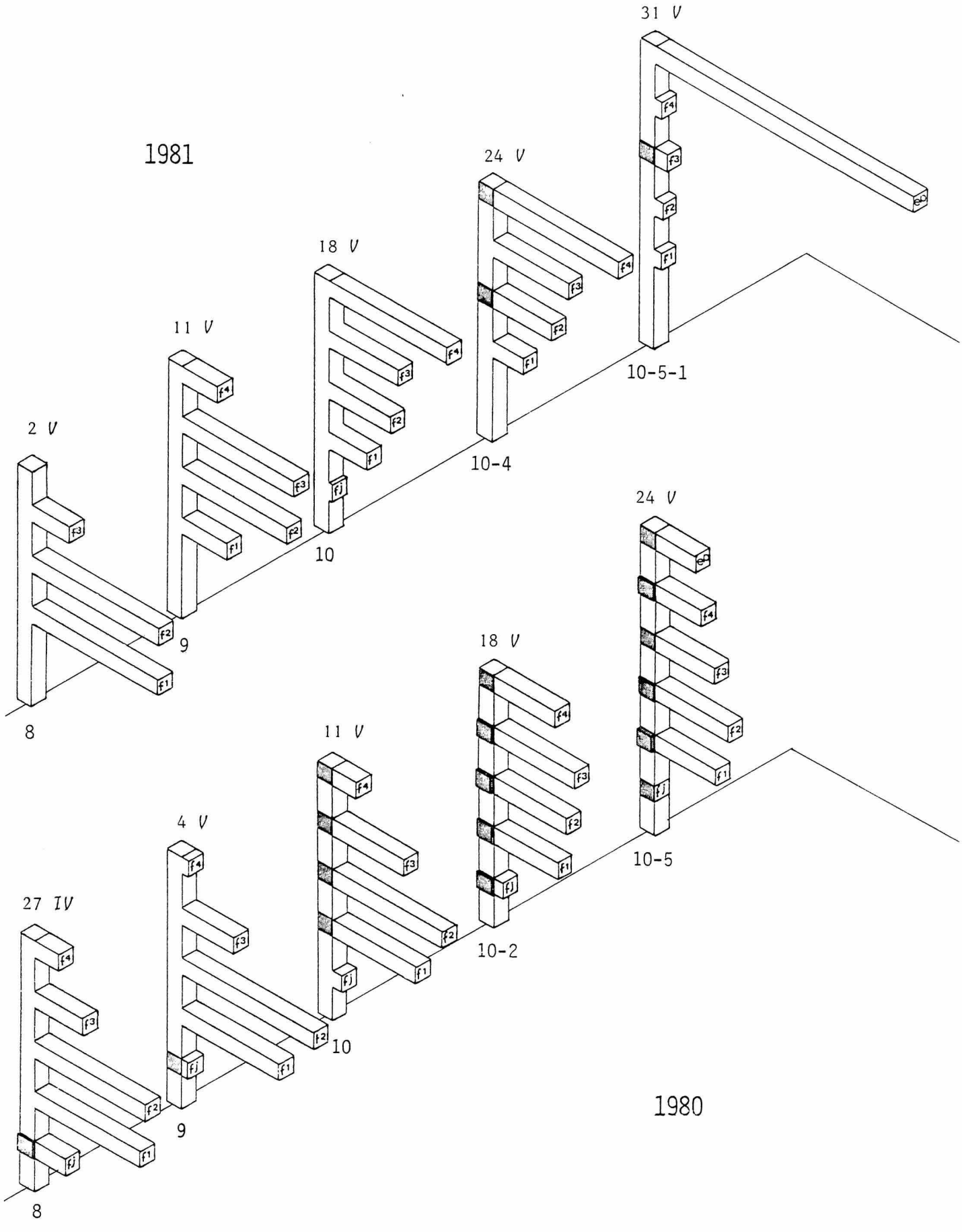
- en 1981, la dernière feuille porte le maximum de population. Ainsi, d'une année à l'autre, la "migration" vers le sommet de la plante s'effectue plus ou moins rapidement. Cette situation se rapproche tout à fait de celle décrite par DEDRYVER (1978a) lors de ses essais réalisés dans la région de Rennes. Les raisons de ces variations peuvent être multiples: conditions climatiques, état physiologique des plantes, etc. Cependant, ce dernier facteur serait probablement très influent sur l'ascension précoce de *S. avenae* sur épi, en 1981.

A partir de la "floraison", c'est l'épi qui supporte la presque totalité des populations. Le taux d'infestation de l'épi atteint très vite les valeurs de 85 à 90 p. cent.

1.4.1.5. Discussion.

Il existe bien une évolution de la distribution verticale des populations de Pucerons dans le temps. Il conviendrait maintenant d'en rechercher les causes qui selon ROBERT (1979) se rattachent aux éléments suivants:

- la natalité dont les variations d'un étage à l'autre sont dépendantes


1981
31 V
24 V
18 V
11 V
2 V
10-5-1
10-4
10
9
8
24 V
18 V
11 V
4 V
27 IV
10-5
10-2
10
9
8
1980

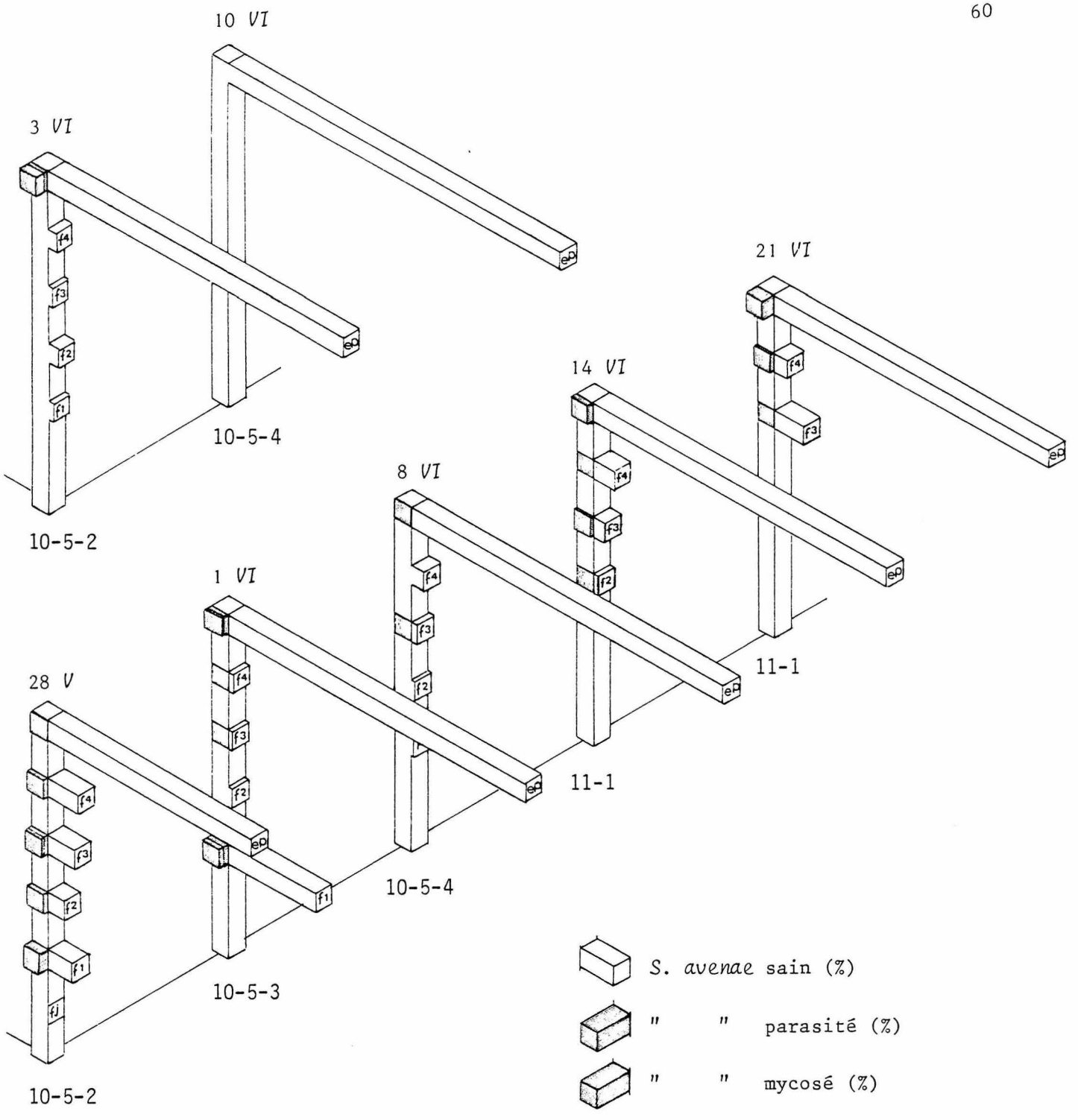


Fig. 17 : Répartition verticale des populations de *S. avenae* (%) sur blé, au cours de son évolution phénologique (Echelle de FEEKES), en 1980 et 1981.

du rapport existant entre la fécondité et les relations trophiques avec le végétal.

- la redistribution permanente des différents éléments de la struture démographique sur le végétal, pour la recherche de l'étage le plus convenable du point de vue trophique et physique.

- la mortalité globale qui peut être d'origine diverse mais souvent très dépendante de l'action menée par les ennemis naturels.

Nous examinerons donc successivement les différents cas: le premier par l'étude des variations du taux potentiel d'accroissement (T.P.A.) et du caractère stable des populations, le second par l'étude de la structure démographique des populations réparties sur chaque étage de la plante, le troisième par l'étude de l'action des parasitoïdes, des agents entomopathogènes et des prédateurs.

1.4.2. Comparaison des taux potentiels d'accroissement des populations sur chaque étage de la plante. Stabilité des populations.

COLE (1954) a montré que les populations dont les générations se chevauchent, s'accroissent de façon géométrique. Selon HUGUES (1962, 1972), lorsque les populations de Pucerons suivent une telle progression, la distribution de fréquence des trois premiers stades larvaires peut être considérée comme stable.

A partir de la proportion d'individus appartenant aux trois premiers stades, le taux potentiel d'accroissement (T.P.A.) de la population est donné par la formule suivante:

$$T.P.A. = e^{\lambda} = \frac{A1 + A2}{A2 + A3}$$

A1 = 1er stade larvaire
A2 = 2ème stade larvaire
A3 = 3èmes stades larvaire et nymphal.

La comparaison dans le temps des T.P.A. à différents étages de la plante et pour différentes espèces, est l'expression de l'influence

de l'état physiologique de chacun des organes aériens de la plante (feuille ou épi) sur la reproduction.

La conformité de la distribution de fréquence des trois stades larvaires à une progression géométrique est étudiée par un test de X^2 à 1 degré de liberté, pour une probabilité de déviation: $P > 0,05$ quand $X^2 > 3,84$.

La représentation graphique de l'évolution du T.P.A. de chacune des quatre espèces de Pucerons sur chaque étage concerne seulement les populations observées en 1981. Chacun des stades larvaires a pu être identifié et isolé des autres avec précision (Fig. 18). En 1980 par contre, le regroupement des stades (L1 + L2) et (L2 + N3 + L4) écarte toute possibilité d'étude des T.P.A..

- Chez *S. avenae*, les T.P.A. prennent des valeurs d'autant plus fortes que le niveau foliaire est élevé. Elles constituent donc une explication intéressante relative au problème de l'accumulation de l'espèce sur les étages supérieurs. Pour ce qui concerne l'épi, notons que les valeurs faibles des T.P.A. ne correspondent certainement pas aux valeurs habituelles.

- l'analyse des T.P.A. chez les autres espèces n'apporte aucune explication quant à leur mode de distribution verticale.

- Dans l'ensemble, les populations présentent une assez grande stabilité, excepté toutefois chez *M. dirhodum* durant sa période d'accroissement.

- Il est regrettable que les résultats de l'année 1980 ne puissent pas faire l'objet d'une étude de taux potentiel d'accroissement. L'importance numérique des populations et la durée des infestations auraient certainement contribué à l'établissement de meilleures comparaisons des T.P.A..

1.4.3. Evolution de la répartition des éléments de population sur chaque étage de la plante.

Afin d'utiliser les résultats des deux années, nous avons choisi

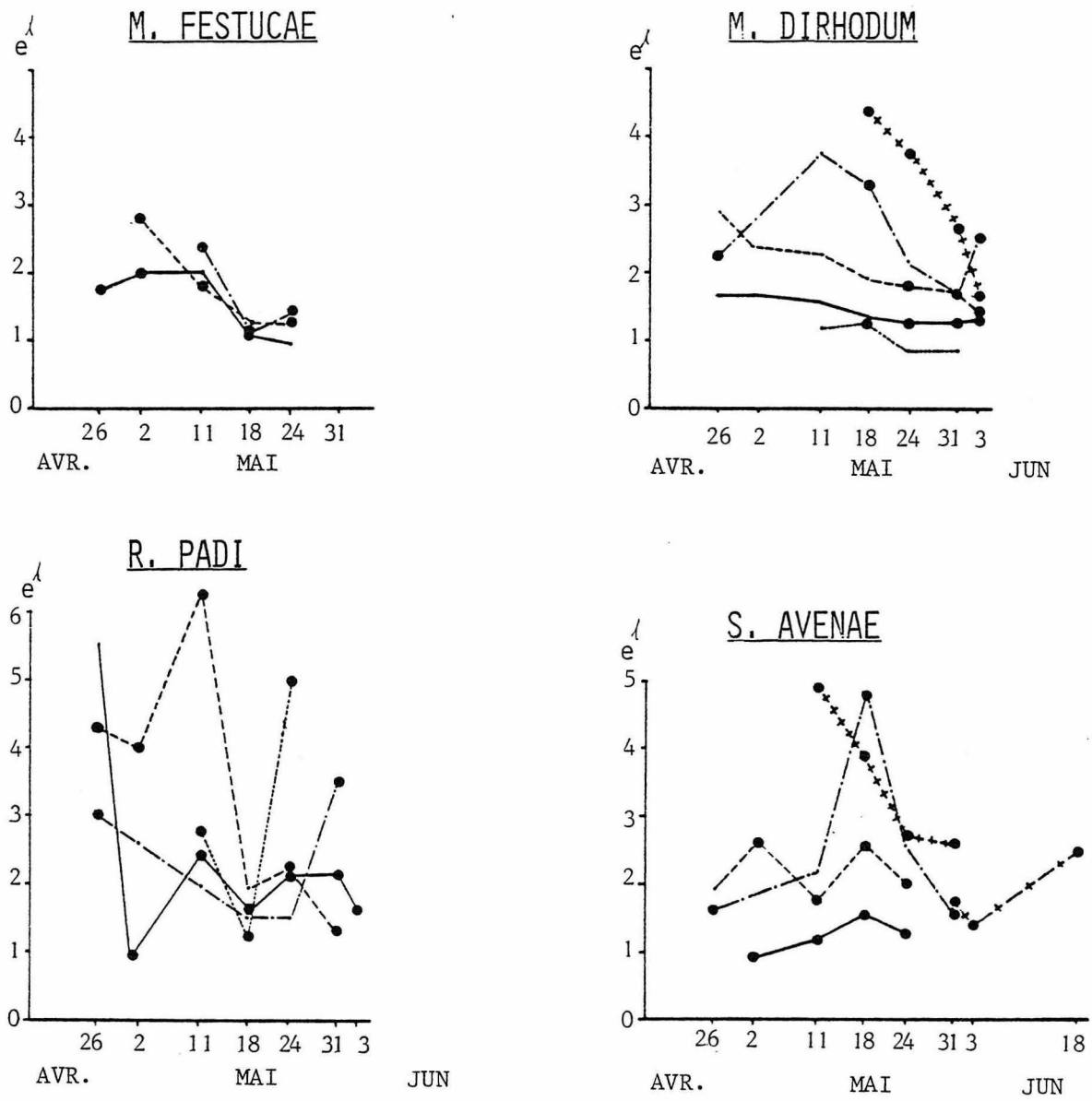


Fig. 18 : Evolution du taux potentiel d'accroissement (e^{λ}) de *M. festucae*, *M. dirhodum*, *R. padi* et *S. avenae* sur différents niveaux foliaires et sur épi, en 1981.

Les ● indiquent le caractère stable des populations au seuil P = 0,05.

de structurer les populations de la façon suivante:

- jeunes larves: L1 + L2
- larves agées et larves à bourgeons alaires: L3 + L4 + N3
- larves à ptérothèques: N4
- virginipares aptères: A0
- virginipares ailés: A1

-§- Chez *M. dirhodum*, *M. festucae* et *R. padi* nous observons une répartition équilibrée des éléments de population sur tous les étages, quelle que soit l'abondance des colonies. Ces observations montrent que les différents éléments de chacune des populations sont attachées à l'étage sur lequel ils se trouvent.

Si au cours de l'évolution, d'éventuelles redistributions se présentent d'un étage à l'autre, elles ne peuvent se manifester que de façon concomitante pour tous les éléments. C'est probablement de cette manière que les colonies de *R. padi* situées sur les feuilles en voie de dessèchement viennent grossir celles déjà localisées sur les feuilles vertes les plus agées. C'est aussi de cette façon que les populations de *M. dirhodum* et de *M. festucae* semblent progresser vers les niveaux foliaires supérieurs, au fur et à mesure que leurs besoins trophiques sont perturbés par le vieillissement des feuilles basses.

Nous ne représenterons qu'un seul cas de figure, celui de *R. padi* pour l'année 1980 (Fig. 19), parfaitement représentatif des autres espèces.

-§- *S. avenae* apparaît comme une espèce particulièrement mobile, dont la progression vers les étages supérieurs est tout à fait évidente. La figure 20 laisse supposer que ce sont les virginipares aptères qui assurent la colonisation des dernières feuilles et de l'épi (1, 1', 1"), abandonnant des larves (2, 2', 2") dont la croissance se réalise sur les lieux mêmes où la ponte s'est effectuée (3, 3', 3").

En définitive, l'exemple de *S. avenae* tend à montrer le rôle des virginipares aptères. Pour ce qui concerne les autres espèces, ni les T.P.A., ni la répartition des différents éléments de population ne peuvent expliquer l'accumulation des colonies sur leurs étages privilégiés. Toute-

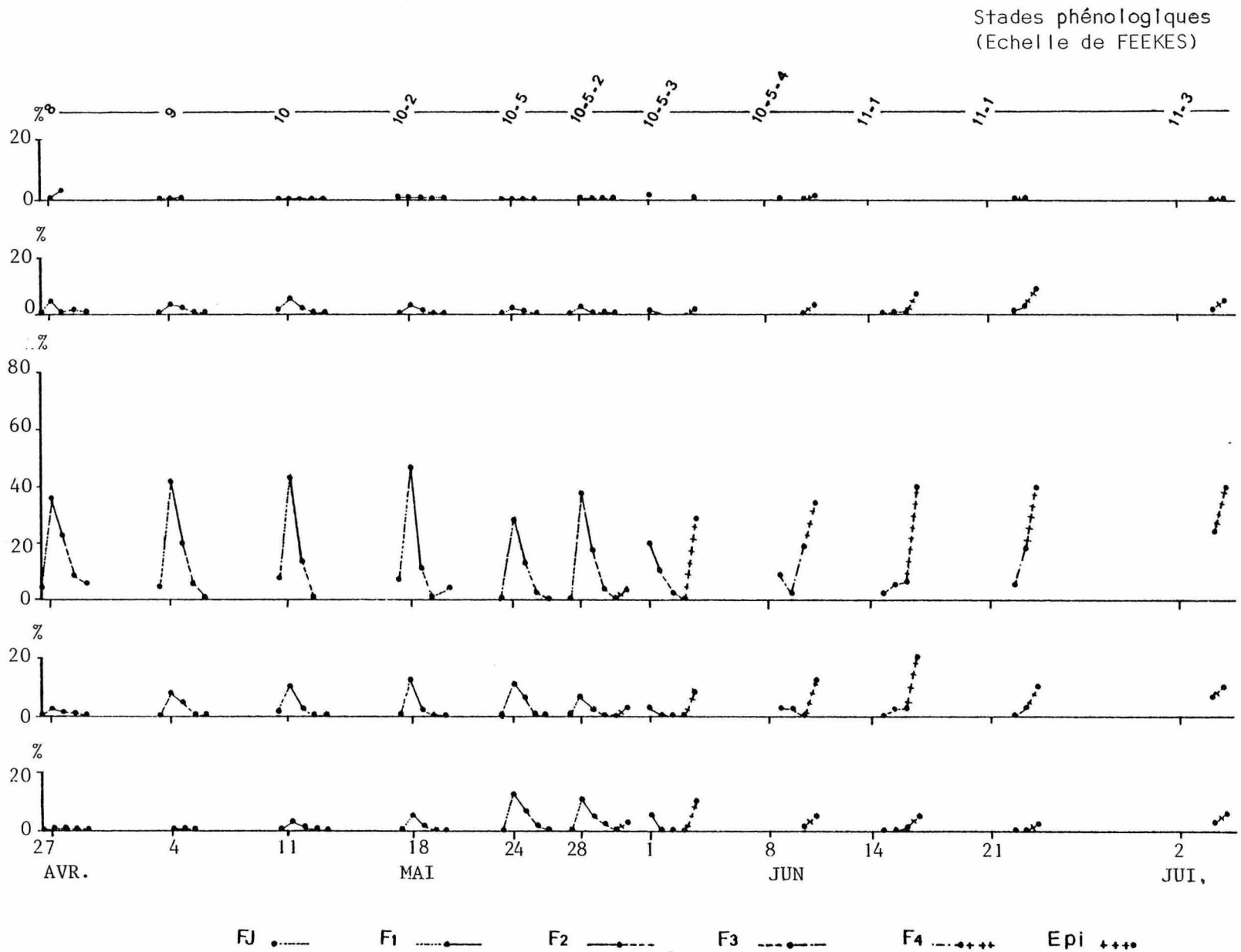


Fig. 19 : Répartition verticale des éléments de population de *R. padi* (%) sur blé, au cours de son évolution phénologique (Echelle de FEEKES), en 1980.

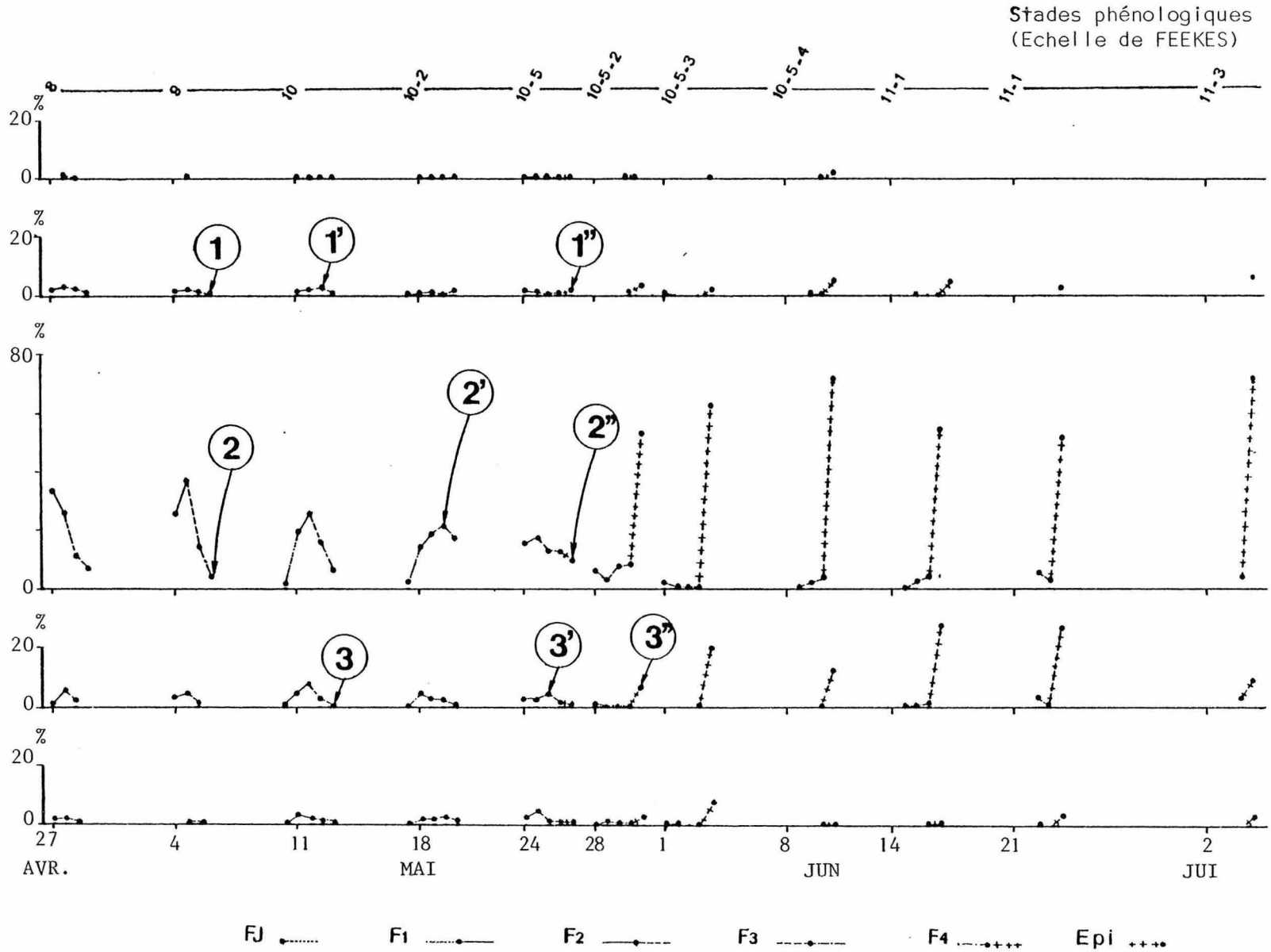


Fig. 20 : Répartition verticale des éléments de population de *S. avenae* (%) sur blé, au cours de son évolution phénologique (Echelle de FEEKES), en 1980.

fois, l'hypothèse d'une redistribution lente et simultanée des différents éléments de population serait parfaitement concevable.

1.4.4. Influence des ennemis naturels sur le mode de répartition verticale des populations.

La simple comparaison de la répartition verticale des espèces au cours de leur évolution en 1980 et 1981, montre que l'action menée par les parasitoïdes et les agents entomopathogènes, forte la première année et très faible la seconde année, ne modifie pas fondamentalement le choix des populations de Pucerons à se répartir sur leurs étages privilégiés. Nous obtenons par ailleurs le même résultat avec les prédateurs durant leur période d'activité. L'exemple de *M. dirhodum* donné par la figure 15 (p. 56), est l'une des meilleures illustrations de la répétitivité du phénomène.

Nous ne développerons pas ici le problème du comportement spécifique des ennemis naturels par rapport aux populations aphidiennes. Il le sera ultérieurement.

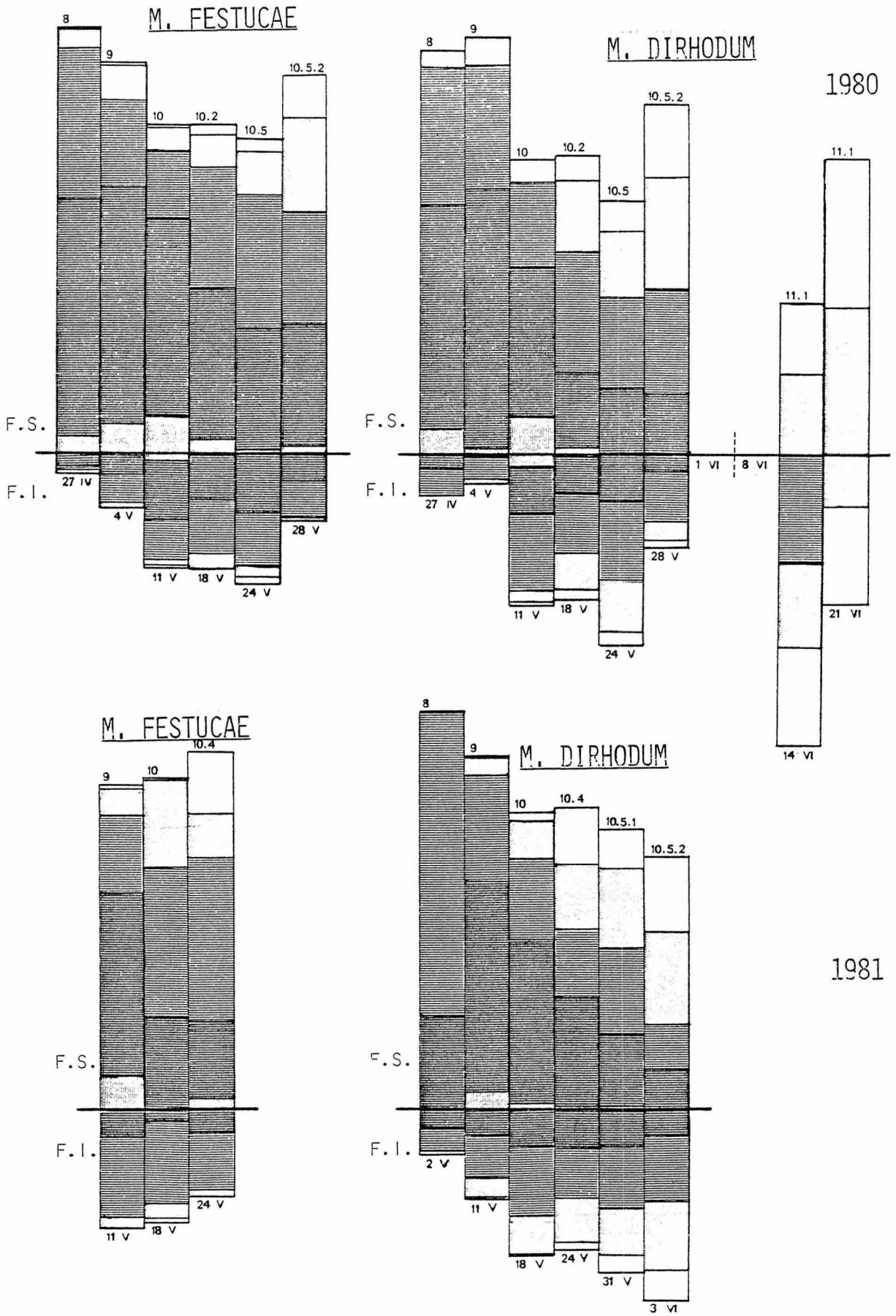
1.5. Localisation des Pucerons sur les feuilles.

La figure 21 montre comment se répartissent les différentes espèces de Pucerons sur les feuilles. Seules sont représentées les populations apparamment saines dont le nombre dépasse 100 individus.

1.5.1. Evolution temporelle de la localisation des différentes espèces:

Nous distinguons deux cas:

- l'évolution privée de toute régulation de la part des auxiliaires prédateurs, parasitoïdes et agents entomopathogènes: nous observons un changement progressif de la répartition des populations sur les feuilles. Au début, les 27 avril 1980 et 2 mai 1981, les Pucerons se répartissent abondamment sur la face supérieure des feuilles. Notons seulement 10 p. cent de *M. dirhodum* et 7 p. cent de *S. avenae* sur la face inférieure. Par


M. FESTUCAE
M. DIRHODUM
1980
F.S.
F.I.
8
9
10
10.2
10.5
10.5.2
11.1
27 IV
4 V
11 V
18 V
24 V
28 V
1 VI
8 VI
14 VI
21 VI
M. FESTUCAE
M. DIRHODUM
1981
10.4
10.5.1
2 V
31 V
3 VI

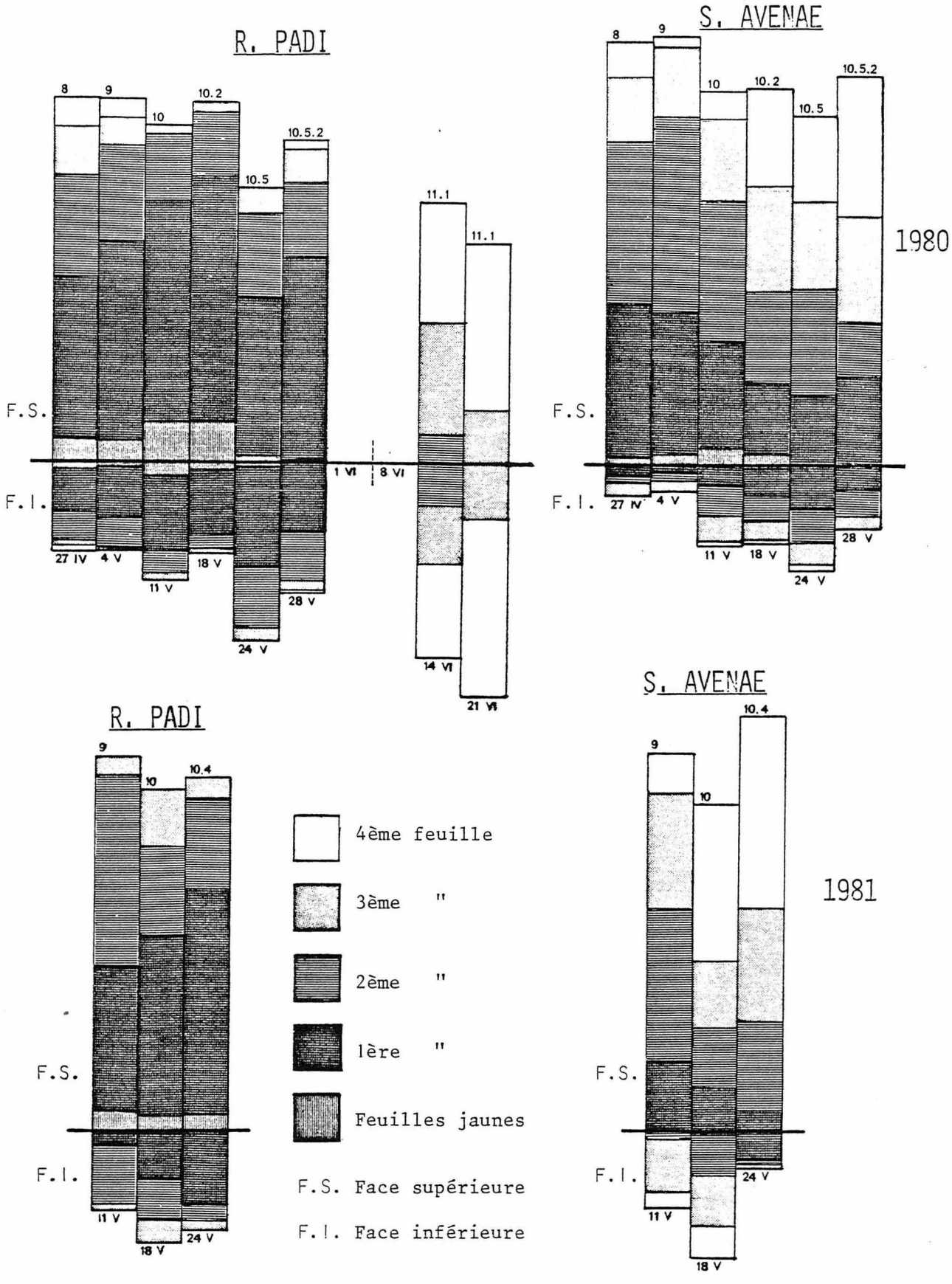


Fig. 21 : Evolution spatio-temporelle (%) de la localisation des Pucerons sur les feuilles, en 1980 et 1981.

la suite les populations tendent, plus ou moins selon les espèces, vers une localisation équilibrée. Ainsi, le 24 avril 1980, 43 p. cent des M. *dirhodum* et 39 p. cent des R. *padi* sont situés sur la face inférieure.

- Evolution après intervention des auxiliaires: les 14 et 21 juin 1980, M. *dirhodum* et R. *padi* se répartissent de façon à peu près égale sur toutes les surfaces foliaires. Cet état d'équilibre demeure cependant relativement fragile compte tenu de la forte réduction des populations.

1.5.2. Evolution spatiale de la localisation des différentes espèces.

Les "migrations" qui s'effectuent entre les différents niveaux de la plante, peuvent engendrer des changements de position sur les feuilles:

- lorsqu'ils commencent à coloniser la 4ème feuille, M. *dirhodum* et M. *festucae* semblent s'installer de préférence sur sa face supérieure. C'est précisément le cas le 24 mai 1981 et à un moindre degré le 18 mai 1980. Pour ce qui concerne cette dernière date, nous devons rappeler qu' elle fait suite à une période de fortes pluies qui ont certainement déstabilisé les colonies situées sur la face supérieure des feuilles.

- l'intervention des prédateurs (larves de Syrphes et larves de Coccinelles) semble accélérer la montée de M. *dirhodum*, M. *festucae* et S. *avenae* vers les feuilles les plus hautes; Ainsi, le 28 mai 1980, ce phénomène accentue la colonisation de la face supérieure des 3ème et 4ème feuilles.

- R. *padi* constitue un cas particulier. C'est un Puceron qui migre peu sur les différents étages foliaires et par conséquent, les seuls changements qui s'opèrent du point de vue de la localisation des populations sur les faces supérieures et inférieures des feuilles, ne sont visibles que sur celles dont l'infestation est déjà ancienne.

1.5.3. Comportement spécifique de chaque type de Puceron.

M. *dirhodum* et M. *festucae* présentent la même tendance à équilibrer leurs populations sur les deux faces des limbes foliaires. Toutefois,

le cas de M. *festucae* paraît moins évident dans la mesure où il s'agit-là d'une espèce sont la disparition se manifeste très tôt.

R. padi, très attaché aux niveaux foliaires les plus bas, se localise d'une manière relativement stable. Dès le début, la face inférieure des feuilles porte environ 20 p. cent de sa population totale. L'accroissement de ce taux semble plus progressif que chez *Metopolophium*.

Malgré une certaine évolution spatio-temporelle de sa position sur les limbes foliaires, *S. avenae* reste une espèce profondément inféodée à la face supérieure des feuilles.

2. Importance des ennemis naturels.

2.1. Les Coccinelles.

Parmi les espèces récoltées, seules *Coccinella septempunctata* L. et *Adonia variegata* GOEZE ont retenu notre attention étant donné leur grande abondance.

2.1.1. Coïncidence chronologique entre les pullulations de Pucerons des céréales et l'intervention des Coccinelles (Fig. 12 p. 46 et Fig. 13 p. 50).

2.1.1.1. *Coccinella septempunctata*.

C'est une espèce à tendance univoltine, caractérisée par un comportement migratoire et grégaire. Au printemps, la période de repos des adultes s'achève avec le relèvement marqué des températures minimales (IPERTI, 1961):

- en 1980, l'arrivée des migrants se manifeste après le 20 mars. En quelques jours, un grand nombre d'entre eux s'accouplent et les premières pontes, très abondantes, sont observées dès le 30 mars. Nous attribuons ce comportement de reproduction précoce à la présence de Pucerons. En effet, chez *C. septempunctata*, comme chez les autres espèces de Coccinelles, l'abondance des proies conditionne le nombre des accouplements et l'impor-

tance des pontes (IPERTI, 1961). Après la dispersion des adultes, il faut attendre le 10 mai pour assister à l'éclosion des premières larves. Les températures minimales sont alors de l'ordre de 10°C, seuil généralement admis pour l'éclosion des oeufs de C. *septempunctata* dans la nature. Le maximum de larves est obtenu le 24 mai. Les populations de Pucerons connaissent un déclin considérable.

- en 1981, les premièrs migrants de C. *septempunctata* arrivent à la même époque, c'est-à-dire vers la fin du mois de mars, alors que les infestations aphidiennes ne se sont pas encore produites. Aucun accouplement, aucune ponte ne sont observés. Très vite, les prédateurs se dispersent. Une nouvelle invasion intervient vers la 17 mai, en pleine phase d'accroissement des populations aphidiennes. Tout de suite, l'activité prédatrice des adultes se manifeste; ces derniers s'accouplent puis pondent quelques jours après. Dès le 30 mai, les premières larves se mettent en quête de proies, l'anéantissement des populations de Pucerons est quasi-total vers le 10 juin.

Remarque: un seul type d'hôte semble échapper aux attaques de C. *septempunctata*: il s'agit de S. *avenae* dont les populations sont situées sur les épis.

2.1.1.2. *Adonia variegata*.

C'est une espèce plurivoltine, migrante qui manifeste une activité reproductrice plus tardivement que l'espèce précédente, lorsque les minimums de température se situent aux alentours de 15°C (RABASSE et al., 1978). Dans les deux essais, les populations d'A. *variegata* apparaissent vers la mi-juin.

- en 1980, la seconde phase de pullulation aphidienne stimule l'activité reproductrice des prédateurs. L'action conjuguée des adultes et des larves participe à la destruction totale de la faune aphidienne sur les blés.

- en 1981, A. *variegata* rencontre des niveaux de population extrêmement faibles. Les dernières proies sont consommées puis les Coccinelles se dispersent vers les parcelles expérimentales plus contaminées, pour s'y reproduire.

2.1.2. Importance et limites des potentialités des deux espèces.

En période d'activité, les besoins alimentaires des Coccinelles sont énormes. Cependant, d'un point de vue qualitatif, certaines proies sont plus favorables que d'autres à leur propre développement. Pour *C. septempunctata* et *A. variegata*, les Pucerons des céréales, tels que *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*, constituent un ensemble de proies très adéquates dans la mesure où ils stimulent l'accouplement et le comportement de ponte et permettent le développement larvaire.

Pour ce qui concerne les relations spatio-temporelles prédateur-hôte, nous préciserons que:

- *C. septempunctata* trouve sur blé une strate végétale qui correspond assez bien à son espace préférentiel de prospection (IPERTI, 1978), trouve aussi, dans la région, des conditions climatiques telles que sa période d'activité coïncide étroitement avec celle de ses hôtes.

- *A. variegata*, bien que favorisée par le type d'habitat qu'elle prospecte habituellement, présente une période d'activité en déphasage net par rapport à celles de ses hôtes. Son rôle en tant que prédateur se limite à acherver l'oeuvre de *C. septempunctata*.

A partir de nos observations, s'il nous est permis de concevoir une statégie de lutte antiaphidienne avec l'aide des Coccinelles, nous pensons que la juxtaposition de deux périodes de prédation comme ce fut le cas en 1981, plutôt que leur discontinuité, pourrait contribuer à réduire plus durablement et de manière plus effective le niveau des populations aphidiennes.

2.2. Les Syrphes.

Contrairement au Coccinelles, les Syrphes ne présentent un régime carnivore qu'à l'état larvaire.

2.2.1. Importance relative des différentes espèces sur céréales.

Les larves de Syrphes récoltées lors de nos échantillonnages ont

été élevées au laboratoire. Les adultes obtenus ont été dénombrés et identifiés (Tableau 5).

Espèces	Nombre d'adultes	Date de prélèvement des larves
Episyrphus balteatus DEG.	2 ♂ + 2 ♀	4 V
	3 ♂ + 1 ♀	11 V
	28 ♂ + 17 ♀	18 V
	24 ♂ + 16 ♀	24 V
	13 ♂ + 17 ♀	28 V
	1 ♂ + 1 ♀	8 VI
Melanostoma mellinum L.	1 ♂	28 V
Metasyrphus corollae DEG.	1 ♀	18 V
	1 ♀	28 V
Scaeva pyrastri L.	1 ♂	18 V
Sphaerophoria scripta L.	1 ♀	18 V
Syrphus ribesii L.	1 ♀	28 V
Syrphus vitripennis MEIG.	2 ♂ + 2 ♀	18 V

Tableau 5 : Syrphides adultes obtenus à partir des larves prélevées en 1980.

Episyrphus balteatus DEG. est l'espèce la plus précoce mais aussi la plus commune, tout au long de la période d'activité des Syrphes sur céréales.

2.2.2. Rôle des Syrphes dans le contrôle des populations de Pucerons.

2.2.2.1. L'activité de ponte.

En 1980 et 1981, les premières pontes apparaissent au cours du mois d'avril, à proximité des petites colonies de Pucerons. L'activité de ponte cesse définitivement vers la fin du mois de mai alors que les Aphides sont encore très nombreux et que la période normale de ponte est loin d'être achevée.

LYON (1965) précise que, dans la nature, deux facteurs interviennent particulièrement sur l'expression du potentiel de multiplication des Syrphes aphidiphages: l'absoption de pollen, importante pour l'ovogénèse, et la présence de Pucerons, importante pour le déclenchement de la ponte. Cet auteur indique encore que l'abondance des Syrphes demeure toujours très liée à l'abondance des fleurs pollinifères.

Dans notre cas, il semblerait que les sources de pollen avoisinates (fleurs en verger ...) soient devenues rares, à tel point que les Syrphes aient été contraints de migrer pour se multiplier, sinon pour survivre. Nous devons préciser toutefois que les périodes pendant lesquelles le pollen abonde ne coïncide pas toujours avec les périodes de pullulations aphidiennes. La migration contitue donc la meilleure adaptation à ces conditions variables du milieu.

2.2.2.2. La prédation.

Dans les deux essais, l'activité prédatrice des larves commence à se manifester en pleine phase d'accroissement des populations de Pucerons. Le nombre maximum de larves n'atteint pas 1 pour 10 talles. A aucun moment, leur action régulatrice n'est véritablement sensible (Fig. 22 et 23). En définitive, il apparaît que le nombre de Syrphes demeure très insuffisant pour réguler ces populations.

2.2.2.3. Les potentialités.

Malgré leur action très limitée dans nos essais sur céréales, les Syrphes présentent des potentialités prédatrices intéressantes qui peuvent être mises en valeur si le maintien des adultes et leur multiplication peuvent être assurés, voire même favorisés sur les lieux de leur intervention.

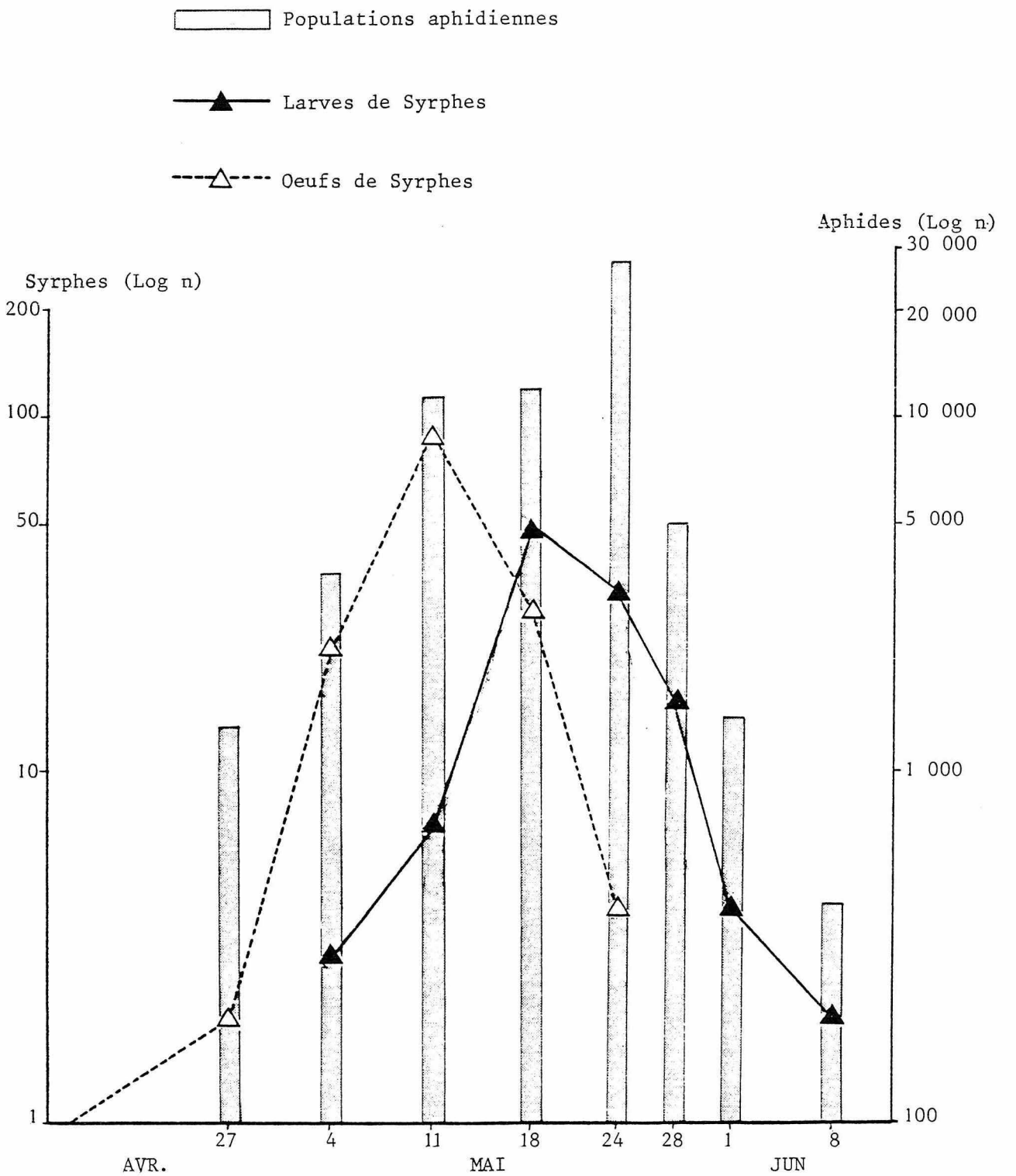


Fig. 22 : Coïncidence chronologique entre l'accroissement du nombre de Syrphes (Log n) et celui de l'ensemble des populations aphidiennes (Log n) en 1980.

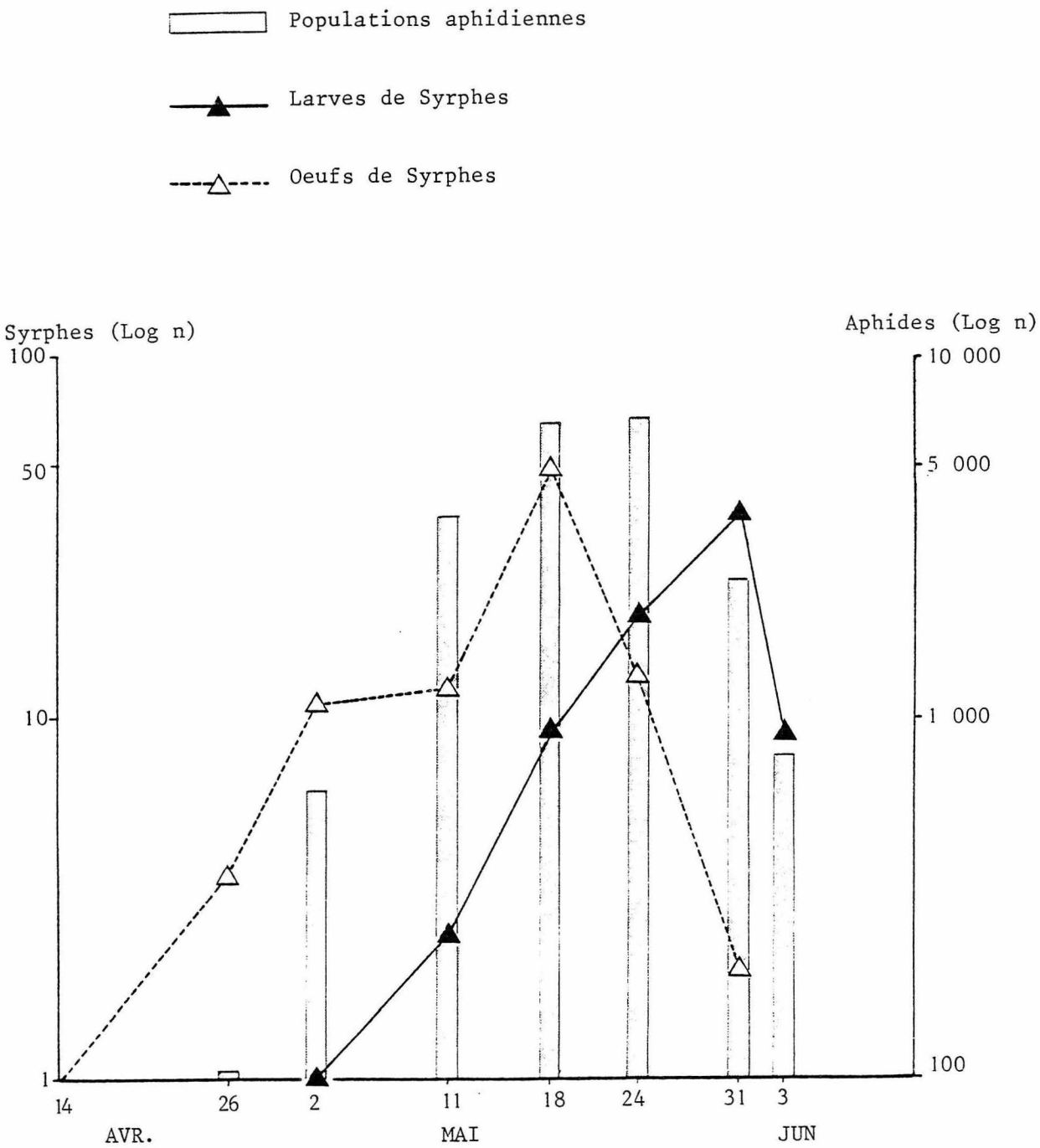


Fig. 23 : Coïncidence chronologique entre l'accroissement du nombre de Syrphes (Log n) et celui de l'ensemble des populations aphidiennes (Log n) en 1981.

2.3. Les parasitoïdes.

2.3.1. Problèmes posés par l'identification des espèces.

Conformément aux caractéristiques morphologiques décrites par STARY (1973) dans sa révision du genre *Aphidius*, plusieurs auteurs s'accordent à dire que l'identification d'*Aphidius matricariae* HALIDAY et d'*Aphidius picipes* NEES, ne présentent aucune difficulté. A l'inverse, selon LATTEUR et RASSEL (1979), RABASSE et DEDRYVER (sous presse), *Aphidius uzbekistanicus* LUZHETZKI et *Aphidius rhopalosiphi* DE STEFANI-PEREZ (syn. *Aphidius equiseticola* STARY) présentent des caractéristiques morphologiques dont les détails de structure qui les différencient ne sont pas nettement tranchés. Ces détails concernent principalement (Fig. 24):

- les sculptures de l'aire latérale antérieure du pétiole.
- l'index tentorial ou rapport de la distance tentorio-oculaire à la distance intertentoriale.
- le rapport de la longueur du métacarpe à celle du ptérostigma.
- le nombre d'articles antennaires.

LATTEUR et RASSEL (1979), suite à leurs propres observations, ne reconnaissent aucune de ces deux espèces et décrivent alors une nouvelle espèce qu'ils nomment *Aphidius frumentarius*, intermédiaire par ses particularités morphologiques.

RABASSE et DEDRYVER (sous presse) reconnaissent l'espèce A. *uzbekistanicus*, lui attribuant des caractéristiques d'A. *rhopalosiphi* (nombre de stries sur le pétiole et allongement du ptérostigma) mais sans trouver d'individus correspondant à cette dernière espèce.

Pour ce qui nous concerne, nous nous conformerons:

- d'une part aux déterminations de STARY qui a mis en évidence une seule des deux espèces dans nos échantillons, soit A. *rhopalosiphi*.

- d'autre part à nos propres observations qui nous ont conduit à reconnaître A. *rhopalosiphi* sur la base des critères suivants:

  - § - index tentorial: 0,30 à 0,35 chez la femelle.
  - § - longueur du métacarpe: 1/6 fois plus courte ou égale à la

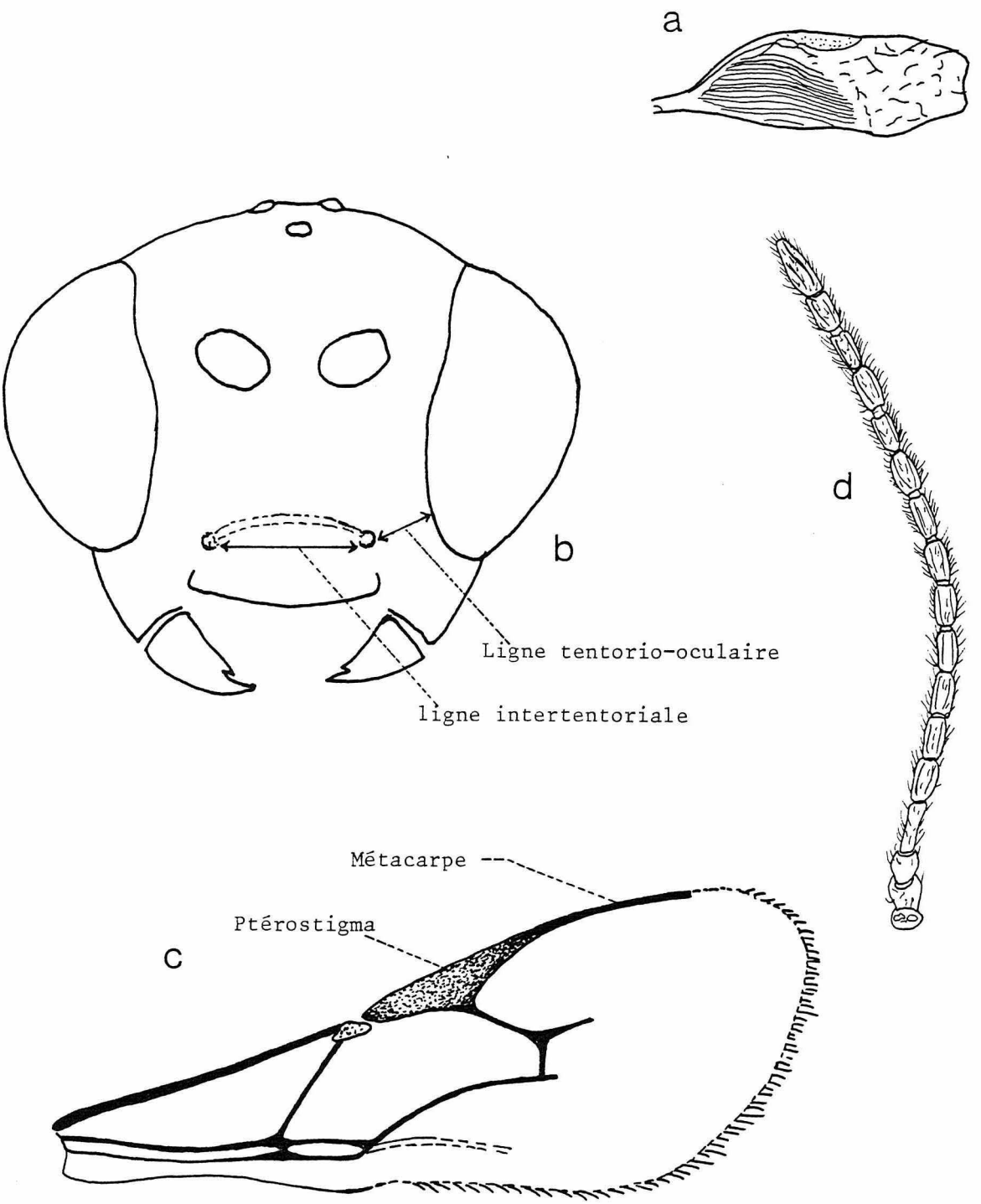


Fig. 24 : Caractéristiques utilisées pour l'identification des espèces du genre *Aphidius*:

a) Sculptures de l'aire latérale antérieure du pétiole.
b) Ligne tentorio-oculaire et ligne intertentoriale.
c) Métacarpe et ptérostigma.
d) Articles antennaires.

longueur du ptérostigma.

- § - nombre d'articles antennaires: 17, parfois 16 ou 18 chez la femelle; 18, 19 ou 20 chez le mâle.

- § - coloration jaunâtre du scape, du pédicelle et du premier article funiculaire chez la femelle.

- § - ailes légèrement assombries.

Nous garderons toutefois une certaine réserve sur quelques détails:

- § - nombre de stries de l'aire latérale antérieure du pétiole, que nous avons trouvé très variable d'un spécimen à l'autre. Notons que ce caractère n'est pas signifié dans la redescription de l'espèce (STARY, 1981), ce qui porte à penser qu'il n'est pas déterminant pour l'identification.

- § - index tentorial: 0,4 à 0,5 chez le mâle (non précisé par STARY).

- § - coloration jaunâtre de l'articulation du pédicelle et du premier article du funicule chez le mâle (non précisé par STARY).

2.3.2. Importance relative des différentes espèces de parasitoïdes primaires.

En 1980, le tableau 6 met en relief la dominance de l'espèce *A. rhopalosiphi*. Elle parasite *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*. Nous l'avons mise en évidence une fois seulement sur *S. graminum*. *A. martricariae*, très inféodé à *R. padi*, est faiblement représenté mais presque toujours présent. *A. picipes* et surtout *Praon volucre* HALIDAY sont assez rares.

En 1981, le parasitisme se situe à un niveau extrêmement bas. Une seule espèce est représentée: il s'agit d'*A. rhopalosiphi*.

Date	A. *rhopalosiphi*	A. *matricariae*	A. *picipes*	P. *volucre*	Effectif total
27 IV	88%	12%	-	-	8
4 V	50%	44%	6%	-	16
11 V	76%	24%	-	-	41
18 V	69%	21%	9%	1%	157
24 V	78%	18%	4%	-	144
28 V	100%	-	-	-	25
1 VI	75%	25%	-	-	8

Tableau 6 : Taux d'abondance des différentes espèces de parasitoïdes primaires, au cours de leur période d'activité, en 1980 (ces valeurs concernent seulement les individus ayant émergé de leur momie).

2.3.3. Stades parasités dans les conditions naturelles.

Dans la nature, les femelles appartenant au genre *Aphidius* orientent leurs piqûres de ponte, de préférence, vers les Pucerons de premier et de deuxième stade larvaire (RABASSE et SHALABY, 1980).

Sur un échantillon de 1 066 momies appartenant indifféremment aux principales espèces d'Aphides, 90,0 p. cent d'entre elles correspondent à des individus de troisième et surtout de quatrième stade larvaire ou nymphal, ce qui témoigne d'un parasitisme passé orienté vers des stades antérieurs, c'est à dire les premier et deuxième stades larvaires.

Ces résultats viennent donc confirmer la tendance générale citée précédemment, mais sans préciser d'avantage le comportement particulier de chaque espèce d'Aphidiide vis-à-vis des différents hôtes. Nous sommes ce-

pendant tentés de penser qu'il existe quelques variations.

2.3.4. Evolution du parasitisme.

Le nombre de momies présentes sur céréales est le résultat d'une activité parasitaire passée. Toutefois, l'évaluation du nombre de momies non écloses constitue une méthode très simple qui permet d'obtenir une bonne indication de l'évolution du parasitisme.

2.3.4.1. Répartition des Pucerons momifiés sur la plante.

L'étude de la répartition verticale des Pucerons sains nous a révélé certaines différences significatives, selon les espèces considérées, selon la phénologie des plantes colonisées. Il convient de déterminer maintenant la position des Pucerons momifiés, de manière à localiser l'activité parasitaire. Seuls les résultats de l'année 1980 sont pris en considération (Fig. 15, 16 et 17, p. 56, 58 et 60):

- chez *M. dirhodum* et *M. festucae*, il apparaît une bonne coïncidence entre la répartition des hôtes sains et des hôtes parasités. Notons toutefois la présence de quelques momies sur épi. Ce phénomène semble probablement lié à un comportement particulier d'individus parasités qui cherchent à s'isoler.

- *R. padi* n'est parasité qu'en 1980 et principalement par *A. matricariae*. La répartition des momies semble un peu moins homogène que dans le cas précédent. Il faut relier ce fait à la grande disproportion numérique qui existe entre Pucerons sains et Pucerons momifiés. Aucun résultat ne montre le parasitisme de *R. padi* sur épi.

- Chez *S. avenae*, les momies se répartissent de manière très équilibrée sur le feuillage. Par contre, il faut noter un pourcentage de Pucerons momifiés plus faible sur épi que sur feuille. RABASSE & DEDRYVER (sous presse) indiquent un rapport de 1 à 4. Notre interprétation du phénomène est la suivante:

- § - la montée vers l'épi, telle qu'elle se déroule vers la fin de l'épiaison, semble réalisée par les adultes, eux-mêmes très mobiles et généralement hors d'atteinte des parasitoïdes primaires grâce à leurs mo-

yens de défense (mouvements des antennes et réactions de fuite).

- § - le développement des colonies peut être favorisé par la structure même de l'épi, assurant une certaine protection contre les attaques parasitaires.

2.3.4.2. Expression de l'évolution globale du parasitisme.

En 1980, la colonisation des cultures par les parasitoïdes se manifeste peu de temps après l'arrivée des Pucerons. Jusqué vers le 8 juin, leur évolution semble parfaitement sychronisée avec celle de leurs hôtes (Fig. 25).

Le maximum de momification est atteint le 24 mai. Le déclin de l'activité parasitaire coïncide, d'une part avec la baisse considérable du nombre d'hôtes potentiels, consécutive à l'activité des prédateurs, d'autre part avec la perte d'un certain nombre d'hôtes déjà parasités mais consommés par les prédateurs avant leur momification.

Entre le 8 juin et le 7 juillet, se forment les dernières momies. Il faut cependant distinguer deux cas:

- chez *Metopolophium* et surtout chez *R. padi*, les tentatives de réinfestation ne modifient en rien la diminution du nombre de momies.

- chez *S. avenae* par contre, on assiste à une certaine coïncidence entre sa propre évolution et celle des Pucerons momifiés.

Nous rechercherons plus loin les causes de ces phénomènes lorsque nous traiterons de la structure du complexe parasitaire.

En 1981, l'activité parasitaire est de courte durée: elle se situe entre le 18 mai et le 3 juin. De surcroît, le nombre de momies demeure en permanence à un niveau extrêmement bas.

2.3.4.3. Structure et évolution du complexe parasitaire associé aux populations de Pucerons, en 1980 (Fig. 26).

Les momies de Pucerons contiennent deux catégories d'individus:

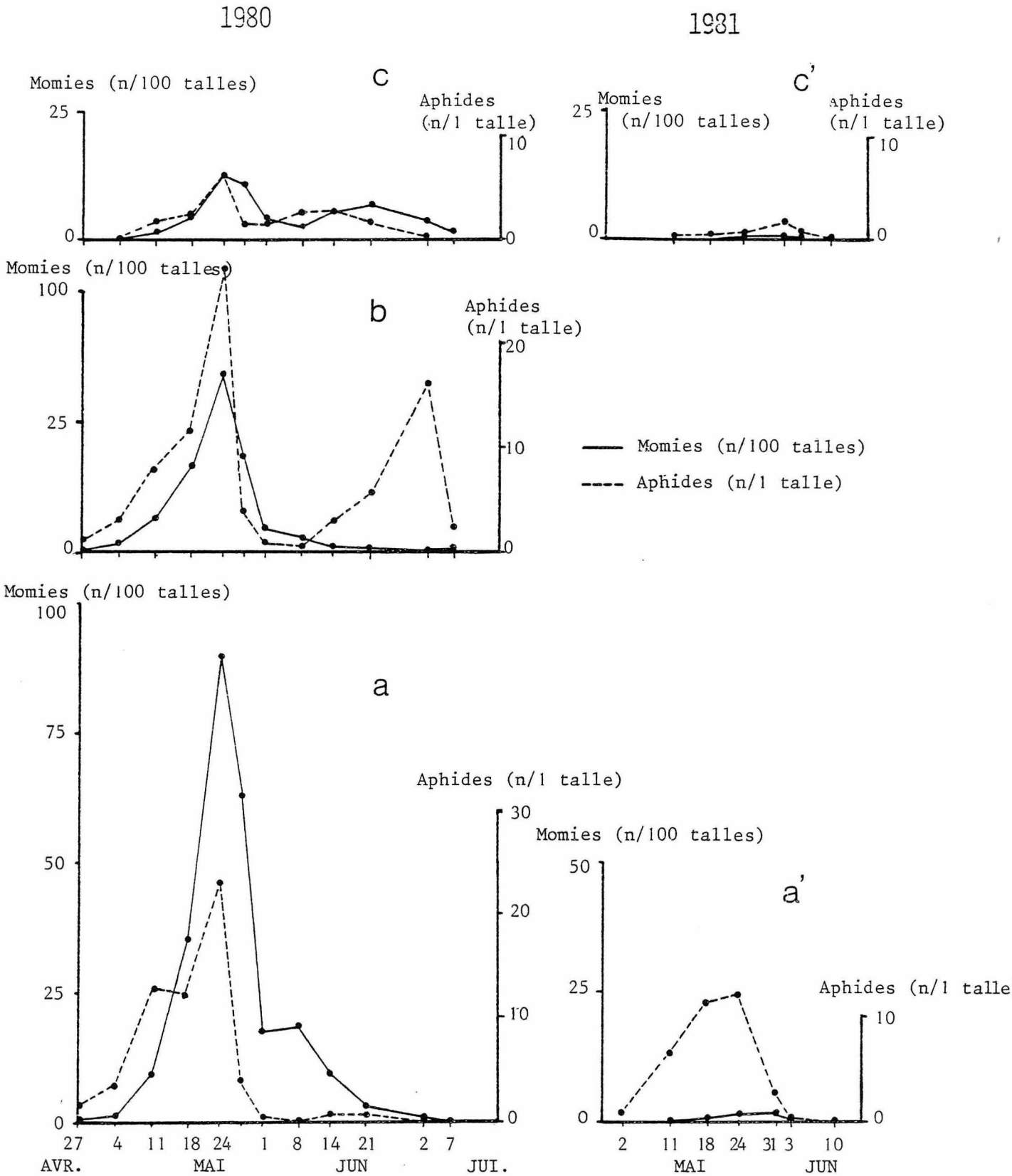
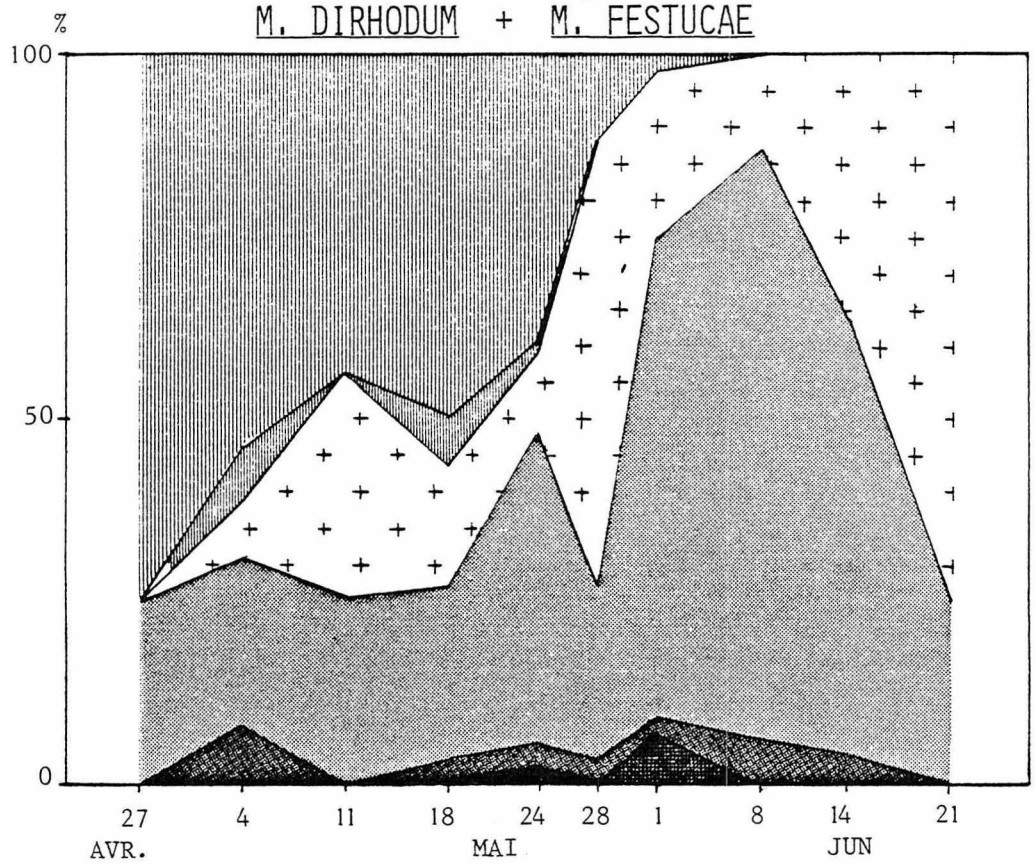
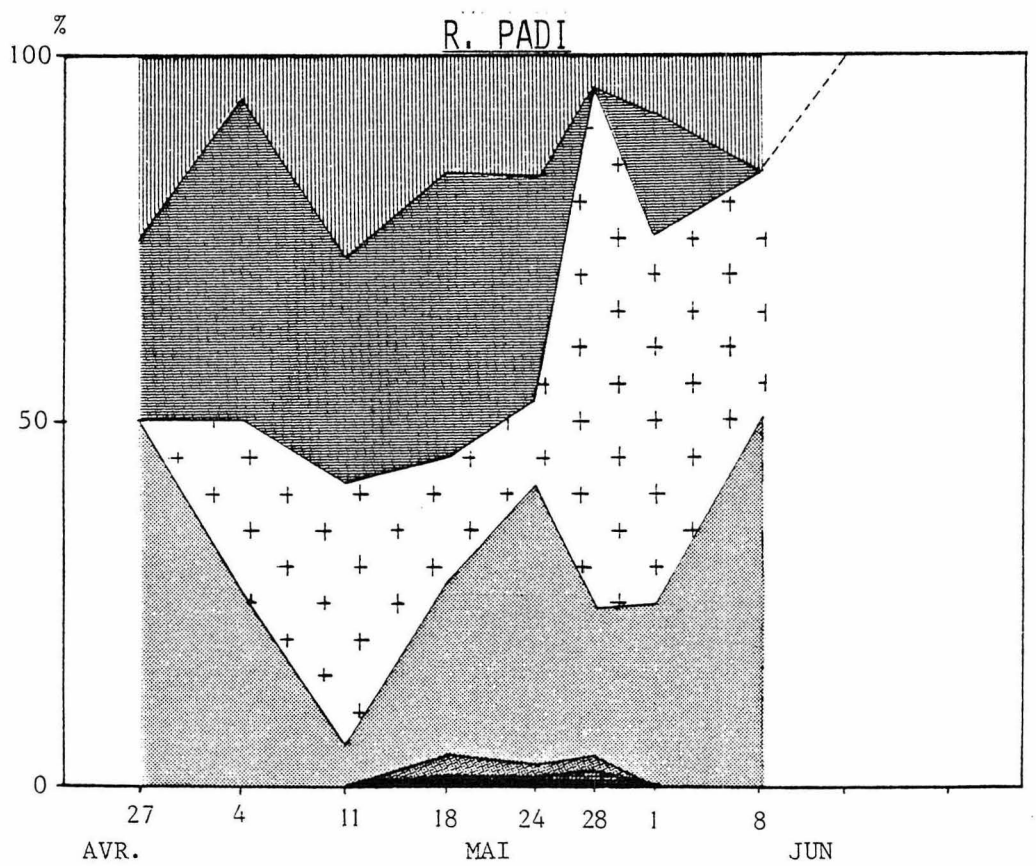


Fig. 25 : Nombre total d'Aphides (n/1 talle) et nombre de momies (n/100 talles) de chaque espèce considérée, en 1980 et 1981; a et a': *M. dirhodum* + *M. festucae*, b: *R. padi*, c et c': *S. avenae*.


M. DIRHODUM + M. FESTUCAE
%
100
50
0
27
AVR.
4
11
18
24
28
1
MAI
8
14
21
JUN


R. PADI
%
100
50
0
27
AVR.
4
11
18
24
28
1
MAI
8
JUN

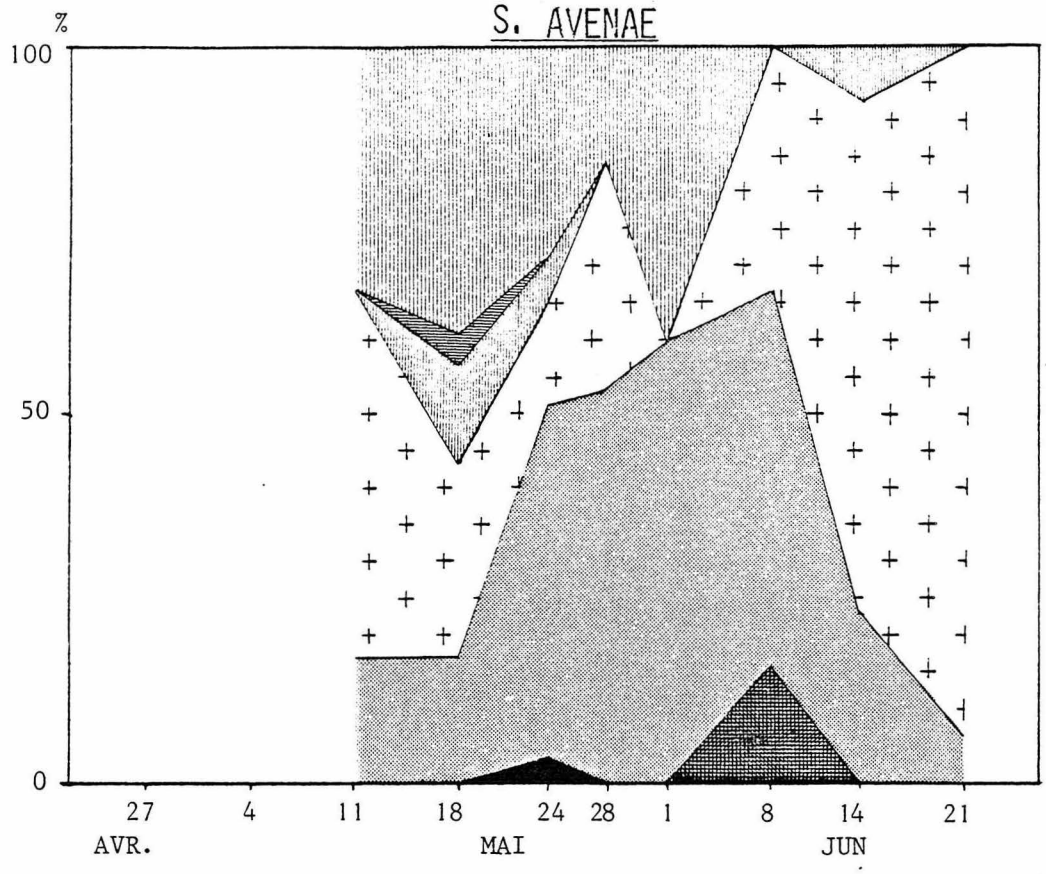


Fig. 26 : Pourcentage de momies d'*Aphidius* sur *Metopolophium*, *R. padi* et *S. avenae* récoltées entre fin avril et début juin 1980, correspondant à différentes espèces d'*Aphidius* vivants, morts ou en arrêt de développement ou encore à des parasitoïdes secondaires.

- les parasitoïdes primaires et secondaires dont le développement larvaire et nymphal se poursuit sans interruption jusqu'au stade imaginal.

- les parasitoïdes immatures, soit morts pendant leur vie larvaire, soit tout simplement en arrêt de développement. L'appéciation de leur nombre, tel qu'il est inscrit sur la figure 26, est certainement surestimé. En effet, au champ, les momies correspondant à ces individus restent fixés aux plantes et tendent à s'accumuler progressivement.

Au départ, de tous les organismes issus des momies, les parasitoïdes primaires de genre *Aphidius* sont les plus abondants. Chez *Metopolophium* et *S. avenae* nous retrouvons la même prédominance d'*A. rhopalosiphi* par rapport à *A. picipes*. Chez *R. padi* c'est *A. matricariae* qui se développe le plus.

Par la suite, les populations de parasitoïdes tendent simultanément à disparaître sous la pression croissante des parasitoïdes secondaires et en particulier d'*A. vulgaris* WLK:

- chez *Metopolophium*, *A. rhopalosiphi* disparaît effectivement le 8 juin.

- chez *R. padi*, *A. rhopalosiphi* et *A. matricariae* sont anéantis le 14 juin alors que la population-hôte connaît une nouvelle phase d'accroissement.

- Pour ce qui concerne *S. avenae*, la disparition effective de ses parasitoïdes primaires est largement masquée par un nombre important d'individus en état de diapause.

2.3.5. Spécificité parasitaire.

Dans la nature, il est difficile d'apprécier exactement le degré de spécificité d'un parasitoïde primaire par rapport à hôte donné. Un certain nombre de performances peuvent varier chez une même espèce de parasitoïde, tout simplement à cause des particularités de telle ou telle situation écologique. Pour mémoire nous nous reporterons à la figure 27.

Abondance relative générale
en Tchécoslovaquie.

Abondance relative saisonnière
dans un agroécosystème donné
(Bohême Orientale)

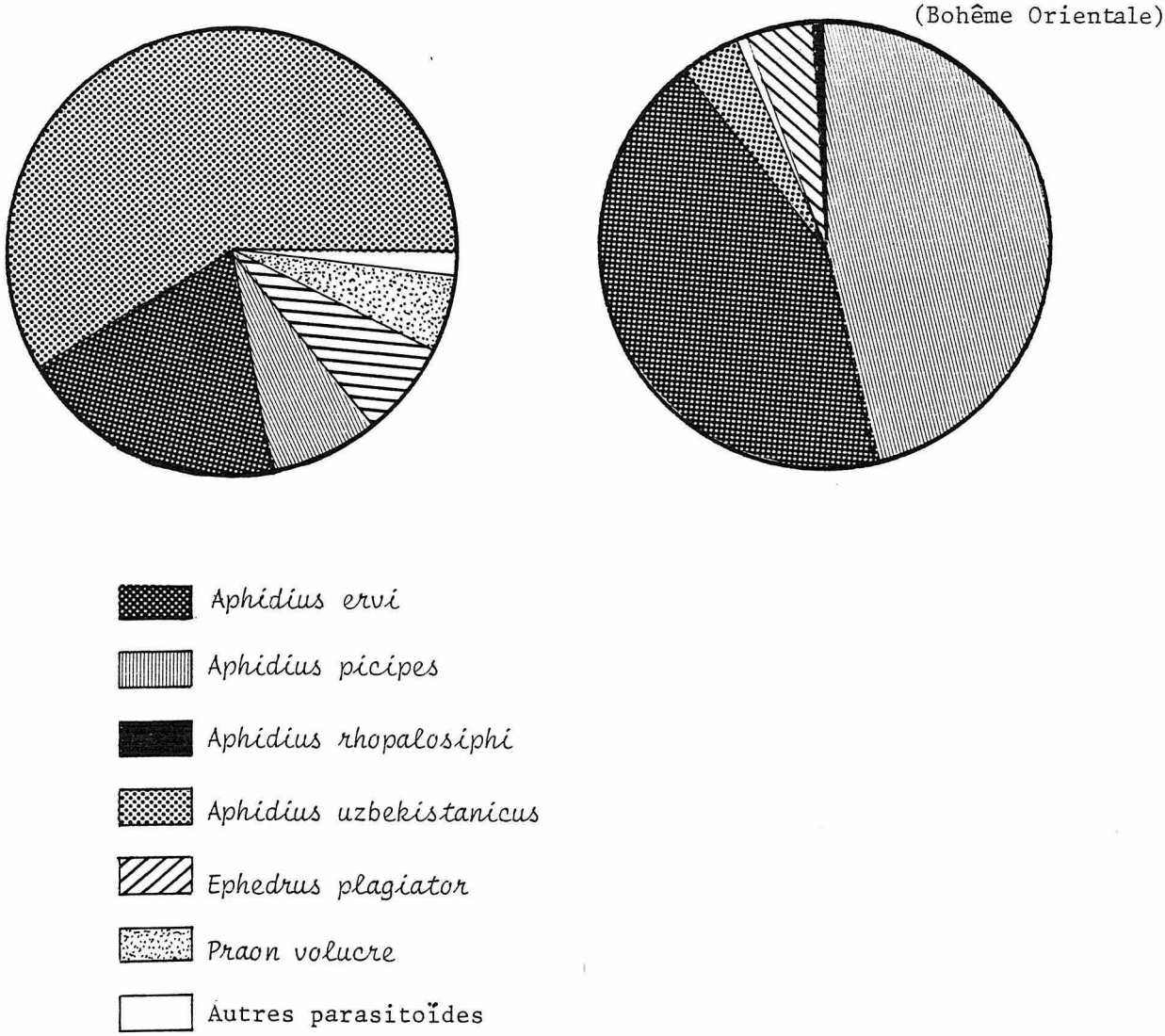


Fig . 27 : Variation du parasitisme chez *S. avenae* sur céréales d'après STARY (1978).

Dans un agroécosystème, les rapports hôte-parasitoïde peuvent évoluer différemm ent en fonction de la gamme d'hôtes et de la gamme de parasitoïdes présents à une période donnée.

En 1980, les rapports d'affinité ont été déterminés à partir d'un échantillon de 637 momies prélevées entre le 27 avril et le 1er juin sur des parcelles relatives à cette étude ainsi que sur des parcelles voisines (Fig. 28).

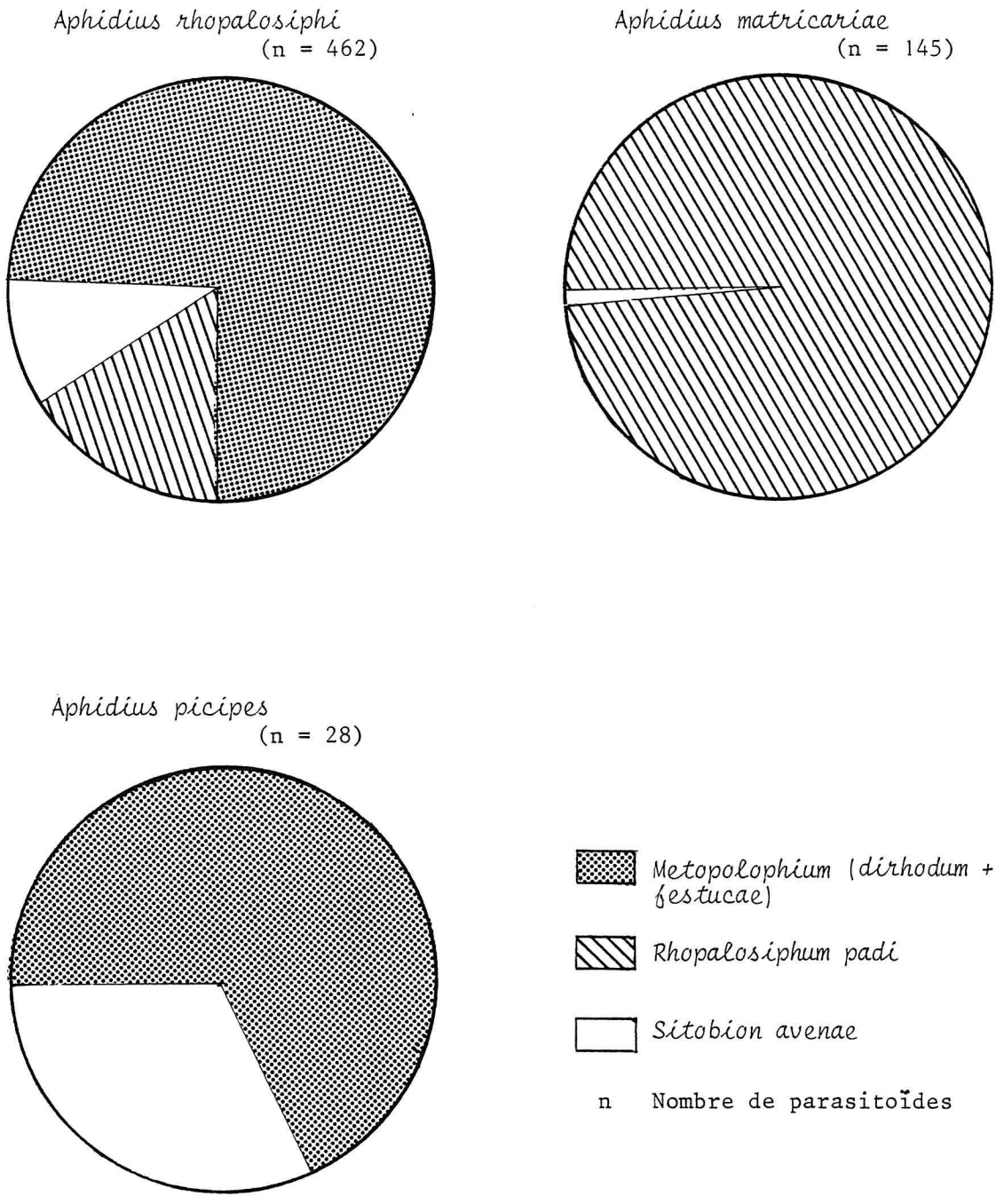


Fig. 28 : Affinités relatives de trois espèces d'*Aphidius* pour leurs hôtes: *M. (dirhodum + festucae)*, *R. padi* et *S. avenae*. (Pour *Praon volucre*, n = 2; il n'y pas de représentation possible.

- A. *rhopalosiphi* est associé aux différents Pucerons des céréales: M. (*festucae* et *dirhodum*), R. *padi* et S. *avenae*. Toutefois le genre *Metopolophium* semble représenter un hôte préférable pour A. *rhopalosiphi*.

- Dans la nature, A. *matricariae* présente un spectre d'hôtes très large. STARY (1973) indique entre autres, S. *graminum* et R. *padi* pour les pucerons fréquentant les céréales. Nous constatons ici une affinité très étroite d'A. *matricariae* pour son hôte R. *padi*. Sur 145 spécimens, 144 proviennent de R. *padi*, un seul s'est développé sur S. *avenae*.

- Avec A. *picipes* il est difficile de formuler une préférence pour *Metopolophium* ou pour S. *avenae* car l'effectif total est relativement faible. Notons toutefois l'absence de R. *padi* dans son spectre d'hôtes.

2.3.6. Sex-ratio.

Chez les Aphidiides inféodés aux Pucerons des céréales, RABASSE et DEDRYVER (sous presse) ont montré un certain déséquilibre de sex-ratio en faveur des femelles, en particulier chez A. *uzbekistanicus*, A. *ervi* et A. *matricariae*.

Pour estimer le sex-ratio d'une manière globale, nous avons choisi de regrouper des données relatives à cette étude (A) et celles recueillies lors de prélèvements effectués simultanément sur d'autres parcelles (B). Les résultats sont consignés dans le tableau 7.

(a) A. *rhopalosiphi*

Espèces hôtes	Parcelles	mâles	Femelles	Taux global de femelles
M. (*dirhodum* + *festucae*)	A	69	160	65%
	B	52	65	
R. *Padi*	A	30	12	41,9%
	B	13	19	
S. *avenae*	A	12	17	63%
	B	5	12	

(b) A. *picipes*

Espèces hôtes	Parcelles	Mâles	Femelles	Taux global de femelles
M. (*dirhodum* + *festucae*)	A	3	12	80%
	B	1	4	
S. *avenae*	A	2	5	66,6%
	B	3	5	

(c) A. *matricariae*

Espèces hôtes	Parcelles	Mâles	Femelles	Taux global de femelles
R. *padi*	A	16	61	79%
	B	14	52	

Tableau 7 : Nombre de mâles et de femelles d'A. *rhopalosiphi* (a), d'A. *picipes* (b) et d'A. *matricariae* (c) observés dans les parcelles (A) et (B) et taux global de femelles par rapport à chaque espèce d'hôte.

Dans l'ensemble, ces résultats expriment un grand déséquilibre du sex-ratio, favorable aux femelles. Le cas d'A. *rhopalosiphi* sur R. *padi* fait exception; ce parasitoïde présente des proportions de femelles très variables d'une parcelle à l'autre. Il est cependant intéressant de constater que les sex-ratio chez A. *rhopalosiphi* issu de *Metopolophium* et de S. *avenae*, sont identiques à ceux trouvés par RABASSE et DEDRYVER (sous presse) chez A. *uzbekistanicus* produits par mes mêmes hôtes.

2.3.7. Importance des parasitoïdes dans la régulation des populations aphidiennes sur céréales.

En 1980, le niveau des populations s'accroît jusqu'au 24 mai avant de céder aux attaques des Coccinelles et des larves de Syrphes. Cependant, jusqu'au 18 mai, en l'absence de toute autre pression écologique que celle des parasitoïdes, nous pouvons considérer que le pourcentage de momies pleines est en mesure de traduire le taux de parasitisme. Il convient alors d'apprécier l'importance relative de l'impact parasitaire sur les différentes populations aphidiennes.

Date	*M. (dirhodum + festucae)*	*R. padi*	*S. avenae*
27 IV	0,51%	0,41%	0,54%
4 V	0,36%	0,49%	0,26%
11 V	0,72%	0,76%	0,84%
18 V	3,00%	1,43%	2,06%
24 V	4,00%	1,27%	2,04%

Tableau 8 : Taux de parasitisme chez les différentes populations de Pucerons.

D'après le tableau 8, il semble que les populations sont faiblement et également affectées par l'action des parasitoïdes au début des pullulations. Pourtant il n'est pas illusoire de penser que ces variations importantes puissent se produire, si l'on en juge les différents taux de parasitisme du 18 mai.

Il faut préciser par ailleurs que ces valeurs du taux de parasitisme n'ont de signification que dans un contexte écologique et climatique donné. En dehors des rapports de spécificité, le taux de parasitisme dépend:

- du nombre de parasitoïdes primaires, par conséquent le l'action limitative exercée par les parasitoïdes secondaires.

- du nombre de Pucerons et le leur vitesse de croissance.

A partir de nos résultats très partiels, il ne nous est pas permis d'apprécier les potentialités réelles des différents parasitoïdes. Il serait par contre intéressant de les étudier dans des conditions de protection telles que l'action des prédateurs et des agents entomopathogènes ne puisse intervenir.

2.4. Les agents entomopathogènes: les Entomophthorales.

En conditions naturelles, l'efficacité des Entomophthorales à assurer la régulation des populations de Pucerons, est fonction du climat régional et plus précisément du degré d'humidité relative de l'air ambiant qui permet la sporulation et la germination des éléments infectieux (DEDRYVER, 1978a).

De 1980 à 1981, nous avons cherché simplement à estimer l'impact naturel des différentes d'Entomophthorales sur les Pucerons des céréales, dans la région de Montpellier. Nous commenterons successivement nos résultats concernant: l'intensité et la durée des épizooties, l'abondance relative des différentes *Entomophthoraceae* et leur pathogénicité vis-à-vis de leurs hôtes, et enfin la répartition privilégiée sur la plante et la stucture de la fraction mycosée.

2.4.1. Intensité et durée des épizooties.

La figure 29 met en évidence les caractéristiques suivantes:

- en 1980, le déclenchement des épizooties à Entomophthorales se manifeste dès la mi-mai, au moment où les conditions de température et d'humidité relative sont parfaitement réunies. Le 24 mai, le nombre d'Aphides mycosés représente 2,7 p. cent de l'ensemble des populations, alors que ces dernières sont à leur maximum de développement. Le début du mois de juin, marqué par un relèvement très sensible des températures maximales et une baisse de l'humidité relative, met un terme à l'activité des Entomophthorales.

- en 1981, la période d'activité commence très tardivement et ne dure qu'une dizaine de jours seulement. Le niveau d'infestation reste donc

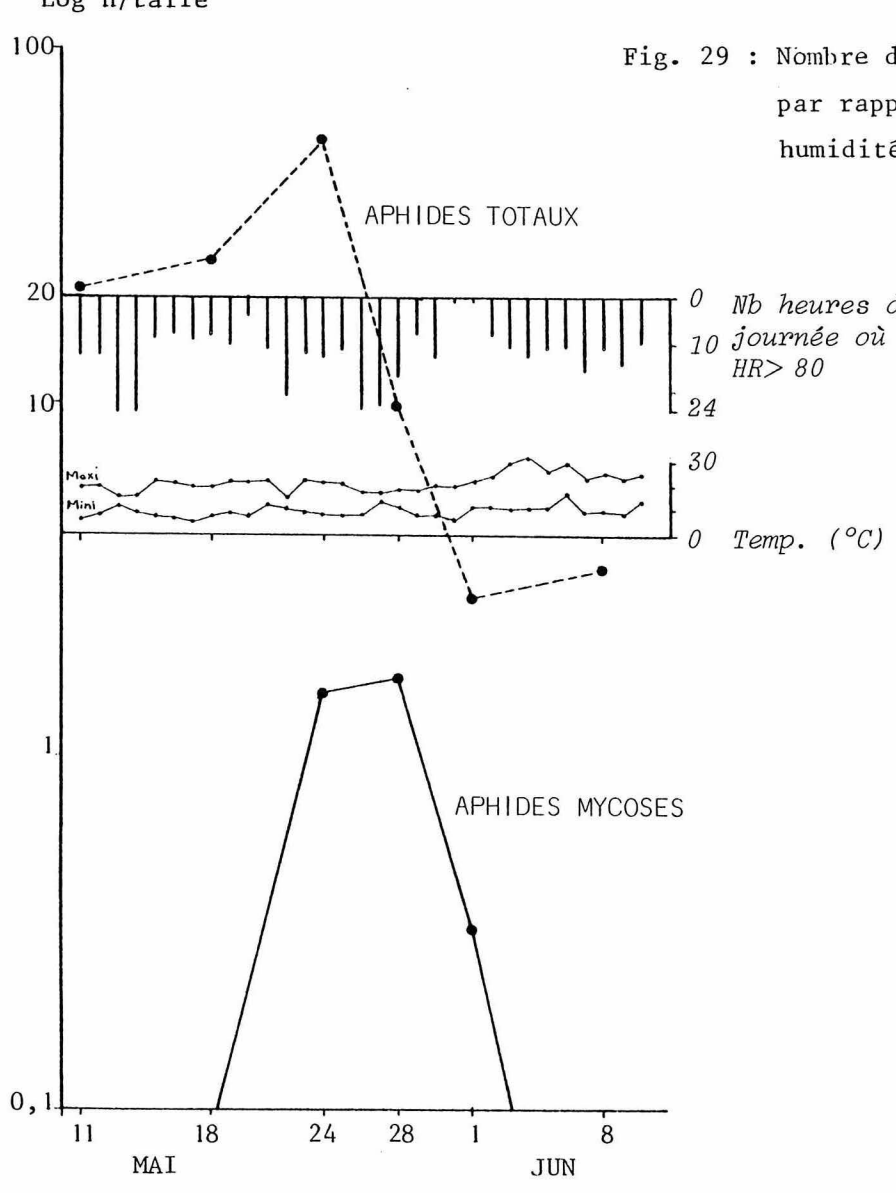
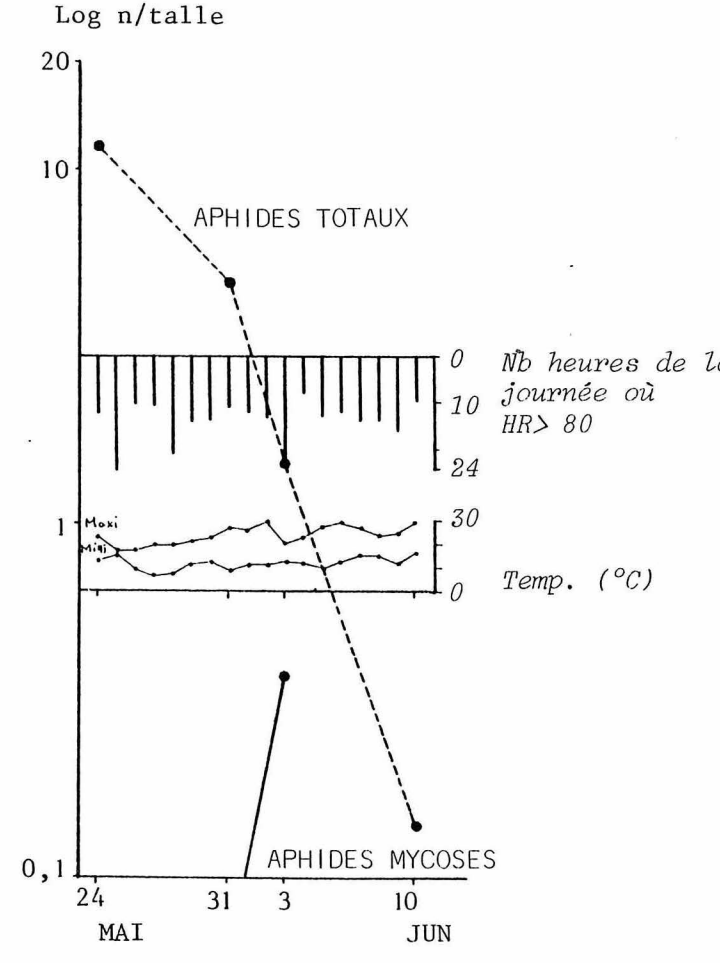


Fig. 29 : Nombre d'Aphides mycosés (Log n/talle) en 1980 et 1981 par rapport au nombre total d'Aphides (Log n/talle), humidité relative et températures journalières.



assez faible.

Dans les deux cas, la situation épizootique s'est montrée très limitée, sans porter atteinte véritablement à l'évolution démographique des populations de Pucerons.

2.4.2. Abondance relative des espèces et relations hôte-pathogène.

Parmi les espèces rencontrées sur Pucerons des céréales, *Erynia neoaphidis* REMAUD. et HENN. est beaucoup plus répandue qu'*Entomophthora planchoniana* CORNU (Tableau 9). Notons toutefois qu'un certain nombre de mycoses n'ont pas été déterminées en raison de l'absence de sporulation.

Date		*E. neoaphidis*	*E. planchoniana*
1980	18 V	64,7%	35,3%
	24 V	82,6%	17,4%
1981	31 V	100%	0%
	4 VI	79,5%	20,5%

Tableau 9 : Importance relative des espèces d'*Entomophthoraceae*.

Le tableau 10 montre que M. *dirhodum* et M. *festucae* présentent une grande sensibilité aux effets pathogènes des deux Entomophthorales. Précisons par ailleurs que leur pathogénie semble très peu dépendante de la densité de Pucerons. Le cas de R. *padi* est extrême pour ce qui est de la résistance aux infestations des deux pathogènes.

Date		M. (*dirhodum* + *festucae*)	*R. padi*	*S. avenae*
1980	18 V	97,6%	0%	2,4%
	24 V	96,3%	1,3%	2,4%
	28 V	95,2%	2,4%	2,4%
	1 VI	85,6%	6,0%	8,4%
1981	31 V	100%	0%	0%
	4 VI	93,0%	0%	7,0%

Tableau 10 : Probabilité de mycose chez trois espèces d'Aphides.

2.4.3. Répartition verticale des Aphides mycosés (Fig. 15, 16 et 17, p. 56, 58 et 60).

Chez M. *dirhodum* et M. *festucae*, les individus mycosés tendent à proliférer d'autant plus vite que l'étage sur lequel ils se trouvent est plus bas. Cette distribution ne correspond pas précisément à celle des espèces-hôtes. Aussi sommes-nous tentés de penser que la prolifération des mycoses à Entomophthorales se trouve particulièrement favorisée sur les étages inférieurs qui leur offrent les conditions hygrométriques les meilleures. Aucune mesure d'hygrométrie n'a été effectuée sur les différentes strates de la végétation, mais cependant, nous pouvons prévoir des écarts importants.

Chez *R. padi* et *S. avenae* il est difficile de préciser le mode de répartition des Aphides mycosés dans la mesure où leur nombre est extrêmement réduit. Toutefois, avec nos résultats, si faibles soient-ils, nous arrivons aux mêmes conclusions que celles qui précèdent, avec une certaine réserve pour *S. avenae*. A cet égard, précisons que l'on trouve des individus mycosés appartenant à l'espèce *S. avenae*, sur épi. Leur présence au sommet des plantes peut s'expliquer par la migration de Pucerons déjà contaminés par les pathogènes.

2.4.4. Structure de la fraction mycosée.

Les résultats obtenus chez *Metopolophium* le 24 mai 1980 sont les suivants:

- *Erynia neoaphidis*: (n = 110)	0,9%	L1 + L2
	13,6%	L3 + L4 + N3
	53,7%	N4
	22,7%	A0
	9,1%	A1
- *Entomophthora planchoniana*: (n = 24)	0,0%	L1 + L2
	16,6%	L3 + L4 + N3
	45,9%	N4
	20,9%	A0
	16,7%	A1

Les larves agées et les adultes constituent la quasi-totalité des populations mycosées chez *Metopolophium*. Les larves à ptérothèques constituent près de la moitié de la fraction mycosée par les deux espèces. On peut donc se demander s'il existe une sensibilité particulière de certains stades ou formes d'Aphides. Déjà, nous pouvons convenir que les stades larvaires chez les formes ailées durent plus longtemps que chez les aptères, ce qui nous amène à penser que les larves à ptérothèques sont certainement soumises plus longuement à l'infection.

2.4.5. Conclusion.

Notre étude sur les Entomophthorales est restée très limitée en raison des infestations qui se sont révélées de courte durée et d'intensité beaucoup plus faible que celle que l'on peut rencontrer dans l'Ouest de la France par exemple. Naturellement, les causes de ces situations épizootiques sont à rechercher dans les conditions climatiques défavorables de la région. Rappelons l'échec des expérimentations conduites par REMAUDIERE et MICHEL (1971), avec les Entomophthorales, contre les Pucerons du Pêcher dans la vallée du Rhône.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les niveaux de populations chez les Pucerons des céréales présentent des variations considérables d'une année à l'autre, pour une région donnée, voire pour une même localité. DEDRYVER (1978a) distingue trois types différents d'évolution concernant les populations de M. *dirhodum* S. *avenae* dans les environs de Rennes, de 1974 à 1977.

Dans la région de Montpellier, de 1980 à 1981, deux évolutions différentes se succèdent:

- en 1980, les conditions climatiques assez douces de l'hiver semblent favoriser l'hivernation des Aphides à l'état anholocyclique sur les semis d'automne ou les graminées vivaces. Les températures assez élevées du mois de février déclenchent les premier vols migratoires de M. *dirhodum*, M. *festucae*, R. *padi* et S. *avenae*, conduisant à des infestations précoces. L'accroissement des populations est rapidement limité par l'intervention massive des ennemis naturels: parasitoïdes primaires, Entomophthorales et surtout prédateurs. Mais leur insuffisance face à l'abondance des Aphides et au développement des parasitoïdes secondaires, entraîne une nouvelle phase d'accroissement qui ne sera complètement anéantie que lors de la maturation des blés.

- en 1981, l'hiver plus rigoureux avec un mois de février plus froid que la normale, ne semble pas perturber l'hivernation locale des espèces mais, par contre, retarde considérablement les vols de "migration". En conséquence, les infestations sont retardées et l'accroissement des populations est rapidement limité par les prédateurs. Les Entomophthorales ne trouvent pas les conditions favorables pour intervenir efficacement; les parasitoïdes primaires, fortement parasités l'année précédente, se multiplient très peu et constituent à nouveau des proies pour les parasitoïdes secondaires.

1. Importance des conditions climatiques.

Outre la généralisation de l'anholocyclie, les températures déterminent les périodes de migrations et de contaminations. Le mois de février semble être le mois le plus important car il présente des niveaux

de température coïncidant plus ou moins étroitement avec les seuils thermiques liminaires d'envol des Pucerons des céréales. Après les contaminations, il semblerait que la température ne joue pas un très grand rôle sur l'évolution des populations. Nous conviendrons, comme le soulignent VICKERMAN (1977) pour la Grande Bretagne et DEDRYVER (1978a) pour l'Ouest de la France, qu'il n'y a pas de relation entre les températures de mai-juin-juillet et l'abondance des Pucerons des céréales. En fin de compte, leurs pullulations reposent essentiellement sur la précocité des contaminations.

2. Importance de la plante-hôte.

L'influence de la plante-hôte sur le développement des populations aphidiennes est généralement mal connue. Néanmoins, au début, nous pensions que l'état physiologique des divers organes de la plante devait engendrer des comportements trophiques différents. L'étude de la répartition verticale des populations a montré qu'il existait, pour chaque espèce, une position préférentielle pouvant évoluer au cours des différents stades phénologiques. Pour *S. avenae* seulement, nous avons pu déterminer une relation intéressante: le taux potentiel d'accroissement des populations s'élève à mesure que ces derniers colonisent les feuilles les plus jeunes, feuilles sur lesquelles elles viennent s'accumuler préférentiellement. Il faut concevoir dans ce cas, que certains étages foliaires présentent des qualités trophiques très favorables au développement des colonies. Chez les autres espèces, l'accumulation des populations sur les étages les plus adéquats ne correspond ni à une augmentation ni à une redistribution des différents éléments de populations, ni encore à l'action des ennemis naturels. Il faudrait par conséquent rechercher les causes dans la structure même des tissus foliaires qui seraient plus ou moins favorables à la prise de nourriture, ou dans les caractéristiques microclimatiques des différents étages de la plante. Ces hypothèses expliqueraient peut-être aussi le choix des Aphides à se localiser sur la face supérieure des feuilles chez la jeune plante.

3. Importance des ennemis naturels.

Dans la région de Montpellier, les Coccinelles constituent les ennemis les plus redoutables des colonies de Pucerons sur céréales. Chez les larves surtout, les potentialités prédatrices sont considérables. Notons cependant que leur efficacité reste parfois limitée compte tenu de la trop grande discontinuité de leurs périodes d'activité.

Dans les conditions naturelles, les potentialités des Syrphes ne semblent pas très bien exploitées; quoique présentes tout au long de l'évolution des populations aphidiennes, leur nombre demeure toujours très insuffisant par rapport à celui des hôtes. Pourtant, il suffirait de stimuler l'attraction des adultes vers les lieux de ponte pour faire augmenter leur nombre et par conséquent, augmenter celui des larves, seules aphidiphages. Les adultes floricoles verraient leurs effectifs croître considérablement si, par exemple, des cultures de plantes à fleurs riches en pollen étaient installées à proximité des parcelles de céréales.

Chez les Aphidiides, nous avons constaté, comme JONES (1979), que niveau de développement et l'abondance relative des espèces varient fortement d'une année à l'autre. Le déroulement des cycles évolutifs semble présenter une très grande sensibilité aux facteurs climatiques et biotiques. Pour ce qui est de ces derniers, nous retiendrons particulièrement le cas des parasitoïdes secondaires dont les activités parasitaires peuvent se manifester durant une grande partie de l'année (DEAN, 1974a). Leur absence provoquerait sans aucun doute de profonds ralentissements dans l'évolution des déprédateurs.

Pour finir, indiquons que les Entomophthorales ne trouvent pas dans la région de conditions climatiques convenables pour intervenir de façon durable sur les Pucerons des céréales. Néanmoins, au niveau des cultures, les caractéristiques microclimatiques correspondant aux niveaux foliaires les plus bas peuvent, selon les années, entretenir des épizooties.

TROISIEME PARTIE

INFLUENCE DE LA DATE DE SEMIS SUR L'EVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS DES CEREALES

Le milieu

Méthodes d'étude

Résultats

Discussion et conclusion

Chapitre premier

LE MILIEU

Cet essai a été mis en place sur les mêmes terres que l'essai précédent. Nous ne rappellerons donc pas les caractéristiques du milieu: situation géographique, nature du sol et données climatiques, déjà précisées dans la seconde partie.

Chapitre deuxième

METHODES D'ETUDE

1. Conditions agronomiques.

1.1. Semis: l'essai comporte deux dates de semis: les 5 décembre 1979 et 1980, les 5 janvier 1980 et 1981. L'opération est réalisée à la main à raison de 180 kg/ha du cultivar "Maris Huntsman".

1.2. Apports nutritifs: engrais binaire répandu sur le sol avant le labour: 120 U de P, 120 U de K puis 150 U d'N réparties en trois épandages équivalents aux stades trois feuilles, tallage et montaison.

1.3. Désherbage: pulvérisation en pré-émergence avec une spécialité à base de trifluraline + dinuron (Chandor) à la dose de 4 l/ha.

2. Dispositif expérimental.

Le plan d'expérience élaboré pour les deux séries d'essais comporte cinq répétitions pour chacune des deux dates de semis, soit au total dix parcelles de 61 X 2 m (Fig. 30). Les parcelles emblavées à la première date correspondent au dispositif utilisé pour l'étude précédente.

3. Echantillonnage.

En 1980, nous retrouvons le même principe d'échantillonnage pour les deux dates de semis, principe déjà évoqué dans la seconde partie à la page 25. Nous rappellerons seulement le mode et l'intensité d'échantillonnage (Tableau 11).

En 1981, les conditions climatiques de l'hiver ont perturbé de manière irreversible l'évolution phénologique des blés du deuxième semis. Les résultats de l'échantillonnage ne peuvent donc être pris en considération dans une étude comparative.

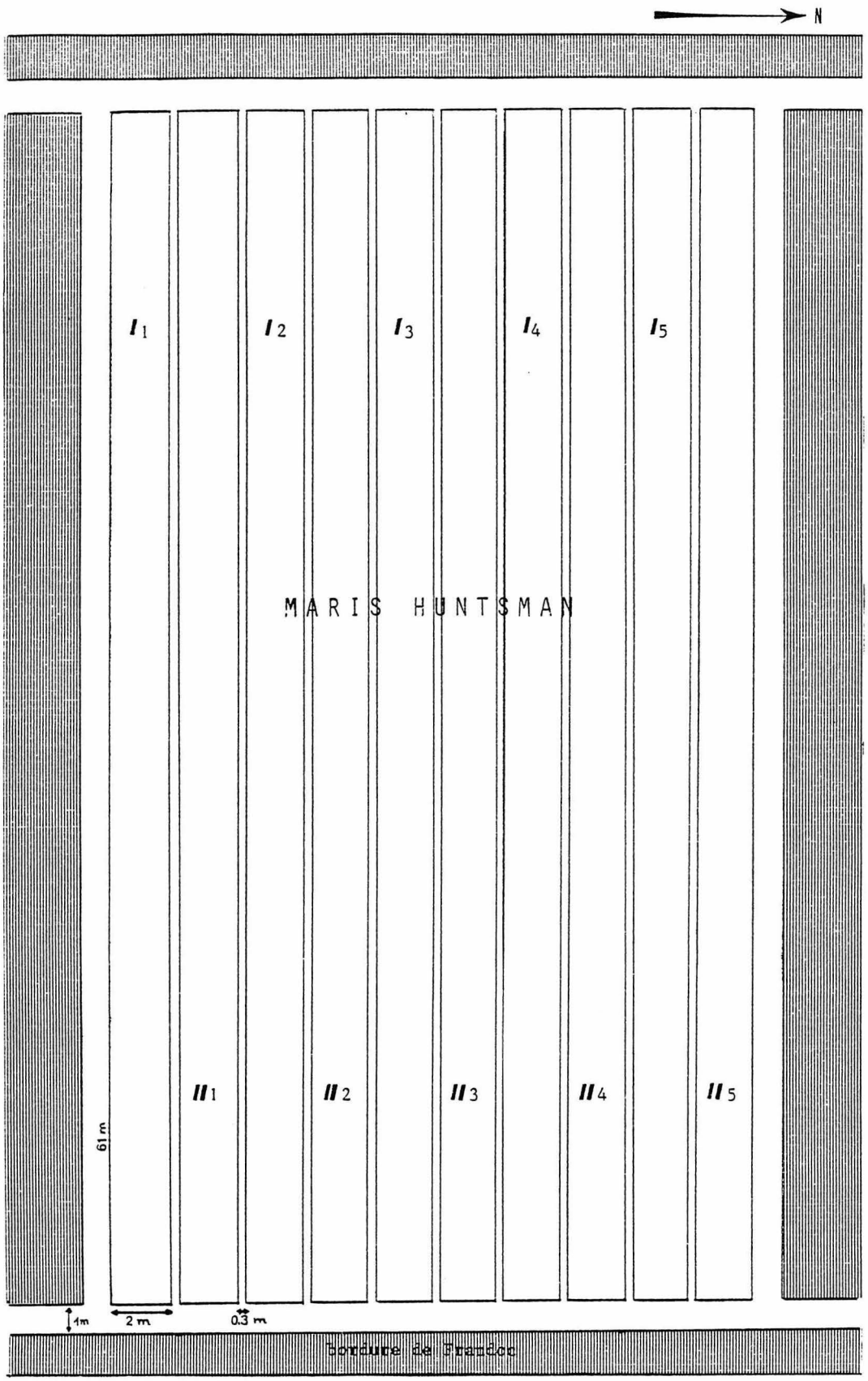


Fig. 30 : Schéma du dispositif expérimental.

Date	E/P	T/E	C/P
1 III	10	160	1600
31 III	10	80	800
27 IV	10	20	200
4 V	10	20	200
11 V	10	10	100
18 V	10	10	100
24 V	10	5	50
28 V	10	5	50
1 VI	10	5	50
8 VI	10	5	50
14 VI	10	5	50
21 VI	10	5	50
2 VII	10	5	50
7 VII	10	5	50
13 VII	10	5	50

E/P : nombre d'échantillons par parcelle

T/E : nombre de talles par échantillon

C/P : nombre de comptages par parcelle

Tableau 11 : Mode et intensité d'échantillonnage pour l'essai "date de semis" en 1980.

4. Considérations phytotechniques.

4.1. Influence de facteur "date de semis" sur le développement du blé.

La première année, les deux semis lèvent après une vingtaine de jours. Le décalage qui s'installe entre les deux semis, dès le départ, se maintient jusqu'à la floraison avant de s'estomper progressivement durant les dernièrs stades (Fig. 31).

L'écart entre les stades phénologiques se traduit non seulement par une différence de maturité mais aussi par une différence de longueur de tige. Les longueurs moyennes approchées correspondant à chacun des semis, sont présentés sur la figure 31.

L'année suivante, les conditions de sècheresse qui ont sevi durant l'hiver, retardent la durée des premiers semis jusqu'au 10 janvier et celle du deuxième semis jusqu'au 10 mars. Il se trouve que les blés du second semis se développent avec un retard considérable. Le tallage est diminué de moitié et la croissance fortement ralentie.

4.2. Incidence écologique des semis trop tardifs.

En 1980, de petits pucerons verts du genre *Diuraphis* viennent coloniser les blés du second semis. Aux modifications physiologiques évoquées plus haut, s'ajoutent les actions spoliatrices et toxiques des *Diuraphis*: les substances toxiques véhiculées par leur salive semblent modifier complètement le métabolisme chlorophyllien des feuilles qui, en outre, s'enroulent en spirale. Dans la plupart des cas, les talles contaminées deviennent stériles.

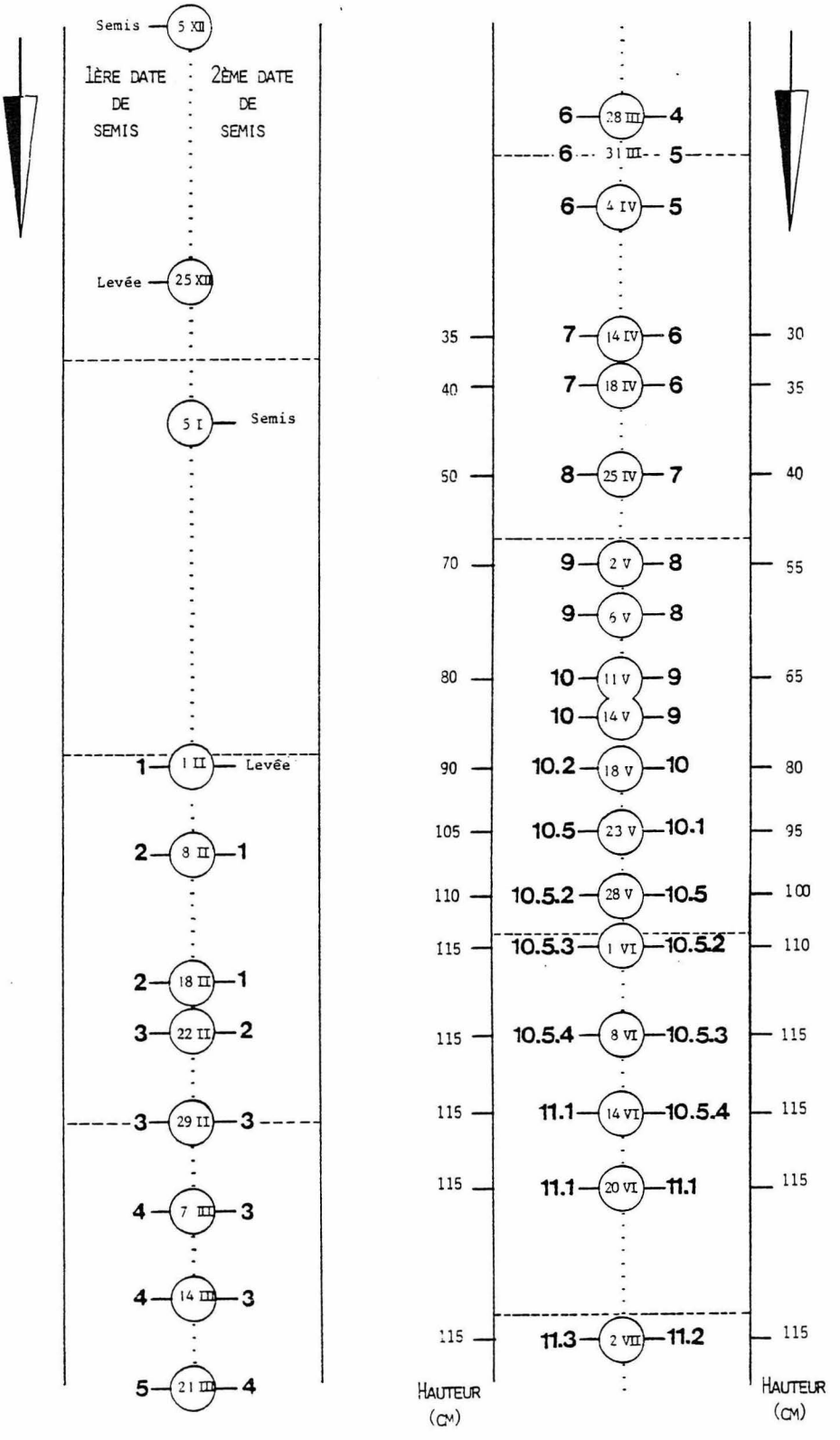


Fig. 31 : Influence de la date de semis sur le décalage phénologique et la hauteur des blés en 1980.

Chapitre troisième

RESULTATS

En 1981, les complications agronomiques résultant des conditions climatiques hivernales nous conduisent à abandonner toute étude comparative pour cette année-là. Par conséquent, seuls les essais expérimentaux de l'année précédente sont pris en considération.

Dans un premier temps, nous nous attacherons à comparer les modalités de contamination et l'évolution des populations de Pucerons sur les parcelles de blé d'hiver à deux dates différentes. Ensuite, nous essaierons de voir comment se répartissent les ennemis naturels sur l'ensemble du plan d'expérience, car si nous connaissons déjà l'importance respective de chacun d'eux, nous ignorons par contre leur statégie d'attaque par rapport au niveau d'infestation des Aphides.

1. Les contaminations.

Les deux premiers comptages sont effectués directement sur les plantes en place, l'un le 1er mars, l'autre le 31 mars. Les résultats sont consignés dans le tableau 12.

Espèces	1er mars 1980 (n=8 000)*		31 mars 1980 (n=4 000)	
	semis I	semis II	semis I	semis II
M. *dirhodum*	0	0	7 (1)**	1 (0)
M. *festucae*	0	0	115 (1)	38 (1)
R. *padi*	6 (2)	7 (2)	236 (5)	83 (7)
S. *avenae*	1 (1)	1 (1)	97 (4)	25 (2)

* (n) : nombre de talles observées dans chacun des semis.

** les () indiquent le nombre de virginipares ailés.

Tableau 12 : Niveaux de contamination des parcelles en fonction de la date de semis.

Le premier dénombrement de Pucerons témoigne d'une contamination printanière encore très faible mais répartie de façon équivalente sur les parcelles I et II.

Les différences numériques notées le 31 mars montrent que les parcelles I sont mieux contaminées par les Aphides que les parcelles II. L'application du test de MANN-WITHNEY aux données recueillies à cette date, vient de confirmer de façon significative au seuil de 5 p. cent, la différence de contamination entre les semis I et II pour les espèces suivantes: *M. festucae et R. padi* (Tableau 13). Le test rejette toute différence entre les deux semis chez *M. dirhodum* en raison d'une très grande insuffisance d'effectifs, et chez *S. avenae* à cause d'une distribution très hétérogène des colonies à l'intérieur des parcelles. Notons au passage que chez *S. avenae*, ce mode de distribution consécutif à la contamination, prédomine pendant quelques semaines avant le s'uniformiser (DEAN, 1973, 1974).

Au moins pour *M. festucae* et *R. padi*, deux hypothèses sont à envisager:

- d'après MOERICKE (1955, 1969) et KRING (1967), les Pucerons sont capables de discerner les couleurs. Certains réagissent spécifiquement à des couleurs particulières ou à certaines nuances d'une couleur donnée. Ainsi, dans le cas où le vert des blés serait suffisamment attractif, les ailés seraient visuellement plus attirés par les parcelles I que par les parcelles II car la végétation, à un stade plus avancé, offrirait une meilleure uniformité de couleur.

- après l'invasion simultanée des différentes parcelles, les ailés trouveraient des conditions plus favorables à leur multiplication sur les parcelles I compte tenu du stade phénologique des plantes et des avantages nutritionnels qu'ils pourraient en retirer.

2. Etude comparative de l'évolution des populations.

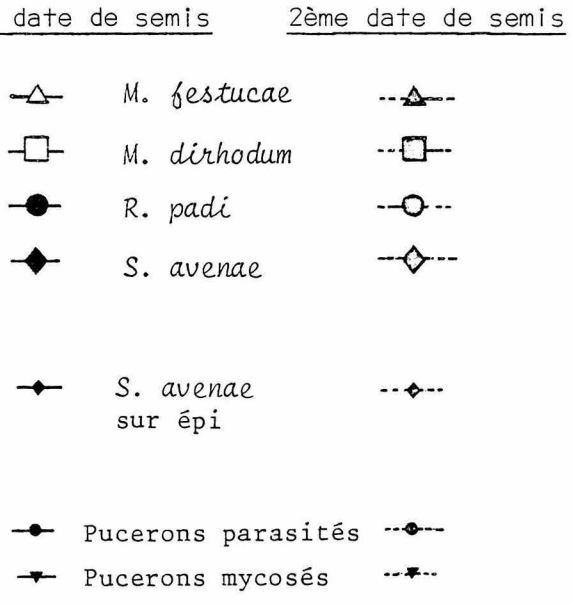
L'analyse est conduite à partir des représentations graphiques (Fig. 32) et des résultats du test de MANN-WITHNEY (Tableau 13) appliqués aux données correspondantes.

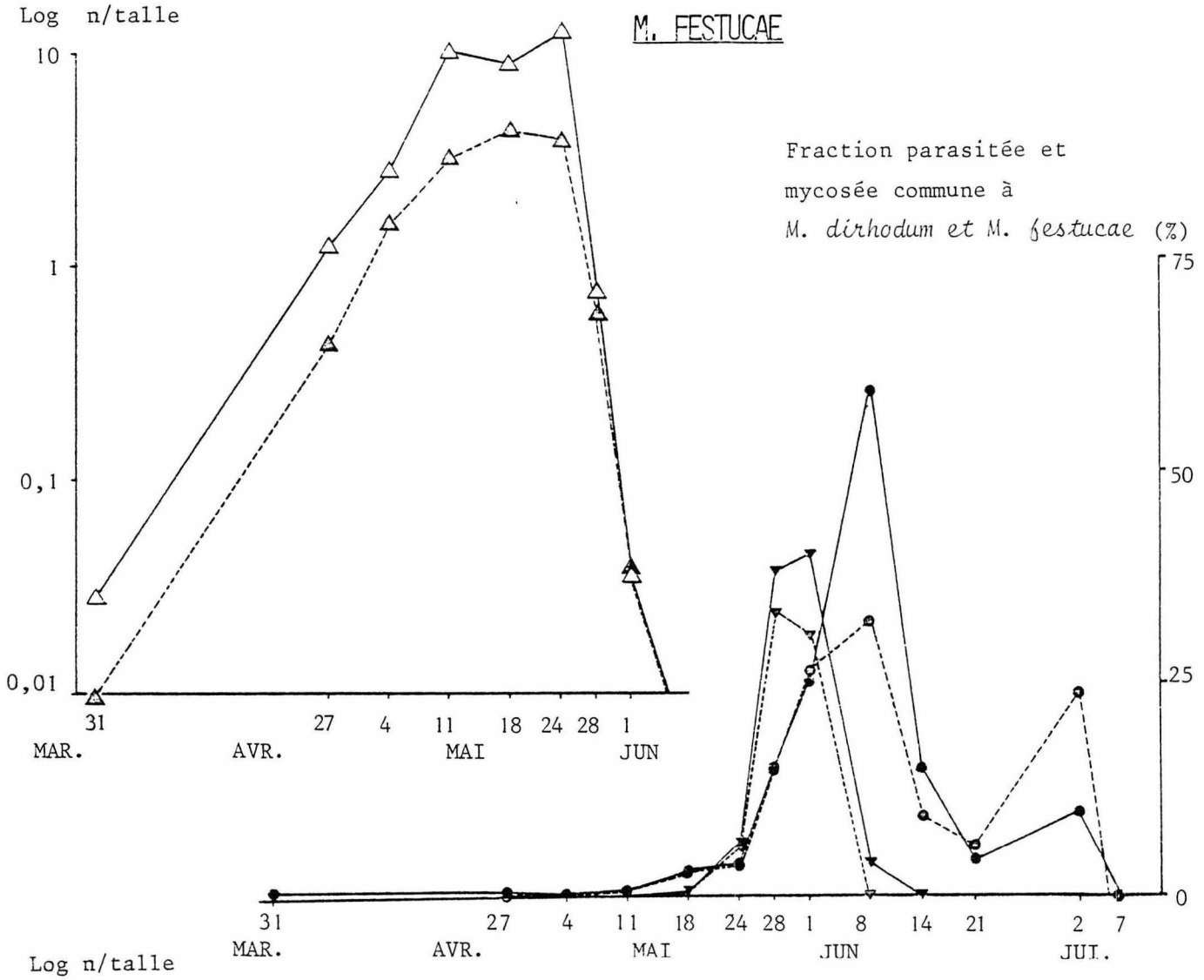
Date	*M. dirhodum*	*M. festucae*	*S. avenae*	*R. padi*
31 III	NS	S	NS	S
27 IV	S	S	NS	S
4 V	S	S	NS	S
11 V	NS	S	S	S
18 V	NS	S	S	NS
24 V	S	S	S	S
28 V	S	S	S	NS
1 VI	NS	NS	S	NS
8 VI	NS		NS	NS
14 VI	NS		NS	S
21 VI	NS		NS	S
2 VII	NS		NS	S
7 VII			NS	NS
14 VII				

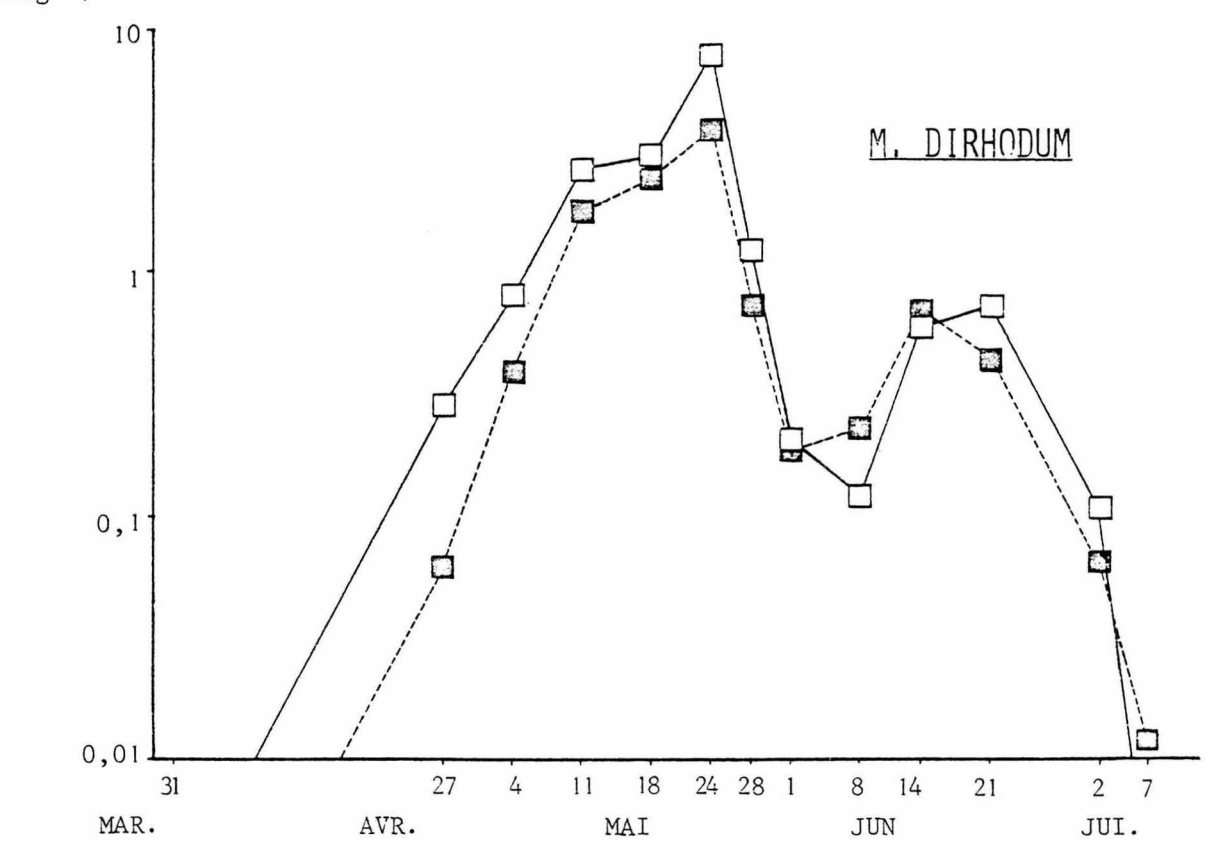
Tableau 13 : Résultats du test de MANN-WITHNEY appliqué aux différences entre les populations observées sur le premier et le deuxième semis.

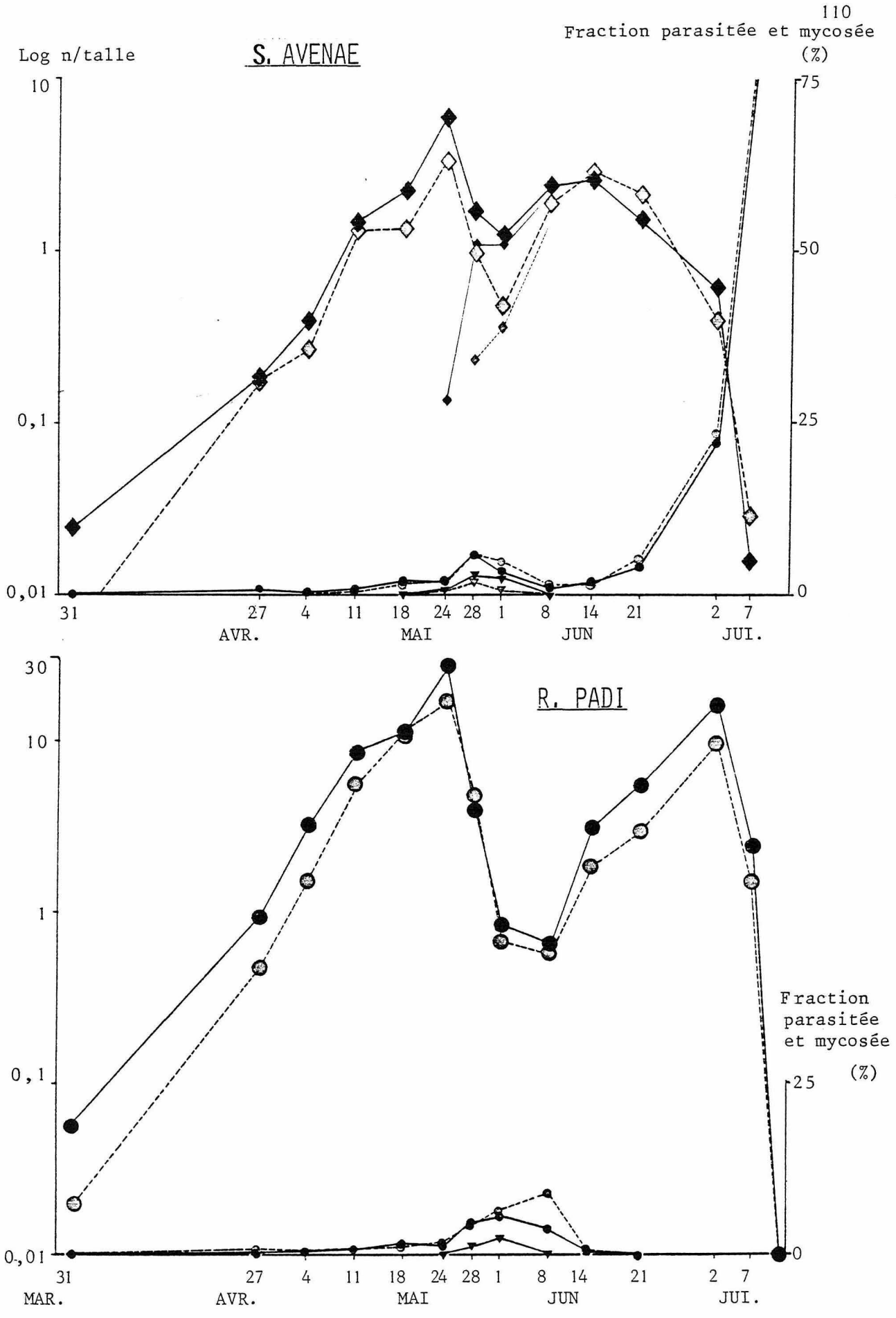
Pour un prélèvement et une espèce donnée, le test porte sur 100 échantillons appartenant aux parcelles I et II. L'écart est significatif (S) ou non significatif (NS) au seuil de 5 p. cent.

Fig. 32 : Evolution des populations de Pucerons (Log n/talle) sur blé semé à deux dates de semis différentes, en 1980; pourcentage d'individus détruits par les parasitoïdes et les Entomophthorales.




Log n/talle
M. FESTUCAE
Fraction parasitée et
mycosée commune à
M. dirhodum et M. festucae (%)
10
1
0,1
0,01
75
50
25
0
31 27 4 11 18 24 28 1 8 14 21 2 7
MAR. AVR. MAI JUN JUI.


Log n/talle
M. DIRHODUM
10
1
0,1
0,01
31 27 4 11 18 24 28 1 8 14 21 2 7
MAR. AVR. MAI JUN JUI.


Log n/talle
S. AVENAE
Fraction parasitée et mycosée
(%)
10
1
0,1
0,01
75
50
25
0
31
27
4
11
18
24
28
1
8
14
21
2
7
AVR.
MAI
JUN
JUI.
R. PADI
30
10
1
0,1
0,01
Fraction
parasitée
et mycosée
(%)
25
0
31
27
4
11
18
24
28
1
8
14
21
2
7
MAR.
AVR.
MAI
JUN
JUI.

Rappelons que les effectifs de population de M. *dirhodum* et de M. *festucae* pris en considération, sont constitués uniquement de Pucerons sains. Les individus momifiés et mycosés ne sont pas comptabilisés car leur appartenance à l'une ou à l'autre espèce est difficile à démontrer. Notons que toute étude comparative n'en est pas moins juste, dans la mesure où l'action des parasitoïdes et des pathogènes reste faible.

2.1. L'accroissement.

Chez M. *festucae* et R. *padi*, le décalage des effectifs entre les parcelles I et II observé pendant la contamination se répercute jusqu'à la fin de cette première phase d'accroissement avec une grande régularité. Les différences sont significatives au seuil de 5 p. cent.

L'évolution de M. *dirhodum*, espèce plus tardive, montre moins d'écart entre les deux semis, surtout à la date du 11 mai.

Enfin, chez S. *avenae*, quelle que soit la date de semis, l'accroissement des populations ne présente aucune différence significative.

2.2. Fin de l'accroissement.

Comme nous l'avons précisé dans la seconde partie, les prélèvements du 18 mai mettent en évidence une stagnation accidentelle de toutes les populations, consécutivement à l'action des fortes pluies des 12 et 13 mai. Le même phénomène semble plus accentué sur les parcelles I que sur les parcelles II pour la plupart des espèces, à l'exception toutefois des colonies de S. *avenae*.

Nous établierons facilement une relation entre l'apparition d'un début de verse sur les parcelles I, favorisée par l'état de fragilité des blés (tiges longues, poids des épis en formation) et, pour ce qui concerne les colonies situées sur les feuilles inférieures et moyennes, une meilleure exposition aux atteintes de la pluie.

Les niveaux maximums de population sont obtenus presque simultanément le 24 mai pour les deux semis en raison de l'activité des auxiliaires et surtout des prédateurs se développant avec beaucoup d'intensité sur l'ensemble des parcelles expérimentales.

2.3. Déclin des populations.

Du 24 mai au 8 juin, l'intervention des prédateurs tend à niveler les effectifs dans toutes les parcelles. Seules les colonies de *S. avenae* échappent partiellement au phénomène. Rappelons qu'à cette époque, le retard phénologique des blés dans les parcelles II demeure, et précisons que dans de telles conditions, la montée de *S. avenae* sur épi se manifeste avec le même retard. Par conséquent, les différences observées les 28 mai et 1er juin entre les semis I et II tiennent au fait que dans les premiers, un certain nombre de Pucerons sont en mesure de fuir les prédateurs en gagnant les épis, pendant que dans les seconds, les populations encore situées sur les feuilles, sont partiellement détruits par les derniers prédateurs.

2.4. La recontamination.

Durant cette période, de nettes différences entre les semis I et II réapparaissent chez *R. padi* seulement. Mais nous ne sommes pas en mesure de les expliquer.

3. Répartition des ennemis naturels sur les parcelles I et II en fonction le leur niveau d'infestation.

Le tableau 14 indique que durant la phase d'accroissement, à l'exception du 18 mai, le niveau d'infestation général demeure deux fois plus élevé sur les parcelles I que sur les parcelles II.

Parcelle	27 IV	4 V	11 V	18 V	24 V
I	1 373	3 645	11 395	12 792	27 838
II	581	1 915	5 881	10 048	14 382

Tableau 14 : Evolution de l'effectif total sur les parcelles I et II (nombre de Pucerons/500 talles).

Pour la même période, nous abservons que:

- les larves de *Coccinella septempunctata* sont environ deux à quatre fois plus nombreuses sur les premiers semis que sur les seconds (Fig. 33). Cette estimation n'est pas rigoureuse compte tenu de la méthode d'échantillonnage mal adaptée à ces larves très mobiles.

- les larves de Syrphes, beaucoup moins mobiles que les précédentes se soumettent avec moins de rigueur à la méthode d'échantillonnage. A l'inverse, de ce que nous venons de voir chez *C. septempunctata*, les larves de Syrphes ainsi que les oeufs dont elles sont issues, se répartissent à peu près également sur les deux types de parcelles (Fig. 34). La non-signification des différences observées au seuil de 5 p. cent est précisée par le test de MANN-WITHNEY dont chaque application porte sur un total de cent échantillons. Ce mode de répartition signifie que les Syrphes adultes, lorsqu'elles déposent leurs oeufs près de petites colonies de Pucerons, seraient plus sensibles à la présence des hôtes qu'à leur nombre. Finalement, dans les conditions de l'expérience, nous pouvons attribuer aux larves de Syrphes une meilleure efficacité d'intervention dans les parcelles II, grâce à leur abondance relative.

- les Aphidiides présentent une activité parasitaire (traduite par le nombre de momies) qui semble proportionnelle au nombre d'hôtes, qu'il s'agisse de *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* ou *S. avenae* (Fig. 32, p. 109).

- chez les Entomophthorales, les infestations semblent se manifester selon le même mode de répartition que précédemment, si l'on en juge les atteintes portées aux populations de *Metopolophium* sur les parcelles I et II.

En résumé, sur notre plan expérimental, les principaux ennemis naturels des Aphides se répartissent, à l'exception des larves de Syrphes, sur les semis I et II en fonction du niveau d'infestation des populations de telle sorte que le rapport numérique hôte/auxiliaire, surtout chez les Aphidiides, tend à se maintenir constant.

FIG. 33

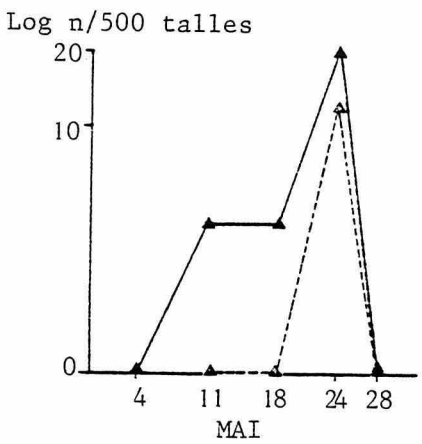
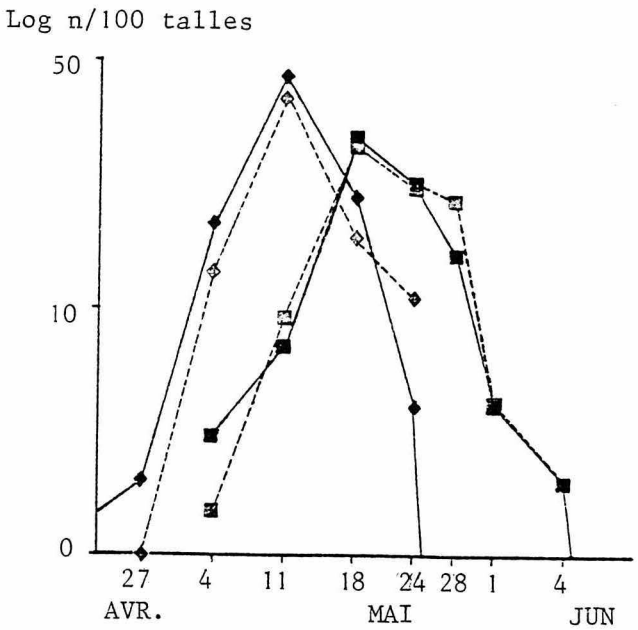


FIG. 34



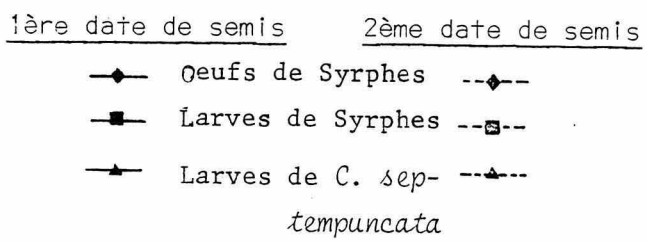


Fig. 33 : Evolution du nombre de larves de C. *septempunctata* (Log n/500 talles) sur les parcelles de 1ère et de 2ème date de semis, en 1980.

Fig. 34 : Evolution du nombre de Syrphes (oeufs et larves) (Log n/100 talles) sur les parcelles de 1ère et de 2ème date de semis, en 1980.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Deux semis d'hiver, effectués à un mois d'intervalle et soumis simultanément aux contaminations printanières, présentent de façon significative des niveaux de population différents dès le début de la colonisation. L'avantage est au semis précoce où le développement plus avancé de la végétation susciterait soit une meilleure attraction visuelle des virginipares ailés au moment de leur atterrissage, soit un meilleur développement des premières colonies.

Si l'on examine précisément le comportement migratoire de chacune des espèces des mieux représentées (deuxième partie, paragraphe 1.) et si on prend en considération les données relatives au mode de distribution des espèces sur les cultures, il apparaît que la sélection visuelle des parcelles à un moment donné de la phénologie des plantes, serait certainement le fondement de toute différence au niveau de la contamination printanière pour quelques espèces seulement.

Dans le cas présent, c'est pendant la période de "redressement des talles" que les "migrants" des plus précoces, à savoir *M. festucae* et *R. padi* assurent au mieux la contamination des parcelles I. *M. dirhodum*, malgré un net retard des vols migratoires, semble suivre le même processus. Pour ce qui est de *S. avenae*, il n'est pas impossible que sa colonisation se fasse au hasard sans que les ailés manifestent un comportement spécifique au moment de leur atterrissage.

L'étude comparative de l'accroissement des populations en fonction de la date de semis tend à montrer que l'écart creusé au moment de la contamination chez *M. festucae* et *R. padi* et à un moindre degré chez *M. dirhodum*, est conservé jusqu'à la fin. Elle permet aussi de préciser qu'à l'intérieur des deux semis, les colonies appartenant aux quatre espèces principales se développent chacune selon une vitesse de croissance apparente, tout-à-fait semblable ou sinon très proche. En définitive, ces observations viennent confirmer l'hypothèse formulée plus haut. Pour notre part, nous rejetterons l'idée qu'un décalage phénologique aussi faible entre les deux cultures puisse exercer, de part leurs caractéristiques physiologiques et surtout nutritionnelles, une véritable influence sur le développement des populations de Pucerons.

L'accroissement des populations peut en outre se trouver modifié par des phénomènes de diverse nature:

- phénomènes physiques:les pluies battantes comme celles des 12 et 13 mai peuvent provoquer l'éclatement et la chûte des colonies les plus exposées, modifiant momentanément l'ordre préexistant dans les parcelles I et II.

- phénomènes biologiques: les ennemis naturels, principalement les larves de Coccinelles et de Syrphes, assurent un certain nivellement des populations sur toutes les parcelles, laissant toutefois *S. avenae* coloniser les épis à mesure que ces dernières se dégagent totalement de leur gaine.

- d'autres phénomènes que nous ne sommes pas en mesure d'appréhender permettront à *R. padi*, après intervention des prédateurs, de retrouver des niveaux significativement différents dans les parcelles I et II.

L'étude comparative de l'évolution des différents entomophages sur les deux semis colonisés plus ou moins fortement par les Aphides, tend à montrer qu'il existe une répartition naturellement dirigée vers un maximum d'efficacité, surtout chez les larves de Coccinelles dont les capacités de prédation sont importantes, les Aphidiides et les Entomophthorales. Les larves de Syrphes semblent échapper à cette règle, ce qui importe peu dans la mesure où leur nombre demeure relativement faible par rapport à ce que représentent les populations aphidiennes en tant que proies potentielles.

QUATRIEME PARTIE

INFLUENCE DE LA SENSIBILITE VARIETALE DU BLE ET DE L'ORGE SUR L'EVOLUTION DES POPULATIONS DE PUCERONS

Le milieu

Méthodes d'étude

Résultats

Conclusion

Durant deux années consécutives, nous avons étudié la sensibilité de quelques variétés de blé et d'orge vis-à-vis des espèces de Pucerons les plus fréquentes, dans des conditions climatiques et biocoenotiques très variables.

CHAUVEAU (1976) a étudié l'évolution globale des populations de Pucerons sur quelques variétés de blé tendre de précocités différentes, mais sans distinguer les espèces et sans préciser leur développement respectif. Or, nous savons que pour une culture donnée, chaque espèce d'Aphide présente, selon les années, selon les milieux, des niveaux d'infestation différents, principalement influencés par les conditions de la contamination. Nous sommes tentés de penser que pour chaque espèce de Puceron, il doit exister un degré d'affinité bien déterminé par rapport à telle ou telle variété de céréale. Par conséquent, il serait plus convenable d'analyser la sensibilité variétale, en tenant compte des particularités de chaque type de Puceron et en rejetant les aspects quantitatifs. Dans ce cadre, nous rejoindrons en partie la démarche expérimentale suivie pas SAULNIER (1978) et nous conduirons l'analyse jusqu'à isoler des couples "variété-espèce" les plus caractéritiques du point de vue de l'affinité.

Pour affiner notre analyse concernant le blé nous préciserons un point particulier: l'évolution de *S. avenae* sur feuille et sur épi. En effet, nous avons constaté que, selon la précocité d'une variété, la montée des populations de *S. avenae* vers l'épi se manifeste plus ou moins tôt et par le fait, masque les véritables affinités.

Chapitre premier

LE MILIEU

Les essais ont été mis en place au Domaine de la Valette, à proximité d'autres essais de céréales à paille. L'implantation du premier essai a été réalisé sur un sol limoneux peu sableux brun-jaunâtre; le second essai a été effectué l'année suivante à 500 m du premier sur un sol limoneux sableux brun-jaunâtre.

Les conditions climatiques sont déjà précisées dans la deuxième partie.

Chapitre deuxième

METHODES D'ETUDE

1. conditions agronomiques.

1.1. Semis : effectués les 5 décembre 1979 et 1980 au semoir mécanique à raison de 4 000 grains/10 m^2, après labour et façons culturales

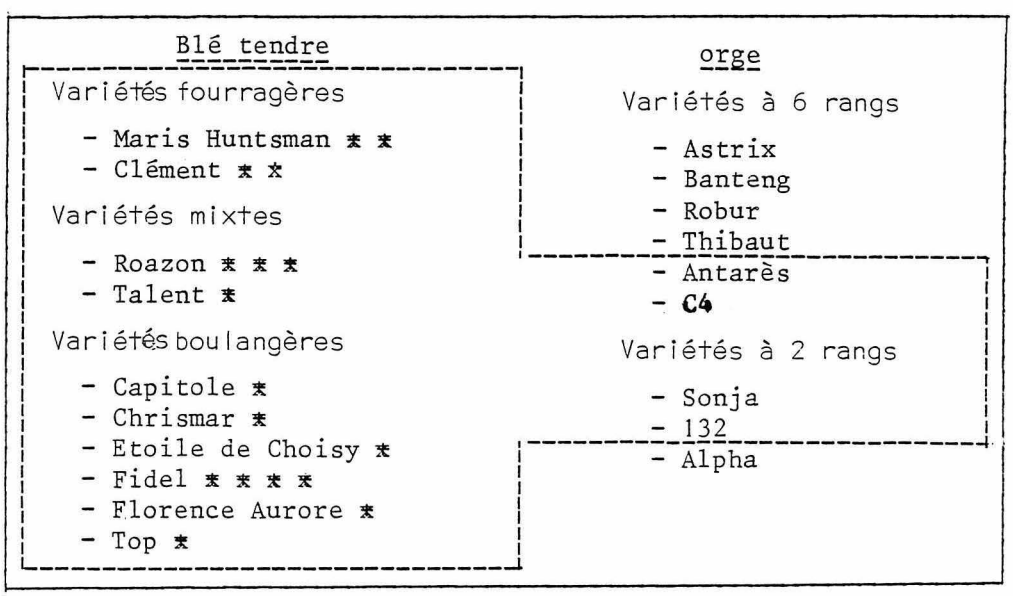
1.2. Précédent cultural: dans les deux cas, la culture est le maïs.

1.3. Apports nutritifs: engrais binaire répandu sur le sol avant le labour: 120 U de P, 120 U de K, puis 150 U d'N réparties en trois épandages équivalents, aux stades trois feuilles, tallage et montaison.

1.4. Desherbage: pulvérisation en pré-émergence avec une spécialité à base de trifluraline + dinuron (Chandor) à raison de 4 l/ha.

2. Choix des variétés

Le premier essai comporte dix variétés de blé tendre et neuf variétés d'orge (——), le second essai présente les mêmes variétés de blé et seulement quatre variétés d'orge (---). Nous pouvons classer ces diverses variétés de la façon suivante:



* variété cultivée en Languedoc

* * variété non cultivée dans la région mais sensible aux Pucerons (CHAUVEAU, 1976).

* * * variété non cultivée dans le région mais résistante aux Pucerons (SAULNIER, 1978).

* * * * variété nouvelle.

3. Dispositif expérimental.

Nous adoptons le dispositif en blocs avec cinq répétitions. Chaque bloc est constitué de parcelles élémentaires de 10,80 m^2 auxquelles nous attribuons une variété de blé ou d'orge après tirage au sort.

Dans chaque bloc, les parcelles sont distantes de 20 cm et chaque bloc est isolé par une allée de 1 m de large. La limite entre les blés et les orges est marquée avec des parcelles de blé tendre Maris Huntsman. L'ensemble du dispositif est entouré d'une bordure emblavée avec du blé: Frandoc pour le premier essai et Agathe pour le second (Fig. 35 et 36).

4. Echantillonnage.

4.1. Intensité d'échantillonnage (Tableau 15).

La surface restreinte de chaque parcelle élémentaire conduit à modérer l'intensité d'échantillonnage, ce qui contribue par conséquent à augmenter la marge d'erreur vers des valeurs de l'ordre de 40 à 45 p. cent.

4.2. Observations et prélèvements d'échantillons.

Les relevés sont hebdomadaires. Dans chaque parcelle nous prenons les échantillons au hasard. Les premiers relevés de l'essai 1981 présentent des effectifs de populations très faibles. Nous sommes donc amenés à effectuer des comptages directement sur les talles, sans les prélever. Pour

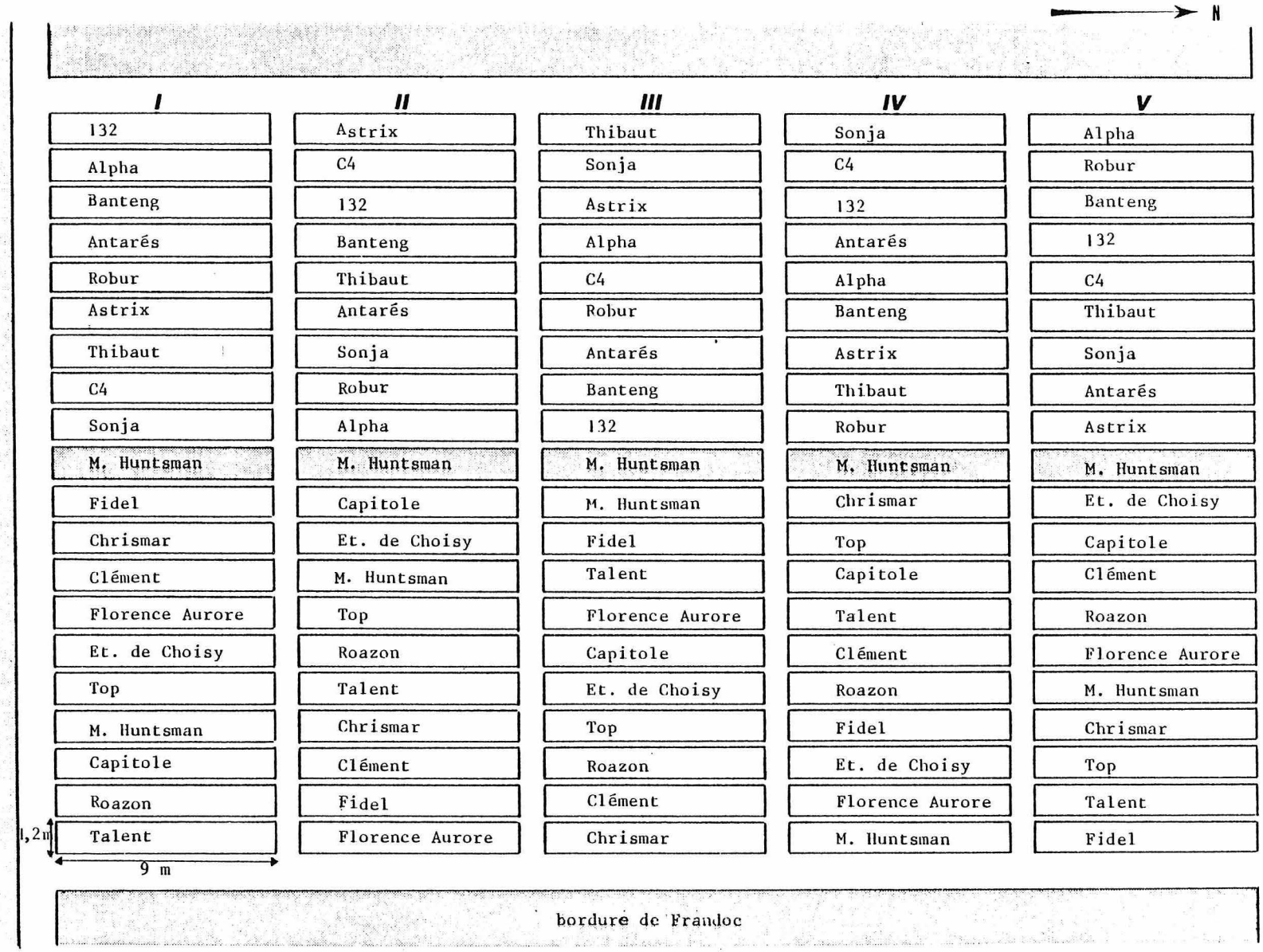


Fig. 35 : Schéma du plan d'essai en 1980

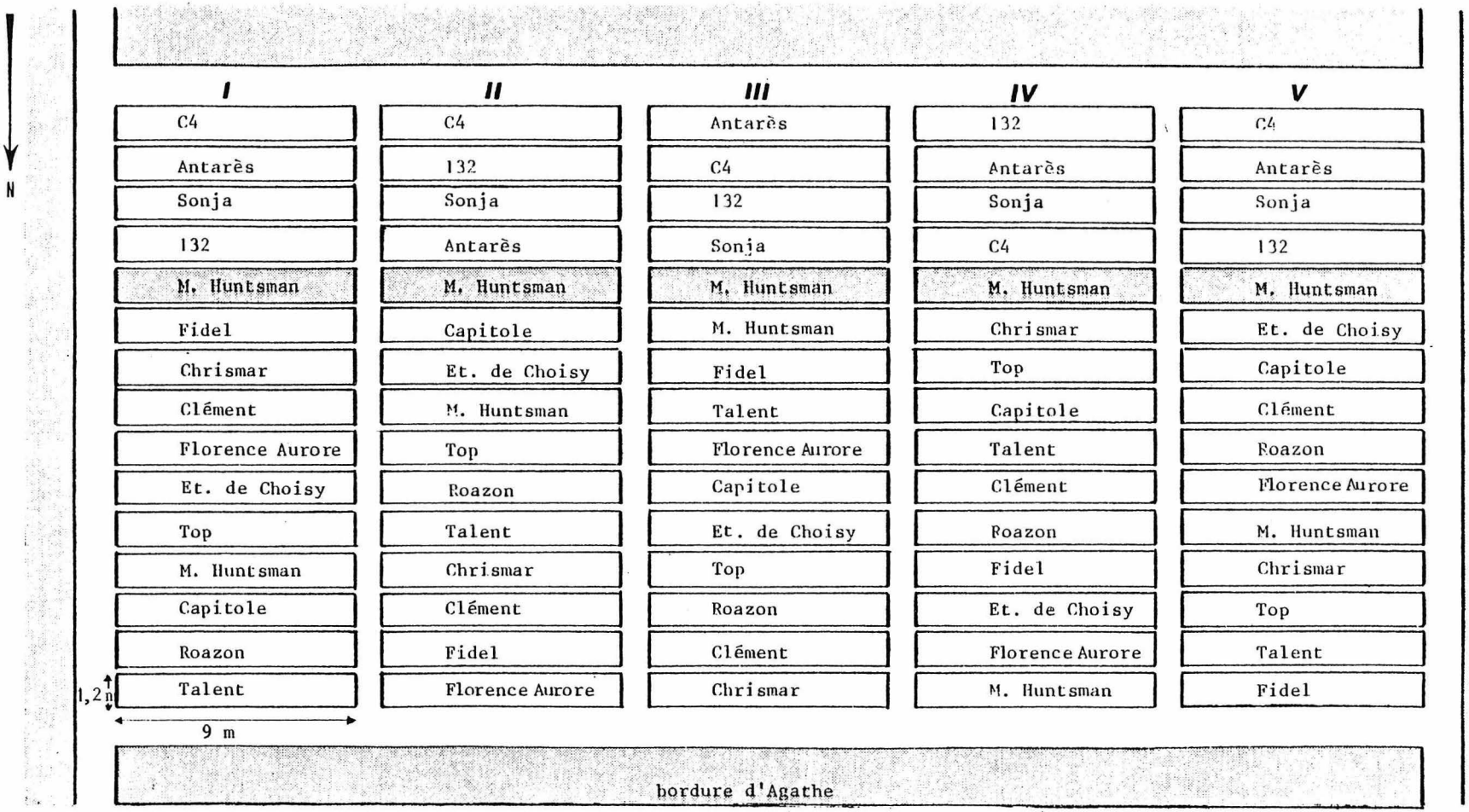


Fig. 36 : Schéma du plan d'essai en 1981

Date	E/P	T/E	C/P	Date	E/P	T/E	C/P
29 IV	2	10	20	18 IV	4	40	160
29 IV	2	10	20	29 IV	4	20	80
7 V	2	10 5 *	20 10 *	6 V	2	10	20
14 V	2	5	10	14 V	2	10	20
21 V	2	5	10	21 V	2	10	20
28 V	2	5	10	27 V	2	10	20
4 VI	2	5	10	3 VI	2	10	20
11 VI	2	5	10	10 VI	2	10	20
18 VI	2	5	10	18 VI	2	10	20
26 VI	2	5	10	26 VI	2	10	20

* orge seulement.

Tableau 15 : Intensité d'échantillonnage.

tous les autres dénombrements, les talles sont prélevées puis observées sur place. Au moment de l'épiaison, tiges et épis sont étudiés séparément. En outre, tous les Pucerons sont identifiés ainsi que leurs différents stades. Les momies et les Pucerons mycosés sont seulement dénombrés: seule la présence des prédateurs est notée. Lors des prélèvements, les stades phénologiques sont relevés selon l'échelle de FEEKES (LARGE, 1955).

5. Considérations phytotechniques.

Dans chaque essai, la levée se déroule de façon simultanée et relativement homogène, mais par la suite, certaines différences entre les variétés apparaissent.

5.1. Différences morphologiques.

Sans vouloir décrire en détail la morphologie des céréales utilisées, il est cependant intéressant d'indiquer quelques caractéristiques: ainsi, la variété Roazon présente des feuilles relativement étroites tandis que Maris Huntsman porte des feuilles larges; Florence Aurore donne des épis allongés, aérés et glabres, alors que Fidel présente des épis serrés et pourvus de longues barbes. Pour ce qui est de la couleur du feuillage, il existe toute une gamme de nuances allant du vert tendre au bleu-vert.

5.2 Différences de précocité.

LINAIS (1975) indique que la précocité détermine l'adaptation des variétés à des régions climatiques données. Les variétés précoces ont des exigences moindres en température que les variétés tardives. Ces différences se trouvent atténuées pour les stades précédant l'épiaison.

Dans nos essais, les différences de précocité deviennent particulièrement appréciables au stade "épiaison", même si les caractéristiques climatiques du moment contribuent au ralentissement ou bien à l'accélération du développement des céréales (Fig. 37 et 38).

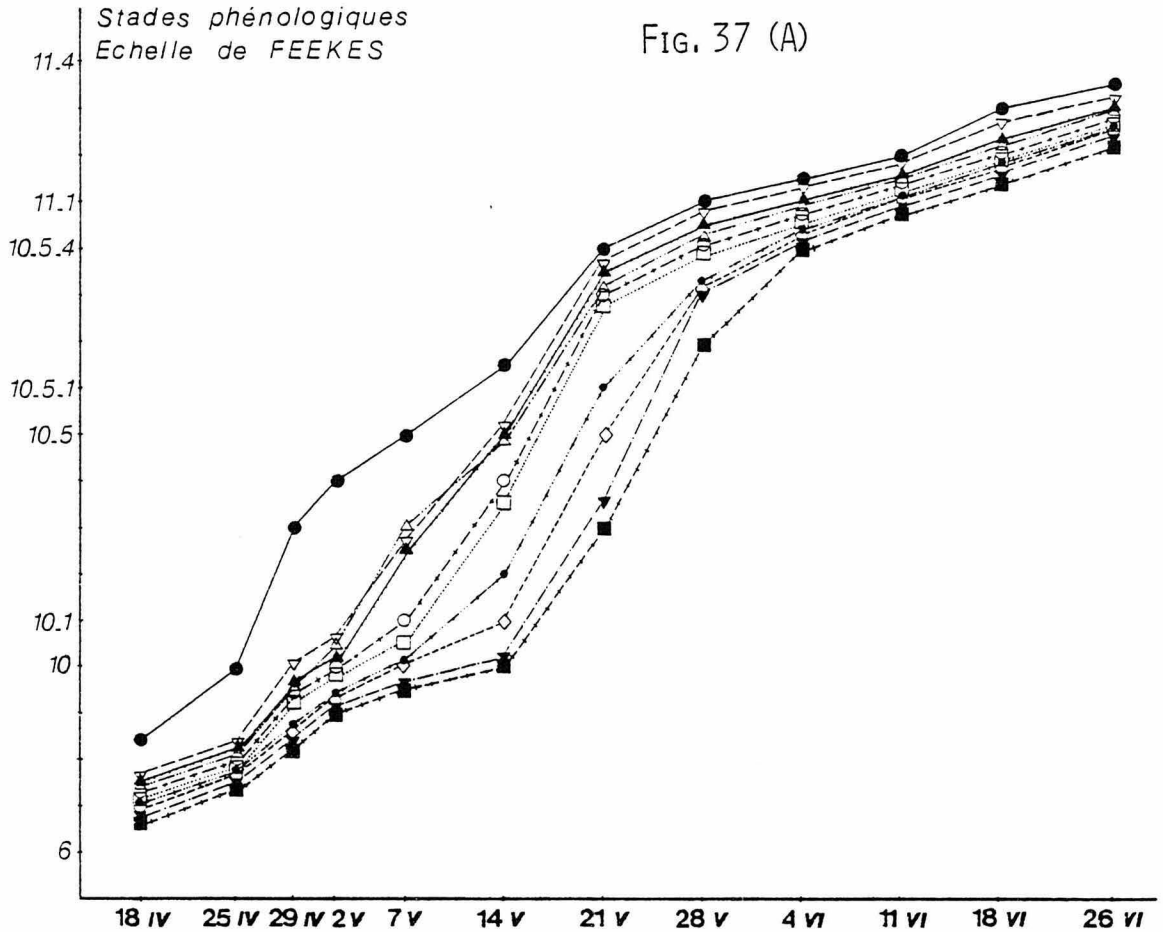


FIG. 37 (A)

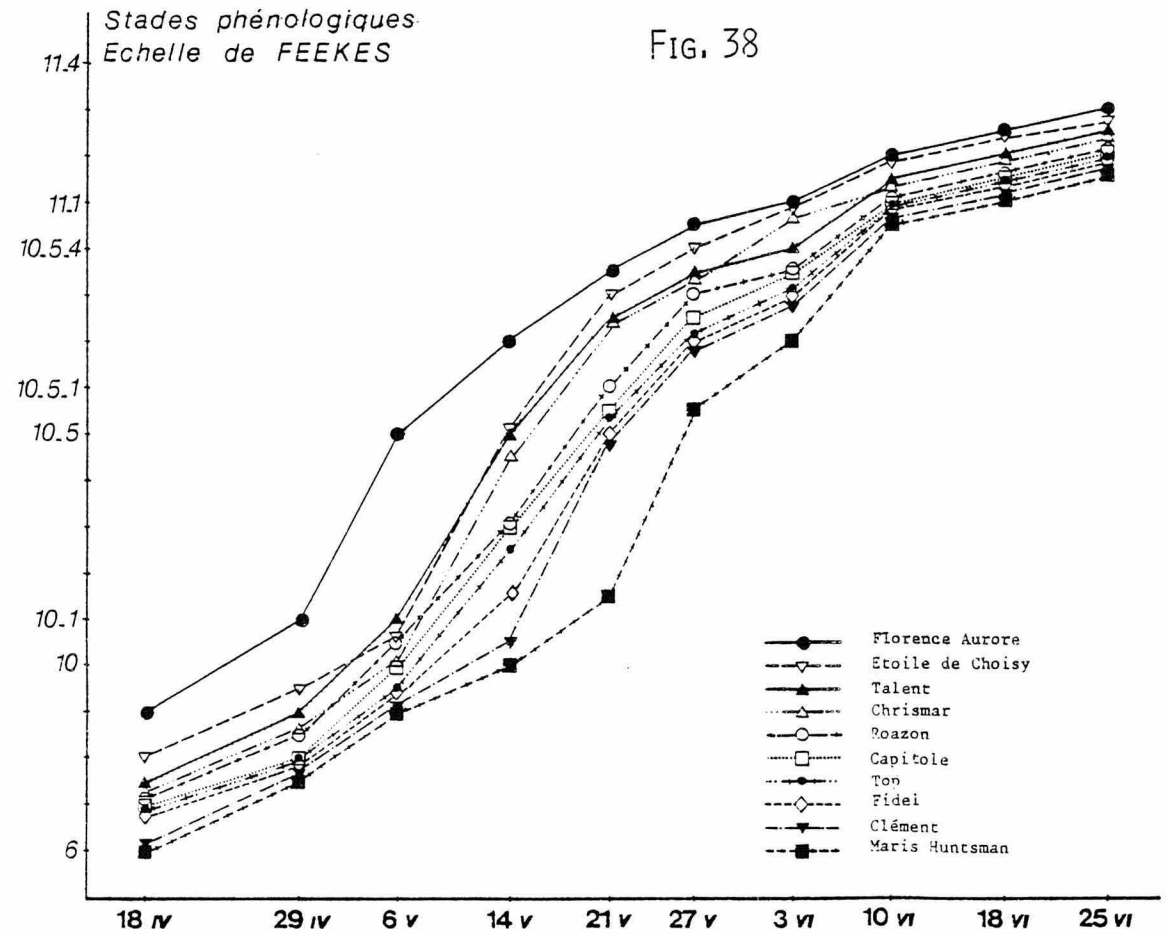


FIG. 38

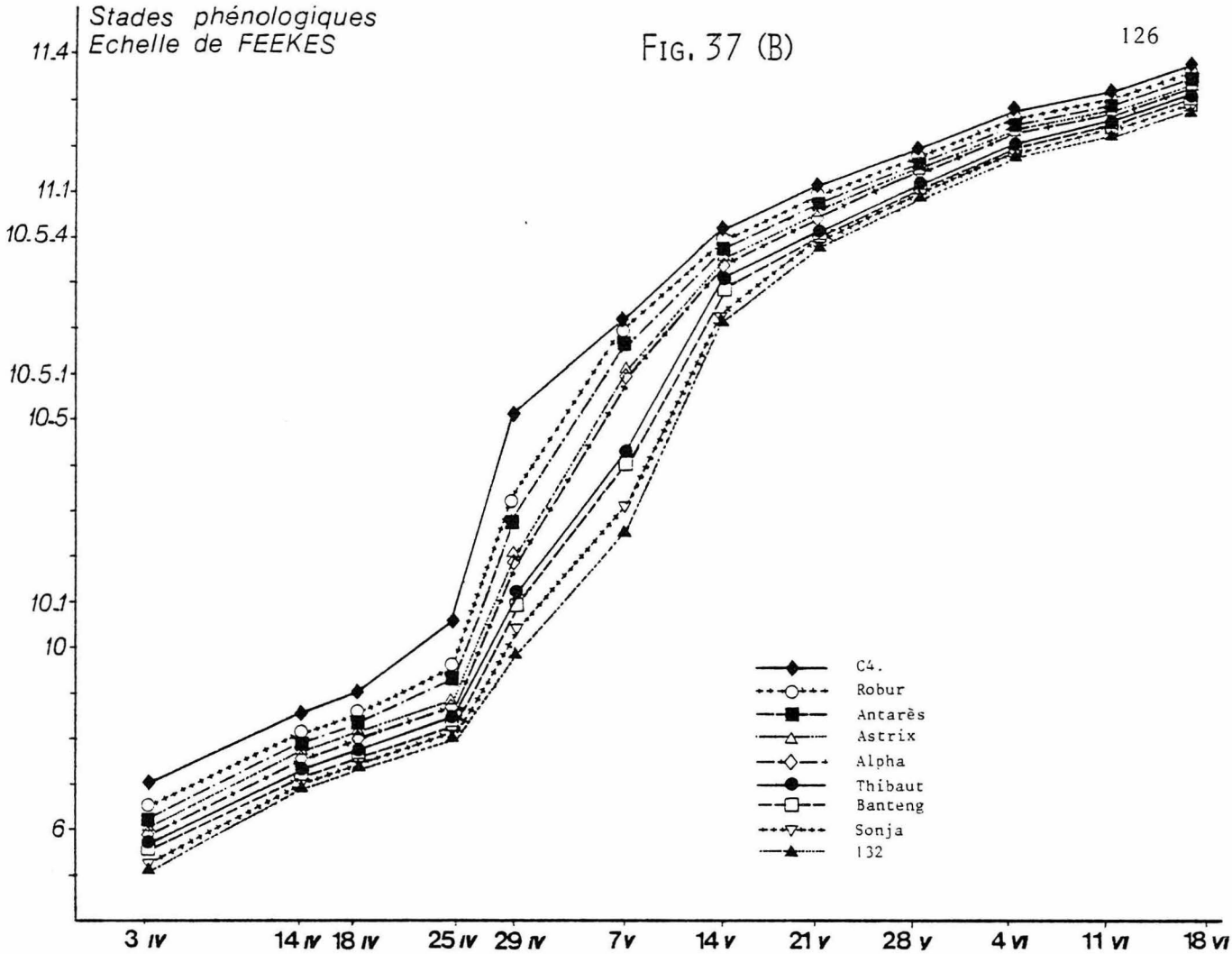
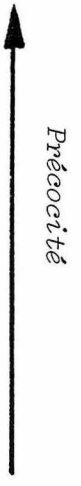


Fig. 37 : Evolution phénologiques des variétés (A) de blé et (B) d'orge en 1980.

Fig. 38 : Evolution phénologique des variétés de blé en 1981.

Nous pouvons ainsi classer les variétés selon leur degré de précocité:

Variétés de blé	note	Variétés d'orge	note
- Florence Aurore	9	- C4	9
- Etoile de Choisy	8	- Robur	8,5
- Talent	8	- Antarès	7,5
- Chrismar	8	- Astrix	7
- Roazon	7	- Alpha	7
- Capitole	7	- Thibaut	7
- Top	6	- Banteng	7
- Fidel	5,5	- Sonja	6,5
- Clément	5	- 132	6,5
- Maris Huntsman	4,5		



5.3. Autres différences:

- la densité de végétation: l'aptitude au tallage des diverses variétés est un facteur que peut modifier la densité de végétation. Toutefois, dans nos essais les différences de densité apparaissent assez négligeables.

- la sensibilité à la verse: les fortes pluies de mai 1980 ont provoqué un début de verse dans les parcelles de Florence Aurore et la verse quasi-totale des orges. Seules les variétés Robur et 132 ont résisté partiellement.

- la sensibilité aux maladies: durant les deux années d'observation, nous n'avons pas porté d'attention particulière aux maladies des céréales. Cependant, nous sommes certains que leur développement est resté à un niveau extrêmemt faible (Rouille et Oïdium).

Chapitre troisième

RESULTATS

1. Evolution générale des populations sur l'ensemble des parcelles.

Quelle que soit l'année considérée, les populations de Pucerons évoluent suivant le modèle classique que nous connaissons, aussi bien sur blé que sur orge. Nous distinguerons: une phase d'accroissement avec un maximum d'infestation, puis une phase de déclin rapide suivie parfois d'une recontamination.

Nous insisterons sur la précocité du déclin chez les populations se développant sur le feuillage:

- en 1980, les maximums de population se situent pour la plupart, entre le 7 et le 14 mai, soit 10 à 15 jours plus tôt que ceux que nous avons observés dans l'autre champ expérimental. Il convient de penser qu'à ces dates, l'action des fortes pluies d'une part et l'activité des larves de Syrphes et des premières larves de Coccinelles d'autre part, sont assez efficaces pour contrôler aussi vite l'accroissement des populations et assurer leur déclin. Notons que les larves de Syrphes dans les parcelles de blé, précisément à la date du 7 mai, sont en moyenne quatre fois plus nombreuses que dans les études précédentes à la même date. Sur les orges le rapport est de 12.

- en 1981, les maximums de population se situent vers le 14 mai. Là encore, il semble que les larves de Syrphes et les Coccinelles adultes en voie de s'accoupler, sont suffisamment nombreuses pour intervenir précocement sur le déclin des populations de Pucerons. Pour ce qui concerne les larves de Syrphes, leur nombre, sur l'ensemble des parcelles, est cinq fois supérieur à celui que nous avons déterminé à la même date, dans les essais précédents.

Pour ce qui est des Hyménoptères parasitoïdes et des Entomophthorales, leur rôle est fortement limité durant les deux années, soit par leur quasi-absence, soit par la précocité d'intervention des prédateurs. Ainsi, lors des dénombrements de populations, on ne rencontre que rarement des momies et des individus mycosés.

En définitive, la limitation précoce des populations de Pucerons dépend du nombre de prédateurs, mais elle peut être accentuée si ces prédateurs assurent une bonne pénétration dans la culture et une bonne circulation sur les plantes. Pour ces derniers cas, la densité peu élevée des semis et l'arrangement bien aéré des parcelles, comme nous l'avons réalisé ici, peut être déterminante.

2. Traitement des données.

Les données recueillies sont trop abondantes pour être interprétées par un simple examen. L'organisation des données sous forme de courbes impliquerait un grand nombre de figures et leur traitement par une méthode statistique classique nécessiterait une somme de calculs très importante. On obtiendrait alors des résultats trop nombreux pour être analysables. Si l'on voulait employer efficacement une telle méthode, on serait alors amené à réduire le nombre de données et à favoriser à priori certains facteurs.

Pour pallier ces inconvénients, il est préférable d'exploiter les données par l'analyse factorielle. L'**analyse factorielle** contient un ensemble de méthodes qui, à partir d'un maximum de données, permettent des descriptions rapides conduisant à des interprétations sur l'essentiel.

Pour ce qui est de l'étude de la sensibilité variétale du blé et de l'orge aux différentes espèces de Pucerons, l'organisation des données sous forme de séries chronologiques constitue des tableaux de contingence qui donnent la ventilation des populations selon deux caractères croisés:

- la variété de céréale,
- l'évolution d'une espèce sur une période donnée.

L'étude de tels tableaux de contingence se fait commodément par l'analyse factorielle des correspondances (VOLLE, 1980).

L'anayse factorielle des correspondances: description de la méthode.

La méthode consiste à donner, à partir d'une réalité multidimentionnelle (nuage de n variables décrit par p observations), une image euclidienne la plus fidèle possible sur des axes factoriels et des plans factoriels. La démarche est la suivante:

- la position des points-observations est analysée dans l'espace des variables; la position des points-variables est analysée dans l'espace des observations. Le passage d'un espace à l'autre est réalisé par l'inversion de la matrice de départ. Les vecteurs propres de la nouvelle matrice de départ sont les mêmes que ceux de la matrice initiale, les axes principaux sont aussi les mêmes.

- dans le nouvel espace de faible dimension, nous retrouvons les points-observations et les points-variables. Des zones constituées de groupes de variables sont alors définies; les observations situées dans ces zones caractérisent ces variables.

L'enchaînement du traitement est réalisé avec l'ordinateur. L'interprétation des résultats ne se fait pas sans la définition préalable des axes factoriels. Cette démarche conduit à utiliser des "aides à l'interprétation" que les programmes usuels éditent en même temps que les graphes. Nous citerons principalement:

- le CTR α : c'est la contribution relative d'un point à l'inertie expliquée par l'axe α . Elle permet de classer les points selon le rôle plus ou moins grand qu'ils ont joué dans la détermination de l'axe.

- le CO2 α : mesure la qualité de représentation d'un point par sa projection sur l'axe α .

Avant de s'engager dans l'interprétation des axes il est utile d'examiner la séquence des valeurs propres qui mesurent leur signification.

3. Etude de la sensibilité variétale du blé tendre aux principales espèces de Pucerons.

La tendance à une légère hétérogénéité des blocs, observée dans

les deux essais, nous a conduit à présenter une analyse globale, utilisant des valeurs correspondant non pas à chacune des parcelles mais à l'ensemble des cinq parcelles emblavées du même cultivar.

Par rapport à la totalité des prélèvements effectués, nous nous sommes limité à l'ensemble de ceux qui pouvaient présenter un intérêt pour l'analyse, ce qui revient à dire que toutes les données correspondant à des prélèvements effectués avant la première phase d'accroissement des populations et après le déclin, ont été écartées. Notons que ce sont les valeurs indiquant les niveaux maximums de population, qui dirigent l'orientation de l'analyse.

Les tableaux de données, les histogrammes des valeurs propres et les aides à l'interprétation sont représentées en annexe II, III et IV.

3.1. Analyse des données de l'essai 1980.

Elle tient compte de quatre espèces principales: *M.dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*. Les données concernant les espèces d'intérêt secondaire n'entrent pas dans le cadre de cette analyse.

3.1.1. Interprétation des axes (Fig. 39 et 40).

L'axe 1 représente 32 p. cent de l'inertie totale. C'est l'axe des abondances relatives; il oppose principalement *M. dirhodum* à *S. avenae*. Ainsi, les variétés Roazon et Maris Huntsman apparaissent fortement colonisées par *M. dirhodum*, faiblement par *S. avenae*. A l'inverse, Talent semble constituer un support assez favorable au développement de *S. avenae*, peu favorable par contre à celui de *M. dirhodum*. Secondairement, l'analyse met en évidence la présence très forte de *R. padi* sur la variété Fidel, celle de *M. festucae* sur la variété Clément. De la même façon que pour *M. dirhodum* ces deux espèces s'opposent à *S. avenae* par rapport à la variété Talent.

L'axe 2, avec 20 p. cent de l'inertie totale, définit le retard relatif des pullulations. Il oppose *M. festucae*, espèce naturellement précoce sur le plan de la contamination des céréales et *S. avenae*, généralement plus tardive. L'axe 2 isole des variétés Clément et Talent d'une part et les variétés Capitole et Top d'autre part. La position des deux premières demande quelques explications dans la mesure où elle indique une infestation re-

Signification des symboles (Fig. 39 et 40)

Points-observations:

- Cap : Capitole
- Cho : Choisy
- Clé : Clément
- Chr : Chrismar
- Flo : Florence Aurore
- Fid : Fidèl
- Mar : Maris Huntsman
- Roa : Roazon
- Tal : Talent
- Top : Top

Points-variables:

1er chiffre: espèce
1 : *M. festucae*
2 : *M. dirhodum*
3 : *R. padi*
4 : *S. avenae*

2ème chiffre: date
1 : 29 avril
2 : 7 mai
3 : 14 mai
4 : 21 mai
5 : 28 mai
6 : 4 juin

Le 3ème chiffre représente le nombre de parcelles prises en compte.

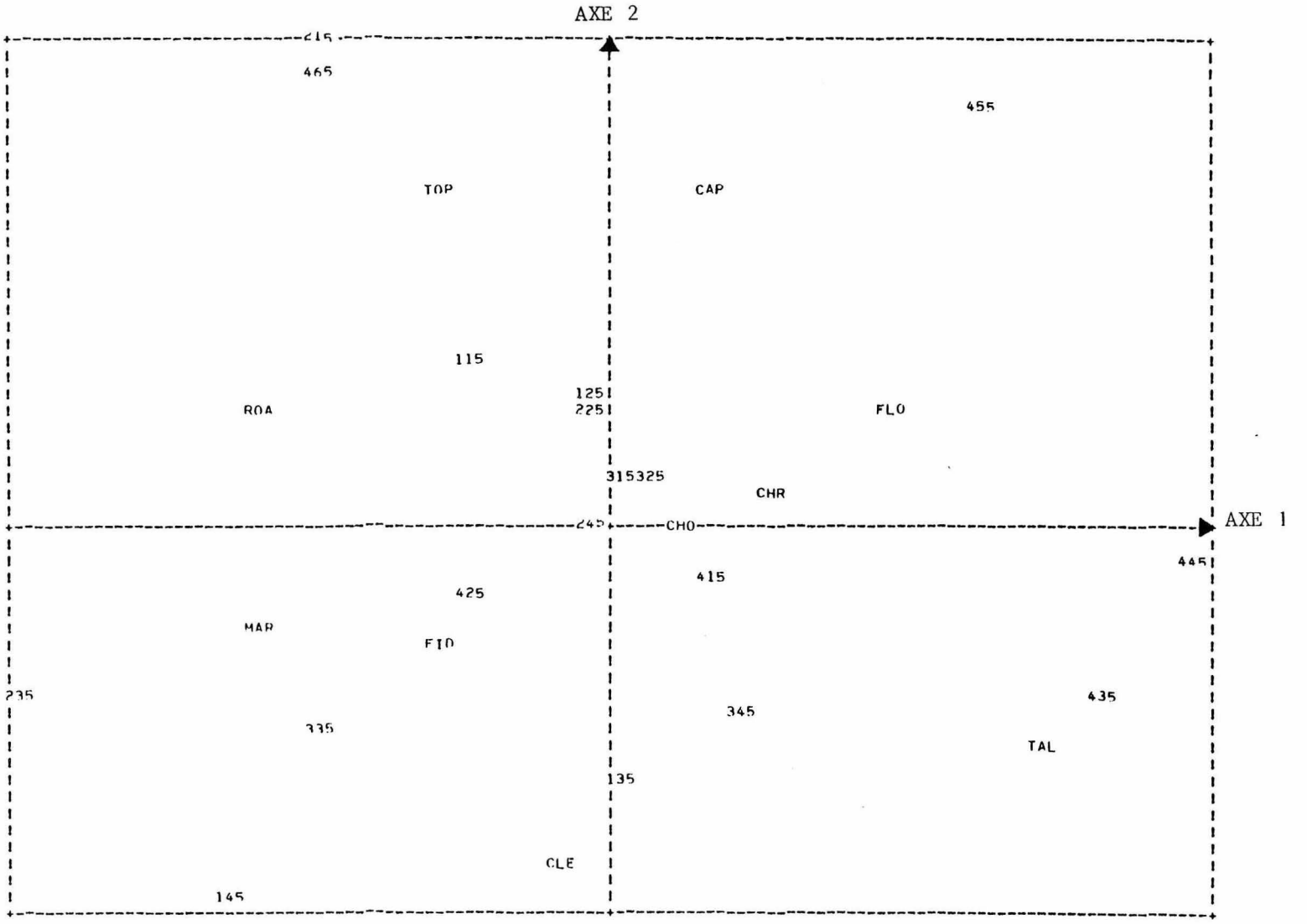


Fig. 39 : Sensibilité variétale du blé (1980): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les espèces, croisées avec la date.
Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 2.

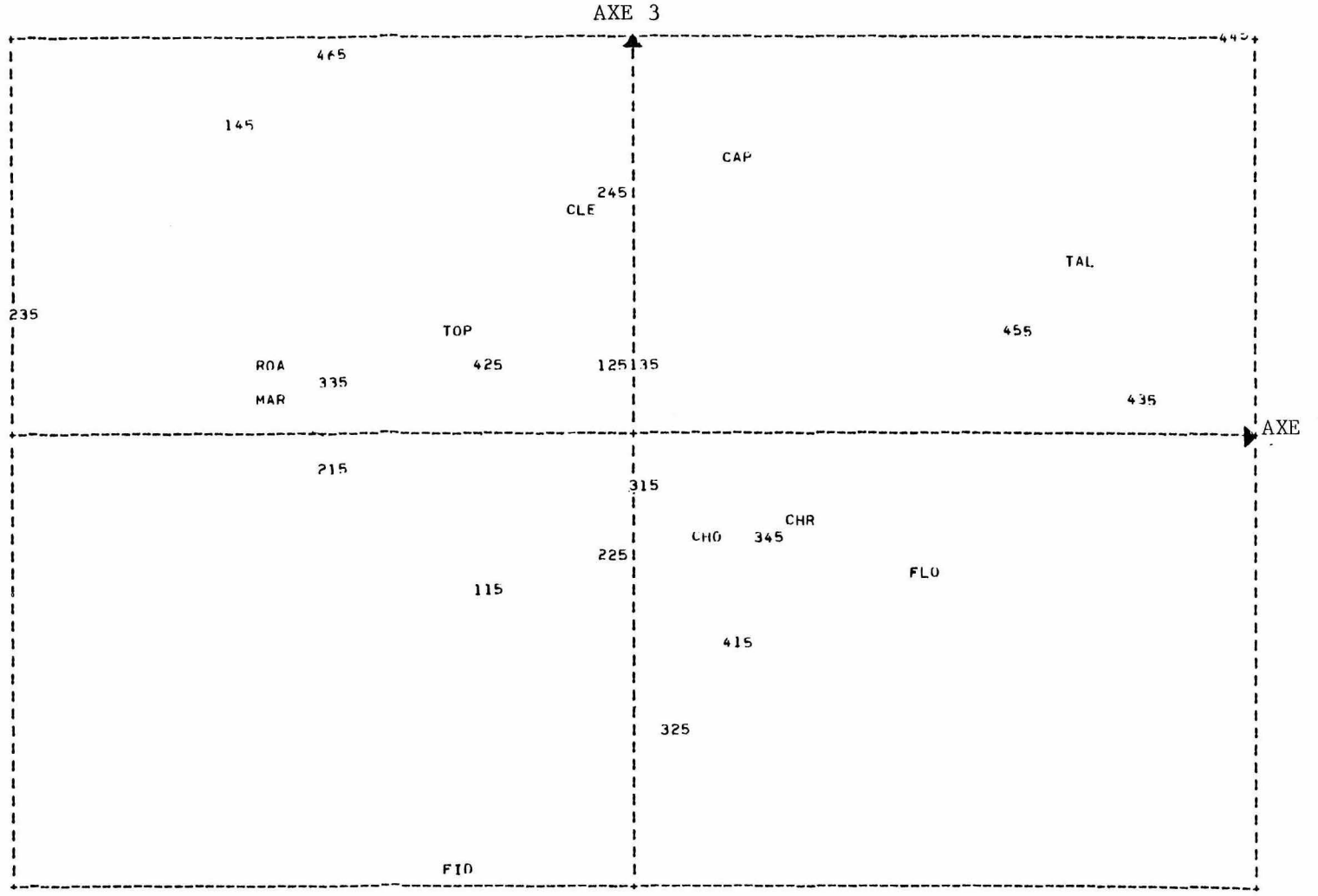


Fig. 40 : Sensibilité variétale de blé (1980): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les espèces, croisées avec la date.
Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 3.

lativement plus précoce de la part de *S. avenae* que de *M. festucae* ce qui va à l'encontre de ce que nous avons dit précédemment. Il faut prévoir dans ce cas, une prédominance des relations d'affinités qui favoriseraient de développement de *S. avenae* par rapport à *M. festucae*. Nous étudierons plus loin, de manière plus détaillée, le comportement de *S. avenae* sur les différentes variétés.

L'axe 3 représente 17,5 p. cent de l'inertie totale. C'est un axe important car il oppose *R. padi* à *S. avenae* sur leur abondance relative, par rapport aux différentes variétés. A nouveau, Fidel se présente comme une variété très favorable à *R. padi* et par contre tout à fait hostile à *S. avenae*. La situation est inversée pour la variété Capitole.

L'analyse simultanée des axes 1 et 3 permet d'isoler les points-variétés situés juste dans la zone centrale du nuage. Ces points représentent les variétés dont le taux d'infestation demeure généralement assez constant. Nous citerons: Florence Aurore, Etoile de Choisy, Chrismar et Top.

3.1.2. Etude du tableau de contingence.

Il est intéressant de constater que de toutes les variétés testées, seule Florence Aurore se distingue par son niveau élevé d'infestation. A l'inverse, Top compte parmi les variétés les moins colonisées.

3.2. Analyse des données de l'essai 1981.

Contrairement à l'essai précédent, deux espèces seulement dominent: *M. dirhodum* et *S. avenae*. Pour ce qui est de *M. festucae* et de *R. padi*, les données ne sont pas prises en considération car elles déterminent des niveaux d'infestation beaucoup trop faibles.

3.2.1. Interprétation des axes (Fig. 41).

L'axe 1, avec 50,5 p. cent d'inertie totale, représente l'abondance relative de *M. dirhodum* et de *S. avenae*. Ces deux espèces s'opposent principalement par rapport à cinq variétés. Fidel, Maris Huntsman et Roazon semblent favoriser le développement de *M. dirhodum* et limiter celui de

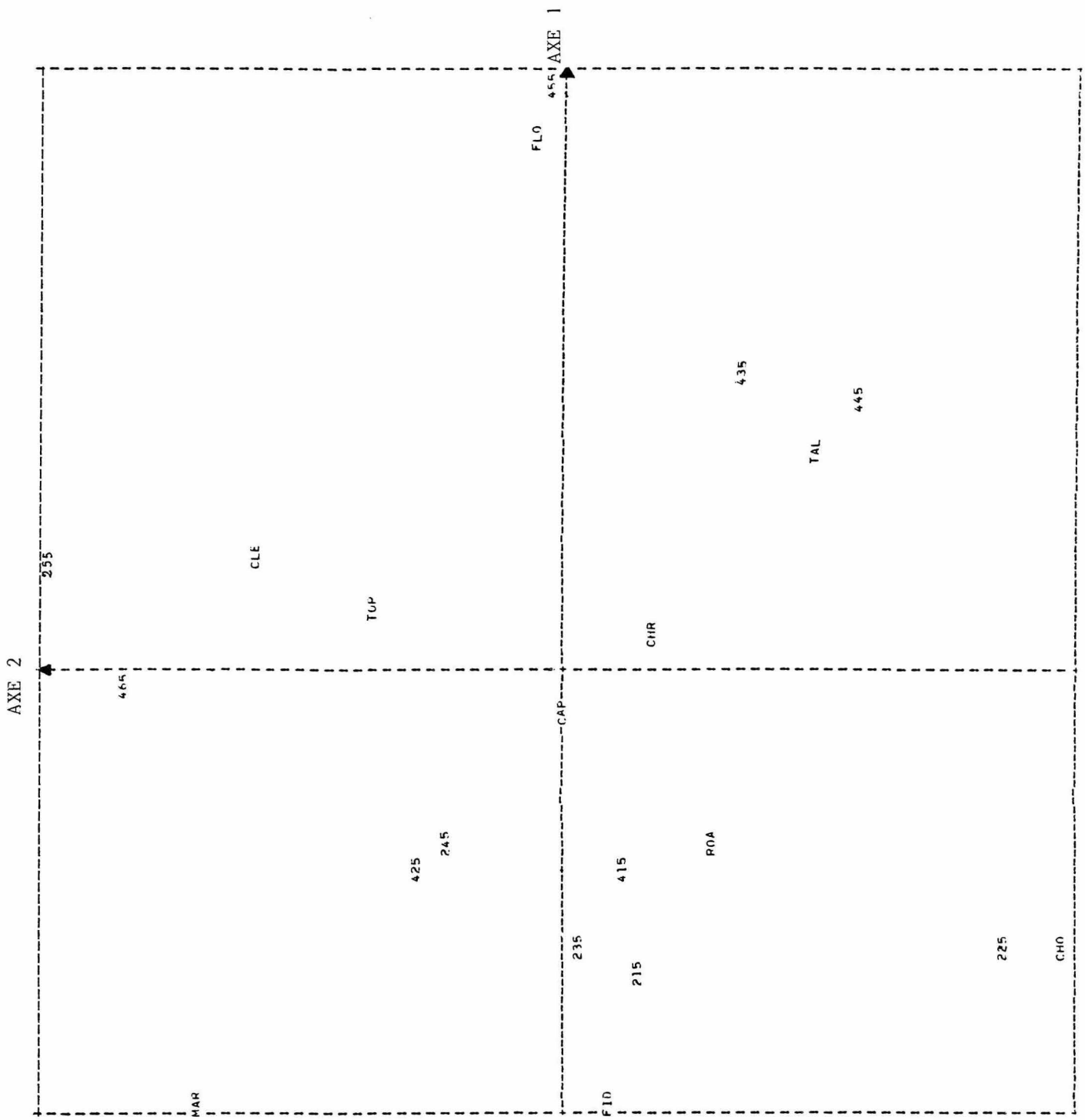
Signification des symboles (Fig. 41)

Points-variables:

1er chiffre:	espèce	2 : M. *dirhodum*
		4 : S. *avenae*
2ème chiffre:	date	1 : 29 avril
		2 : 6 mai
		3 : 14 mai
		4 : 21 mai
		5 : 27 mai
		6 : 3 juin

Le 3ème chiffre représente le nombre de parcelles prises en compte.

Fig. 41 : Sensibilité variétale du blé (1981): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les espèces, croisées avec la date.
Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 2.


AXE 1
AXE 2
FLO
CLE
TOP
CHR
TAL
435
445
255
465
CAP
425
245
415
ROA
235
215
225
CHO
MAR
FID

S. avenae. Inversement, Talent et surtout Florence Aurore laissent dominer les populations de *S. avenae*.

Le phénomène qui influence l'axe 2 avec 26,5 p. cent de l'inertie totale, correspond au retard relatif des pullululations. Cet axe rassemble les deux espèces, d'une part près des variétés précocement infestées telles que Etoile de Choisy, d'autre part près des variétés dont les maximums d'infestation se situent plus tard: c'est le cas de Maris Huntsman. Précisons que le développement des populations de *S. avenae* se manifeste ici avec relativement plus de retard sur la variété Clément que dans l'essai précédent.

La signification du troisième axe semble difficile à saisir. Elle n'apporte que 9 p. cent de l'inertie totale.

3.2.2. Etude du tableau de contingence.

On peut remarquer que Florence Aurore se distingue à nouveau; elle favorise une colonisation deux fois plus importante que sur la plupart des autres variétés.

3.3. Analyse des données propres à *S. avenae* pour l'essai 1980.

Il s'agit de montrer comment évoluent les populations de *S. avenae* à la fois sur feuille et sur épi.

3.3.1. Interprétation des axes (Fig. 42 et 43).

L'axe 1 représente 63 p. cent de l'inertie totale. Il détermine deux tendances: la colonisation des feuilles et la colonisation des épis. Il oppose ainsi Maris Huntsman et Clément, sur les feuilles desquelles les Pucerons se trouvent très abondants, à Florence Aurore et Talent où ils sont fortement regroupés sur les épis. Malgré leurs précocités très différentes et les conséquences sur le type d'organe infesté, ces quatre variétés ne peuvent être considérées comme opposées en matière de sensibilité vis-à-vis de *S. avenae*.

L'axe 2, avec 16 p. cent de l'inertie totale, traduit l'ordre chronologique d'infestation des épis par rapport aux différentes variétés.

Signification des symboles (Fig 42 et 43)

Points-variables:

1er chiffre:	espèce	1 : feuillage
		2 : épi
2ème chiffre:	date	1 : 29 avril
		2 : 6 mai
		3 : 14 mai
		4 : 21 mai
		5 : 27 mai
		6 : 3 juin

Le 3ème chiffre représente le nombre de parcelles prises en compte.

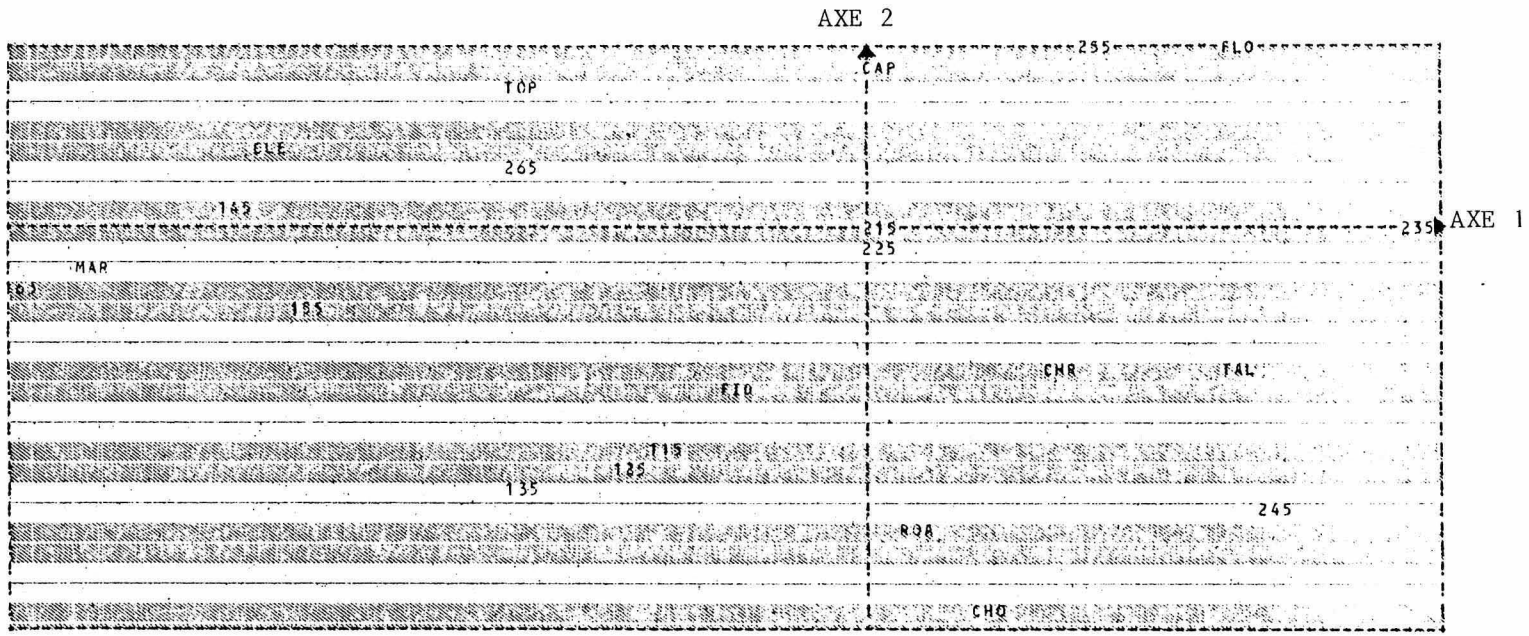


Fig. 42 : Sensibilité variétale du blé (1981): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les sites d'infestation, croisés avec la date.
Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 2.

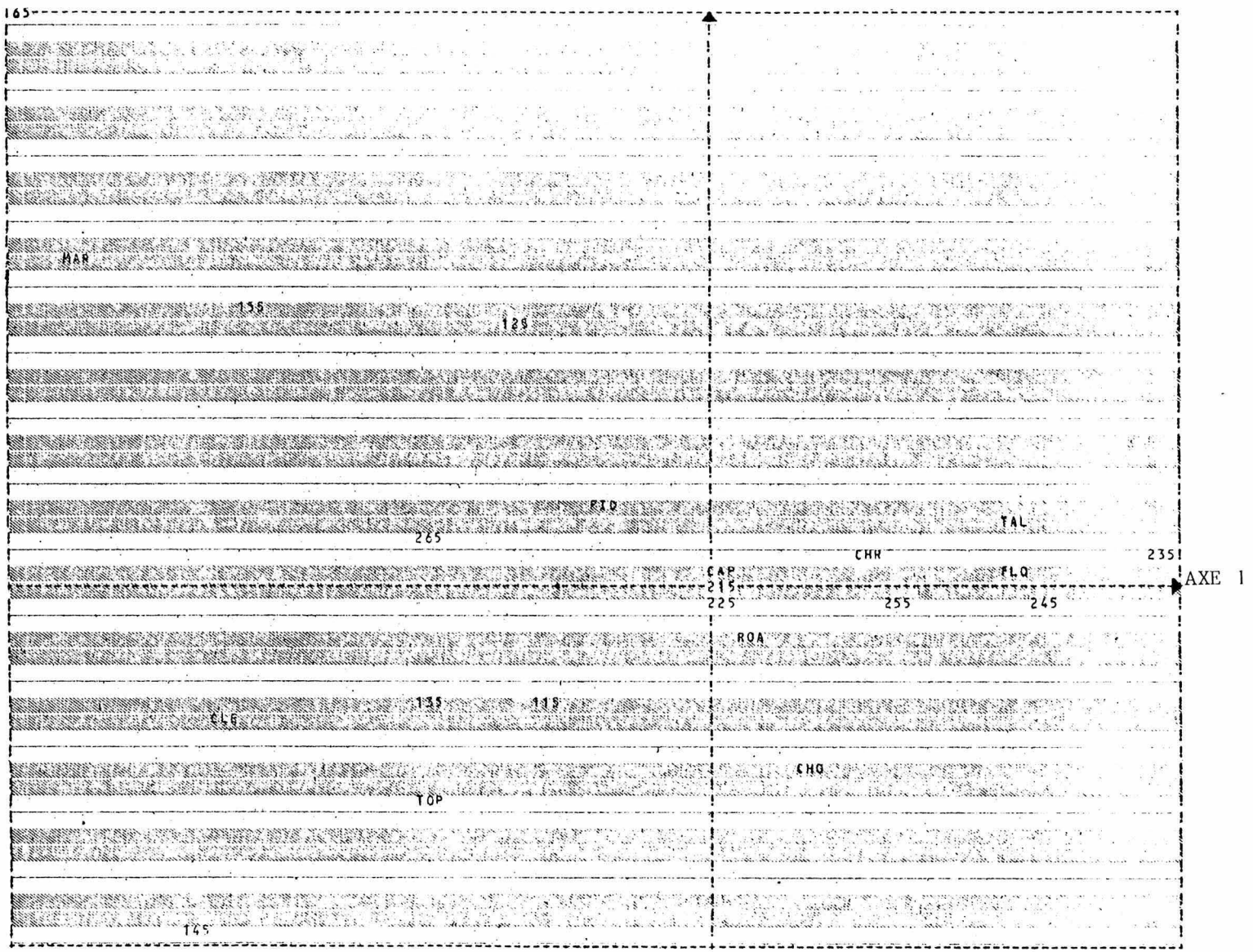


Fig. 43 : Sensibilité variétale du blé (1981): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les sites d'infestation, croisés avec la date.

Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 3.

Cet axe isole les variétés les plus précoces sur lesquelles les colonies peuvent se développer de manière durable compte tenu de la protection que leur procure les épis. Nous citerons principalement : Etoile de Choisy, Roazon et Florence Aurore. Il ne faut cependant pas confondre la précocité phénologique qui caractérise la plante et la précocité d'infestation favorisée par la première mais dépendante de certains autres facteurs: contamination, sensibilité variétale, conditions physiologiques ses plantes etc.

L'axe 3 intéresse l'infestation foliaire. Il isole les variétés les plus tardives: Maris Huntsman, Clément et Top.

3.3.2. Etude du tableau de contingence.

Il met en valeur une variété particulièrement hostile à *S. avenae*: il s'agit de Fidel. Pour ce qui est de Florence Aurore, la supériorité numérique de sa populations n'est plus à préciser.

3.4. Discussion.

Les deux premières analyses contribuent à mettre en évidence les mêmes particularités et conduisent vers les interprétations semblables. Malgré une légère hétérogénéité dans la répartition des populations d'un bloc à l'autre, nous sommes amenés finalement à constater qu'il existe une certaine répétitivité des phénomènes au niveau des couples variété-espèce.

Correspondant à chaque couple variété-espèce, il existe un niveau maximum d'infestation:

- Chez *M. dirhodum*, *M. festucae* et *R. padi*, espèces inféodées exclusivement aux étages foliaires inférieurs, ces maximums sont localisés dans le temps, juste entre les dates de deux prélèvements successifs: les 7 et 14 mai 1980 et les 14 et 21 mai 1981. Précisons que cette limitation dans le temps est fortement influencée par le contrôle des ennemis naturels et en l'occurence, par celui des Coccinelles.

- le cas de *S. avenae*, est tout à fait différent: les niveaux maximums d'infestation sont atteints généralement lorsque les populations colonisent les épis. Ils dépendent donc étroitement d'un stade phénologique précis:

l'épiaison. Pour ce qui est du rôle des prédateurs, il semble limité au contrôle des populations situées sur les feuilles; par contre sur épi, les Pucerons échappent facilement à la prédation, ce qui favorise parfois la poursuite de la phase d'accroissement. En définitive, à chaque variété de blé correspond une évolution particulière de *S. avenae*. La troisième analyse des correspondances que nous avons réalisée, essaie d'interpréter la signification de chaque niveau maximum d'infestation compte tenu des variations observées.

L'étude comparative des différents cas que les trois analyses ont successivement isolé, nous conduisent ici vers l'appréciation de la sensibilité de chaque variété vis-à-vis de *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*. Nous distinguerons:

- Une sensibilité variétale forte et spécifique:
  - Clément ---------- *M. festucae*, *S. avenae* (sur feuillage)
  - Roazon ---------- *M. dirhodum*
  - Maris Huntsman ---------- *M. dirhodum*
  - Fidel ---------- *R. padi*
  - Talent ---------- *S. avenae*

- Une sensibilité variétale faible et spécifique:
  - Talent ---------- *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi*
  - Fidel ---------- *S. avenae*
  - Capitole ---------- *R. padi*

- Une sensibilité variétale très forte et peu spécifique:
  - Florence Aurore

- Une sensibilité variétale moyenne et peu spécifique:
  - Etoile de Choisy

- Chrismar

- Une sensibilité variétale faible et peu spécifique:

- Top

Nous remarquerons que la variété Fidel doit certainement une grande part de sa résistance aux infestations de l'épi par *S. avenae*, à la propre morphologie de ses organes de fructification. L'épi est effectivement très protégé, comme nous l'avons déjà vu, par de longues barbes entre lesquelles la pénétration des Pucerons est rendue difficile.

4. Etude de la sensibilité variétale de l'orge aux principales espèces de Pucerons.

Pour simplifier l'analyse, nous avons été amenés à utiliser des valeurs correspondant non pas à une parcelle mais à l'ensemble des parcelles emblavées avec une même variété, cela malgré une légère hétérogénéité des blocs.

Nous savons qu'il est préférable, pour l'interprétation des axes, de limiter le nombre de données à celles qui décrivent le mieux la phase d'accroissement et la chûte des populations. Cette opération est rendue très aisée dans mesure où les niveaux maximums d'infestation se répartissent tous sur une courte période, période séparant deux prélèvements successifs.

Les tableaux des données, les histogrammes des valeurs propres et les aides à l'interprétation sont représentés en annexe V et VI.

4.1. Première analyse des données de l'essai 1980.

Elle tient compte de cinq espèces principales: *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi*, *S. avenae* et *R. maidis*.

Interprétation des axes (Fig. 44).

L'axe 1 représente 31 p. cent de l'inertie totale. Il détermine les abondances relatives, oppose *R. padi* à trois autres espèces: *M. dirhodum*, *R. maidis* et à un moindre degré, *M. festucae*. Ainsi, les variétés Robur et C4 se trouvent fortement colonisées par *R. padi* et relativement moins par les autres espèces. Inversement, par rapport aux variétés précédentes, Antarès et Thibaut semblent relativement plus colonisées par *M. dirhodum* et *R. maidis* que par *R. padi*.

L'axe 2 représente 27,5 p. cent de l'inertie totale. Il détermine des abondances relatives, oppose à nouveau *R. padi* aux trois mêmes espèces. Nous retrouvons C4 avec la même signification. Par rapport à cette variété, Banteng et 132 semblent assez peu favorables au développement de *R. padi*, mais relativement plus au développement de *M. dirhodum*, *M. festucae* et *R. maidis*.

L'axe 3, avec 18,5 p. cent de l'inertie totale oppose *R. padi* à *R. maidis* sur les modalités d'infestation de deux variétés Robur et Astrix. En réalité, cet axe n'apporte aucun élément enrichissant notre analyse.

L'intersection des axes 1 et 2 met en valeur les variétés Alpha et Astrix fortement colonisées par *R. padi*. Cette tendance est aussi remarquée chez *R. maidis*. surtout pour Alpha.

Cette première analyse se résume à l'isolement d'une seule espèce: *R. padi* par rapport à *M. dirhodum*, *M. festucae* et *R. maidis*. *S. avenae* échappe complètement à l'interprétation. Il faut considérer que la très grande supériorité numérique des populations de *R. padi* sur quelques variétés d'orge, fait naître des écarts considérables qui influencent fortement l'orientation de l'analyse. Ces écarts déterminent des relations d'affinité très éloignées. Quoi qu'il en soit, l'analyse factorielle des correspondances répond bien à notre soucis de tester les différentes variétés par rapport à l'ensemble des espèces en présence, de manière à dégager les tendances vers tel ou tel degré de sensibilité.

4.2. Seconde analyse des données de l'essai 1980.

Signification des symboles (Fig 44)

Points-observations:

- Alp : Alpha
- Ant : Antarès
- Ast : Astrix
- Ban : Banteng
- C4 : C4
- Rob : Robur
- Son : Sonja
- Thi : Thibaut
- 132 : 132

Points-variables:

1er chiffre:	espèce	1 : M. *festucae*
		2 : M. *dirhodum*
		3 : R. *padi*
		4 : S. *avenae*
		5 : R. *maidis*
2ème chiffre:	date	1 : 29 avril
		2 : 7 mai
		3 : 14 mai
		4 : 21 mai

Le 3ème chiffre représente le nombre de parcelles prises en compte.

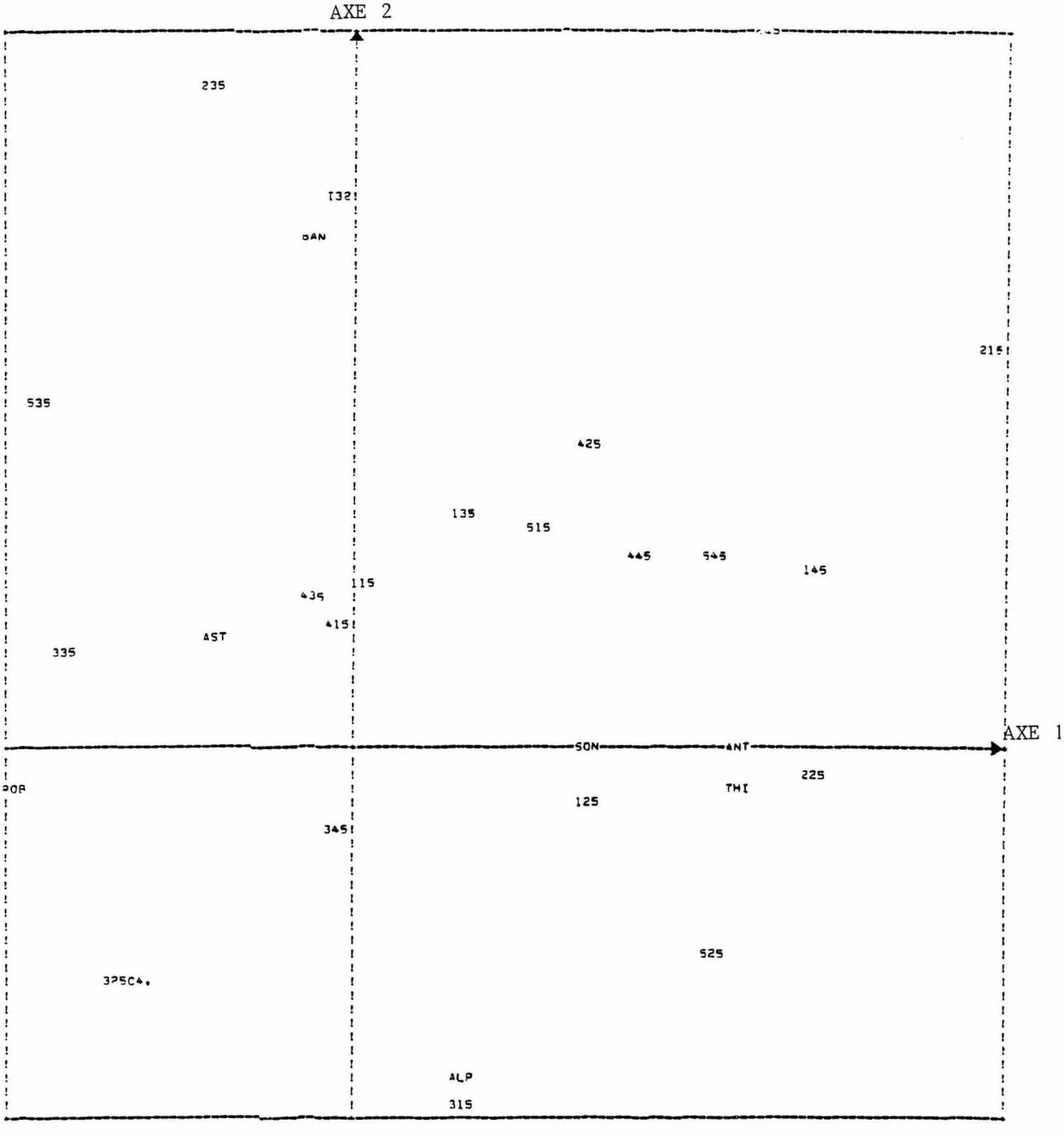


Fig. 44 : Sensibilité variétale de l'orge (1980): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les espèces, croisées avec la date.
Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 2.

Il est intéressant de savoir si l'analyse ces correspondances est en mesure de mettre en évidence de nouveaux rapports d'abondance à partir du moment où les données concernant *R. padi* sont supprimées. L'interprétation des différents axes ne fait apparaître aucun rapport d'abondance mais indique plutôt la distribution des infestations dans le temps. Ces résultats inattendus montrent qu'il existe certainement une grande confusion de la plupart des niveaux d'infestation. En définitive, pour ce qui est de l'essai 1980, nous trouverons plus d'intérêt à interpréter les résultats de la première analyse.

4.3. Analyse des données de l'essai 1981.

Contrairement au premier essai, il n'y a que deux espèces en présence: *M. dirhodum* et *S. avenae*. Les autres espèces présentent des niveaux beaucoup trop faibles pour être analysables. Précisons par ailleurs que le nombre de variétés expérimentées est limité à quatre.

Interprétation des axes (Fig. 45).

Le premier axe représente 56 p. cent de l'inertie totale. Il oppose deux variétés: Sonja et Antarès; l'une faiblement colonisée par *M. dirhodum*, l'autre fortement infestée.

L'axe 2 ne détermine aucune différence entre les variétés lorsqu'elles sont parasitées par *S. avenae*.

4.4. Discussion.

Si l'analyse des correspondances est riche par la présentation nuancée de ses informations, elle peut devenir très limitée dans la production de résultats à partir du moment où la plupart des données mesurent des phénomènes très semblables. Dans cette étude, nous pouvons constater que *S. avenae* ne fait l'objet d'aucune comparaison particulière, ce qui n'est pas sans signifier une certaine standardisation de ses affinités pour les variétés d'orge testées. Au contraire, *R. padi* se distingue par la

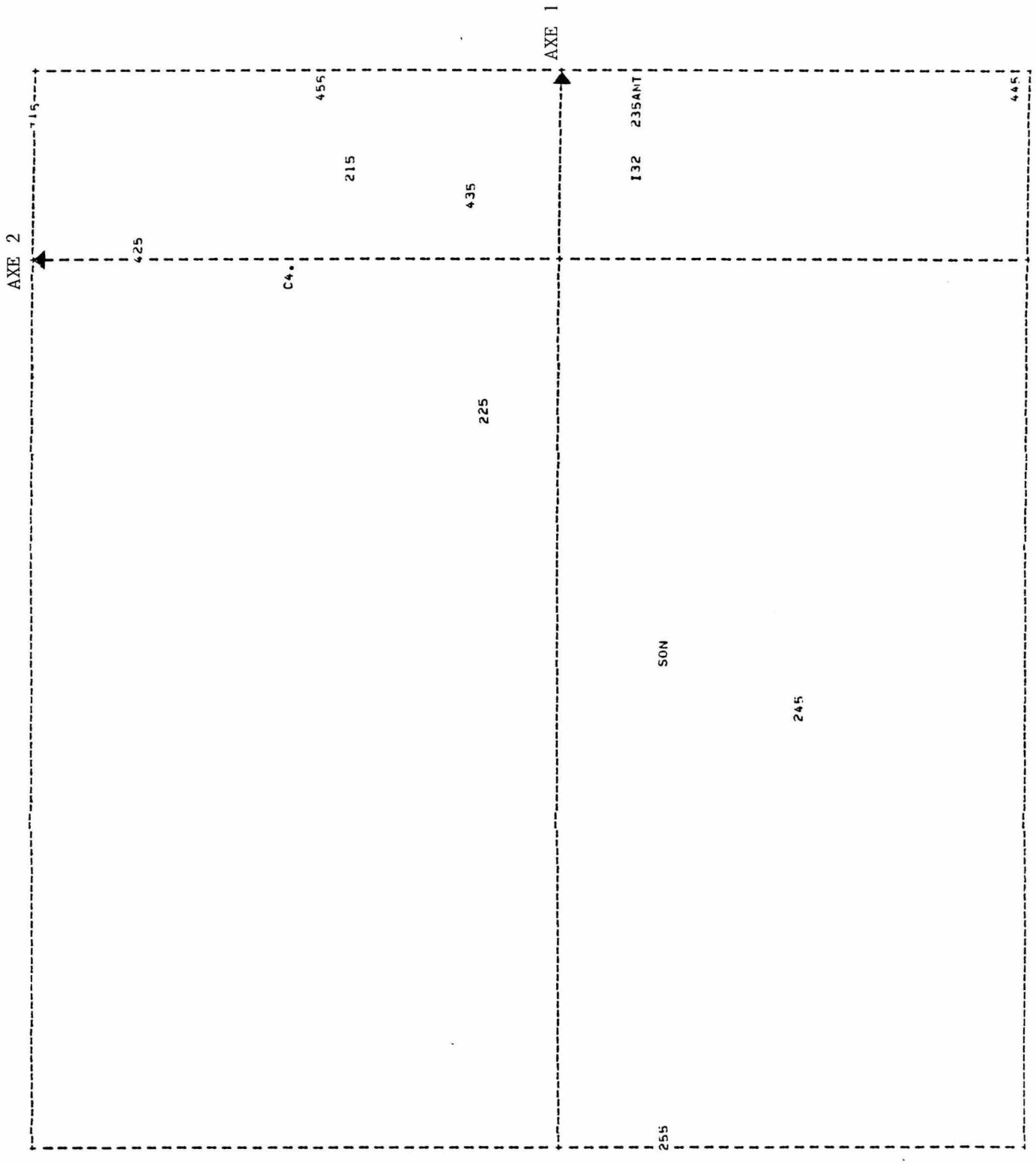
Signification des symboles (Fig. 45)

Points-variables:

1er chiffre:	espèce	2 : M. *dirhodum*
		4 : S. *avenae*
2ème chiffre:	date	1 : 29 avril
		2 : 6 mai
		3 : 14 mai
		4 : 21 mai
		5 : 27 mai

Le 3ème chiffre représente le nombre de parcelles prises en compte.

Fig. 45 : Sensibilité variétale de l'orge (1981): analyse factorielle des correspondances sur les variétés et les espèces, croisées avec la date.
Diagramme représentatif du plan des axes 1 et 2.


AXE 1
AXE 2
455
215
435
425
C4.
225
235ANT
I32
445
SON
245
255

variabilité de ses rapports avec ces mêmes variétés.

Pour ce qui est de l'infestation des épis par *S. avenae* il convient de préciser que sur orge, le problème ne présente pas la même ampleur que sur blé. Avec les variétés étudiées, il n'y a pas de grands décalages phénologiques susceptibles de modifier l'évolution des populations. Notons que la propre constitution des épis de toutes les variétés ne favorise en aucune façon le développement des Pucerons. En fin de compte, rien ne justifie une attention particulière à *S. avenae*.

La comparaison des résultats est conduite avec une certaine réserve compte tenu de la brièveté de l'analyse. Nous distinguerons donc:

- Une sensibilité variétale très forte et spécifique:
  - Robur ---------- *R. padi*
  - C4 ---------- *R. padi*
- Une sensibilité variétale forte et spécifique:
  - Alpha ---------- *R. padi*, *R. maidis*
  - Astrix ---------- *R. padi*
  - Antarès ---------- *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. maidis*
  - Thibaut ---------- *M. dirhodum*, *R. maidis*
- Une sensibilité variétale faible et spécifique:
  - Banteng ---------- *R. padi*
  - 132 ---------- *R. padi*
- Une sensibilité variétale faible et peu spécifique:
  - Sonja

CONCLUSION

Les expérimentations de plein-champ sur la sensibilité variétale du blé et de l'orge, présentent l'avantage de situer à la fois les plantes-hôtes et les différentes espèces de Pucerons dans leurs conditions naturelles de développement. Bien sûr l'influence des prédateurs intervient de façon négative dans la mesure où c'est l'intensité des pullulations qui détermine la qualité des données à analyser.

L'analyse factorielle des correspondances essaie de montrer les tendances les plus significatives en associant par affinité, une variété à une ou plusieurs espèces d'Aphides. Lorsque l'abondance des populations est à peu près équivalente chez les espèces considérées, l'analyse tend à exploiter au maximum les différences observées, ce qui facilite ainsi l'interprétation définitive. Par contre, lorsqu'une espèce telle que *R. padi*, sur orge, pullule plus fortement que les autres, l'analyse privilégie cette espèce étant donné que les relations d'affinités avec les variétés étudiées se distinguent par des écarts importants. Pour ce qui est des autres espèces, les résultats sont limités, parfois même inexistants lorsque les tendances sont insuffisamment marquées. En fin de compte, il faut remarquer que l'analyse factorielle des correspondances présente une grande souplesse dans le traitement des données relatives à la sensibilité variétale des Pucerons. De surcroît, elle va au-delà de la simple comparaison de données telle qu'elle est pratiquée habituellement avec les courbes d'infestations.

Enfin, il est important de signaler que de tels essais soumis aux mêmes analyses et reproduits sur un grand nombre d'années, présenteraient un grand intérêt car ils permettraient de vérifier la répétitivité des résultats, et de là, avancer des conclusions plus élaborées.

CINQUIEME PARTIE

INTRODUCTION A L'ETUDE DE LA BIOLOGIE D'*APHIDIUS RHOPALOSIPHI* DE STEFANI-PEREZ (HYM. APHIDIIDAE) ET DE SON HOTE *SITOBION AVENAE* FABRICIUS (HOM. APHIDIDAE).

Matériel et méthodes

Résultats et discussion

Aphidius rhopalosiphi DE STEFANI-PEREZ (syn. A. *equiseticola* STARY) est un parasitoïde interne de certains Pucerons des céréales. Bien que la reconnaissance de l'espèce en tant que telle soit remise en question par quelques auteurs, STARY (1981) présente A. *rhopalosiphi* comme étant une espèce à part entière définie par des critères taxonomiques précis.

Le spectre d'hôtes et la répartition géographique de cet Hyménoptère ne sont pas encore bien précisés. Toutefois, les récentes publications de STARY (1981) montrent qu'A. *rhopalosiphi* se distribue largement dans toute la Zone Paléartique Occidentale. Sur céréales, le plus grand nombre d'hôtes actuellement connu se limite à sept espèces: *M. dirhodum* WLK., *M. festucae* THEO., *R. maidis* FITCH, *R. padi* L., *S. graminum* ROND., *S. avenae* FABR. et *S. fragariae* WLK.

A notre connaissance, aucune étude n'a été effectuée sur la biologie de ce parsitoïde. Notons que la première partie de notre exposé consacrée à l'évolution des populations aphidiennes sur céréales, nous a montré la place importante que pouvait occuper A. *rhopalosiphi* par rapport aux autres Aphidiides, en tant qu'ennemi naturel. Aussi, au laboratoire, nous nous intéresserons à l'étude de ses potentialités en utilisant comme hôte expérimental, *S. avenae*, bien parasité dans les agro-écosystèmes régionaux. Nous préciserons l'influence de la température sur le développement du parasitoïde et de son hôte, puis les conséquences possibles du parasitisme sur la fécondité de l'hôte. Chez ce dernier, la seule forme étudiée est la forme virginipare aptère.

Chapitre premier

MATERIEL ET METHODES

1. Culture et élevages.

1.1. Culture du blé.

Quel que soit le type d'élevage, les plantules de blé sont produites sur vermiculité. Le blé (cv. Florence Aurore) est semé dans des pots de section carrée de 60 mm de côte, à raison de 30 à 40 grains par pot. Pour harmoniser la production et l'utilisation des plantules de blé, il est parfois nécessaire de prévoir un stockage en chambre froide à la température de 5°C.

1.2. Elevage de l'hôte: *S. avenae.*

La souche utilisée provient d'un élevage entretenu depuis de nombreuses années au laboratoire I.N.R.A. de Zoologie de Montpellier. Deux élevages sont conduits en chambre climatisée dans des enceintes en polystyrène cristal bien aéré, de 130 X 260 x 90 mm dans lesquels sont introduits des plantules de blé à raison de deux pots par boîte. Les plantules sont renouvellées chaque semaine (Fig. 46)

Les élevages sont maintenus à température constante, l'un à 20°C $\pm$ 1°C, l'autre à 15°C $\pm$ 1°C. La photopériode est fixée à 18 heures avec une humidité relative voisine de 70 p. cent.

1.3. Elevage du parasitoïde: *A. rhopalosiphi.*

Les souches proviennent de divers Pucerons récoltés sur blé dans la région de Montpellier.

Au départ, une vingtaine de couples du genre *Aphidius* sont isolés après accouplement, puis élevés chacun dans une enceinte contenant une population de *S. avenae*. Après la première génération, l'espèce correspondant à chacune des lignées est alors identifiée puis vérifiée par un spécialiste (STARY). Pour chacune des lignées appartenant à l'espèce *rhopalosiphi*, une femelle est isolée puis accouplée à un mâle issu d'une autre lignée ou bien récolté dans la nature. Chaque nouveau couple est

Fig. 46 : Elevage de *Sitobion avenae*

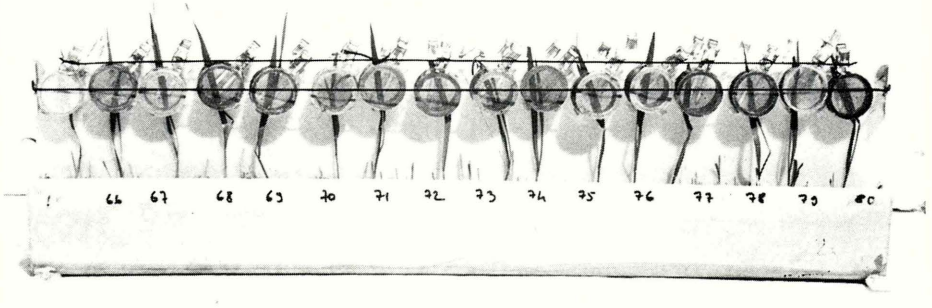


Fig. 47 : Dispositif expérimental

alors à l'origine d'une seconde génération dont quelques individus sont soigneusement identifiés. C'est à partir de ces lignées que l'élevage d'A. *rhopalosiphi* prend sa véritable forme.

L'élevage est donc entretenu par un brassage régulier des lignées entre elles de manière à limiter les phénomènes de consanguinité et par conséquent, d'éviter l'appauvrissement du potentiel génétique de l'espèce. Chaque semaine, des populations saines de *S. avenae* sont introduites dans l'élevage. A l'inverse, une partie des Pucerons momifiés sont retirés, limitant ainsi une éventuelle surpopulation.

Les conditions d'élevage sont les mêmes que pour l'hôte. La température est maintenue à 20°C $\pm$ 1°C, avec une photopériode de 18 heures et une humidité relative de 70 p. cent.

2. Dispositif expérimental.

Le dispositif est constitué d'une cuve en PVC (chlorure de polyvinyle) de 60 cm de longueur, 3 cm de largeur et 7 cm de hauteur, remplie de vermicumite humidifiée, dans laquelle se développent des plantules de blé. L'un des deux côtés les plus longs se prolonge verticalement pour former un support dont la hauteur atteint 9 cm. Le support retient 16 cages grillagées de 3 cm de diamètre et 1 cm d'épaisseur, spécialement conçues pour isoler chacune à la fois, un Puceron et une portion de feuille de blé. Chaque portion de feuille demeure parfaitement rattachée au reste de la plante en cours de développement. De ce modèle ainsi décrit, douze exemplaires sont mis en service dès le début des essais (Fig. 47).

Ce dispositif présente un avantage considérable: il permet de suivre l'évolution individuelle de l'ensemble des Pucerons tout au long de leur vie, de les maintenir sur des plantules vivantes et parfaitement saines et d'éviter toute possibilité de migration ou de fuite de la part de ces insectes. Par ailleurs, l'observation des individus peut se faire directement à travers le grillage sans que l'on ait à ouvrir les cages: il suffit simplement de déplacer le dispositif, horizontalement sous la loupe binoculaire. On évite ainsi les manipulations souvents mortelles pour les larves de premier ou de deuxième stade.

Dans chaque essai, les Pucerons sains ou parasités sont soumis à une température constante de 15 ou 20°C ± 1°C selon le cas, une photopériode de 18 heures et une hygrométrie de 70 p. cent. Les plantules de blé sont renouvellées tous les huit à dix jours.

3. Manipulation des parasitoïdes.

Lorque les Pucerons atteignent les stades désirés, ils sont exposés à une seule piqûre de ponte de la part d'une femelle d'*A. rhopalosiphi* (Fig. 48), préalablement fécondée. L'opération est conduite entre huit et seize heures après la mue des hôtes.

3.1. L'accouplement (Fig. 49).

Généralement, l'accouplement du mâle avec la femelle a lieu dès l'émergence de cette dernière. Afin de faciliter la rapprochement des deux sexes, chaque couple est introduit dans une capsule de gélatine transparente, de taille 0. L'accoupement est de courte durée: sur 85 accouplements observés, la durée moyenne est de 75 s ± 1,5 s à 20°C.

Comme la plupart des Aphidiidae, *A. rhopalosiphi* présente une parthénogénèse arrhénotoque. Ainsi, les femelles vierges ne donnent naissance qu'à des mâles. L'accouplement détermine par contre une descendance constituée de mâles et de femelles, où le sexe des individus dépend exclusivement de la fécondation ou de la non-fécondation des ovules.

3.2. L'oviposition.

Les femelles d'*A. rhopalosiphi*, tout comme celles d'*A. matricariae* (SHALABY & RABASSE, 1979), sont en mesure d'effectuer des piqûres de ponte quelques minutes après l'émergence. Ici, les femelles fécondées sont isolées quelques dizaines de minutes à quelques heures avant l'oviposition, de manière à ce que leur activité soit accentuée en présence des hôtes. Chaque piqûre de ponte est soigneusement contrôlée.

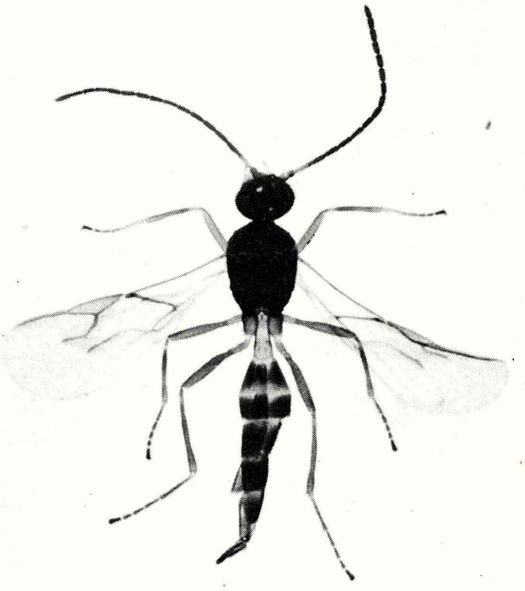


Fig. 48 : Adulte femelle d'*Aphidius rhopalosiphi* DE STEFANI-PEREZ

Fig. 49 : Accouplement d'*Aphidius sp.* (I.N.R.A., ANTIBES)

4. Observations.

Pour les stades larvaires, les observations journalières sont fixées, l'une à 10 heures, l'autre à 18 heures. Pour les adultes, la seule observation quotidienne est fixée à 10 heures; en même temps, les larves néonates sont dénombrées puis supprimées.

Il n'est tenu compte, ni des individus morts accidentellement en cours d'expérience, ni de ceux qui ne se transforment pas finalement en momie, ni encore de ceux qui évoluent vers des formes ailées.

Chapitre deuxième

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Développement de *S. avenae* et de son parasitoïde primaire: *A. rhopalosiphi*, à 15 et 20°C.

1.1. Durée de développement de *S. avenae* sain.

Le tableau 16 précise la durée moyenne des différents stades de développement:

- les 2ème et 3ème stades larvaires sont pratiquement d'égale durée; de l'ordre de 22 p. cent de la durée du développemnt total.

- pour les 1er et 4ème stades larvaires, la durée est plus longue que pour les précédents et représentent 24 à 31 p. cent de la durée du développement total. Chez *Acyrthosiphon pisum* HARRIS, CAMPBELL & MACKAUER (1975) indiquent 22 à 23 p. cent avec les 2ème et 3ème stades, et respectivement 25 et 29 p. cent avec les 1er et 4ème stades. Les résultats trouvés par DEAN (1974b) concernant *S. avenae* sont tout à fait comparables.

Chez les insectes, les courbes donnant la meilleure représentation de la durée de développement d'une part et du taux de développement ($\frac{1}{D}$) d'autre part, par rapport à la température, sont décrites respectivement par l'équation du second degré: ($Y = D = a + bt + ct^2$) et son inverse ($Y = \frac{1}{D} = \frac{a + bt}{1 + dt + ct^2}$) (DEAN, 1974b). "Y" correspond au temps de développement exprimé en jour ou en heure, "t" représente la température exprimée en °C.

En-dessous de 22°C, le taux de développement peut être assimilé à une droite (ANDREWARTHA & BIRCH, 1954) qui est décrite par une équation de régression linéaire de la forme: ($Y = \frac{1}{D} = a + bt$), avec les paramètres suivants: ($t0 = \frac{-a}{b}$), température seuil théorique de développement, et ($K = \frac{1}{b}$), durée de développement. Dans le cas présent, avec seulement deux résultats correspondant à deux températures, 15 et 20°C, nous ne sommes pas en mesure de déterminer avec précision les paramètres nécessaires pour l'écriture des équations de régression représentant le développement larvaire de *S. avenae*. Néanmoins, afin de vérifier la précision de nos valeurs, il convient d'étudier les résultats de DEAN (1974b) qui a observé le développe-

Température (°C)	n		Durée des stades larvaires				Durée totale du développement
			1er stade	2ème stade	3ème stade	4ème stade	
15	63	m	3,96	3,39	3,49	4,42	15,26
		e.s.	0,08	0,06	0,06	0,11	0,19
		p	26%	22%	23%	29%	100%
20	89	m	3,29	2,39	2,27	2,57	10,52
		e.s.	0,06	0,05	0,04	0,05	0,10
		p	31%	23%	21,5%	24,5%	100%

n : nombre de pucerons.
m : moyenne (en jours).
e.s. : erreur standard.
p : pourcentage.

Tableau 16 : Durée de développement de *S. avenae* sain, à deux températures constantes.

ment de *S. avenae* à plusieurs températures et notamment à 10, 12,5, 15, 17,5 et 20°C. Avec ses résultats, nous pouvons tracer la droite de régression et constituer ainsi une base de comparaison pour le tracé correspondant à nos propres valeurs (Fig. 50).

Nous observons que:

- chacune des deux droites présente la même pente, déterminée par la constante "b". Elle caractérise ainsi l'évolution du taux de développement chez *S. avenae* en fonction de la température.

- La séparation des deux droites dans le plan, ne dépend que de "a" dont les variations sont liées aux conditions expérimentales: culture du blé, élevages, éclairage etc.

En définitive, cette comparaison tend à montrer que nos deux valeurs sont suffisamment précises pour déterminer une droite de régression décrivant la relation entre la température et le taux de développement de *S. avenae*. L'équation est la suivante:

$$Y = - 0,02302 + 0,00590\ t$$

avec K = 169,4 degrés-jours

t0 = 3,9°C.

1.2. Durée de développement de *S. avenae* parasité.

La durée de chacun des stades est donnée dans le tableau 17. Comme le précisent RABASSE & SHALABY (1980) pour *Myzus persicae* SULZ. paarsité par *A. matricariae*, ce sont les individus parasités aux stades les plus jeunes qui ont le moins de chances d'atteindre l'état adulte, avant que la momification ne les tue. Notons que ce phénomène se manifeste mieux à 20°C qu'à 15°C.

Chez les Pucerons parasités, il faut distinguer les stades normaux complets, compris entre deux mues successives et les stades plus ou moins prolongés, bloqués par la momification. Nous ne tiendrons compte que des premiers pour étudier la comparaison entre la durée des stades larvaires chez *S. avenae* sain et *S. avenae* parasité. La comparaison montre peu de différence à 15°C, ce qui signifie donc que le parasitisme

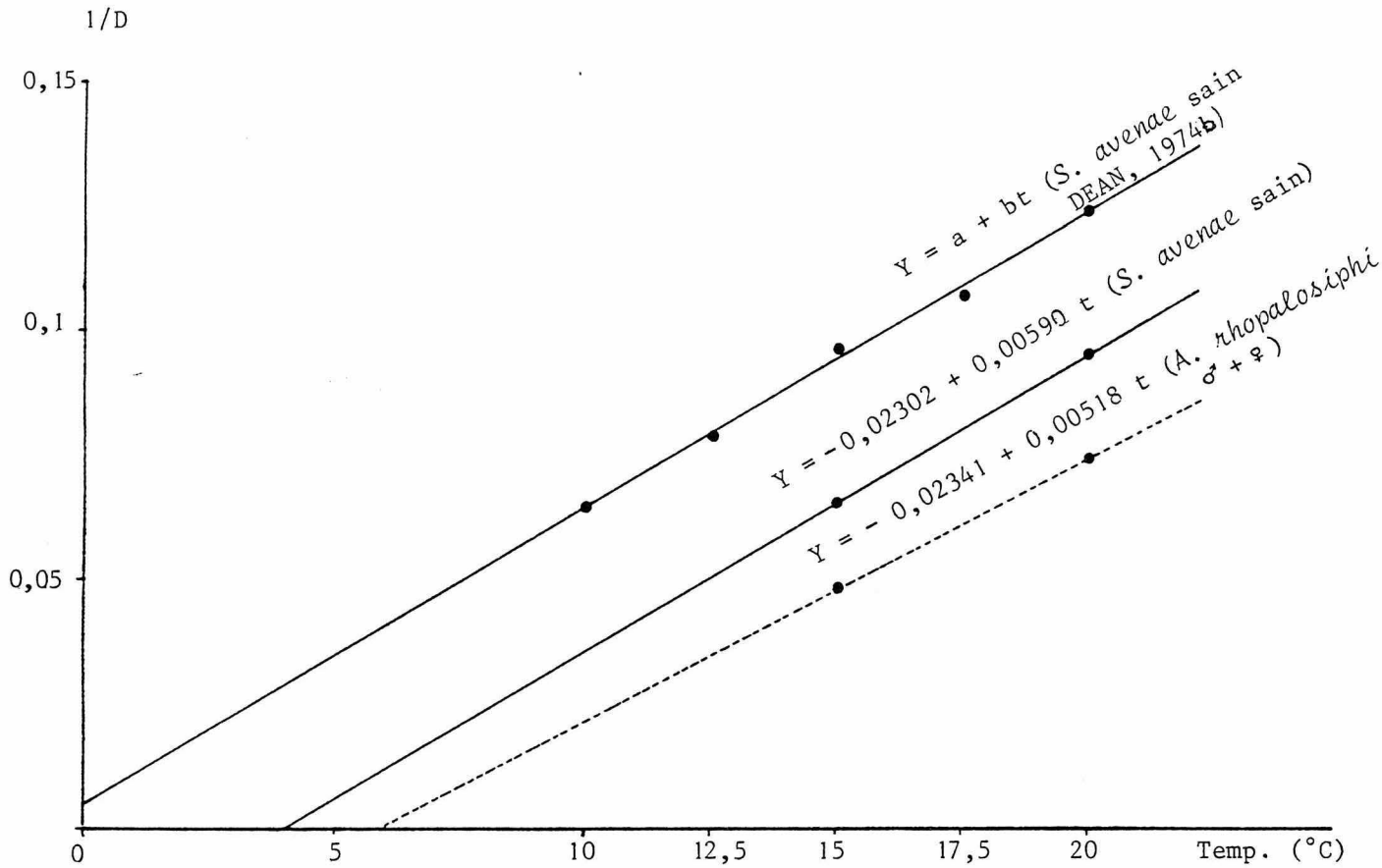


Fig. 50 : Droites de régression entre les taux de développement et la température chez S. *avenae* sain et A. *rhopalosiphi* issu d'un parasitisme de 2ème stade.

Température (°C)	n	Stade parasité	Durée des stades (en jours)										
						Stade bloqué par la momification				Stade bloqué par la momification			
			L1	L2	L3	L3	p	p'	L4	L4	p	p"	AO
15	71	L1	3,45 ± 0,07	3,37 ± 0,06	3,33 ± 0,07	7,50 ± 0,29	20%	80%	-	4,96 ± 0,15	80%	0%	-
	53	L2	-	3,38 ± 0,07	3,63 ± 0,08	-	-	100%	4,50 ± 0,35	6,61 ± 0,15	96%	4%	4,83 ± 0,35
	53	L3	-	-	3,72 ± 0,13	-	-	100%	4,57 ± 0,07	8,73 ± 0,41	9%	91%	5,88 ± 0,16
	46	L4	-	-	-	-	-	100%	4,33 ± 0,10	-	-	100%	9,37 ± 0,13
	42	AO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100%	15,15 ± 0,14
20	50	L1	2,69 ± 0,08	2,42 ± 0,10	2,36 ± 0,17	4,83 ± 0,31	74%	26%	-	2,87 ± 0,24	100%	0%	-
	57	L2	-	2,33 ± 0,07	2,57 ± 0,06	-	-	100%	-	3,63 ± 0,07	100%	0%	-
	38	L3	-	-	2,86 ± 0,08	-	-	100%	3,29 ± 0,14	6,52 ± 0,19	42%	58%	3,50 ± 0,13
	37	L4	-	-	-	-	-	100%	3,46 ± 0,07	-	-	100%	6,58 ± 0,18

L1 : 1er stade larvaire; AO : adulte aptère.

n : nombre de pucerons.

p : pourcentage de pucerons dont le stade est bloqué par la momification.

p': pourcentage de pucerons atteignant le 4ème stade.

p": pourcentage de pucerons atteignant l'âge adulte.

Tableau 17 : Durée du développement (en jours ± e. s.) de *S. avenae* parasité par *A. rhopalosiphi* à différents stades.

n'intervient pas précisément sur la durée des stades. A 20°C par contre, la durée des 1er et 4ème stades larvaire devient plus fluctuante, mais la somme des deux demeure identique.

1.3. Durée de développement d'A. *rhopalosiphi*.

Le tableau 18 met en évidence la durée de momification et la durée totale de développement d'A. *rhopalosiphi*, déterminée exactement entre l'oviposition de l'émergence des jeunes imagos. Notons que la durée totale de développement est toujours légèrement plus courte chez le mâle que chez la femelle . Dans la plupart des cas, la différence est de l'ordre d'un jour.

A partir des manipulations effectuées sur les quatre stades larvaires à 15 et 20°C, nous constatons que seul,le parasitisme du 2ème stade conduit dans les deux cas, à un développement relativement court du parasitoïde, quel que soit le sexe considéré. La différence est de l'ordre de deux jours par rapport aux autres essais. Chez M. *persicae* RABASSE & SHALABY (1980), le parasitisme des stades les plus jeunes par A. *matricariae*, aurait un effet d'allongement sur le développement larvaire de l'Aphidiide, principalement à la température de 10°C. Entre ces expérimentations et les notres il n'y a pas de phénomène véritablement intéressant qui puisse décider de l'importance de moment d'oviposition ans l'hôte, pour le développement ultérieur du parasitoïde.

Pour ce qui est de l'évolution du taux de développement d'A. *rhopalosiphi* en fonction de la température, nous choisirons la situation issue d'un parasitisme de 2ème stade larvaire chez S. *avenae*. Pour l'ensemble mâle + femelle; la relation est la suivante:

$$Y = - 0{,}02941 + 0{,}00518\ t$$

avec K = 192,9 degrés-jours

t0 = 5,67°C

1.4. Conclusion.

La durée de développement d'A. *rhopalosiphi* et de son hôte dé-

Température (°C)	n	Stade parasité	Durée (en jours)					
			Momification	Développement ♂ et ♀	Développement ♂	p	Développement ♀	p'
15	71	L1	9,23 ± 0,09	23,53 ± 0,24	23,42 ± 0,29	58%	23,66 ± 0,41	42%
	53	L2	7,65 ± 0,12	20,70 ± 0,20	20,45 ± 0,19	85%	22,08 ± 0,49	15%
	53	L3	8,97 ± 0,12	22,22 ± 0,21	21,92 ± 0,21	68%	22,88 ± 0,41	32%
	46	L4	9,66 ± 0,12	22,71 ± 0,20	22,64 ± 0,23	76%	22,94 ± 0,33	24%
	42	A0	10,55 ± 0,13	25,03 ± 0,18	24,65 ± 0;23	62%	25,64 ± 0,21	38%
20	50	L1	6,58 ± 0,11	15,98 ± 0,21	15,63 ± 0,25	64%	16,61 ± 0,32	36%
	57	L2	5,61 ± 0,02	13,47 ± 0,13	13,37 ± 0,12	93%	14,83 ± 0,56	7%
	38	L3	7,40 ± 0,11	16,27 ± 0,14	16,21 ± 0,18	74%	16,43 ± 0,19	26%
	37	L4	6,57 ± 0,10	15,95 ± 0,21	15,61 ± 0,18	78%	17,21 ± 0,54	22%

n : nombre de pucerons-hôtes.
p : pourcentage de mâles.
p': pourcentage de femelles.

Tableau 18 : Durée de la momification et durée de développement (en jours ± e. s.) d'*A. rhopalosiphi*, à deux températures constantes.

terminent chacun le temps d'une génération. Du point de vue de la prolificité, l'avantage est à *S. avenae* dont les générations sont plus courtes quelle que soit la température. D'ailleurs, nous pouvons nous attendre à ce que l'efficacité parasitaire, déterminée par le rapport de la durée de développement du parasitoïde à celle de l'hôte, soit plus favorable à 20°C qu'à 15°C.

Il est regrettable que nous n'ayons pas poursuivi les essais à d'autres températures et en l'occurence à 10°C. Dans ce cas, il aurait été possible de calculer précisément le taux de développement d'*A. rhopalosiphi* et par conséquent de mesurer l'efficacité parasitaire.

2. Incidence du parasitoïde *A. rhopalosiphi* sur la fécondité de son hôte, *S. avenae*, à différentes températures.

2.1. Fécondité de *S. avenae* sain.

Le Tableau 19 présente les variations de la fécondité totale de *S. avenae* en fonction de la température. A 15°C, le nombre moyen de larves par adulte et le nombre moyen de jours de reproduction sont nettement supérieurs aux valeurs observées lorsque les expériences sont faites à 20°C. Par contre, le taux de natalité demeure très semblable aux deux températures.

L'évolution de la fécondité peut être observée sur les courbes de natalité cumulée (Fig 51).

2.2. Fécondité de *S. avenae* parasité.

De tous les Aphides parasités aux deux premiers stades larvaires, quelques uns peuvent attendre le stade adulte mais sans jamais se reproduire, que ce soit à 15°C ou à 20°C. RABASSE & SHALABY (1979) présentent des résultats identiques avec *M. persicae* parasité par *A. matricariae*. *S. avenae* commence à se reproduire à partir du 3ème stade seulement (Tableau 19). Le parasitisme du 4ème stade larvaire fait apparaître chez *S.*

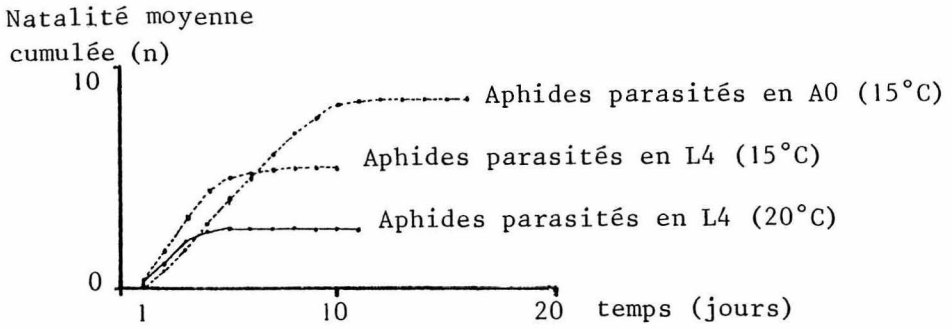
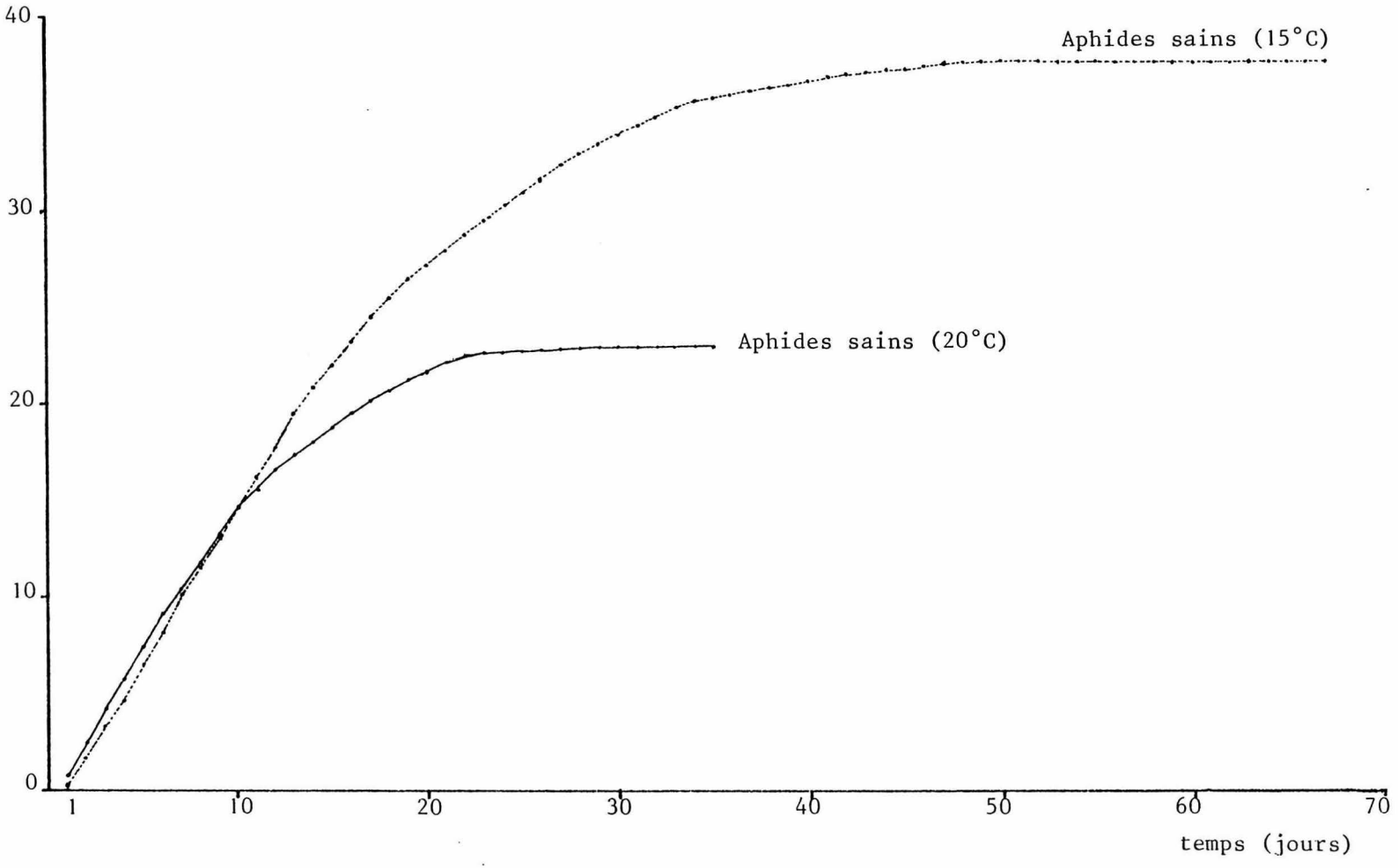


Fig. 51 : Natalité moyenne cumulée (n) de *S. avenae* (forme virginipare aptère) sain et parasité au début du 4ème stade larvaire ou du stade adulte par *A. rhopalosiphi*, à deux températures constantes: 15 et 20°C.



	15°C						20°C					
	n	p	Fécondité	Durée (en jours)			n	p	Fécondité	Durée (en jours)		
				mue-fécond.	fécondité	Stade adulte				mue-fécond.	fécondité	Stade adulte
Aphide sain	63	100%	37,70 ± 1,55	1,13 ± 0,11	32,71 ± 1,15	46,54 ± 1,51	89	100%	22,99 ± 0,82	0,37 ± 0,05	18,65 ± 0,51	21,94 ± 0,57
Aphide parasité au début du stade adulte	42	100%	8,55 ± 0,34	1,13 ± 0,08	7,82 ± 0,21	15,15 ± 0,14						
Aphide parasité au 4ème stade larvaire	46	93%	5,46 ± 0,40	0,68 ± 0,06	3,09 ± 0,24	9,38 ± 0,13	37	92%	2,62 ± 0,19	0,94 ± 0,11	1,50 ± 0,18	6,58 ± 0,19
Aphide parasité au 3ème stade larvaire	48	40%	1,79 ± 0,17	0,74 ± 0,10	0,66 ± 0,12	5,88 ± 0,16	22	18%	1,75 ± 0,41	0,50 ± 0,14	0,50 ± 0,14	3,50 ± 0,13

n : nombre de pucerons en expérience, atteignant le stade imaginal,

p : pourcentage d'imagos qui se reproduisent.

Fécondité : nombre moyen de larves produites par 1 puceron capable de se reproduire.

Durée mue-fécond. : durée moyenne de la période comprise entre la mue imaginale et le début de la reproduction.

Durée fécondité : durée moyenne de la période durant laquelle les adultes se reproduisent.

Tableau 19 : Données concernant la fécondité de *S. avenae* sain et parasité par *A. rhopalosiphi* à 15°C et 20°C.

avenae, une fécondité correspondant à 15 p. cent de la fécondité totale de l'adulte sain, à la température de 15°C, et 12 p. cent à 20°C. Le parasitisme du stade adulte, réalisé juste après la mue imaginale, conduit à 15°C, à une fécondité supérieure à 22 p. cent de la fécondité totale des Aphides sains.

Les courbes de natalité cumulée indiquent que la descendance des Aphides parasités apparaît en même temps que celle des Aphides sains et avec une intensité très peu différente. Il est permis de penser que, dans ces conditions, les individus parasités tardivement peuvent intervenir de manière non négligeable sur l'évolution ultérieure des populations.

2.3. Conclusion.

Au laboratoire, les essais de parasitisme sur les jeunes imagos et les larves de 4ème stade de *S. avenae* se caractérisent par une forte diminution de la fécondité totale et de la durée de la période de fécondité; par contre, le parasitisme ne semble guère modifier la fécondité journalière. Dans les études de populations, il conviendrait d'assimiler les Aphides parasités à ces stades, à des individus sains. Contrairement à ce que nous venons de voir, le parasitisme des premiers stades larvaires donne des individus sans descendance, qu'il est alors possible de considérer comme des individus morts.

Dans la nature, nous savons que 90 p. cent des Pucerons momifiés sur céréales, présentent des caractères larvaires. Il faut considérer que parmi les 10 p. cent restants, seule une faible partie est en mesure de se reproduire. En fin de compte, sans entrer dans les détails de la statistique démographique des populations parasitées, il est tout à fait concevable que la descendance des Aphides parasités ne joue qu'un rôle négligeable. Dans ces conditions, comme l'indiquent RABASSE & SHALABY (1979) , l'assimilation de toutes les momies à des morts sans descendance constituerait une bonne approximation dans les études de dynamique des populations de Pucerons.

RESUME ET CONCLUSION GENERALE

Les travaux que nous avons conduits durant deux années consécutives sur les Pucerons des céréales, dans le région de Montpellier, nous sont permis d'envisager l'étude de ces insectes sous différents aspects: écologique, agronomique et biologique, dans les perspectives d'une lutte intégrée.

Au plan écologique, il s'agissait de montrer l'évolution des populations aphidiennes sur blé tendre d'hiver, compte tenu des facteurs du milieu susceptibles d'intervenir de manière tout à fait imprévisible. Il est effectivement reconnu que les caractéristiques climatiques et géographiques, la diversité floristique et l'extrême richesse des peuplements (LECLANT, 1978), constituent une originalité des régions de la bordure méditerranéenne. Quatre espèces principales ont retenu notre attention: *M. dirhodum*, *M. festucae*, *R. padi* et *S. avenae*. L'abondance de nos observations nous a amené à considérer que les variations annuelles intervenant sur l'évolution des cycles sont imputables à trois types de facteurs: le climat, la plante-hôte et les ennemis naturels.

- Les conditions climatiques de l'hiver et principalement celles du mois de février, déterminent les périodes de migration et de contamination chez les différentes espèces dont l'hivernation sous forme anholocyclique semble être de rigueur. Ainsi, l'origine des pullulations reposent essentiellement sur la précocité des contaminations.

- Pour ce qui est du rôle de la plante-hôte, toutes les observations concernant la distribution verticale et la localisation sur les feuilles, au cours de l'évolution phénologique, montrent l'importance de l'état physiologique du tissu végétal pour le développement des populations de *S. avenae*. Chez les autres espèces, il faudrait plutôt rechercher les causes de toute variation démographique dans la structure même des tissus, ou des caractéristiques microclimatiques crées par les différents étages de la plante. Actuellement, le problène reste entier.

- Pour ce qui concerne les ennemis naturels, nous avons montré que les Coccinelles, à l'état adulte ou larvaire, ainsi que les larves de Syrphes, représentent les agents de lutte antiaphidienne les plus importants pour la région. Leurs potentialités sont grandes mais leur efficacité dépend surtout de leur abondance. Une bonne connaissance des lieux d'hivernation des Coccinelles (probablement très proches de Montpellier) serait certainement très appréciable sur le plan prévisionnel. En ce qui concerne les Syrphes, un aménagement rationnel des cultures pourrait favoriser la multiplication des Syrphes sur les parcelles à traiter. Il semble par contre beaucoup plus difficile de prétendre à améliorer l'activité parasitaire des Aphidiides dont les performances sont considérablement variables d'une année à l'autre. Fortement soumis aux pressions du milieu, et principalement aux attaques hyperparasitaires, les Aphidiides n'ont pas encore été suffisamment étudiés pour envisager leur utilisation dans les cultures de plein-champ. Enfin, les Entomophthorales compte tenu de leurs exigences climatiques, ont peu de chances de trouver les conditions favorables au déclenchement généralisé d'épizooties.

L'aspect agronomique concentre l'influence de la date de semis sur l'évolution des populations aphidiennes et l'étude de la sensibilité variétale par rapport aux différentes espèces.

- En culture non irriguée, les modifications apportées par le calendrier des semis de blé d''hiver, présentent des risques importants, puisque tout comme pour les semis tardifs de 1981, les périodes de sècheresse hivernale peuvent relentir le développement et le tallage, voire même perturber totalement la croissance des plantes. En dehors de ce risque, il se trouve que pour des années à climatologie "normale", les semis les plus tardifs permettent de limiter sensiblement les contaminations par les ailés et en conséquence, éloignent les dangers de pullulations. Ces remarques concernent surtout *M. festucae* et *R. padi* et à un moindre degré, à *M. dirhodum*. Le degré de colonisation par ces espèces serait tout simplement déterminé par l'attirance visuelle des ailés de contamination vers les parcelles , attirance definie à un moment donné de l'évolution phénologique des céréales, par la surface de verdure qu'elles laissent percevoir.

L'étude comparative des différents entomophages sur les deux semis inégalement colonisés, montre que les Coccinelles, les Aphidiides et les Entomophthorales se répartissent sur les parcelles, à peu près proportionnellement au nombre de proies. Les particularités biologiques des Syrphes font que les larves de ces insectes échappent à cette règle.

- la méthode expérimentale utilisée pour l'étude de la sensibilité variétale du blé et de l'orge vis-à-vis des Aphides, nous a fourni des données dont l'analyse originale a permis de définir des tendances intéressantes en matière de relations d'affinités plante-hôte-déprédateur. Toutefois, les résultats obtenus sont limités. Il est clair que l'accroissement du plan expérimental, l'augmentation de l'intensité d'échantillonnage et la répétition des essais sur un plus grand nombre d'années, permettraient une analyse plus complète et plus fine de la sensibilité variétale que nous avons fait qu'ébaucher.

L'aspect biologique a été envisagé autant pour *S. avenae* que pour son parasitoïde *A. rhopalosiphi*, dans le but d'approfondir nos connaissances sur les relations hôte-parasitoïde. Dans des limites convenables de température, nous avons observé que le développement de *S. avenae* est toujours de plus courte durée que celui de son parasitoïde, ce qui constitue une caractéristique favorable à la dynamique du déprédateur. Dans ce même cadre, l'étude de la fécondité chez *S. avenae* affecté par le parasitisme, a montré que ces individus peuvent être assimilés à des morts sans descendance.

B I B L I O G R A P H I E

ANDREWARTHA H. G., BIRCH L. C., 1954. The distribution and abundance of animals. Univ. Chicago Press, Chicago and London, XV + 782 p.

ANGLADE M. P., 1969. Essai d'estimation des dégâts provoqués sur blé par la présence de colonies importantes de *Macrosiphum avenae* F.. Rev. Zool. Agr. et Path. Vég. 68, 17-25.

BARDULESCU A., 1974. Mode of attack and losses on sorghum by the cereal greenbug (*Schizaphis graminum* ROND.). Probleme de Protectia Plantelor 2, 1, 42-51.

BARIDEAU L., DAGNELIE P., LATTEUR G., 1975. Etude de l'échantillonnage de trois espèces de Pucerons des céréales. Bull. Rech. Agro. Gembloux, 10, 1, 3-12.

BIRCH L. C., 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol., 17, 15-26.

BONNEMAISON L., 1965. Observations écologiques sur *Aphelinus mali* HALDEMAN, parasite du Puceron lanigère *Eriosoma lanigerum* HAUSMANN. Ann. Soc. ent. Fr., N. S. 1, 1, 143-146.

BRUNEL E., LANGOUET L., 1970. Influence de caractéristiques optiques du milieu sur les adultes de *Psila rasae* FAB. (Diptères, Psilidés): attractivité de surfaces colorées, rythme journalier d'activité. C. R. Soc. Biol., 164, 1638-1644.

CALLU D., 1978. "Actaphid": un réseau de piégeage des Pucerons de France. Cultivar, 11, 11-13.

CAMPBELL A., MACKAUER M., 1975. Thermal constant for development of the pea aphid (Homoptera, Aphididae) and some of its parasites. Can. Ent., 107, 419-423.

CHAUVEAU J. F., 1976. Etude de l'évolution des populations de *Sitobion avenae* F., de sa nuisibilité et de la sensibilité variétale du blé à son égard. Mémoire de fin d'études, E.N.I.T.A. Bordeaux 86 p.

COLE L. C., 1954. The population consequence of life history phenomena. Quart. Rev. Biol., 29, 103-137.

DEAN G. J., 1973. Aphid colonization of spring cereals. Ann. appl. Biol., 75, 183-193.

DEAN G. J., 1974a. Effects of parasites and predators on the cereal Aphids *Metopolophium dirhodum* (WLK.) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hem., Aphididae). Bull. ent. Res., 63, 411-422.

DEAN G. J., 1974b. Effects ot temperature on the cereal Aphids *Metopolophium dirhodum* (WLK.), *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hem., Aphididae). Bull. ent. Res., 63, 401-409.

DEAN G. J. 1974c. The four dimensions of cereal Aphids. Ann. appl. Biol. 77, 74-78.

DEAN G. J., JONES Margaret G., POWELL W., 1981. The relative abundance of the Hymenopterous parasites attacking *Metopolophium dirhodum* (WALKER) and *Sitobion avenae* (F.) (Hemiptera, Aphididae) on cereal during 1973-79 in southern England. Bull. ent. Res., 71, 307-315.

DEDRYVER C. A., 1978a. Biologie des Pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. I. - Répartition et évolution des populations de *Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* WLK. et de *Rhopalosiphum padi* L. de 1974 à 1977 sur blé d'hiver dans le bassin de Rennes. Ann. Zool. Ecol. anim., 10, 3, 483-505.

DEDRYVER C. A., 1978b. Rôle de l'humidité relative sur le développement du Champignon parasite *Entomophthora aphidis* HOFFMANN, dans les populations de l'Aphide *Sitobion avenae* F., en 1976 dans l'Ouest de la France. C. R. Acad. Sci., Paris, D, 286, 1723-1726.

DEDRYVER C. A., 1980. Les pucerons dans les rotations céréalières. Perspectives agricoles, 37, 54-64.

DRY W. W., TAYLOR L. R., 1970. Light and temperature thresholds for take-off by Aphids. J. Anim. Ecol., 39, 493-504.

EASTOP V. F., 1955. Selection of Aphid species by different kind of insect traps. Nature, 176, p. 936.

GABRIEL B. P., 1968. Enzymatic activities of some Entomophthorous fungi. J. Inver. Path., 11, 70-81.

GEORGES K. S., 1974. Damage assessment aspects of cereal Aphids in autumn and spring-sown cereals. Ann. appl. Biol., 77, 67-74.

HEATHCOTE G. D., PALMER J. M. P., TAYLOR L. R., 1969. Sampling for Aphids by traps and by crop inspection. Ann. appl. Biol. 63, 155-156.

HILLE-RIS-LAMBERS D., 1947. Contribution to a monograph of the Aphididae of Europe. Temminckia, 7, 179-319.

HUGUES R. D., 1962. A method for estimating the effects of mortality on Aphid populations. J. Anim. Ecol., 31, 389-396.

HUGUES R.D., 1972. Populations dynamics. In: Aphid technology (ed. Van Emden H. F.). Academic Press, London, 275-293.

IPERTI G., 1961. Les Coccinelles, leur utilisation en agriculture. Rev. Zool. Agri. et appl., 1-3, 14-30.

IPERTI G., 1978. Coïncidence spatiale des Coccinelles et de Pucerons. Ann. Zool. Ecol. anim., 10, 3, 373-375.

JONES Margaret G., 1972. Cereal Aphids, their parasites and predators caught in cages over oat and winter wheat crops. Ann. appl. Biol., 72, 13-25.

JONES Margaret G., 1979. Observations on primary and secondary parasites of cereal Aphids. Entomologist's monthly magazine, 115, 61-71.

KRING B. J., 1967. Alighting of Aphids on colored cards in a flight chamber. J. econ. Entom., 60, 1207-1210.

LARGE E. C., 1955. Growth stages in cereals, illustration of the FEEKES scale. Plant Path., 3, 128-129.

LATTEUR G., 1973. Etude de la dynamique des populations des Pucerons des céréales. Premières données relatives aux organismes aphidiphages en trois localités différentes. Parasitica, 29, 3, 134-151.

LATTEUR G., 1976. Les Pucerons des céréales: Biologie, nuisances et ennemis. Mémoire n°3, C.R.A.E. Gembloux, 74 p.

LATTEUR G., RASSEL A., 1979. *Aphidius frumentarius* n. sp. LATTEUR (Hymenoptera, Aphidiidae), parasite de divers Pucerons de céréales (Homoptera, Aphidiidae) en Belgique. Bull. Ann. Soc. r. belge Ent., 115, 311-322.

LECLANT F., 1969. Une pullulation exceptionnelle du Puceron "*Macrosiphum (Sitobion) avenae*" FABRICIUS sur blé dans le Sud-Ouest de la France. Rev. Zool . Agri. Path. Végé., 1-3, 13-16.

LECLANT F., 1974. Les Pucerons des céréales dans le Midi de la France. Extrait de C. R. 4èmes jour. Phytiatrie-Phytophar. circum-méditer., Montpellier, 303-307.

LECLANT F., 1978. Etude bioécologique des Aphides de la région méditerranéenne. Implications agronomiques. Thèse Doctorat d'Etat, Atel. dupli. U.S.T.L. Montpellier, 318 p. + XLIII, 2 vol.

LINAIS B., 1975. Les variétés actuelles de blé tendre d'hiver. Techniques nouvelles de production (I.T.C.F.), 87-118.

LYON J. P., 1965. Influence de quelques facteurs sur l'expression du potentiel de multiplication des Syrphides aphidiphages. Ann. Epiphities, 16, 4, 397-398.

LYON J. P., 1971. Les Syrphides (Diptères) prédateurs des Pucerons de

la betterave. Parasitica, 27, 103-111.

MICHEL Marie France, 1969. Contribution à l'étude des Aphélinidés aphidiphages et de leurs hôtes en France (Hym., Chalcidoïdea). Entomophaga, 14, 4, 439-446.

MICHEL Marie France, 1972. Contribution à l'étude bioécologique des Aphélinidés aphidiphages (Hym. Chalcidoïdea). Thèse d'Etat, Univ. Paris VI, 124 p.

MOERICKE V., 1955. Über die lebensgewonheiten der geflügelten blattläuse (Aphidina) unter besonderer berüdksichtigung des verhaltens beim landen. Z. andew. Entomol., 37, 29-91.

MOERICKE V., 1969. Host-plant specific color behavior by *Hyalopterus pruni* (Aphididae). Ent. exp. appl., 12, 524-534.

RABASSE J. M., 1974. Perspectives d'utilisation des mycoses à Entomophthorales contre les Aphides. Sc. agron., Rennes, 21-35.

RABASSE J. M., DEDRYVER c. A. (sous presse). Biologie des Pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. III - Régulation naturelle des populations de *Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* WLK. et *Rhopalosiphum padi* L. par les Aphidiides (Hym.).

RABASSE J. M., IPERTI G., LYON J. P., 1978. Coïncidence chronologique entre les pullulations de Pucerons, les Coccinelles et les Syrphes. Ann. Zool. Ecol. anim., 10, 345-451.

RABASSE J. M., SHALABY F. F., 1979. Incidence du parasite *Aphidius matricariae* HAL. (Hym., Aphidiidae) sur la fécondité de son hôte *Myzus persicae* SULZ. (Hom., Aphididae) à différentes températures. Ann. Zool. Ecol. anim., 11, 3, 359-369.

RABASSE J. M., SHALABY F. F., 1980. Laboratory studies on the development of *Myzus persicae* SULZ. (Hom., Aphididae) and its primary parasite, *Aphidius matricariae* HAL. (Hym., Aphidiidae) at constant temperatures. Acta Ecol. Appl., 1, 1, 21-28.

RAUTAPAÄ J., 1968a. Changes in the yield and protein quantity of oat caused by *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hom., Aphididae). Ann, Agric. Fenn., 7, 95-104.

RAUTAPAÄ J., 1968. Reduction in yield and changes in brewing quality of barley caused by *Macrosiphum avenae* (F.) (Hom., Aphididae). Acta Agri. scand., 18, 233-231.

REMAUDIERE G., DEDRYVER C.A., LATGE J. P., LECLANT F., PAPIEROK B., ROBERT, Y., 1976. Réflexion sur les récentes pullulations de Pucerons sur les épis de céréales en France. La défense des végétaux, 178, 76-83.

REMAUDIERE G., LECLANT F., 1971. Le complexe des ennemis naturels des Aphides du Pêcher dans la moyenne vallée du Rhône. Entomophaga 16, 3, 355-267.

REMAUDIERE G., MICHEL Marie France, 1971. Première expérimentation écologique sur les Entomophthorales (Phycomycètes) parasites de Pucerons en vergers de Pêchers. Entomophaga, 16, 1, 75-94.

ROBERT Y., 1979. Recherches écologiques sur les Pucerons *Aulacorthum solani* KLTB., *Macrosiphum euphorbiae* Thomas et *Myzus persicae* SULZ. dans l'Ouest de la France. II. - Evolution spatio-temporelle de leurs populations sur la pomme de terre. Ann. Zool. Ecol. anim., 11, 1, 67-83.

ROBERT Y., 1980. Recherches sur la biologie et l'écologie des Pucerons en Bretagne; application à l'étude épidémiologique des virose de la pomme de terre. Thèse d'Etat, Univ. Rennes I, 242 p.

ROBERT Y., CHOPPIN DE JANVRY E., 1977. Sur l'intérêt d'implanter en France un réseau de piégeage pour améliorer la lutte contre les Pucerons. Bull. Techn. d'Inf., 323, 559-568.

ROBERT Y., RABASSE J. M., ROUZE-JOUAN Joëlle, 1974. Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de Pucerons en culture de pommes de terre. I. - Influence de la hauteur de piégeage. Ann. Zool. Ecol. anim., 6, 349-372.

ROBERT Y., ROUZE-JOUAN Joëlle, 1975. Etude des populations ailées de Pucerons des céréales, *Acyrthosiphon (Metopolophium) dirhodum* WLK., A. (M.) *festucae* WLK., *Macrosiphum (Sitobion) avenae* F., M. (S.) *fragariae* WLK. et *Rhopalosiphum padi* L., en Bretagne de 1967 à 1975: examen des possibilités de prévision des attaques. Acad. Agri. de France, 61, 1006-1016.

ROBERT Y., ROUZE-JOUAN Joëlle, 1976. Neuf ans de piégeages de Pucerons des céréales: *Acyrthosiphon (Metopolophium) dirhodum* WLK., A. (M.) *festucae* WLK., *Macrosiphum (Sitobion) avenae* F., M. (S.) *fragariae* WLK. et *Rhopalosiphum padi* L. en Bretagne. Rev. Zool. Agri. Path. Vég., 75, 67-80.

SAUINIER J. Y., 1978. Contribution à l'étude des facteurs d'évolution des populations de trois espèces de Pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. Influence de la date de semis et de la variété. Memoire de fin d'études, I.N.R.A. Rennes, 45 p.

SEKKAT A., 1978. Etude biologique d'*Acyrthosiphon pisum* HARRIS dans la région montpellieraine. Complexe parasitaire, estimation du parasitisme par *Aphidius ervi* HALIDAY. Thèse 3ème cycle 110 p.

SHALABY F. F., RABASSE J. M., 1979. On the biology of *Aphidius matricariae* HAL. (Hymenoptera, Aphidiidae). Ann. Agri. Sc. Moshtohor, 11, 75-96.

SPARROW L. A. D., 1974. Observations on Aphid populations on spring-sown cereals ant their epidemiology in south-east Scotland. Ann. appl. Biol., 77, 79-84.

STARY P., 1973. A review of the *Aphidius* species (Hymenoptera, Aphidiidae) of Europe. Annot. Zool. Bot., 84, 1-85.

STARY P., 1978. Spécificité parasitaire, phénologie des hôtes et relations entre agroécosystèmes dans les programmes de lutte

contre les insectes nuisibles (Hyménoptères: Aphidiides). Ann. Zool. Ecol. anim., 10, 3, 335-343.

STARY P., 1979. Aphids parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) of the Central Asian Area. Academia, Publ. House of the Czechoslovak Acad. of Sc. Prague, 114 p.

STARY P., 1981. Biosystematic synopsis of parasitoïds on cereal Aphids in the western Paleartic (Hymenoptera, Aphidiidae; Homoptera, Aphidoïdea). Acta ent. bohemoslov., 78, 382-396.

TAYLOR L. R., 1955. The standardization of air-flow in insect suction traps. Ann. appl. Biol., 43, 390-408.

THOIZON Geneviève, 1970. Spécificité du parasitisme des Aphides par les Entomphthorales. Ann. Soc. ent. Fr., N. S., 6, 3, 517-562.

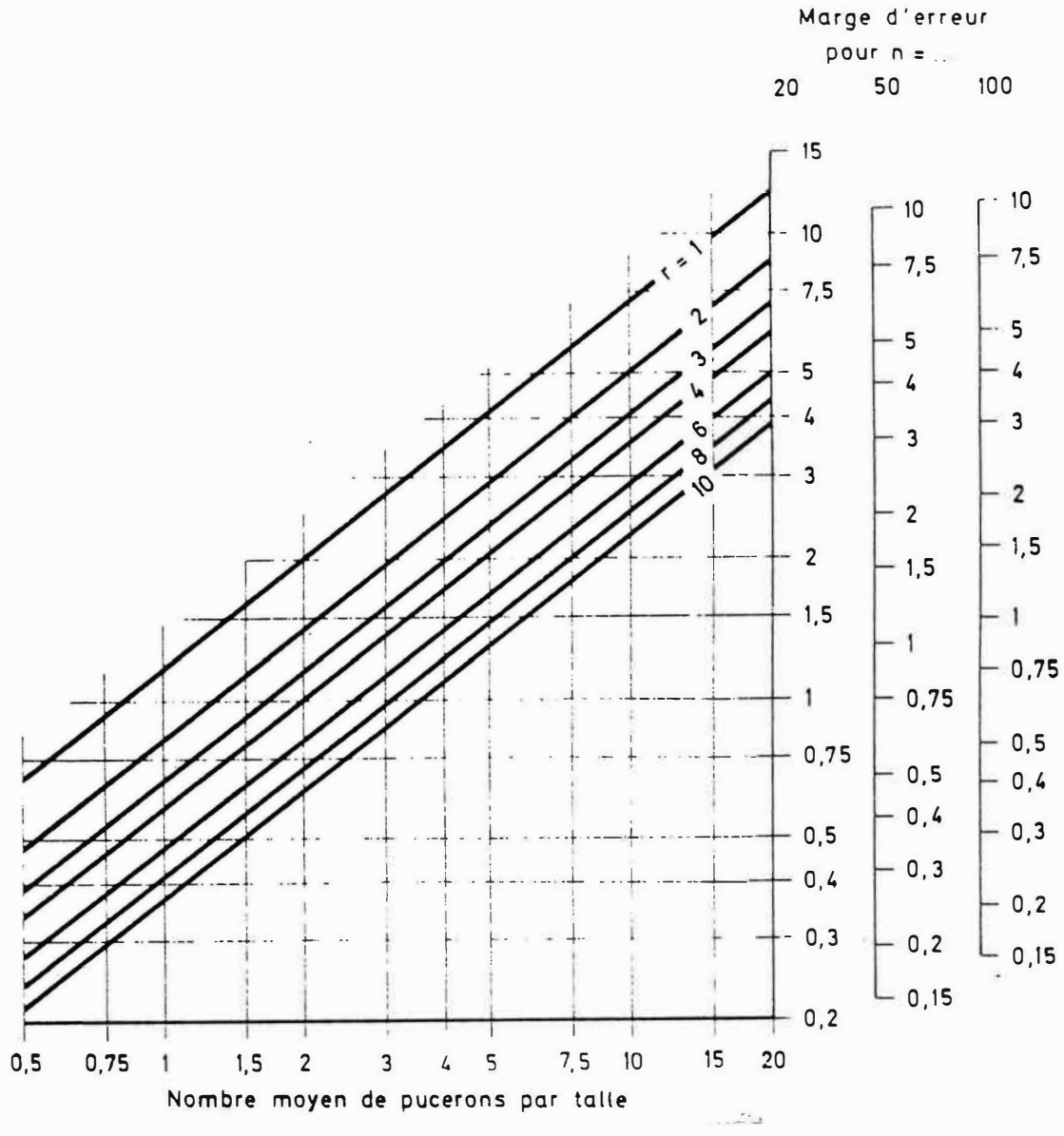
VICKERMAN G. P. 1977. Monitoring and forecasting insect pests of cereals. Proccedings 1977 British crop Protection conference-Pest and diseases, 227-234.

VICKERMAN G. P., WRATTEN S. D., 1979. The biology and pest status of cereal aphids (Hemiptera, Aphididae) in Europe: a review. Bull. ent. Res., 69, 1-32.

VOLLE M., 1980. Analyse des données. Economica 2ème ed., 317 p.

WATT A. D., 1979. The effects of cereal growth stages on the reproductive activity of *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. Ann. appl. Biol., 91, 147-157.

ANNEXES



Représentation graphique de la relation existant entre le nombre moyen de pucerons par talle et la marge d'erreur attendue, au niveau de probabilité 0,05, en fonction du nombre de répétitions (r) et du nombre de comptages par par celle (n).

Tableau des données, histogramme des valeurs propres et aides à l'interprétation des fig. 39 et 40.

NOMJ(J)	TAL	BOA	CAR	MAR	TOP	CHO	FLO	CLE	CHR	FID
PJ(J)	8570.	12120.	8970.	12250.	8250.	10965.	17355.	13105.	8995.	9430.******
115	310.	515.	430.	310.	360.	225.	295.	120.	350.	635. 3510.
125	1050.	1905.	2195.	2215.	1360.	1375.	2780.	1690.	1515.	1220.17175.
135	1480.	1240.	670.	1630.	1110.	1520.	1840.	2840.	1000.	1370.14700.
145	40.	250.	20.	160.	30.	70.	110.	310.	50.	40. 1080.
215	35.	295.	25.	70.	125.	75.	200.	0.	40.	65. 890.
225	370.	820.	330.	970.	675.	1025.	1415.	450.	590.	420. 7065.
235	90.	510.	210.	930.	60.	130.	120.	340.	220.	240. 2870.
245	30.	80.	90.	135.	20.	20.	170.	130.	70.	10. 755.
315	330.	450.	555.	490.	260.	710.	900.	570.	420.	515. 5400.
325	1255.	1850.	1200.	1645.	1445.	2365.	3900.	1495.	1780.	2835.19790.
335	780.	1730.	590.	1840.	740.	790.	990.	1930.	620.	1310.11320.
345	40.	30.	30.	70.	40.	50.	190.	140.	30.	70. 690.
415	145.	155.	60.	125.	75.	185.	260.	110.	125.	160. 1400.
425	125.	320.	345.	470.	260.	675.	325.	560.	195.	250. 3485.
435	1020.	350.	230.	340.	250.	530.	1700.	1010.	1040.	170. 6640.
445	1150.	220.	860.	150.	180.	630.	760.	610.	320.	70. 4950.
455	200.	140.	520.	270.	300.	190.	990.	190.	290.	20. 3130.
465	120.	1040.	700.	410.	1060.	390.	410.	610.	340.	70. 5150.

LES VALEURS PROPRES VAL(1)=0.99999660

INUM	ITER	VAL PROPRE	POURCENT	CUMUL	!*! HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE
2	0	0.05880035	31.805	31.805	!*!****************!****************!****************!****************
3	1	0.03704512	20.007	51.812	!*!****************!*****************!********
4	1	0.03216605	17.372	69.185	!*!****************!*****************!***
5	3	0.01799428	9.718	78.903	!*!****************!***
6	3	0.01607157	8.680	87.583	!*!****************!*
7	3	0.01008829	5.448	93.031	!*!**********
8	2	0.00673098	3.635	96.666	!*!*******
9	2	0.00366662	1.980	98.647	!*!****
10	1	0.00250589	1.353	100.000	!*!***

J1	QLT	POID	INR	1*F	COR	CTR	2*F	COR	CTR	3*F	COR	CTR	4*F	COR	CTR	5*F	COR	CTR
1!115	760	32	45	-126	62	9	141	100	22	-159	98	25	354	483	222	-65	17	9
2!125	935	156	32	-22	14	1	129	436	69	62	101	18	-8	2	1	-119	382	140
3!135	925	134	61	-3	0	0	-244	723	220	59	41	14	14	2	2	116	159	112
4!145	808	10	30	-381	261	24	-369	246	36	283	143	64	-263	125	38	137	33	11
5!215	570	8	34	-274	98	10	472	289	49	-41	2	0	-251	83	29	274	98	38
6!225	568	64	35	-20	4	0	127	158	28	-119	143	29	-159	253	92	31	10	4
7!235	957	26	88	-589	560	154	-170	47	21	113	20	10	-119	23	21	-435	307	309
8!245	354	7	10	-9	0	0	-14	1	0	216	168	101	-325	383	401	-289	302	36
9!315	238	49	10	24	16	0	47	59	3	-58	94	5	57	89	9	-33	30	3
10!325	995	180	84	51	30	2	42	21	9	-279	907	438	46	25	21	32	12	11
11!335	948	103	75	-288	421	148	-202	307	115	45	15	6	27	5	4	-1	0	0
12!345	463	6	8	131	71	2	-192	154	6	-101	43	2	-211	184	161	51	11	1
13!415	733	13	5	109	154	3	-49	32	1	-199	522	161	31	12	1	32	13	1
14!425	170	32	30	-123	87	8	-67	26	4	66	24	4	73	30	9	23	3	1
15!435	909	60	119	491	458	247	-174	84	50	29	2	2	-241	160	196	43	5	7
16!445	966	45	146	581	563	256	-47	4	3	376	236	198	302	152	227	-79	11	18
17!455	901	28	43	351	300	60	404	398	126	98	23	9	-212	110	72	-169	70	51
18!465	986	47	126	-293	174	69	435	380	239	359	260	188	6	0	0	292	172	248
!	!110000.0	1000			1000			1000			1000			1000			1000	

J1	QLT	POID	INR	1*F	COR	CTR	2*F	COR	CTR	3*F	COR	CTR	4*F	COR	CTR	5*F	COR	CTR
1!TAL	898	78	135	433	586	248	-219	151	102	161	81	63	160	80	110	-5	0	0
2!BOA	791	110	96	-328	670	203	107	71	34	61	23	13	-18	2	2	63	25	27
3!CAR	953	82	114	97	36	13	313	377	215	252	245	162	203	159	188	-187	136	180
4!MAR	954	111	115	-332	579	209	-103	57	33	31	5	3	-104	57	68	-220	256	339
5!TOP	910	75	86	-153	113	30	310	454	194	84	33	16	1	0	0	256	310	306
6!CHO	306	100	54	82	67	11	-6	1	0	-104	108	34	71	51	28	89	79	49
7!FLO	964	158	119	272	526	198	101	73	44	-139	140	97	-175	222	273	-20	3	4
8!CLE	921	119	115	-51	15	5	-325	591	341	205	235	156	-54	17	20	107	63	84
9!CHR	564	82	36	164	325	37	30	11	2	-81	81	17	-100	125	47	-41	22	9
10!FID	959	86	129	-175	111	45	-124	56	36	-405	593	440	236	199	264	-6	0	0
!	!110000.0	1000			1000			1000			1000			1000			1000	

Tableau des données, histogramme des valeurs propres et aides à l'interprétation de la fig. 41.

NOMJ(J)	TAL	ROA	CAP	MAP	TOP	CHO	FLO	CLE	CHR	FID
PJ(J)	7300.	7674.	6700.	8706.	6740.	6750.	14512.	6290.	7846.	5886.	78414.
215	168.	84.	128.	257.	165.	209.	174.	80.	141.	148.	1517.
225	725.	550.	620.	580.	340.	1235.	655.	345.	680.	6[illegible]5.	6315.
235	1460.	2865.	2210.	2940.	1835.	2095.	2680.	1415.	1815.	2430.	21745.
245	1075.	975.	790.	2075.	945.	905.	1705.	735.	1420.	895.	11515.
255	245.	175.	80.	505.	305.	30.	560.	370.	200.	85.	2615.
415	27.	45.	72.	29.	52.	61.	33.	75.	85.	48.	527.
425	205.	160.	65.	235.	75.	40.	160.	145.	165.	175.	1425.
435	635.	475.	235.	305.	385.	530.	1140.	485.	575.	145.	4910.
445	1085.	1145.	465.	205.	735.	830.	1880.	570.	1005.	395.	8315.
455	1440.	700.	1330.	520.	1160.	550.	4380.	1040.	1155.	520.	12755.
465	235.	500.	705.	1055.	780.	275.	1145.	1030.	605.	445.	6775.

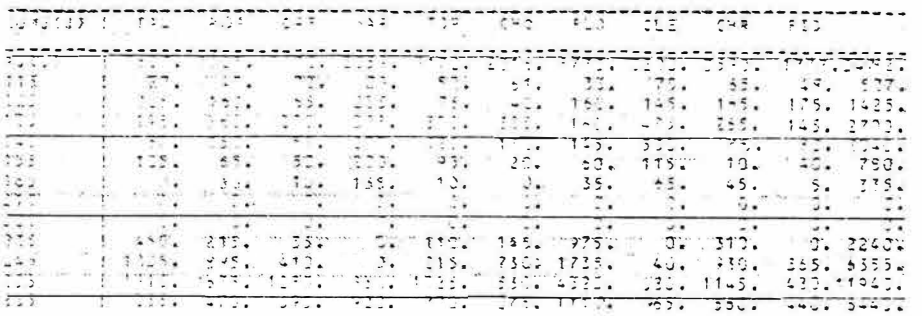
LES VALEURS PROPRES VAL(1)=0.99999797

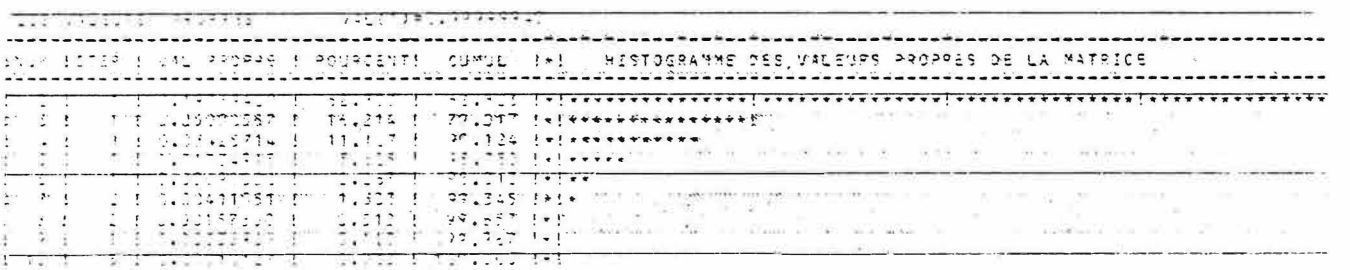
NUM	ITER	VAL PROPRE	POURCENT	CUMUL	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE
2	0	0.07049704	50.497	50.497	
3	1	0.03690886	26.438	76.934	
4	1	0.01248641	8.944	85.878	
5	2	0.00854426	6.120	91.998	
6	1	0.00736161	5.273	97.271	
7	1	0.00193860	1.389	98.660	
8	2	0.00149000	1.074	99.734	
9	5	0.00037106	0.266	100.000	
10	3	0.00000078	0.001	100.000	

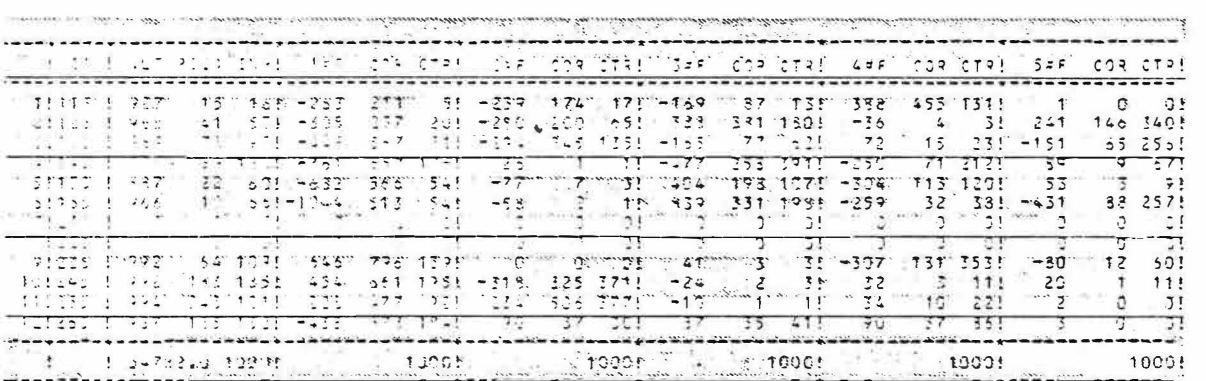
	I1	QLT	POID	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR	4#F	COR	CTR	5#F	COR	CTR
1	215	921	19	18	-246	481	17	-55	24	2	103	83	16	-203	330	95	-17	3	1
2	225	996	91	124	-228	243	60	-353	582	273	24	3	4	-155	113	229	109	55	129
3	235	995	277	144	-237	779	223	-7	1	1	-107	159	258	49	33	78	-40	23	64
4	245	951	147	69	-148	339	46	95	138	36	143	313	240	-60	57	64	-81	104	135
5	255	939	33	68	114	45	6	447	700	180	224	176	134	60	13	14	36	5	6
6	415	685	7	13	-167	108	3	-45	8	0	-127	62	9	16	1	0	364	506	121
7	425	561	18	25	-174	158	8	122	77	7	179	164	46	103	55	23	-143	107	51
8	435	979	63	47	222	468	44	-132	167	30	156	230	141	45	19	15	100	95	85
9	445	993	106	103	215	339	69	-237	417	163	58	25	29	169	211	356	14	1	3
10	455	1000	163	286	476	925	524	21	2	2	-91	35	111	-80	27	126	-51	11	60
11	465	997	86	103	-29	6	1	362	786	307	-67	28	32	4	0	0	172	177	346
			78414.0	1000			1000			1000			1000			1000			1000

	J1	QLT	POID	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR	4#F	COR	CTR	5#F	COR	CTR
1	TAL	949	93	68	168	279	37	-192	366	94	163	262	198	-12	2	2	-63	40	52
2	ROA	991	98	69	-156	249	34	-117	142	37	-49	25	20	23	557	629	-41	18	24
3	CAP	983	85	45	-37	19	2	9	1	0	-244	806	410	-106	153	114	18	4	4
4	MAP	995	111	205	-373	544	221	305	360	279	115	51	117	-74	22	73	-68	18	71
5	TOP	827	86	25	51	64	3	157	612	58	-8	2	1	65	104	42	42	45	21
6	CHO	986	86	153	-239	234	71	-400	652	376	30	4	6	-95	37	93	121	59	171
7	FLO	996	185	253	429	967	484	26	4	3	-33	6	17	-30	5	21	-51	14	69
8	CLE	964	80	72	92	67	10	253	507	139	16	2	2	52	22	26	215	366	503
9	CHR	604	100	21	10	4	0	-62	135	11	117	459	110	3	0	0	14	6	2
10	FID	965	75	89	-359	786	138	-36	8	3	-140	121	120	-4	0	0	-90	50	84
			78414.0	1000			1000			1000			1000			1000			1000

Tableau des données, histogramme des valeurs propres et aides à l'interprétation des fig. 42 et 43.







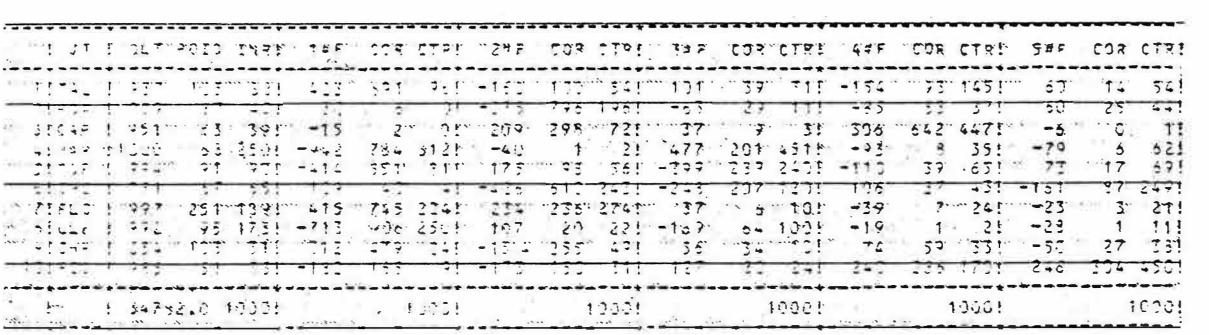


Tableau des données, histogramme des valeurs propres et aides à l'interprétation de la fig. 44.

NOMJ(J)	SON	C4.	THI	AST	ROB	ANT	BAN	ALP	I32
PJ(J)	12385.	20850.	15890.	19200.	30850.	22700.	12730.	20720.	10485. ******
115	225.	580.	385.	260.	335.	275.	280.	15.	215. 2570.
125	690.	990.	1180.	1790.	1340.	2500.	750.	1870.	470. 11580.
135	840.	810.	760.	830.	1770.	1870.	1220.	1370.	1320. 10790.
145	90.	10.	60.	40.	40.	70.	10.	20.	40. 380.
215	85.	135.	480.	60.	25.	400.	85.	75.	375. 1720.
225	1195.	980.	1530.	730.	490.	1940.	480.	1060.	590. 8995.
235	310.	390.	370.	690.	1140.	480.	1180.	340.	1140. 6040.
245	40.	30.	10.	50.	10.	170.	10.	20.	190. 530.
315	510.	2065.	720.	1690.	285.	1435.	425.	2240.	70. 9440.
325	2730.	7980.	3070.	4870.	11140.	3830.	1530.	6210.	1510. 42870.
335	1290.	2190.	1310.	1290.	5980.	1330.	1440.	1770.	1820. 18420.
345	50.	80.	180.	180.	300.	170.	20.	70.	20. 1070.
415	180.	480.	400.	590.	440.	400.	165.	5.	185. 2845.
425	1070.	420.	260.	870.	370.	950.	760.	430.	440. 5570.
435	330.	480.	640.	1490.	1600.	1220.	600.	620.	450. 7430.
445	240.	350.	1240.	760.	800.	1060.	720.	130.	90. 5390.
515	85.	140.	525.	290.	585.	560.	415.	335.	240. 3175.
525	1915.	1330.	2560.	310.	2610.	3400.	890.	3490.	660. 17165.
535	450.	1380.	200.	2380.	1590.	600.	1720.	650.	660. 9630.
545	60.	30.	10.	30.	0.	40.	30.	0.	0. 200.

LES VALEURS PROPRES VAL(1)=0.99999511

NUM	ITER	VAL PROPRE	POURCENT	CUMUL	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE
2	0	0.07526398	30.905	30.905	**********
3	1	0.06706113	27.536	58.441	**********
4	2	0.04490305	18.438	76.879	**********
5	2	0.02181373	8.957	85.836	*****
6	1	0.01335917	5.486	91.322	**
7	5	0.01234937	5.071	96.393	**
8	2	0.00786529	3.230	99.622	**
9	2	0.00092021	0.378	100.000	*

I1	QLT	POID	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR	4#F	COR	CTR	5#F	COR	CTR
115	853	15	17	-4	0	0	169	106	7	-52	10	1	151	85	16	420	652	205
125	878	70	35	230	433	49	-59	29	4	-168	235	45	16	2	1	-147	179	114
135	938	65	33	107	92	10	242	469	57	118	111	20	-168	228	85	-68	38	23
145	565	2	6	468	350	7	176	50	1	167	45	1	-67	7	0	266	113	12
215	803	10	47	658	393	60	408	151	26	306	85	22	182	30	16	399	144	123
225	983	54	58	477	870	164	-23	2	0	5	0	0	2	0	0	170	111	118
235	942	36	81	-147	41	11	678	846	250	97	17	8	-143	38	35	-15	0	1
245	599	3	24	418	88	7	746	280	26	240	29	4	-520	137	40	359	65	31
315	919	57	96	118	34	11	-373	343	119	-443	482	250	-153	58	62	31	2	4
325	998	259	128	-244	500	207	-238	475	220	34	9	7	10	1	1	40	13	30
335	996	111	85	-295	473	130	91	45	14	298	478	219	-5	0	0	-1	0	0
345	794	6	7	-15	1	0	-92	33	1	51	10	0	439	729	57	-73	21	3
415	918	17	17	-29	4	0	125	65	4	-215	193	18	296	363	69	266	293	91
425	671	34	55	231	134	24	308	239	48	-208	110	33	-261	173	106	77	15	15
435	701	45	24	-52	21	2	148	171	15	-129	130	17	159	196	52	-153	183	79
445	949	33	57	292	200	37	203	96	20	-91	20	6	517	627	399	-48	6	6
515	878	19	15	183	172	9	223	256	14	100	51	4	212	232	40	-179	167	47
525	965	104	106	368	544	187	-208	176	68	219	192	110	-59	14	17	-98	39	76
535	978	58	102	-333	262	66	351	289	107	-422	420	231	-22	1	1	-51	6	12
545	431	1	6	372	117	2	196	32	1	-393	130	4	-241	49	3	349	103	11
		165810.0	1000			1000			1000			1000			1000			1000

J1	QLT	POID	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR	4#F	COR	CTR	5#F	COR	CTR
SON	536	75	65	230	250	52	-9	0	0	74	26	9	-194	181	131	129	79	93
C4.	957	126	95	-228	287	88	-250	345	119	-130	93	48	-29	5	5	204	227	392
THI	967	96	107	382	536	186	-39	6	2	131	63	37	305	340	408	77	22	43
AST	953	116	119	-160	103	40	104	43	19	-441	778	503	82	27	35	-24	2	5
ROB	984	186	166	-367	624	335	-43	9	5	251	290	262	90	37	69	-72	24	74
ANT	932	137	96	393	906	261	-7	0	0	-20	3	1	21	3	3	-57	20	35
BAN	867	77	115	-40	5	2	528	763	319	-147	60	38	-28	2	3	-115	37	77
ALP	949	125	103	97	47	15	-347	605	226	0	0	0	-196	193	221	-143	104	194
I32	998	63	134	-10	0	0	573	637	310	269	141	102	-207	84	125	136	36	87
		165810.0	1000			1000			1000			1000			1000			1000

Tableau des données, histogramme des valeurs propres et aides à l'interprétation de la fig. 45.

NOMJ(J)	I32	SON	ANT	C4.	
PJ(J)	4555.	3316.	7566.	5247.	20684.
215	285.	141.	464.	469.	1359.
225	1100.	1065.	1325.	1460.	4950.
235	2380.	1265.	4220.	2080.	9945.
245	120.	340.	295.	140.	895.
255	35.	125.	25.	55.	240.
415	25.	10.	72.	108.	215.
425	85.	65.	175.	265.	590.
435	355.	200.	560.	465.	1580.
445	120.	60.	180.	10.	370.
455	50.	45.	250.	195.	540.

LES VALEURS PROPRES VAL(1)=1.00000000

NUM	ITER	VAL PROPRE	POURCENT	CUMUL	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE
2	4	0.04333485	56.043	56.043	
3	2	0.02849187	36.848	92.891	
4	1	0.00549705	7.109	100.000	

	J	QLT	POID	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR
1	I32	1001	220	86	73	178	27	-86	250	58	-131	573	694
2	SON	1000	160	444	-443	923	731	-125	74	89	26	3	20
3	ANT	1000	366	195	168	686	238	-92	210	111	65	104	285
4	C4.	1000	254	276	-24	8	4	289	992	742	3	0	0
			20684.0	1000			1000			1000			1000

	I1	QLT	POID	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR
1	215	1000	66	47	86	135	11	217	858	109	-18	7	4
2	225	1000	239	160	-200	776	222	83	132	57	-68	92	207
3	235	1001	481	160	130	659	188	-93	341	148	4	1	1
4	245	1000	43	210	-516	711	266	-265	188	107	195	101	299
5	255	1000	12	154	-1003	983	270	-127	16	7	28	1	2
6	415	1000	10	51	151	61	5	581	896	123	128	43	31
7	425	1000	29	76	1	0	0	449	980	202	65	20	22
8	435	1000	76	141	60	252	6	99	691	26	-27	57	11
9	445	1000	18	67	158	85	10	-508	889	163	-86	26	25
10	455	999	26	62	185	187	21	253	352	59	290	460	399
			20684.0	1000			1000			1000			1000

LISTE DES ESPECES RECOLTEES PAR PIEGEAGE EN BACS JAUNES

Acyrthosiphon euphorbiae BÖRNER
A. *malvae* MOSLEY
A. *pisum* HARRIS
A. *scariolae* NEVSKY
A. *sp.*
Adelgidae
Amphorophora rubi KALTENBACH
Anoecia corni FABRICIUS
Aphis citricola VAN DER GOOT
A. *craccae* LINNAEUS
A. *craccivora* KOCH
A. *fabae* SCOPOLI
A. groupe *frangulae* KALTENBACH
A. *gossypii* GLOVER
A. *hederae* KALTENBACH
A. *nerii* BOYER DE FONSCOLOMBE
A. *pomi* DE GEER
A. *sambuci* LINNAEUS
A. *sp.*
Aploneura lentisci PASSERINI
Aulacorthum solani KALTENBACH
Brachycaudus helichrysi KALTENBACH
B. (*Acaudus*) *cardui* LINNAEUS
B. (*Acaudus*) *lychnidis* LINNAEUS
B. (*Acaudus*) *persicae* PASSERINI
B. (*Thuleaphis*) *amygdalinus* SCHOUTEDEN
Brachycolus cucubali PASSERINI
Brevicoryne brassicae LINNAEUS
Capitophorus eleagni DEL GUERCIO
Capitophorus hippophaes WALKER
Cavariella aegopodii SCOPOLI
Chaetosiphon (*Pentatrichopus*) *fragaefolii* COCKERELL
Chaitophorus populeti PANZER
C. *populialbae* BOYER DE FONSCOLOMBE
C. *sp.*
Cinara sp.
Coloradoa sp.
Diuraphis (*Holcaphis*) *sp.*
Dysaphis plantaginea PASSERINI
D. sp.
Eriosoma lanigerum HAUSMANN
Eucallipterus tiliae LINNAEUS
Eucarazzia elegans FERRARI
Eulachnus sp.
Forda sp.
Hayhurstia atriplicis LINNAEUS
Hyadaphis passerini DE GUERCIO
Hyalopterus pruni GEOFFROY
Hyperomyzus lactucae LINNAEUS
H. *lampsanae* BÖRNER
H. (*Neonasonovia*) *picridis* BÖRNER & BLUNK
Iziphia leegei BÖRNER
Liosomaphis berberidis KALTENBACH
Lipaphis erysimi KALTENBACH
Macrosiphoniella sp.
Macrosiphum euphorbiae THOMAS
M. *rosae* LINNAEUS
Megoura viciae BUCKTON

Metopolophium dirhodum WALKER
M. *festucae* WALKER
Myzocallis castanicola BAKER
Myzus cerasi FABRICIUS
M. *lythri* SCHRANK
M. *varians* DAVIDSON
M. (*Nectarosiphon*) *ascalonicus* DONCASTER
M. (*Nectarosiphon*) *certus* WALKER
M. (*Nectarosiphon*) *persicae* SULZER
M. *sp.*
Nasonovia nigra HILLE RIS LAMBERS
Nasonovia ribisnigri MOSLEY
Nearctaphis bakeri COWEN
Ovatus crataegarius WALKER
Pemphigus sp.
Periphyllus sp.
Phorodon humuli SCHRANK
Pleotrichophorus glandulosus KALTENBACH
Rhopalomyzus poae GILETTE
Rhopalosiphum insertum WALKER
R. *maidis* FITCH
R. *nymphaeae* LINNAEUS
R. *padi* LINNAEUS
Schizaphis graminum RONDANI
Semiaphis dauci FABRICIUS
Sipha (*Rungsia*) *elegans* DEL GUERCIO
S. (*Rungsia*) *maydis* PASSERINI
Sitobion avenae FABRICIUS
S. *fragariae* WALKER
Staegeriella necopinata BÖRNER
Staticobium sp.
Takecallis sp.
Tetraneura ulmi LINNAEUS
Thelaxes sp.
Therioaphis trifolii MONELL
Trama sp.
Tuberolachnus salinus GMELIN
Uroleucon picridis FABRICIUS
U. *sonchi* LINNAEUS