

UNIVERSITE DES ACORES
Département de Biologie
Laboratoire d'Ecologie appliquée
Directeur : M. le Professeur Vasco GARCIA.

INFLUENCE DES FACTEURS ABIOTIQUES DU MILIEU SUR LA CROISSANCE
ET LA REPRODUCTION DE DEUX COCCINELLES APHIDIPHAGES,
COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA ET ADONIA VARIEGATA GOEZE
(COL., COCCINELLIDAE).

oOo

Maria FURTADO

Rapport du stage effectué
du 1.10.1984 au 31.12.1984

Station de Zoologie et de
Lutte Biologique (I.N.R.A.)
37, Bd du Cap

06 600 ANTIBES

TABLE DES MATIERES

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCTION..... | 1 |
| 2. LA PRODUCTION DU MATERIEL BIOLOGIQUE. | 3 |
| I. L'élevage du puceron <u>Acyrtosiphon pisum</u> Harris. | 3 |
| II. L'élevage des coccinelles. | 3 |
| 3. MATERIEL ET METHODE. | 4 |
| I. Expérience sur les larves..... | 4 |
| II. Expérience sur les adultes. | 5 |
| III. Les critères mesurés. | 5 |
| 4. RESULTATS. | 6 |
| I. Influence de la température et de la photopériode sur le développement pré-imaginal d' <u>A. variegata</u> et <u>C. septempunctata</u> | 6 |
| a. Le développement embryonnaire | 6 |
| b. La mortalité au cours de la vie larvaire | 6 |
| c. Le développement larvaire | 9 |
| d. La sex-ratio | 13 |
| e. Le poids | 13 |
| II. L'ajustement de la durée et de la vitesse du développement pré-imaginal à des courbes mathématiques..... | 16 |
| a. Généralités | 16 |
| b. L'ajustement de la durée du développement à une hyperbole | 17 |
| c. L'ajustement de la vitesse du développement à une droite | 19 |
| III. Influence sur les adultes d' <u>A. variegata</u> des conditions abioti- ques de l'élevage des larves | 22 |
| 5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS. | 25 |
| BIBLIOGRAPHIE | 28 |

1. INTRODUCTION.

Alors que chez les parasites, l'efficacité sur le terrain, c'est-à-dire le taux de parasitisme, peut-être déterminé avec précision par le comptage des momies ou la dissection des hôtes, chez les prédateurs le problème est beaucoup plus compliqué, en raison de difficultés d'échantillonnage et de l'impossibilité actuelle d'utiliser sur le terrain les connaissances acquises sur leurs aptitudes trophiques.

D'une manière générale, les prédateurs sont échantillonnés à l'aide de méthodes mises au point spécialement pour les pucerons. Il en résulte, dans la plupart des cas, que le nombre de prédateurs recensés est trop faible pour être utilisable dans des interprétations statistiques.

Parmi les critères biologiques et éthologiques qui permettent d'estimer l'efficacité d'un prédateur, la consommation alimentaire, réalisée pour la croissance et la reproduction tient une place prépondérante (GURNEY & HUSSEY, 1970). Exception faite des travaux théoriques de FRAZER et GILBERT (1976) sur la modélisation de l'efficacité des adultes de la coccinelle Hippodamia convergens, la consommation alimentaire n'a jamais été intégrée dans un programme d'études sur le terrain. Deux causes principales semblent responsables de cette situation. D'une part l'hétérogénéité des valeurs mesurées : à titre d'exemple la consommation alimentaire réalisée pendant la vie larvaire chez Coccinella septempunctata L. varie de 173 proies à 1 310 proies suivant les auteurs (GURNEY et HUSSEY, 1970 - HÄMÄLÄINEN et al., 1975) et plus exactement suivant les espèces aphidiennes utilisées dans ces différentes expériences. D'autre part la nécessité de trouver un critère qui permette d'associer à chaque individu d'un échantillon, la consommation alimentaire correspondante.

Il en résulte que jusqu'à présent l'efficacité des prédateurs est estimée en comparant l'évolution des populations aphidiennes à celle de ces auxiliaires. Ces derniers sont déclarés "efficaces" quand à une augmentation de leur population correspond une chute des populations des pucerons. Cette interprétation causale peut-être erronée dans la mesure où d'autres facteurs du milieu peuvent simultanément participer à cette évolution des populations de pucerons.

Le travail présenté ci-dessous s'insère dans le cadre d'un programme de recherches assuré par plusieurs scientifiques de la station (MM. FERRAN, IPERTI, LAPCHIN, LYON, MALAUSA et RABASSE) et qui est destiné à estimer l'efficacité des prédateurs aphidiphages dans un champ de céréales. Les principaux objectifs de ce programme tiennent compte des remarques précédentes : mise au point de méthodes d'échantillonnage des populations prédatrices qui soient propres à chaque espèce ou à un groupe d'espèces présentant des caractéristiques comportementales voisines, quantification de l'efficacité prédatrice à partir de critères physiologiques, c'est-à-dire le poids frais chez les larves et l'intensité de la ponte chez les adultes (FERRAN et LARROQUE, 1977 ; FERRAN et al., 1984), comparaison de cette efficacité avec la production naturelle d'aphides et intégration de ce facteur biotique limitant, le prédatisme, dans un modèle d'évolution des populations aphidiennes.

Dans le Sud-Est de la France, et plus généralement en Europe, 3 coccinelles aphidiphages fréquentent les champs de céréales, notamment de blé : Coccinella septempunctata L. qui est une espèce ubiquiste et univoltine. Les adultes arrivent dans le courant du mois de mai. Le développement larvaire s'étend en fonction du climat saisonnier, jusqu'à la deuxième quinzaine de juin. Adonia variegata GOEZE et Propylea quatordecimpunctata L., espèces polyvoltines dont le maximum de population est atteint en fin juin alors que les populations de pucerons décroissent sous l'action de différents facteurs limitants, parmi lesquels le dessèchement du végétal paraît déterminant.

La modélisation de la dynamique des populations prédatrices nécessite un certain nombre d'études préliminaires destinées à préciser l'impact des principaux facteurs du milieu notamment de la température et de la photopériode sur la physiologie de ces auxiliaires. Chez les larves deux critères sont particulièrement importants à connaître : le seuil thermique qui est la température minimale au-dessous de laquelle la croissance larvaire est impossible et qui détermine par conséquent, la précocité du développement larvaire ; la constante thermique qui représente le besoin thermique pour le développement et qui doit permettre de prévoir le nombre maximum de génération par an en fonction du climat (OBRYCKI et TAUBER, 1981).

Dans cette optique le choix pour cette étude d'une espèce polyvoltine (A. variegata) et d'une espèce monovoltine (C. septempunctata) paraît particulièrement intéressant. Chez l'adulte, la date d'apparition dans les cultures c'est-à-dire finalement les phénomènes de diapause ou de quiescence hivernale sont également

importants puisque de nombreux auteurs considèrent que seules les espèces précoces peuvent avoir un rôle déterminant sur l'évolution ultérieure des populations aphidiennes. La diapause est un processus complexe qui peut-être abordé sous différents aspects (induction, levée, intensité, etc...). Dans le cas particulier de ce travail, nous avons essayé chez les 2 espèces précédemment citées de préciser l'influence des conditions thermiques et d'éclairement auxquelles sont soumises les larves sur les aptitudes reproductrices des adultes qui en sont issus.

2. LA PRODUCTION DU MATERIEL BIOLOGIQUE.

I - L'élevage du puceron *Acyrtosiphon pisum* Harris.

Le puceron *A. pisum* est produit sur des jeunes pousses de féverole (*Vicia fabae minor*). Les graines de féverole sont mises à germer dans des boîtes (4 litres) contenant des copeaux de résineux, préalablement humidifiés. Lorsque les jeunes pousses ont environ 3 cm, les boîtes correspondantes sont placées à la lumière (12 H/jour, tubes TL et lumière par les fenêtres) et sont contaminées avec des *A. pisum* prélevés dans des boîtes plus âgées.

II - L'élevage des coccinelles.

Les souches d'*A. variegata* et *C. septempunctata* ont été constituées à partir d'adultes, récoltés en automne sur la Côte d'Azur et mises en élevage permanent (les deux espèces) ou stockées au froid, puis réactivés à 25°C et 16 h (une partie des *C. septempunctata*) quelques temps avant les essais.

L'élevage des larves s'effectue dans des cages constituées par une armature métallique recouverte d'une toile nylon très fine (40 x 40 x 40 cm³) et dans lesquelles sont placées des boîtes avec des plantes infestées par le puceron précédent.

Les adultes sont élevés dans des boîtes en plastique aérées et transparentes de 2 litres et sont nourris, une fois par jour, à l'aide de pucerons détachés du végétal. Dans ces boîtes se trouve également du papier filtre plié en accordéon, sur lequel sont déposées la plupart des pontes. Ces pontes sont régulièrement isolées (1 ou 2 fois par jour) afin de limiter le risque de cannibalisme.

Dans les essais, les pontes sont récoltées 2 fois par jour et sont mises immédiatement en expérience. Dans le cas particulier de C. septempunctata, la population imaginale élevée en continu depuis sa récolte présentant une faible fécondité, des individus diapausants ont été réactivés en les plaçant à 25°C sous 16 h d'éclairement.

3. MATERIEL ET METHODE.

I - Expérience sur les larves.

Pour chaque espèce, des oeufs, puis des larves ont été soumis à l'action combinée de 5 températures constantes (15°C, 20°C, 25°C, 30°C et 35°C) et de 3 photopériodes (8 H, 12 H et 16 H d'éclairement par jour). Chaque combinaison entre ces 2 facteurs abiotiques correspond à un lot.

Chaque lot comprend à l'origine 10 pontes, contenant chacune un nombre variable d'oeufs. Elles sont maintenues isolément dans des boîtes individuelles grillagées (\varnothing 3 cm, h. 1 cm). Cinquante jeunes larves issues de ces oeufs sont mises en boîte individuelle (mêmes dimensions) et reçoivent une fois par jour (ou deux fois par jour à 30°C et 35°C) des pucerons détachés du végétal. Ainsi les larves ont en permanence un excédent de proies vivantes à leur disposition.

Les individus de chaque lot sont regroupés dans une boîte de 2 litres fermée hermétiquement et contenant une solution saturée de chlorure de sodium. Ce sel maintient dans la gamme des températures étudiées, une humidité relative comprise entre 70 et 75 p.cent. Ces boîtes sont ensuite placées dans des enceintes qui assurent la température constante (fluctuations d'environ 1°C autour de la moyenne) et la photopériode (lumière de tubes TL) considérées.

Les oeufs, puis les larves sont contrôlés deux fois par jour. Dans le dossier d'observations, on note les dates des mues, la date du stade nymphal, la date d'éclosion des adultes, la mortalité au cours du développement, le poids des adultes et le sexe des adultes. Les adultes ont été pesés individuellement dès leur naissance à l'aide d'une microbalance (marque SETARAM S21 N) dont la précision est de l'ordre de 2×10^{-3} mg.

II - Expérience sur les adultes.

Pour A. variegata uniquement, les adultes issus de cette production larvaire sont sexés et associés par couple. Ces couples, maintenus en cage individuelle, sont ensuite regroupés en fonction des conditions thermiques et d'éclairement auxquelles ont été soumises les larves dont ils proviennent. Ils sont tous placés dans les mêmes conditions ambiantes : température 20°C (fluctuation de l'ordre de 2 degrés) et photopériode comportant 12 H d'éclairement. Les conditions d'alimentation sont identiques à celles des stages pré-imaginaux.

Les couples sont conservés après la maturation sexuelle, jusqu'au 15ème jour de ponte, ou en absence de ponte, jusqu'au 40ème jour environ. Ils sont contrôlés une fois par jour.

III - Les critères mesurés.

Chaque jour, on note les critères suivants :

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Au niveau des pontes | - Le pourcentage d'éclosion (%) ; - la durée de la période d'incubation (en jours) ; |
| Au niveau des larves | - la durée des différents stades (en jours) ; - la mortalité au cours du développement (en p. cent) ; - le poids des nymphes et des adultes (en mg) ; - la sex-ratio (nombre de femelles x 100/nombre total d'adultes) ; |
| Au niveau des adultes | - la durée de la période de maturation (en jours) ; - la fécondité journalière (nombre oeufs/femelle/jour) ; - la fertilité des pontes (en p. cent) ; - la mortalité des femelles et des mâles (en p. cent). |

Les résultats sont exprimés par la valeur moyenne et l'écart-type correspondant. Les tests de comparaison des moyennes utilisés dans l'analyse des résultats obtenus sont précisés plus loin dans le texte.

4. RESULTATS.

II - Influence de la température et de la photopériode sur le développement pré-imaginal chez *A. variegata* et *C. septempunctata* (Tableaux 5 et 6).

a. Le développement embryonnaire (Tableaux 1 et 2).

Chez ces deux entomophages, la température et la durée de la période d'éclairement n'ont pas d'action sur le pourcentage d'éclosion des oeufs (test F non significatif). Alors que chez *A. variegata* ce pourcentage se situe entre 77 p. cent et 96 p.cent chez *C. septempunctata* il est beaucoup plus faible (entre 25 p.cent et 58 p. cent). L'origine de cette différence sera discutée plus loin dans le texte, dans le paragraphe concernant le développement larvaire.

La durée de la vie embryonnaire décroît très nettement quand la température augmente :

A. variegata, F calculé : 752 F table : 2,37 (seuil 5 p.cent)

C. septempunctata, F calculé : 958 F table : 2,37

Par contre la photopériode ne semble pas intervenir :

A. variegata, F calculé : 2,1 F table : 3,00

C. septempunctata, F calculé : 1,4 F table : 3,00

b. La mortalité au cours de la vie larvaire (Tableaux 3 et 4).

Chez *A. variegata*, la mortalité calculée à l'issue de la vie larvaire dépend essentiellement de la température. Forte à 15°C (24,3 p. cent à 32,7 p.cent), elle décroît ensuite pour augmenter de nouveau aux températures élevées (35°C).

A 15°C la mortalité affecte surtout les jeunes stades (21 p.cent) alors qu'à 35°C elle se manifeste tout au long de la vie larvaire avec une sorte de maximum pendant la nymphose (10,1 p.cent). En fonction de ces résultats l'optimum thermique pour la croissance larvaire semble, chez cette espèce, se situer entre 20°C et 30°C.

TABLEAU 1 : ADONIA VARIEGATA GOEZE

| Température Eclair- ement °C H/j | | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|-------------------------------------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 8 H | D E | 9.7 ± 1.1 82.2 ± 17.7 | 4.0 ± 0.0 86.3 ± 16.3 | 3.1 ± 0.2 85.7 ± 16.3 |
| 12 H | D E | 7.9 ± 1.4 91.7 ± 11.5 | 5.2 ± 0.6 79.5 ± 19.8 | 3.0 ± 0.0 85.7 ± 16.3 | 2.0 ± 0.0 96.4 ± 6.0 | 1.8 ± 0.3 78.7 ± 21.7 |
| 16 H | D E | 9.4 ± 1.1 78.6 ± 14.5 | 4.9 ± 0.2 77.3 ± 31.0 | 3.0 ± 0.0 82.7 ± 18.5 | 2.0 ± 0.0 95.2 ± 7.6 | 1.8 ± 0.3 80.8 ± 19.8 |

TABLEAU 2 : COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA L.

| Température Eclair- ement °C H/j | | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|-------------------------------------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 8 H | D E | 8.8 ± 0.5 46.9 ± 15.3 | 5.2 ± 0.5 41.5 ± 18.3 | 3.4 ± 0.5 48.9 ± 20.2 |
| 12 H | D E | 8.5 ± 0.8 29.7 ± 16.6 | 5.0 ± 0.5 34.6 ± 16.5 | 3.4 ± 0.5 43.4 ± 28.1 | 2.0 ± 0.2 24.7 ± 11.7 | 1.8 ± 0.3 57.8 ± 25.9 |
| 16 H | D E | 8.5 ± 1.0 28.3 ± 16.9 | 5.1 ± 0.5 42.8 ± 11.4 | 3.3 ± 0.4 41.3 ± 22.1 | 2.0 ± 0.0 46.1 ± 12.9 | 1.9 ± 0.2 32.5 ± 21.1 |

TABLEAUX 1 ET 2

Durée d'incubation (D, en jour),
pourcentage d'éclosion (E, en p. cent),
calculés à partir de 10 pontes par lot
en fonction de la température et de la photopériode (± écart type).

TABLEAU 3 : A. VARIEGATA GOEZE

| Température °C \ Eclaircissement H/j | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 8 H | 32.7 | 9.7 | 13.8 | 16.7 | 14.7 |
| 12 H | 30.6 | 10.3 | 9.7 | 9.4 | 10.8 |
| 16 H | 24.3 | 3.2 | 11.5 | 6.7 | 36.6 |

TABLEAU 4 : C. SEPTEMPUNCTATA L.

| Température °C \ Eclaircissement H/j | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 8 H | 92.5 | 46.2 | 35.9 | 33.0 | 25.8 |
| 12 H | 73.9 | 31.4 | 41.0 | 57.1 | 40.0 |
| 16 H | 93.0 | 30.8 | 42.4 | 53.3 | 21.4 |

TABLEAUX 3 ET 4

Mortalité (en pourcentage par rapport au nombre initial de larves)
obtenue à l'issue du développement larvaire
en fonction de la température et de la durée d'éclaircissement.

Chez C. septempunctata, comme chez A. variegata la mortalité est nettement plus forte dans les lots soumis à 15°C (73,9 p. cent à 93,0 p.cent) (tableau 3). Elle demeure par contre très nette dans toutes les autres températures (entre 25,8 p. cent et 53,3 p. cent). L'origine de cette mortalité larvaire et des faibles valeurs du pourcentage d'éclosion pourrait provenir de la mise en élevage permanent ou même du stockage au froid pendant un laps de temps relativement court d'adultes qui dans les conditions naturelles seraient entrés en diapause. En effet HÄMÄLÄINEN (1976) a montré que chez cette espèce essentiellement monovoltine, un élevage continu se traduit au bout de quelques générations par une baisse de la fertilité des oeufs et une augmentation de la mortalité larvaire.

c. Le développement larvaire (tableaux 5 et 6).

Les durées du développement sont calculées uniquement à partir des individus qui parviennent au stade adulte. Ce nombre de larves varie entre 26 et 34 individus par lot (tableau 1), exception faite pour C. septempunctata à 15°C, où la mortalité est trop élevée pour obtenir un nombre comparable d'individus. Les résultats (la durée de tous les stades et la durée totale du développement larvaire) sont présentés dans les tableaux 4 (A. variegata) et 5 (C. septempunctata).

L'analyse de variance (test F) à 5 niveaux de température et 3 niveaux de photopériode met en évidence l'existence :

1. D'un effet significatif (au seuil 5 p.cent) de la température sur la durée du développement larvaire. Celle-ci décroît quand la température augmente.

| | |
|----------------------------|--------------------------------------------------|
| <u>A. variegata</u> , | température : F calculé : 13 250, F table : 2,35 |
| <u>C. septempunctata</u> , | température : F. caculé : 1 415, F table : 2,60 |

2. D'un effet significatif (au seuil 5 p. cent) de la photopériode et de l'existence d'une interaction entre ces 2 facteurs abiotiques sur l'ensemble du développement larvaire.

| | |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| <u>A. variegata</u> | photopériode : F calculé : 79,3, F table : 3,00 |
| | interaction : F calculé : 31,7, F table : 1,94 |

| ° PHE | D L ₁ | D L ₂ | D L ₃ | D L ₄ | D N | D. Totale |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|
| | D σ n | D σ n | x σ n | x σ n | x σ n | x σ n |
| 8 H | 8,7 0,3 33 | 5,1 0,4 33 | 6,3 0,4 33 | 12,1 0,6 33 | 10,7 0,5 33 | 43,0 2,5 33 |
| °C 12 H | 6,2 0,2 34 | 4,8 0,2 33 | 6,2 0,3 33 | 11,0 0,3 33 | 10,9 0,3 33 | 35,1 1,7 33 |
| 16 H | 6,3 0,3 28 | 5,2 0,3 28 | 6,0 0,3 28 | 12,7 0,4 28 | 10,8 0,7 28 | 41,0 1,7 33 |
| 8 H | 3,5 0,2 28 | 2,7 0,2 28 | 3,0 0,1 28 | 5,6 0,3 28 | 4,7 0,2 28 | 19,4 1,0 28 |
| °C 12 H | 3,5 0,1 26 | 2,8 0,1 26 | 3,5 0,2 26 | 5,8 0,2 26 | 4,9 0,3 26 | 20,1 1,1 26 |
| 16 H | 3,2 0,2 30 | 2,9 0,2 30 | 2,0 0,2 30 | 5,2 0,2 30 | 4,6 0,14 30 | 19,1 1,5 30 |
| 8 H | 2,6 0,2 28 | 1,8 0,1 27 | 2,0 0,2 27 | 4,0 0,2 27 | 3,7 0,3 25 | 14,0 0,7 25 |
| °C 12 H | 2,0 0,0 30 | 1,8 0,1 30 | 1,9 0,2 30 | 3,5 0,3 28 | 3,2 0,2 28 | 12,3 0,9 28 |
| 16 H | 1,8 0,2 26 | 1,5 0,2 26 | 1,6 0,2 26 | 3,5 0,3 25 | 2,2 0,1 26 | 11,3 0,8 26 |
| 8 H | 1,5 0,1 30 | 1,0 0,0 30 | 1,0 0,0 30 | 3,1 0,1 29 | 2,9 0,1 26 | 8,6 0,2 26 |
| °C 12 H | 1,1 0,2 32 | 1,1 0,1 32 | 0,9 0,1 32 | 2,4 0,2 29 | 2,3 0,2 29 | 7,7 0,4 29 |
| 16 H | 1,1 0,2 29 | 1,0 0,1 31 | 0,9 0,1 31 | 2,6 0,2 30 | 2,2 0,1 28 | 7,9 0,5 28 |
| 8 H | 1,2 0,1 29 | 1,1 0,1 30 | 1,3 0,1 29 | 2,3 0,1 29 | 2,2 0,1 29 | 7,9 0,5 29 |
| °C 12 H | 1,2 0,1 32 | 1,0 0,1 32 | 1,9 0,1 32 | 2,2 0,1 32 | 2,2 0,1 32 | 7,5 0,6 32 |
| 16 H | 1,2 0,1 26 | 1,0 0,1 29 | 0,9 0,1 26 | 2,2 0,2 26 | 2,0 0,1 26 | 7,4 0,6 26 |

TABLEAU 5

Durée moyenne (D) du développement (en jour)
chez *A. variegata* en fonction de la température (T)
et de la photopériode (PHE)
(σ = écart-type, n = nombre d'individus)

| T° | PHE | D L ₁ | | | D L ₂ | | | D L ₃ | | | D L ₄ | | | D N | | | D. Totale | | |
|----|------|------------------|-----|----|------------------|-----|----|------------------|-----|----|------------------|-----|----|------|-----|----|-----------|-----|----|
| | | D | σ | n | D | σ | n | D | σ | n | D | σ | n | D | σ | n | D | σ | n |
| °C | 8 H | 7,2 | 1,3 | 3 | 4,3 | 0,6 | 3 | 6,7 | 1,5 | 3 | 14,5 | 0,9 | 3 | 12,8 | 0,4 | 2 | 44,3 | | 2 |
| | 12 H | 7,1 | 1,4 | 12 | 5,3 | 0,9 | 12 | 5,0 | 0,8 | 12 | 12,5 | 1,0 | 12 | 14,1 | 0,8 | 12 | 43,5 | 1,3 | 13 |
| | 16 H | 9 | 0,0 | 3 | 5,7 | 0,3 | 3 | 6,0 | 1,5 | 3 | 11,7 | 1,3 | 3 | 15,0 | 0,0 | 3 | 47,7 | 1,2 | 3 |
| °C | 8 H | 4,0 | 0,7 | 22 | 2,95 | 0,5 | 22 | 2,9 | 0,4 | 22 | 5,4 | 0,9 | 22 | 6,3 | 0,5 | 22 | 21,6 | 1,1 | 22 |
| | 12 H | 5,4 | 0,9 | 24 | 3,1 | 0,6 | 24 | 3,5 | 0,8 | 25 | 7,0 | 0,7 | 25 | 7,0 | 0,7 | 24 | 25,9 | 1,4 | 24 |
| | 16 H | 3,8 | 0,8 | 27 | 2,5 | 0,8 | 27 | 5,4 | 0,8 | 27 | 5,4 | 0,8 | 27 | 6,3 | 0,7 | 27 | 21,1 | 1,0 | 27 |
| °C | 8 H | 2,4 | 0,5 | 33 | 2,0 | 0,5 | 33 | 2,2 | 0,4 | 33 | 4,5 | 0,6 | 33 | 4,8 | 0,7 | 33 | 16,0 | 1,0 | 33 |
| | 12 H | 2,2 | 0,4 | 23 | 1,5 | 0,3 | 23 | 1,9 | 0,3 | 23 | 4,3 | 0,4 | 23 | 4,1 | 0,4 | 23 | 14,2 | 0,9 | 24 |
| | 16 H | 1,9 | 0,3 | 34 | 1,7 | 0,4 | 34 | 1,8 | 0,4 | 34 | 3,8 | 0,5 | 34 | 4,0 | 0,3 | 34 | 13,1 | 0,8 | 34 |
| °C | 8 H | 1,5 | 0,4 | 35 | 1,3 | 0,4 | 33 | 1,3 | 0,3 | 33 | 2,9 | 0,6 | 33 | 3,1 | 0,3 | 33 | 9,7 | 0,6 | 33 |
| | 12 H | 1,3 | 0,3 | 30 | 1,2 | 0,3 | 30 | 1,3 | 0,3 | 30 | 3,0 | 0,6 | 30 | 3,4 | 0,4 | 30 | 10,2 | 0,9 | 30 |
| | 16 H | 1,3 | 0,5 | 26 | 1,3 | 0,3 | 26 | 1,4 | 0,3 | 26 | 2,4 | 0,5 | 26 | 2,7 | 0,4 | 26 | 9,2 | 0,7 | 26 |
| °C | 8 H | 1,3 | 0,3 | 23 | 1,1 | 0,2 | 23 | 1,2 | 0,3 | 23 | 2,5 | 0,4 | 23 | 2,4 | 0,3 | 23 | 8,6 | 0,5 | 23 |
| | 12 H | 1,5 | 0,5 | 21 | 1,0 | 0,0 | 21 | 1,2 | 0,2 | 21 | 2,6 | 0,4 | 21 | 2,5 | 0,4 | 21 | 8,7 | 0,5 | 21 |
| | 16 H | 1,0 | 0,0 | 21 | 1,0 | 0,0 | 21 | 1,2 | 0,1 | 21 | 2,6 | 0,3 | 21 | 2,4 | 0,3 | 21 | 8,0 | 0,4 | 21 |

TABLEAU 6

Durée moyenne (D) du développement (en jour)
chez C. septempunctata en fonction de la température (T)
et de la photopériode (PHE)
(σ = écart-type, n = nombre d'individus).

C. septempunctata * photopériode : F calculé : 33,9, F table : 3,00
 interaction : F calculé : 10,3, F table : 2,10.

La durée du développement larvaire augmente quand la photopériode diminue. Chez A. variegata, aux températures comprises entre 15°C et 25°C, l'effet de la photopériode, notamment pour 8 H d'éclairage, paraît plus net qu'aux températures de 30 et 35°C. Pour C. septempunctata, seule la température de 25°C semble augmenter l'effet de la photopériode.

La comparaison des moyennes des durées de développement en fonction des photopériodes chez A. variegata par la méthode de SCHEFFE met en évidence une différence non significative entre les photopériodes 12 H et 16 H. Par contre pour 8 H d'éclairage, la durée du développement est significativement plus longue qu'aux 2 autres photopériodes (tableau 7 ci-dessous).

Chez C. septempunctata ce test montre que sous un éclairage de 16 H le développement larvaire est significativement plus court. Par contre les valeurs obtenues sous 8 H et 12 H d'éclairage sont identiques.

| Durée de l'éclairage | <u>A. variegata</u> | <u>C. septempunctata</u> |
|----------------------|---------------------|--------------------------|
| 8 H | 18,7 | 13,9 |
| 12 H | 17,3 | 14,1 |
| 16 H | 17,3 | 12,6 |

TABLEAU 7 : Durée du développement en fonction de l'éclairage journalier, toutes les températures étant prises en compte.

L'action de la photopériode sur le développement larvaire semble ne pas s'effectuer de la même manière selon l'espèce étudiée. Chez A. variegata, l'augmentation globale de la durée de la vie larvaire quand la période d'éclairage décroît semble surtout résulter de l'intervention de l'éclairage de courte durée (8 H). Chez C. septempunctata au contraire, elle semble provenir de l'action des photopériodes longues (16 H).

d. La sex-ratio (tableaux 8 et 9).

L'analyse statistique (test F) montre que les facteurs abiotiques étudiés sont sans action sur la sex-ratio des adultes d'A. variegata et C. septempunctata obtenus. Pour ces deux espèces la sex-ratio se situe respectivement entre 39 p.cent et 73 p.cent, 33 p.cent et 67 p.cent.

e. Le poids (tableaux 10 et 11).

En général chez ces deux espèces, les femelles sont sensiblement plus grosses que les mâles. Sur l'ensemble des deux espèces, la photopériode auxquelles sont soumises les larves, n'a pas d'action sur le poids des adultes correspondants. Par contre, la température à laquelle sont soumises les larves peut modifier sensiblement le poids des adultes qui en proviennent :

A. variegata

| | | | |
|----------------|---------------------------------------|----------------|------|
| Photopériode : | 0 - F calculé : 1,3 | F table : 3,00 | N.S. |
| | + 0 ⁷ - F calculé : 2,2 | F table : 3,07 | N.S. |
| Température : | 0 - F calculé : 23,8 | F table : 2,37 | S. |
| | + 0 ⁷ - F calculé : 6,8 | F table : 2,45 | S. |

C. septempunctata

| | | | |
|----------------|----------------------------------------|----------------|------|
| Photopériode : | 0 - F calculé : 2,9 | F table : 3,07 | N.S. |
| | + 0 ⁷ - F calculé : 2,3 | F table : 3,20 | N.S. |
| Température : | 0 - F calculé : 18,2 | F table : 2,68 | S. |
| | + 0 ⁷ - F calculé : 14,4 | F table : 2,73 | S. |

Chez A. variegata les adultes maintenus à 15°C (principalement les femelles) sont significativement plus gros que ceux obtenus aux autres températures. FERRAN (1977) a mis en évidence un effet comparable chez Semiadalia

TABLEAU 8 : A. VARIEGATA

| Température °C Eclair- ement H/j | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 8 H | 62,5 | 44,4 | 56,0 | 73,0 | 51,7 |
| 12 H | 58,8 | 65,4 | 50,0 | 44,8 | 37,5 |
| 16 H | 39,3 | 40,0 | 52,2 | 39,3 | 50,0 |

TABLEAU 9 : C. SEPTEMPUNCTATA

| Tempé- rature °C Eclair- ement H/j | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 8 H | 33,3 | 45,5 | 60,6 | 61,1 | 47,6 |
| 12 H | 55,6 | 50,0 | 45,5 | 40,0 | 52,4 |
| 16 H | 33,3 | 51,9 | 62,5 | 46,2 | 66,7 |

TABLEAUX 8 ET 9

Sex-ratio des adultes issus de larves élevées sous différentes combinaisons
entre la température et la durée d'éclairage
(la sex-ratio est : nombre de femelles x 100/nombre total d'adultes)

TABLEAU 10 : A. VARIEGATA

| Température °C Eclair- ement (H/j) | | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|------------------------------------------|-------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | | 8 H | 0 + 0 | 10,3 ± 1,0 8,7 ± 1,0 | 8,1 ± 1,2 7,8 ± 1,1 | 9,4 ± 1,9 6,6 ± 1,3 |
| 12 H | 0 + 0 | 11,0 ± 1,1 8,8 ± 1,2 | 8,6 ± 1,0 7,2 ± 0,9 | 9,2 ± 1,7 7,7 ± 1,1 | 8,9 ± 1,0 7,8 ± 1,4 | 9,5 ± 1,4 8,1 ± 1,2 |
| 16 H | 0 + 0 | 10,4 ± 1,2 8,5 ± 0,8 | 8,7 ± 1,4 7,6 ± 1,3 | 9,0 ± 1,4 7,8 ± 1,7 | 8,8 ± 1,9 7,1 ± 1,0 | 8,3 ± 1,7 8,7 ± 1,2 |
| Poids moyen par température | 0 + 0 | 10,6 ± 1,0 8,7 ± 1,0 | 8,5 ± 1,3 7,5 ± 1,4 | 9,2 ± 1,8 7,3 ± 1,5 | 8,7 ± 1,8 7,4 ± 1,2 | 8,1 ± 1,9 7,4 ± 1,4 |

TABLEAU 11 : C. SEPTEMPUNCTATA

| Température °C Eclair- ement (H/J) | | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
|------------------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 8 H | 0 + 0 | 43,3 36,7 | 44,0 ± 2,8 40,7 ± 6,3 | 36,7 ± 8,9 34,1 ± 9,3 |
| 12 H | 0 + 0 | 35,5 29,1 | 42,6 ± 5,3 41,6 ± 5,9 | 36,0 ± 6,0 33,0 ± 5,1 | 37,7 ± 4,0 32,1 ± 3,5 | 46,8 ± 3,9 41,9 ± 2,9 |
| 16 H | 0 + 0 | 40,0 40,0 | 39,4 ± 7,2 40,0 ± 7,9 | 35,2 ± 9,0 32,6 ± 4,6 | 38,4 ± 3,1 32,5 ± 3,2 | 36,7 ± 2,9 40,0 ± 2,7 |
| Poids moyen par température | 0 + 0 | 37,2 ± 3,9 33,0 ± 6,4 | 42,0 ± 6,4 40,8 ± 7,9 | 36,0 ± 8,1 33,2 ± 7,9 | 38,1 ± 5,5 33,1 ± 5,2 | 41,9 ± 6,1 39,4 ± 6,4 |

TABLEAU 10 ET 11

Poids moyen des adultes issus de larves élevées sous différentes combinaisons entre la température et la durée d'éclairage.

undecimnotata, Schn. et a démontré que cette différence de poids résulte d'une consommation alimentaire totale plus importante dans des conditions thermiques basses (15°C).

Chez C. septempunctata l'analyse a porté uniquement sur les adultes issus des larves maintenus à 20,25,30 et 35°C. Les adultes, mâles et femelles issus des larves élevées à 20°C et 35°C sont significativement plus gros que ceux produits à 25°C et 30°C. Si le résultat obtenu à 20°C peut avoir le même origine que celui noté à 15°C chez A. variegata, par contre l'augmentation du poids à 35°C paraît difficilement explicable à l'heure actuelle.

II -L'Ajustement de la durée et de la vitesse du développement pré-imaginal à des courbes mathématiques.

a. Généralités.

Pour chaque espèce considérée, nous disposons de la durée (D) des différents stades pré-imaginaux et de la durée totale (D) du développement pré-imaginal. Ce critère peut être ajusté à une courbe mathématique en fonction de la température. Le meilleur ajustement (SCHANDERL et al., 1985 - sous presse) est une hyperbole d'équation :

$$D = D_m + \frac{aI}{T_i - t}$$

avec

| | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D _m : | la durée minimale théorique du développement qui est atteinte lorsque la température augmente. |
| aI : | l'accélération du développement. |
| T _i : | la température expérimentale. |
| t : | le seuil thermique inférieur. |

A partir de cette durée, il est possible de calculer un certain nombre d'indices (CAMPBELL et al., 1974 - NEUENSCHANDER, 1975) :

1. La vitesse de développement (V) qui est l'inverse de la durée. En général, cette vitesse est une fonction logistique de la température mais dans la gamme des températures étudiées (15° C à 35° C), l'ajustement à une droite est accepté par la plupart des auteurs :

$$V = a_2 + b T_i$$

2. Le seuil thermique inférieur (t) qui est la température au-dessous de laquelle tout ou partie du développement s'arrête ($V = 0$) :

$$t = \left| \frac{a^2}{b} \right|$$

Graphiquement cette valeur correspond à l'intersection de la droite de régression avec l'axe des températures.

3. La constante thermique (K) exprimée en degré-jour. Elle est calculée à partir de l'équation :

$$K : D (T_i - t)$$

avec : - D : Durée du développement pour la température

T_i . - t : Seuil thermique inférieur (a^2/b).

En principe la constante thermique est invariable pour une espèce ou un stade donné. Comme en réalité cet indice varie notablement en fonction de la température (UVAROV, 1931 - SAVESCU, 1965), la valeur proposée dans le texte correspond à la moyenne par stade de celles calculées pour les différentes températures.

Dans ce travail, les calculs ont été faits à partir des valeurs individuelles alors que dans la littérature les ajustements sont calculés généralement à partir de la durée moyenne du développement pour chaque température. D'autre part, pour chaque température, nous avons utilisé dans ces calculs les durées de développement de toutes les larves parvenues au stade adulte, et ce, quelles que soient les conditions d'éclairage auxquelles elles ont été soumises.

b. L'ajustement de la durée du développement à une hyperbole.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 12 et 13. La fonction hyperbolique constitue un ajustement très valable de la durée du développement en fonction de la température puisque le coefficient de détermination (r) calculé pour les différents stades des 2 coccinelles varie 0,91 et 1,00.

TABLEAU 12 : ADONIA VARIEGATA GOEZE

| STADE | Dm | t | a ₁ | r |
|----------|------|------|----------------|------|
| ω | 0,50 | 8,8 | 57,4 | 0,97 |
| L1 | 0,38 | 10,2 | 36,2 | 0,95 |
| L2 | 0,63 | 7,8 | 40,9 | 0,95 |
| L3 | 0,88 | 8,6 | 44,9 | 0,95 |
| L4 | 0,10 | 10,7 | 50,2 | 0,97 |
| N | 0,67 | 11,7 | 33,9 | 0,98 |
| Dl Total | 1,07 | 10,3 | 198,6 | 0,99 |

TABLEAU 13 : COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA L.

| STADE | Dm | t | a ₁ | r |
|----------|------|------|----------------|------|
| oeufs | 1,31 | 6,2 | 87,3 | 1,00 |
| L1 | 1,50 | 7,1 | 69,7 | 0,93 |
| L2 | 0,38 | 8,8 | 35,7 | 0,90 |
| L3 | 0,55 | 6,7 | 52,4 | 0,91 |
| L4 | 0,51 | 11,6 | 39,9 | 0,96 |
| N | 0,13 | 10,6 | 63,20 | 0,98 |
| Dl Total | 1,70 | 9,7 | 243,5 | 0,99 |

TABLEAUX 12 ET 13

Ajustement de la durée (D) du développement à une hyperbole $D = Dm + \frac{a}{T-t}$
 en fonction de la température (r : coefficient de détermination).

Les valeurs D_m qui représentent la durée minimale théorique du développement qui est atteinte lorsque la température augmente n'ont pas de signification biologique. Généralement au-dessus d'une certaine température, nommée seuil thermique supérieur, le développement ralentit avant que n'apparaisse la mortalité larvaire.

Enfin les seuils thermiques (t) calculés à partir d'une asymptote sont certainement moins précis que ceux obtenus par l'intersection d'une droite avec un axe.

c. L'ajustement de la vitesse du développement à une droite (tableaux 14 et 15 et fig. 1)

Les coefficients de corrélation de ces ajustements linéaires sont compris entre 0,79 et 0,97. Ils sont tous significatifs au seuil 5 p.cent.

Les seuils thermiques obtenus chez A. variegata et C. septempunctata, en particulier pour l'ensemble du développement larvaire, 10,7 et 11,0°C respectivement, sont très comparables et ne diffèrent que très peu de ceux obtenus chez d'autres espèces : 10,5 chez Harmonia axyridis Pallas (SCHANDERL et al., 1985 sous presse), 12,2°C chez C. transversoguttata (OBRYCKI et TAUBER, 1981) et 11,3°C chez Coleomegilla maculata (OBRYCKI et TAUBER, 1978). Par contre Adalia bipunctata L. semble être vraiment différente puisque son seuil thermique inférieur vaut 9°C (NEUENSCHWANDER, 1975).

OBRYCKI et TAUBER, 1981 ont réalisé une expérience comparable à la nôtre chez C. septempunctata qui a été introduite aux U.S.A. il y a environ une décennie. Les seuils thermiques obtenus par ces auteurs sont inférieurs d'un degré environ par rapport aux nôtres (L1 : 13,5 % ; L2 : 12,5°C ; L3 : 11,9°C ; L4 : 12,9°C ; N : 12,1°C ; développement total : 12,1°C) sauf pour les oeufs pour lesquels la valeur proposée (6,8°C) est nettement plus basse et se rapproche davantage de celle que nous avons déterminée par l'ajustement de la durée du développement (6,2°C).

La constante thermique, pour l'ensemble de la vie préimaginale, est sensiblement plus faible chez A. variegata (176° J) que chez C. septempunctata (193° J). Pour cette dernière espèce, les auteurs précédents donnent une valeur comparable (197° J). Chez A. bipunctata (262, 3° J), C. transversoguttata (219° J) et C. maculata (236° J). Les constantes thermiques sont nettement plus élevées.

TABLEAU 14 : ADONIA VARIEGATA GOEZE

| STADE | EQUATION | r | t | K |
|----------|-----------------------|------|------|------------------|
| Oeuf | $V = 0,023 T - 0,23$ | 0,95 | 10,1 | $42,4 \pm 3,7$ |
| L1 | $V = 0,040 T - 0,46$ | 0,90 | 11,6 | $26,3 \pm 2,5$ |
| L2 | $V = 0,047 T - 0,51$ | 0,81 | 10,9 | $23,0 \pm 2,6$ |
| L3 | $V = 0,051 T - 0,20$ | 0,79 | 12,1 | $21,6 \pm 3,9$ |
| L4 | $V = 0,020 T - 0,20$ | 0,93 | 10,5 | $53,1 \pm 0,7$ |
| N | $V = 0,019 T - 0,18$ | 0,92 | 9,3 | $53,6 \pm 4,1$ |
| DI Total | $V = 0,0058T - 0,061$ | 0,97 | 10,7 | $176,4 \pm 11,9$ |

TABLEAU 15 : COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA L.

| STADE | EQUATION | r | t | K |
|----------|-----------------------|------|------|------------------|
| Oeuf | $V = 0,023 T - 0,24$ | 0,94 | 10,4 | $44,7 \pm 4,7$ |
| L1 | $V = 0,042 T - 0,55$ | 0,85 | 12,8 | $24,6 \pm 5,5$ |
| L2 | $V = 0,041 T - 0,42$ | 0,84 | 10,3 | $25,7 \pm 1,2$ |
| L3 | $V = 0,041 T - 0,46$ | 0,85 | 11,3 | $25,0 \pm 3,1$ |
| L4 | $V = 0,016 T - 0,15$ | 0,83 | 8,9 | $65,9 \pm 7,9$ |
| N | $V = 0,018 T - 0,20$ | 0,93 | 11,2 | $57,4 \pm 2,2$ |
| DI Total | $V = 0,0051T - 0,056$ | 0,97 | 11,0 | $192,8 \pm 11,2$ |

TABLEAUX 14 ET 15

Ajustement de la vitesse (V) de développement à une droite $v = a_2 + bT$
 (r : coefficient de corrélation, t : seuil thermique inférieur,
 K : constante thermique en degré jour).

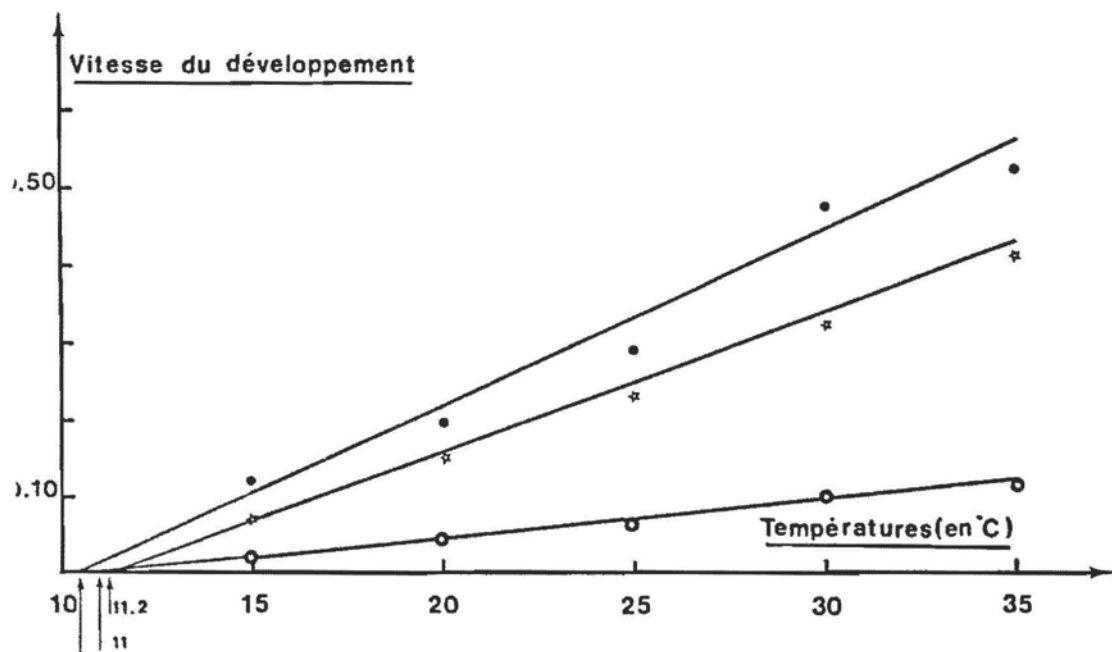
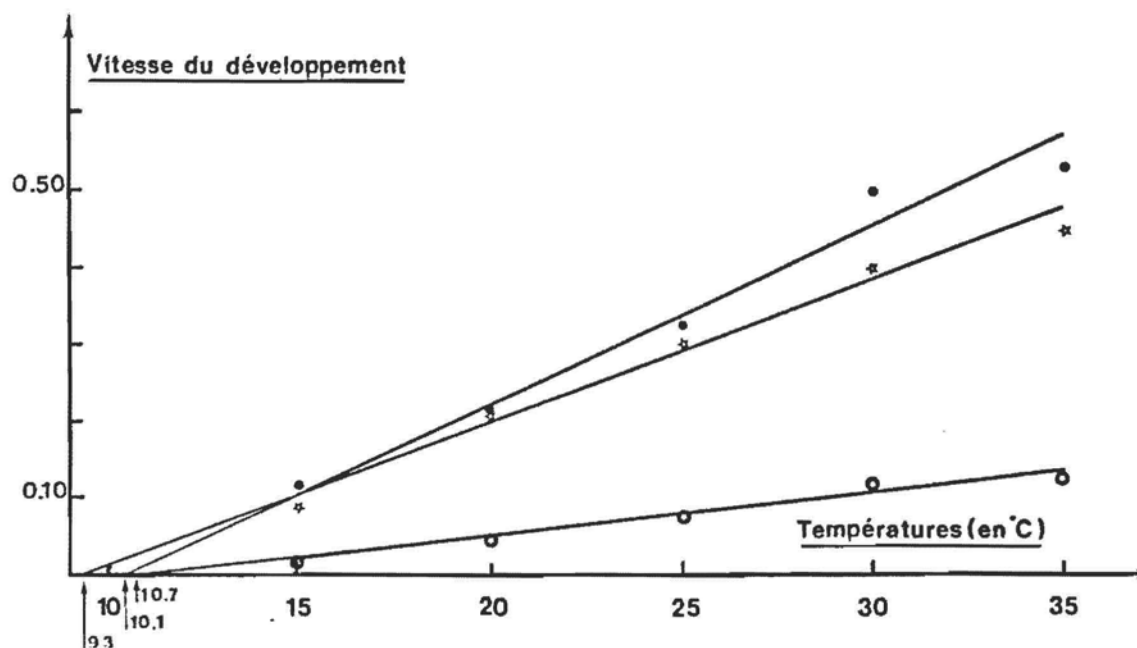


FIGURE I : Ajustement linéaire entre la vitesse du développement et la température chez *Adonia variegata* Goeze (haut) et *Coccinella septempunctata* L. (bas) (●: oeufs, ☆ stade nymphal, ○ développement larvaire et nymphal).

III - Influence sur les adultes d'*A. variegata* des conditions abiotiques d'élevage des larves.

Les adultes qui sont issus des larves élevées sous différentes combinaisons de température et de durée d'éclairement, sont rassemblés par couple et sont maintenus dans des conditions constantes et identiques quelle que soit leur origine : 20°C, 12 H d'éclairement et en absence de régulation de l'humidité relative.

Les principaux résultats obtenus sont présentés dans le tableau 16 et le graphique 2 . La mortalité des adultes (mâles et femelles) au cours de la période de maturation et des 15 premiers jours de la phase de reproduction est sensiblement plus élevée (17 %) pour ceux qui proviennent des larves élevées à 15°C et 20°C. La valeur obtenue chez les adultes issus de larves maintenus à 30°C paraît anormalement forte (14 %) par rapport aux voisines.

La durée de la période de maturation décroît quand la température d'élevage des larves augmente, atteint un minimum entre 25°C et 30°C puis augmente à nouveau pour des températures d'élevage des larves supérieures (35 °C).

Cet effet des conditions thermiques de la production larvaire sur les adultes correspondants est significative au seuil de 5 p.cent :

Effet température : F calculé : 36,7 F table : 2,6

De même la durée d'éclairement de l'élevage larvaire à un effet significatif sur la maturation :

Effet photopériode : F calculé : 5,6 F table : 3,2.

D'après le test de BARTLETT, il semblerait que des larves maintenues sous 16 H d'éclairement donnent naissance à des adultes qui mûrissent plus rapidement leurs ovaires, en 16,7 J contre 20,8 J et 25,5 J pour 8 H et 12 H d'éclairement respectivement.

Le nombre de femelles fécondes exprimé en pourcentage par rapport au nombre total et initial des femelles issues de larves élevées dans chaque condition thermique croît très nettement avec la température de l'élevage larvaire. Il varie de 23,5 p.cent à 92,9 p.cent . Deux remarques méritent d'être faites. Il est impossible de préciser si les femelles qui n'ont pas pondu présentaient une diapause

| Température | Conditions d'élevage des larves | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | 15°C | | | 20°C | | | 25°C | | | 30°C | | | 35°C | | |
| Eclaircment | 8 H | 12 H | 16 H | 8 H | 12 H | 16 H | 8 H | 12 H | 16 H | 8 H | 12 H | 16 H | 8 H | 12 H | 16 H |
| Durée de la maturation (en j.) | 15 | 25 | 17,5 | 24 | - | 11,8 + 4,3 | 6,0 +1,3 | 6,3 + 1,0 | 7,6 +1,1 | 7,4 + 1,1 | 7,8 + 2,1 | 6,4 + 0,5 | 7,3 + 2,2 | 10,9 + 3,0 | 9,3 + 1,5 |
| Fécondité par femelle / j. | 0,2 +0,3 | 0,2 +0,3 | 0,8 +1,5 | 5,2 +8 | 0,0 0,0 | 2,7 + 4,3 | 3,1 +2,5 | 4,3 + 5,2 | 6,5 + 5,3 | 5,2 + 2,8 | 13,0 + 7,2 | 16,7 +10,6 | 9,1 + 5,1 | 5,2 + 5,8 | 5,4 + 1,6 |
| Pourcentage d'éclosion | 0 | 0 | 0 | 70 | - | 50 | 60 | 80 | 40 | 30 | 40 | 70 | 40 | 10 | 10 |
| Pourcentage de femelles fécondes | 20 | 20 | 29 | 40 | 0 | 57 | 50 | 57 | 89 | 83 | 100 | 83 | 90 | 90 | 100 |

TABLEAU 17

Principales caractéristiques biologiques des adultes d'*A. variegata* issus de larves élevées sous différentes combinaisons entre la température et la durée de l'éclaircment (conditions d'élevage des adultes : 20°C, 12 H d'éclaircment).

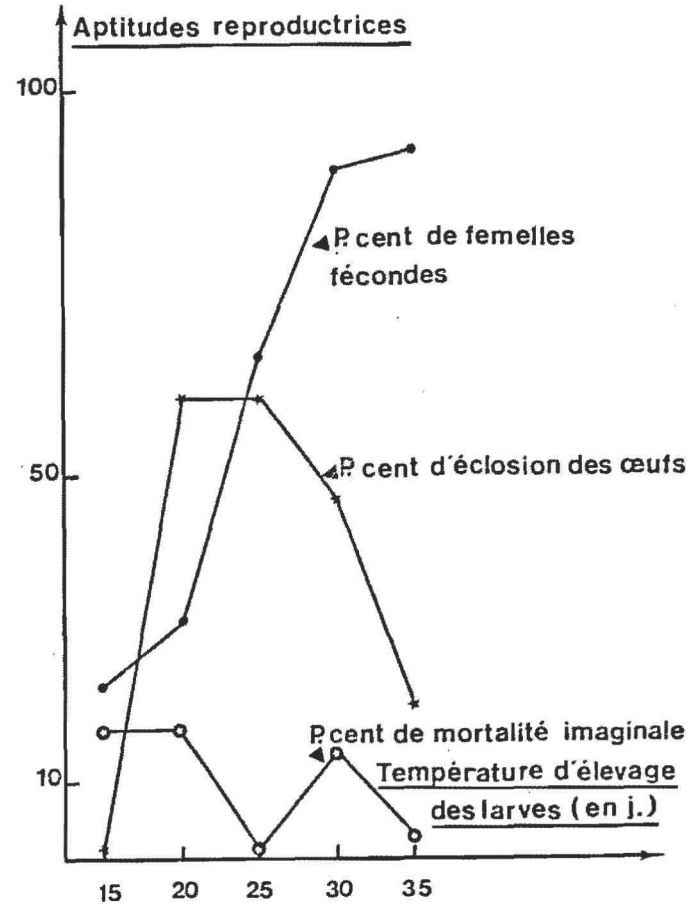
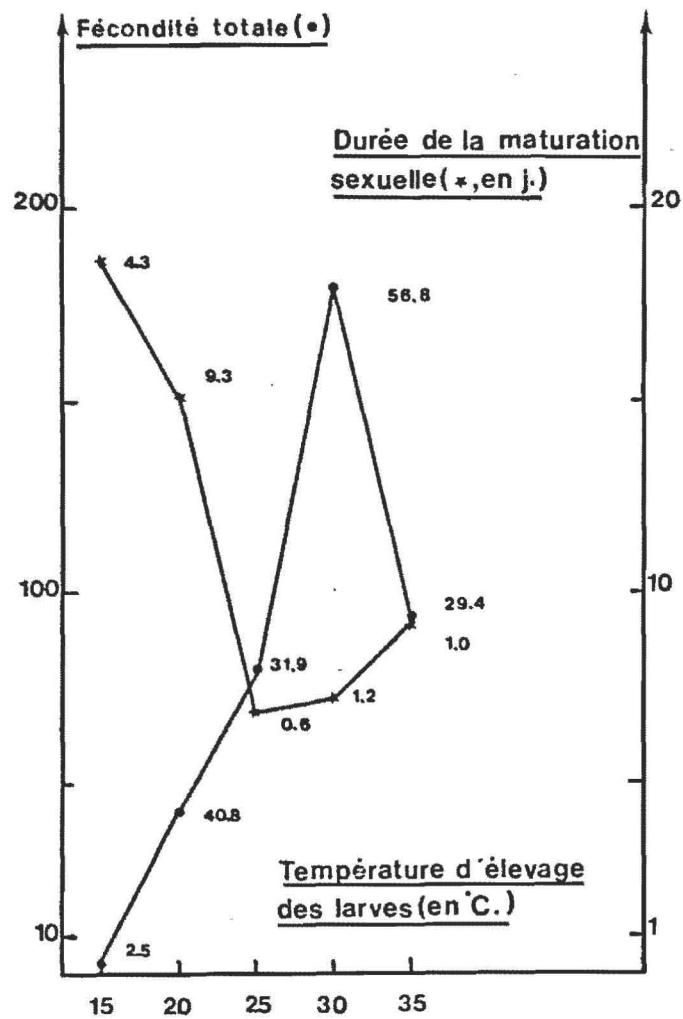


FIGURE 2 : Principales caractéristiques des adultes d'*Adonia variegata* Goeze élevés à 20°C sous 12 H d'éclairage et provenant de larves maintenues sous différentes combinaisons entre la température et la photopériode (fig. de gauche, les chiffres correspondent à la moitié de l'intervalle de confiance à 5 p.cent).

ovarienne car elles n'ont plus été contrôlées à partir du moment où la dernière femelle féconde a été supprimée. D'autre part, quelle que soit la température d'élevage larvaire un certain nombre de femelles n'ont pas pondu. Chez les coccinelles, notamment chez S. undecimnotata (FERRAN et al., 1984), l'activité reproductrice est très hétérogène et la présence de femelles stériles n'est pas exceptionnelle.

Contrairement à la photopériode, la température d'élevage des larves à un effet significatif sur la fécondité totale des adultes qui est calculée à l'issue de 15 premiers jours de la période de ponte :

| | | |
|----------------------|-----------------|---------------|
| Effet température : | F calculé : 7,7 | F table : 2,6 |
| Effet photopériode : | F calculé : 0,3 | F table : 3,2 |

Lorsque la température de l'élevage larvaire croît (fig. 2) la fécondité totale des adultes correspondants augmente, atteint un maximum pour la production larvaire à 30°C (177 oeufs \pm 56,1) puis décroît à nouveau (93,4 oeufs \pm 29,4). A. variegata présente également une très grande hétérogénéité des aptitudes reproductrices. A titre d'exemple, pour les adultes issus de larves maintenues à 25°C, 30°C et 35°C, la fécondité totale, à l'issue du laps de temps expérimental, s'étale respectivement de 0 à 237 oeufs, de 0 à 440 oeufs et de 0 à 255 oeufs.

Le taux d'éclosion c'est-à-dire le nombre de jeunes larves obtenues par rapport au nombre d'oeufs émis dépend également des conditions d'élevage larvaire (graphique n° 2). Il est maximum (60 p.cent) pour les pontes des adultes provenant de larves maintenues à 20°C et 25°C. Cette valeur est nettement inférieure à celle établie dans l'expérience précédente (79,5 p.cent et 85,7 p.cent). Cette différence paraît imputable aux conditions d'humidité relative. Dans l'essai sur les adultes, les pontes ont été conservées dans les conditions du laboratoire, en présence d'une hygrométrie faible compte tenu du chauffage hivernal. Au contraire, dans la première expérimentation, l'hygrométrie a été contrôlée (70 p.cent à 75 p.cent) à l'aide d'une solution saline saturée.

5. CONCLUSIONS.

La température et la photopériode ont une action très nette sur le développement larvaire d'A. variegata et de C. septempunctata. Une augmentation de la température se traduit par une accélération des processus biologiques, réponse attendue chez des animaux poécilothermes. Chez ces deux espèces, le

développement ralentit quand la durée de l'éclairement diminue. Les modalités d'action de ce facteur biotique semble dépendre de l'espèce étudiée : A. variegata paraît plus sensible aux éclairagements de courte durée (ralentissement de la croissance) tandis que C. septempunctata réagit plutôt aux éclairagements longs (accélération de la croissance). Cette sensibilité à la photopériode qui est peu étudiée, ne paraît pas générale chez les coccinelles. Contrairement à nos résultats, HODEK (1957) a montré que chez C. septempunctata, seule l'obscurité totale provoquait un ralentissement de la croissance. Dans notre expérimentation, l'association de températures variables à des photopériodes différentes, dans des combinaisons pouvant exister dans le milieu naturel, a peut-être amplifié l'importance de ce dernier facteur biotique. S. undecimnotata ne semble pas non plus réagir à la durée de l'éclairement notamment au niveau de ses aptitudes trophiques (FERRAN et LARROQUE, 1980).

Les seuils thermiques inférieurs (t) d'A. variegata (10,7°C) et de C. septempunctata (11,0°C) sont très voisins. Par contre la constante thermique de la première espèce (K : 176° J) est sensiblement inférieure à celle de la seconde (K : 193° J).

Est-il possible d'utiliser ces résultats pour comparer l'évolution de ces 2 coccinelles dans le champ de blé au cours du printemps 1984 ? Les adultes de ces 2 espèces sont apparus dans cette culture approximativement à la même date le 25 avril et le maximum de population larvaire (L 4) se situe à des dates très voisines le 25 juin pour C. septempunctata, le 27 pour A. variegata. Les températures moyennes qui ont régné au cours du développement larvaire ayant été très généralement supérieures à 10 ou 11°C, les seuils thermiques mis en évidence dans notre travail ne semblent pas constituer une condition importante de précocité. Les origines de cette dernière doivent être plutôt recherchées au niveau de certaines caractéristiques des adultes qui mériteraient d'être étudiées : levée de diapause, seuil thermique d'activité, modalités d'arrivée dans les cultures, seuil thermique de maturation sexuelle, existence d'espèces aphidiennes, relais etc... Grâce à élevages contrôlés maintenus en condition naturelles, il a été constaté que C. septempunctata a développé une seule génération entre le 25.04 et le 9.07.84, la durée de cette dernière a été de 54 jours. Au contraire, A. variegata a présenté deux générations successives, l'une de 44 jours, l'autre de 16,5 jours. Cette différence de voltinisme peut-être rapprochée de la différence entre les constantes thermiques de ces 2 coccinelles (193° J - 176° J) sans toutefois pouvoir conclure car le développement larvaire de ces 2 espèces ne s'est pas déroulé exactement aux mêmes dates. Les seuils thermiques et les constantes thermiques des différentes

coccinelles qui ont été déterminés en laboratoire ne sont pas très différents les uns des autres et sont par conséquent difficilement applicables sur le terrain. Il paraît nécessaire de les comparer avec des résultats obtenus au champ par l'élevage de ces espèces en conditions naturelles et par le calcul des degrés-jours à partir des températures réelles (BASKERVILLE et EMIN, 1969).

Chez A. variegata les conditions thermiques et photopériodiques d'élevage des larves ont des conséquences remarquables sur les aptitudes biologiques des adultes qui en sont issus. De ces 2 facteurs abiotiques le plus important est la température. La photopériode, en particulier des durées d'éclairement longues, se traduisent seulement chez l'adulte par une réduction de la période de maturation sexuelle.

Des élevages larvaires à de faibles températures, 15°C et même 20°C, provoquent une forte mortalité au sein de la population imaginale, un allongement notable de la période de maturation sexuelle, une plus grande stérilité des femelles, une réduction de la fécondité et une diminution du taux d'éclosion des œufs. Bien qu'il soit difficile d'affirmer que l'élevage des larves sous de faibles températures induise une diapause ovarienne puisque toutes les femelles ne répondent pas avec la même intensité, il n'en demeure pas moins vrai que leurs aptitudes reproductrices sont considérablement réduites.

Pour des températures d'élevage des larves comprises entre 25° et 30°C, les aptitudes biologiques des adultes sont optimisées : durée de la période de maturation sexuelle minimale, pourcentage de femelles fécondes voisin du maximum, fécondité totale maximale, pourcentage d'éclosion des œufs très proche du maximum. Cet intervalle de température constitue la zone thermique d'élevage des larves qui permet d'obtenir les adultes les plus performants. Ce phénomène est très probablement en relation avec le voltinisme d'A. variegata que l'on trouve du printemps à l'automne sur différentes cultures, notamment sur les céréales et la luzerne. Pour des températures supérieures (35°), tous ces critères biologiques décroissent exception faite du pourcentage de femelles fécondes qui plafonne. De toute évidence, un élevage larvaire dans ces conditions n'est plus optimum par ses conséquences sur les adultes.

BIBLIOGRAPHIE

- BASKERVILLE G.L. et EMIN P., 1969 - Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. Ecology, 50, 514-517.
- CAMPBELL A. et al., 1974 - Temperature requirements of some aphids and their parasites. J.appl.Ecol., 11, 431-438.
- FERRAN A. et LARROQUE M.M., 1977 - Etude des relations hôte-prédateur : la consommation alimentaire et l'utilisation du puceron Myzus persicae Sulz. par les différents stades larvaires de la coccinelle Semiadalia undecimnotata Schn. (Col., Coccinellidae). Ann.Zool.Ecol.anim., 9, 665-691.
- FERRAN A. et LARROQUE M.M., 1980 - Influence des facteurs abiotiques sur la physiologie alimentaire des larves de la coccinelle aphidiphage Semiadalia undecimnotata Schn. (Col., Coccinellidae). II. La photopériode et l'humidité relative. Oecol.applic., 1, 215-224.
- FERRAN A. et al., 1984 - Les aptitudes trophiques et reproductrices des femelles la coccinelle aphidiphage Semiadalia undecimnotata Schn. (Col., Coccinellidae). Entomophaga, 29 (2), 157-170.
- FRAZER B.D. et GILBERT N., 1976 - Coccinellid and aphids: a quantitative study of the impact of adult ladybirds (Col., Coccinellidae) preying on field populations of pea aphids (Homoptera, Aphididae). J.ent.Soc. Columb., 73, 33-56.
- GURNEY B. et HUSSEY N.N., 1970 - Evaluation of some coccinellid species for the biological control of aphid in protected cropping. Ann.appl.Biol., 65, 451-458.
- HÄMÄLÄINEN M. et al., 1975 - Fecundity and larval voracity of four lady beetle species (Col., Coccinellidae). Ann.ent.Fen., 4, 124-127.
- HÄMÄLÄINEN M., 1976 - Rearing the univoltine ladybeetles Coccinella septempunctata and Adalia bipunctata (Col., Coccinellidae) all year around in the laboratory. Ann.agr.Fen., 15, 66-71.
- HODEK I., 1957 - Influence of temperature, relative humidity and photoperiodicity on the speed of development of Coccinella septempunctata L. Acta Soc. entomol. Ceskoslov., 55, 121-141.
- NEUENSCHWANDER P., 1975 - Influence of temperature and humidity on the immature stages of Hemerobius pacificus. Environ.Entomol., 4, 215-220.
- OBRYCKI J.J. et TAUBER M.J., 1978 - Thermal requirements for development of Coleomegilla maculata (Col., Coccinellidae) and its parasite Perilitus coccinellae (Hym., Braconidae). Can.Entomol., 110, 407-412.

- OBRYCKI J. et TAUBER M.J., 1981 - Phenology of three coccinellid species : thermal requirements for development. Ann.entomol.Soc.Am., 74, 31-36.
- SAVESCU A., 1965 - Constantele dez voltarii insectelor polivoltine si importante lor pentru Teoris si practica protectici plantelor. Anal.Sect.Prot.Plant., 3, 289-304.
- SCHANDERL H. et al., 1985 - Les besoins trophiques et thermiques des larves de la coccinelle Harmonia axyridis Pallas. Agronomie (sous presse).
- UVAROV B.P., 1931 - Insect and climate. Trans.entomol Soc. London, 79, 1-247.

oOo