

COLLOQUE SUR LES ACARIENS DES CULTURES
MONTPELLIER - 24, 25, 26 OCTOBRE 1989

LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES ACARIENS PHYTOPHAGES

G. FAUVEL

Laboratoire d'Acarologie E.N.S.A.-M/I.N.R.A. /ORSTOM, E.N.S.A, place
Viala, 34060 MONTPELLIER Cedex 01

Annales A.N.P.P. N°2, Vol.1/1, 1989.

RESUME

En raison de la prééminence actuelle des tétranyques dans les problèmes posés par les acariens des cultures, les recherches de lutte biologique ont été dirigées essentiellement contre eux selon 4 orientations:

- la lutte génétique
- la résistance des plantes
- l'emploi d'agents pathogènes
- l'utilisation d'auxiliaires

La première ne semble pas très prometteuse à cause des particularités de la fécondation chez ces ravageurs et les travaux sont pratiquement abandonnés depuis 1981.

De nombreuses recherches de résistance aux acariens sont en cours sur des plantes variées. Elles concernent non seulement diverses espèces de tétranychides mais aussi des ériophyides et parfois les tarsonèmes. Les cucurbitacées et le pommier sont l'objet de programmes communs entre équipes américaines et européennes.

Parmi les essais faits pour l'emploi des agents pathogènes, des résultats intéressants ont été obtenus avec *Hirsutella thompsonii* contre *Phyllocoptruta oleivora*. D'autres possibilités sont explorées notamment avec les virus.

Les travaux les plus importants concernent l'utilisation des phytoséiides notamment *Phytoseiulus persimilis* en serre et sur plantes basses tandis que les populations de typhlodromes résistantes aux insecticides apparaissent très intéressantes en verger et vignoble. Une réflexion approfondie sur l'évolution probable des populations du ravageur et du prédateur ainsi que sur les conditions ambiantes requises est nécessaire avant d'effectuer un lâcher.

Des diagrammes ou des modèles mathématiques de plus en plus sophistiqués existent et peuvent être utiles.

On peut classer les systèmes prédateurs-proies en 4 types en fonction du nombre d'espèces des uns et des autres en présence. La stabilité de la régulation dépend des caractéristiques de ces derniers et augmente en général avec le nombre de proies. Cependant des traitements correctifs peuvent être nécessaires.

SUMMARY: BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTOPHAGOUS MITES

As tetranychids have been until now the most noxious mite species, studies on biological control have been directed primarily against them and developed in 4 directions:

- genetic control
- plant resistance
- pathogens
- use of beneficial species

The former doesn't seem very promising because of the peculiarities in the process of fecundation of spider mites and attention for this method virtually ceased since 1981.

In the 2nd way we find a lot of scattered researches on different crops and mites including eriophyids and tarsonemids. The main programs concern cucurbits and apple and involve american and european teams. The mechanisms seem complex and do not confer complete resistance.

A number of trials have been performed on mycoses and for the moment some successes have been obtained with *Hirsutella thompsonii* against *Phyllocoptruta oleivora*. Other possibilities are explored notably with mites viruses.

The use of mite predators especially phytoseiids is readily expanding with *Phytoseiulus persimilis* in glasshouses and low growing crops while pesticide-resistant strains of typhlodromids are of considerable interest in vineyards and orchards. A thorough consideration of the probable evolution of the mites and predators populations and of the ambient conditions required is needed prior to the releases and diagrams or mathematical models may be helpful. The systems may be classified in 4 types according to the number of prey and predator species involved. The stability of the regulation varies with the characteristics of the last and usually augments with diversity but in certain cases corrective measures are necessary.

introduction

Si l'on prend la définition de la lutte biologique au sens large (WILSON et HUFFAKER, 1976 ; FERRON, 1985) on peut placer sous ce titre global 4 orientations d'importance très différente quant à leur état de développement et aux connaissances qui s'y rapportent dans le domaine acarologique. Ce sont:

- la lutte génétique

- la résistance des plantes aux acariens
- l'emploi des agents pathogènes
- l'utilisation des auxiliaires acariphages

Des recherches sur l'incompatibilité entre souches de tétranyques ont été menées par l'équipe des généticiens hollandais dans les années 1970. Mais la possibilité que les femelles ont de produire des mâles par parthénogenèse puis d'être fécondées ensuite par ceux-ci est un obstacle sérieux. Dans une synthèse récente, FELDMAN (1985) rappelle que différentes techniques ont été testées: mâles stériles, incompatibilités génétiques conduisant à des hybrides non viables, introduction dans la population à contrôler de mutations devenant létales sous certaines conditions de milieu. Les expériences ont échoué ou bien l'application pratique de certaines techniques nécessiterait des investissements considérables. Aussi devant les possibilités offertes par les autres voies, ces travaux sont pratiquement abandonnés.

La lutte microbiologique a fait l'objet de recherches un peu plus nombreuses et connaît un petit développement, notamment en cultures tropicales.

Les travaux sur la résistance des plantes aux acariens se multiplient actuellement sur diverses cultures mais c'est l'utilisation des auxiliaires qui connaît actuellement une explosion aussi bien sous abri qu'en plein champ. Certes, bien que l'on observe des différences très importantes entre les pays et les régions, les surfaces soumises à la lutte biologique en cultures protégées (concombre et tomate) ne représentent en moyenne que 5 p. cent de la superficie totale d'après VAN LENTEREN et WOETS (1988) et beaucoup moins en vergers et vignobles. Cependant une impulsion considérable a été donnée et le souci d'une part de préserver l'environnement, d'autre part de fournir au consommateur des produits sans résidus de pesticides constitue une très forte incitation.

Cette lutte biologique prend des aspects différents selon que l'on a affaire à des cultures annuelles protégées ou à des plantes pérennes de plein champ. Elle concerne le plus souvent les tétranyques qui restent le problème majeur actuellement mais pourrait s'adresser à d'autres familles d'acariens (ériophyides, tarsonèmes, brévipalpes,...). Une introduction d'auxiliaires est une opération parfois délicate qui nécessite une bonne réflexion et impose un certain nombre de contraintes. Elle débouche donc sur l'idée de la lutte intégrée.

1 - moyens disponibles et état de développement

1.1 la lutte microbiologique

Bien que des maladies soient connues depuis longtemps chez les acariens, encore peu de travaux ont été consacrés à leurs possibilités d'utilisation contre ces ravageurs. A vrai dire, sous nos climats tempérés au moins et en ce qui concerne les tétranyques, les conditions paraissent moins favorables que pour les aphides par exemple car la multiplication des acariens est favorisée par les saisons chaudes et sèches. C'est pourquoi les épizooties ne

s'observent le plus souvent qu'en automne sur des populations dont la diminution ou la disparition sont déjà assurées de toute façon par la baisse de la température et la sénescence des plantes. Ce dernier facteur intervient aussi probablement dans le déclenchement des épidémies observées sur cotonnier ou soja en juillet par SABA (1971) et TSINTSADZE *et al.* (1976) (in VAN DER GEEST, 1985) car alors les populations ont atteint des niveaux considérables. On trouvera dans l'article de VAN DER GEEST (1985) une synthèse des connaissances sur ce sujet et ce qui concerne les tétranyques.

111 - Mycoses

Diverses Entomophthorales ont été décrites sur des espèces très variées et de presque toutes les parties du monde. Cependant beaucoup d'études restent à faire et on connaît mal leur spécificité.

Ces maladies semblent parfois jouer un rôle important dans la régulation des populations. Par exemple en Alabama CARNER et CANERDAY (1970) attribuent à un *Entomophthora* une forte réduction des effectifs de *Tetranychus urticae* Koch et *T. turkestanii* Ug. et Nik. dans les champs de cotonnier. De même en Floride et sur la même plante, SABA (1971) observe une chute brutale des populations de *Tetranychus tumidus* Banks en relation avec la présence de *Neozygites* spp.

En général ces mycoses semblent apparaître assez tardivement lorsque la pullulation est déjà très développée. La rapidité d'action dépend de la température: Ainsi *Neozygites floridana* (Weiser et Muma) Remaudière et Keller tue son hôte *T. urticae* en un peu plus de 3 j. à 25°C et en 11 j. à 15°C (CARNER, 1976 in VAN DER GEEST, 1985). Comme pour les mycoses d'insectes, une des conditions de réussite de l'infection est une hygrométrie élevée durant un temps suffisant (BRANDENBURG et KENNEDY, 1981 ; HUMBER *et al.*, 1981 ; SABA, 1974). SMITLEY *et al.* (1986) indiquent qu'ils ont réussi à provoquer des épizooties sur cette même espèce en serre également avec *N. floridana* à condition de maintenir le taux d'humidité de l'air à 100 p. cent durant 24 h. Cependant en URSS, TSINTSADZE et ZIL'BERMINTS (1983) font état de bons résultats sur fraisier en plein air par introduction d'un *Neozygites* proche d' *adjarica* contre *T. urticae*, ce qui se traduit par une augmentation significative du rendement par rapport au témoin.

Peu d'essais d'utilisation pratique ont eu lieu. VAN DER GEEST (1985) signale que des applications de *Beauveria bassiana* (Bah.), de *Conidiobolus obscurus* (Hall et Dunn) Remaudière et Keller (= *E. thaxteriana* Petch), *C. thromboides* Dreschler (= *E. virulenta* Hall et Dunn) et un *Basidiobolus* ont été testées contre *T. urticae* sur diverses plantes en serre. Elles ont conduit à des taux de mortalité de 71 à 97 p. cent. Les larves et une certaine proportion des oeufs sont touchés. On ne sait pas jusqu'à quel point ces mycoses sont compatibles avec la présence d'acariens auxiliaires. L'application de *C. obscurus* directement sur *Phytoseiulus persimilis* A-H entraînerait une certaine mortalité mais serait sans danger si elle est faite quelques heures avant son lâcher (PETROVA et PETROV, 1976 in VAN DER GEEST, 1985).

Les travaux les plus développés concernent *Hirsutella thompsonii* Fish. contre l'ériophyide *Phyllocoptruta oleivora* Ashm. sur agrumes. Des essais d'infection artificielle de leurs populations par pulvérisation de suspensions de

mycelium ont paru efficaces en divers pays: en Floride (McCOY *et al.*, 1971 ; VILLALON et DEAN, 1974), en Chine (CHEN *et al.*, 1987). Une préparation commerciale du champignon existe aux U.S.A. Cependant HUGON (1986) mentionne brièvement qu'aux Antilles "ce type de lutte est employé avec plus ou moins de succès". *H. thompsonii* a manifesté une certaine efficacité contre *Eriophyes guerreronis* K. (ESPINOSA BECERRIL et CARRILLO SANCHEZ, 1986) et selon les travaux de CABRERA *et al.*, (1987) pourrait contrôler également d'autres familles d'acariens. Cependant ROMBACH et GILLESPIE (1988) obtiennent des résultats décevants en serre contre *T. urticae* même en assurant une hygrométrie très élevée.

112 - Viroses

Aux USA une virose est commune dans les régions agrumicoles de Californie et d'Arizona. On lui attribue une action limitante appréciable vis à vis de *Panonychus citri* McGr. car il y a une corrélation assez nette entre la proportion d'acariens présentant des symptômes de la maladie (présence de cristaux biréfringents à l'intérieur du corps) et la décroissance des populations (McMURTRY *et al.*, 1979). La présence de cette maladie a été notée aussi en Sardaigne mais sans que l'on ait mesuré exactement son incidence (DELRIO, 1985).

Une virose analogue a été signalée aussi chez *Panonychus ulmi* Koch au Canada par PUTMAN (1970) mais seulement dans des populations denses.

Des recherches poussées ont été conduites pour essayer d'utiliser le virus en lutte biologique (SHAW *et al.*, 1968, 1971). Mais le virus ne peut être produit que sur des acariens vivants et est rapidement inactivé par la lumière solaire, les températures élevées ou un pH trop alcalin de l'eau.

12 - La résistance des plantes

121 - Objectifs actuels:

L'utilisation des plantes résistantes est particulièrement intéressante pour lutter efficacement sur de grandes surfaces contre des acariens difficiles à atteindre (ériophyides vecteurs de viroses des céréales par exemple) ou vivant dans des sites protégés de la plante (ériophyides galligènes, tarsonème). Cela permet également de pallier le manque de formation à l'utilisation des pesticides dans certains pays, de limiter considérablement les problèmes de résidus pour le consommateur (manioc, pois cajan en Inde) et, bien entendu, de simplifier de toute façon les programmes de protection des cultures. Bien souvent la recherche de variétés résistantes comporte simultanément plusieurs de ces aspects.

On a constaté très tôt des différences d'infestation entre variétés d'une même plante cultivée et des recherches se sont développées simultanément sur plus d'une douzaine d'espèces. En raison de l'acuité des problèmes posés par les tétranyques, ces études concernent essentiellement ces ravageurs. De PONTI (1977) cite la betterave, le concombre, le fraisier, le cotonnier, le houblon, le soja, l'aubergine, la pomme de terre, la vigne, le tabac et des fleurs comme le chrysanthème et le géranium. A cette liste il faut ajouter

le manioc, la tomate, le pommier qui fait l'objet de programmes concertés aux U.S.A. (GOONEWARDENE et KWOLEK, 1984), en France et dans les pays de l'Europe de l'Est (BIELAK ET DABROWSKI, 1985). La recherche de variétés résistantes aux ériophyides a été développée comme moyen de lutte contre diverses viroses: En Amérique du Nord sur le blé contre *Aceria tulipae* K. (THOMAS et CONNER, 1986), dans les pays d'Europe septentrionale sur cassissier contre *Cecidophyopsis ribis* K. (KEEP, 1985 ; KNIGHT, 1981). On peut ajouter des travaux entrepris plus récemment sur cocotier contre *E. guerreronis* (MARIAU, 1986) et sur le pois cajan en Inde contre *Aceria cajani* Channa. ainsi que ceux de DASH et DIKSHIT (1982) sur le jute contre les tarsonèmes.

122 - Les mécanismes en cause:

La résistance de la plante se manifeste par une réduction de la fécondité, un allongement du développement larvaire et une augmentation du taux de mortalité. Tous ces symptômes sont la conséquence d'une mauvaise nutrition. Il ne semble pas y avoir d'exemples d'immunité totale et en général il y a une gamme de tolérances. L'analyse des mécanismes révèle une situation complexe dans laquelle les caractéristiques morphologiques de la plante joueraient finalement peu (DE PONTI, 1985): L'influence d'une couverture dense de poils glandulaires ne semble établie que chez les solanées et même dans ce cas des facteurs biochimiques interviennent (GIBSON, 1979).

La relation entre la résistance des plantes et leur composition biochimique a été l'objet de nombreux travaux et se révèle complexe car elle fait intervenir à la fois leur appétance et leur valeur nutritive. Elle a paru parfois liée à la présence de certains composés du métabolisme secondaire: REGEV et CONE (1975), REGEV (1978) avaient cru trouver une teneur plus élevée en farnésol, sesquiterpénoïde ayant un rôle d'attractif sexuel chez *T. urticae* (REGEV, 1979) chez les houblons et les fraisiers sensibles aux acariens mais des analyses chimiques plus fines ont conduit à réfuter cette hypothèse (GUNSON et HUTCHINS, 1982). Par contre les polyphénols qui ont souvent un effet phagorépusif semblent impliqués comme par exemple chez la menthe (LARSON et BERRY, 1984), le concombre (GOULD, 1978 ; DE PONTI, 1979) et la tomate mais ne semblent pas agir seuls. Intervendraient aussi des déficiences de la feuille en sucres dans le cas du pommier (FRITZSCHE *et al.*, 1980) ou de l'ensemble des nutriments chez le cotonnier (TRICHILLO et LEIGH, 1985). La question reste donc ouverte et on ne dispose pas de bons marqueurs pour la sélection.

123 - Risques d'adaptation des ravageurs.

Il a été dit que l'on avait rarement immunité totale et certains auteurs se sont intéressés au risque d'apparition de souches d'acariens adaptées à ces cultivars résistants. Là encore les résultats apparaissent opposés: DE PONTI (1978, 1985) constate qu'après avoir élevé jusqu'à une cinquantaine de générations de *T. urticae* sur concombre résistant il n'y a pas de modification de l'acceptation alors que dans un système expérimental mélangeant des concombres résistants et des haricots, GOULD (1979) observe une certaine adaptation.

Le point fait ainsi quelque peu rapidement sur les possibilités offertes par les agents pathogènes et la résistance des plantes dans la lutte contre les acariens, montre que l'application pratique est encore très éloignée. Par contre, l'utilisation des auxiliaires concerne déjà des secteurs très divers avec des réussites remarquables à condition d'être bien conçue.

13 - lutte par auxiliaires acariphages

Les présentations faites dans ce volume par KREITER p. 51 pour les acariens prédateurs et par FAUVEL pour les insectes auxiliaires p. 29 montrent que ces agents sont très nombreux et très divers dans leur biologie et leur comportement. On peut cependant distinguer des groupes en fonction de leurs caractéristiques principales.

131 - Types de prédateurs.

Comme RAMBIER (1974) on peut parler de

- **prédateurs de protection** pour les espèces aptes à survivre sur la plante-hôte en se nourrissant d'alimentations très variées, même végétales et qui de ce fait ont un pouvoir reproducteur et des besoins alimentaires limités. C'est le cas de la plupart des typhlodromes, des stigméides,...

- **prédateurs de nettoyage** pour ceux dont la fécondité et la voracité sont très élevées et qui sont souvent plus spécifiques d'une espèce-proie mais en contrepartie ne se maintiennent pas lorsque la densité de celle-ci tombe au dessous d'un certain seuil. Ce groupe est représenté par divers insectes prédateurs, notamment les *Stethorus* (Coccinellide) et des acariens comme *P. persimilis*.

BAILLOD (1986) établit une distinction voisine en fonction des densités-seuils de proies susceptibles d'attirer ou de maintenir les prédateurs sur la plante. La plupart des typhlodromes représentent les **prédateurs basse densité** alors que les insectes sont plutôt des **prédateurs haute densité**. Ainsi le miride (Hétéroptère) *Blepharidopterus angulatus* Fall. n'apparaîtrait que s'il y a environ 20 acariens par feuille selon COLLYER (1964), *Stethorus punctum* Lec. s'il y en a 5 à 10 (COLBURN, 1972). Certains typhlodromes peuvent aussi être rangés dans cette catégorie: En effet *Amblyseius fallacis* Gar. ne coloniserait les arbres que lorsqu'il y a 5 à 10 *P. ulmi* par feuille (MEYER, 1974). Toutefois dans ce cas il ne s'agit pas de la proie préférée et la colonisation peut se faire plus tôt en présence d'araignées jaunes.

Ces 2 classifications quelque peu simplificatrices ont le mérite de mettre en évidence une première adaptation aux différentes situations possibles: Les auxiliaires du 2^{ème} groupe conviennent à la lutte dans les conditions où la multiplication des acariens est rapide, en serre ou sous les climats chauds. On peut leur reprocher de ne pas être efficaces dans le contrôle des petites espèces proies comme les ériophyides ou les tarsonèmes pour lesquelles le 1^{er} groupe est mieux adapté, et d'exercer une action souvent inconstante, nécessitant une surveillance régulière. En revanche, les prédateurs du 1^{er} groupe ont des réponses relativement lentes à la multiplication des ravageurs et peuvent être facilement débordés par la pullulation résultant d'une perturbation du milieu. En conditions naturelles on s'aperçoit facilement qu'en

fait il existe de très nombreux cas intermédiaires dont les activités sont complémentaires mais aussi parfois concurrentes.

132 - Sources disponibles et techniques de production.

Des essais ont été faits pour multiplier et lâcher certains insectes auxiliaires comme les *Stethorus* (WALTERS, 1974), *Chrysoperla carnea* Steph. (TULISALO, 1984) mais le coût apparaît généralement prohibitif (McMURTRY, 1985). Actuellement les seuls prédateurs disponibles en grande quantité sont des acariens Phytoséiides: *P. persimilis* dont la production est "industrialisée", et divers typhlodromes présentés par KREITER. Dans les 2 cas, des populations résistantes à diverses familles de pesticides ont été isolées (PRALAVORIO *et al.*, 1983 ; FOURNIER *et al.*, 1985 b). L'enquête faite par BAILLOD (1986) dans les pays européens montre que si l'on trouve des populations de *Typhlodromus pyri* Scheut. résistantes aux esters phosphoriques dans de nombreux pays, celles d'*Amblyseius potentillae* Gar. ne sont disponibles qu'en Italie et en Suisse pour le moment. Les autres espèces (*A. fallacis*, *Typhlodromus occidentalis* Nesb.) sont américaines et ont été diffusées en Australie et Nouvelle Zélande mais les quelques tentatives faites en Europe ont échoué. A cette liste nous pouvons ajouter *Amblyseius californicus* McGr. très répandue apparemment en Europe méridionale, relativement tolérante vis à vis des traitements usuels (ROST I DIAZ *et al.*, 1988) et qui est un prédateur actif de tétranyques variés.

P. persimilis fait partie du petit nombre d'auxiliaires dont la production en masse a été mise au point. Le plus souvent encore elle se fait sur plantes entières en serre mais des dispositifs plus automatisables ont été décrits (FOURNIER *et al.*, 1985 a ; OVERMEER, 1985). Dans la plupart des pays on trouve des unités de multiplication. Pour les autres phytoséiides, la multiplication en laboratoire est difficile et de faible rendement. Aussi se contente-t-on souvent d'exploiter des "réservoirs naturels" c'est à dire des parcelles dans lesquelles les populations ont atteint un niveau suffisant. Il existe quelques possibilités de multiplication plus intensive en plein air: Ainsi la production de *T. pyri* a été expérimentée sur des haies de porte greffe de pommier à la station anglaise d'East Malling (SOLOMON et FITZGERALD, 1984), celles de *T. occidentalis* sur soja (HOY *et al.*, 1982) et McMURTRY (1985) estime que celle d'*A. californicus* serait certainement facile.

133 - Lâchers.

Les techniques diffèrent quelque peu selon que l'on travaille en plein champ ou en serre. Dans le 1^{er} cas, 2 méthodes sont applicables: On peut soit utiliser des bandes-pièges mises en place en septembre sur les plantes-réservoirs et retirées puis posées en fin d'hiver dans les vergers ou les vignes à coloniser, soit transporter d'une parcelle à l'autre les animaux en pleine activité en coupant des rameaux en mai. Dans l'ensemble il est conseillé de lâcher au moins une centaine d'individus par arbre ou cep (CROFT et McMURTRY, 1972 ; GENINI et BAILLOD, 1987). Si l'on ne peut coloniser toute la culture d'un coup, cette opération peut être limitée à une partie, l'extension se faisant naturellement ensuite avec une rapidité qui parfois peut surprendre (HOY *et*

al., 1985). Une synthèse sur la dispersion des Phytoséiides a été faite par SABELIS et DICKE (1985)

Diverses méthodes pour l'introduction de *P. persimilis* en serre ont été essayées avec des succès variables et plus ou moins de réticences de la part des utilisateurs. Pendant quelque temps pour tenir compte de la sensibilité au jeûne de ce prédateur et du manque de fiabilité du système lorsqu'on l'introduit simultanément avec la proie, les expérimentateurs (GOULD, 1971 ; LEGOWSKI, 1966) avaient préconisé de faire un petit apport de tétranyques quelques jours avant celui de *P. persimilis* (pest in first). Pour plus de commodité il semblait également recommandable de travailler sur jeunes plants.

Actuellement en dépit des risques de mésestimer l'importance réelle d'une attaque d'acariens d'après les symptômes, on préfère attendre l'apparition des 1ers dégâts et localiser le lâcher sur les plantes attaquées. En général l'accord avec le fournisseur prévoit un 2^{ème} lâcher généralisé à l'ensemble de la culture 8 à 15 jours plus tard afin de consolider l'installation de l'auxiliaire.

Cette lutte a été étendue au moins sur un plan expérimental à diverses cultures annuelles et le tableau 2 indique les quantités préconisées pour ces lâchers par divers auteurs. Les résultats obtenus sont très satisfaisants mais cette technique qui laisse apparaître quelques dégâts sur le feuillage, reste surtout appliquée aux productions dont on ne consomme que les fruits (concombre, tomate, fraisier) et peu employée en cultures florales.

2 - Principes de la mise en oeuvre des auxiliaires acariphages

21 - Mode d'action des prédateurs.

Au premier stade de la réflexion et si des raisons fondamentales (résistance des acariens nuisibles, absence impérative de résidus) n'en imposent pas le choix, la décision d'introduire ses auxiliaires pour lutter contre les acariens doit répondre aux questions classiques rappelées en gras dans la figure 1.

Une des premières difficultés réside dans une bonne appréciation des possibilités et des contraintes de cette technique par rapport à la lutte chimique, ce que l'on peut illustrer par la figure 2.

Il ressort que les lâchers d'auxiliaires sont nettement plus complexes que l'utilisation d'un pesticide et la prévision de leur impact, plus aléatoire. En effet, même les carnassiers les plus mobiles tendent à se maintenir préférentiellement dans certaines zones aussi longtemps que leurs besoins alimentaires sont satisfaits. De plus il existe un temps de latence caractéristique de l'espèce pendant lequel il ne se passe rien en apparence: Cela correspond à l'activité reproductive des adultes lâchés et la prédation due à ce petit nombre d'individus a peu d'influence sur les effectifs de la proie. Ce n'est que lorsque de nouvelles générations se développent que la courbe prend une allure exponentielle à l'inverse de ce qui se passe avec un pesticide. Cela demande donc du temps et d'autant plus que les densités lâchées par unité de surface ou par plante sont plus faibles.

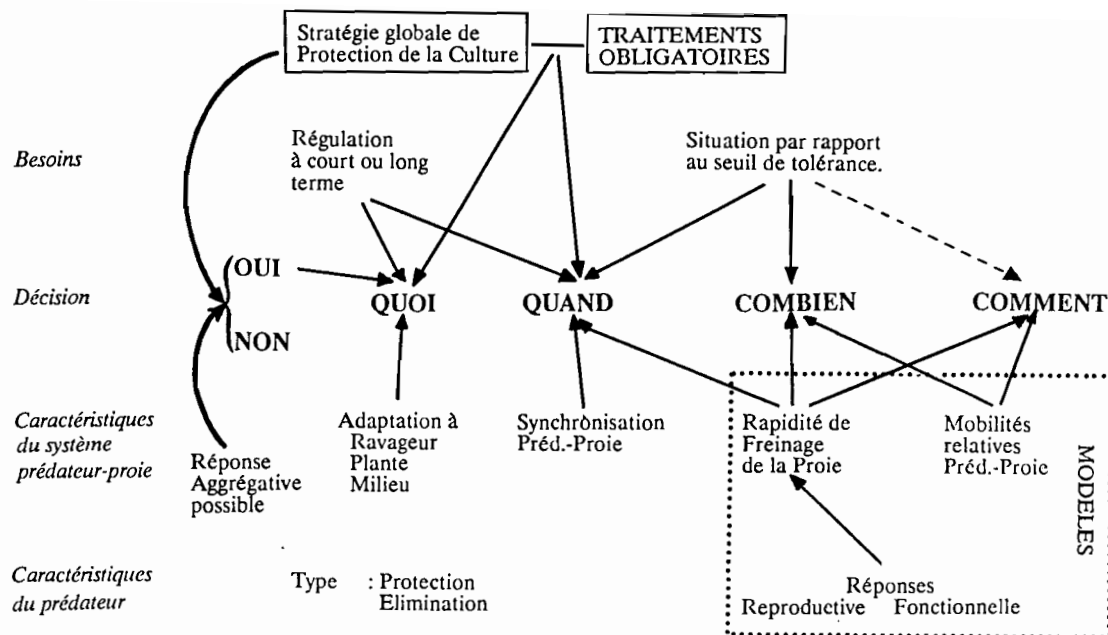


fig. 1 : Eléments de décision pour un lâcher d'auxiliaires.

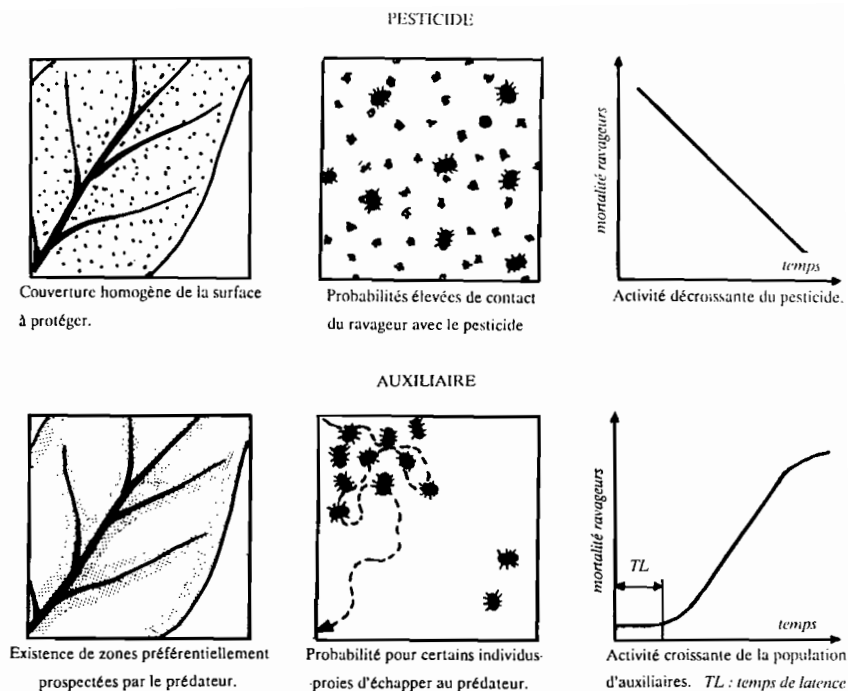


fig. 2 : Comparaison du mode d'action d'un auxiliaire et d'un pesticide.

22 - Le lâcher d'auxiliaires est-il justifié?

Le premier problème consiste donc à savoir si, compte tenu de la situation de la culture par rapport au seuil de tolérance, on doit envisager un contrôle à court terme ou une régulation à terme plus éloigné. Le 1^{er} ne peut être obtenu que par des lâchers importants de prédateurs de nettoyage ou de haute densité alors que la 2^{ème} peut se contenter d'effectifs plus réduits et être assurée par des espèces dites de protection ou de basse densité. Dans ce dernier cas il faut aussi se demander si l'opération projetée peut avoir un effet perceptible, c'est à dire si l'apport artificiel a une importance significative par rapport à la population d'auxiliaires existant dans l'environnement et qui vont coloniser plus ou moins vite la parcelle (réponse aggrégative). Il est évident que le lâcher peut hâter le processus sans que l'effet final de régulation soit en relation avec la quantité ou même l'espèce introduite.

Enfin le choix d'une stratégie à long terme suppose de bien apprécier les possibilités de maintien de l'auxiliaire dans la culture malgré les variations de populations de la ou des proies présentes, les divers aléas climatiques ou liés aux pratiques culturales, notamment les traitements phytosanitaires, mais aussi la compétition avec les espèces en place. Ainsi McMURTRY (1982) constate que sur le nombre relativement important d'espèces introduites dans les vergers californiens d'agrumes, peu se sont maintenues. Par contre, l'introduction de *P. persimilis* en Californie et en Nouvelle Calédonie de même que les lâchers de populations résistantes de typhlodromes en Amérique et en Europe ont été des succès.

23 - Le choix des auxiliaires:

Il est fondé en partie sur un certain nombre de paramètres biologiques définis en laboratoire: vitesse de développement, longévité, fécondité, voracité en fonction de la température et de l'alimentation, résistance au jeûne, polyphagie, sensibilité aux pesticides. Ces données ont été présentées pour les différents groupes d'auxiliaires acariphages et peuvent être trouvées de façon très détaillée dans divers articles de l'ouvrage de HELLE et SABELIS (1985). Mais elles ne sont connues de façon précise que pour un petit nombre d'espèces.

Il faut aussi tenir compte du comportement: capacité de dispersion, coïncidence dans l'espace avec la proie, préférence pour des strates, les différents *preferendum* (température, hygrométrie, lumière),... Ainsi a-t-on observé des échecs de lâchers de coccinelles en serre parce que les adultes se retrouvaient très rapidement sur le vitrage. De même, en Californie, l'introduction de *Stethorus picipes* Casey en verger d'avocats fut sans lendemain parce que les adultes ont rapidement quitté la culture pour des raisons inconnues (McMURTRY *et al.*, 1969).

Mais il faut reconnaître que le choix reste largement conditionné au fond par le nombre toujours limité d'espèces disponibles.

24 - Le problème des seuils de tolérance:

La nécessité de relever les seuils de tolérance dans le cadre de la lutte biologique a été évoquée par BAILLOD (1986) qui signale qu'au Sud des Alpes certains expérimentateurs y seraient favorables. La question est délicate et dépend des productions considérées en particulier selon que la croissance du végétal s'arrête en été (arbres fruitiers) ou continue (vigne).

Le pommier est une des cultures pour lesquelles on a le plus d'expérience: Il est vrai qu'il peut supporter temporairement des densités d'acariens très supérieures aux seuils sans conséquences graves pour la récolte, mais pratiquement toutes les expérimentations ont montré une influence appréciable des attaques sur la production dès que les pullulations dépassent pendant plus d'une semaine les valeurs admises et surtout si cela se produit tôt en saison (HOYT *et al.*, 1979).

Il faut admettre que pour le moment rien ne prouve que ce relèvement soit systématiquement nécessaire excepté dans le cas où l'on utilise des prédateurs haute densité comme *A. fallacis* (MEYER, 1974) ou les insectes auxiliaires comme la coccinelle *Stethorus punctillum* Weise et les anthorcorides (OBERHOFER et WALDNER, 1986). Dans diverses expériences de contrôle naturel de *P. ulmi* comme par exemple celles de BOSCHERI et VAN ARNHEM (1984), DUVERNAY (1985), MORI (1985), l'activité des prédateurs a maintenu les populations en deça des limites usuelles. Il apparaît d'ailleurs que les producteurs américains sont très réticents devant la nécessité d'accepter un certain bronzage des arbres et accordent alors peu d'intérêt à la présence d'*A. fallacis* (CROFT *et al.*, 1987).

OBERHOFER et WALDNER (1986) indiquent qu'au Tyrol il est possible de tolérer des sommes de 500 à 600 acariens x jours par saison, ce qui entraîne quelque bronzage des feuilles mais pas de pertes à la récolte. On peut supposer que les conditions de croissance des arbres interviennent car on sait qu'ils supportent mieux les attaques d'acariens lorsqu'ils sont bien irrigués.

En vignoble DUSO (1985) montre aussi que le relèvement du seuil permet une attraction plus importante des auxiliaires, notamment des anthorcorides, et que cela se traduit par une économie considérable de traitements sans que le feuillage soit bronzé.

Si l'on envisage de laisser les prédateurs jouer un plus grand rôle, la notion de seuil doit certainement être considérée avec plus de souplesse en tolérant certains dépassements dans l'attente d'un rétablissement de l'équilibre prédateur/proie. Une intervention acaricide prématurée pourrait en effet compromettre la survie de l'auxiliaire. De ce point de vue, l'appréciation des seuils de tolérance en acariens*jours est peut-être mieux adaptée.

25 - Aides à la décision: Diagrammes et Modèles:

Pendant la période qui correspond au temps de latence et à la 1^{ère} phase de multiplication de l'auxiliaire, la population du ravageur continue d'augmenter et peut éventuellement atteindre voire dépasser le seuil de tolérance. L'appréciation de ce risque est donc nécessaire et d'autant plus délicate que l'on envisage un terme éloigné. Ceci est possible par des moyens simples comme les diagrammes établis pour quelques espèces (CROFT et

NELSON, 1972 ; GENINI et BAILLOD, 1987 ; MOWERY *et al.*, 1975 ; SOLOMON, 1986) (fig. 3) ou par les techniques modernes de simulation sur ordinateur. Les premiers permettent simplement de savoir si l'on se trouve en présence de rapports proie/prédateur satisfaisants. En cas de doute un nouveau contrôle doit intervenir après quelques jours. Les modèles cherchent à donner des prévisions plus précises en prenant en compte simultanément la température, la croissance de la plante et les densités des 2 antagonistes. Il en existe maintenant un assez grand nombre pour les phytoséides et ils se perfectionnent sans cesse (cf BAUMGARTNER *et al.*, 1988, LOGAN 1982)

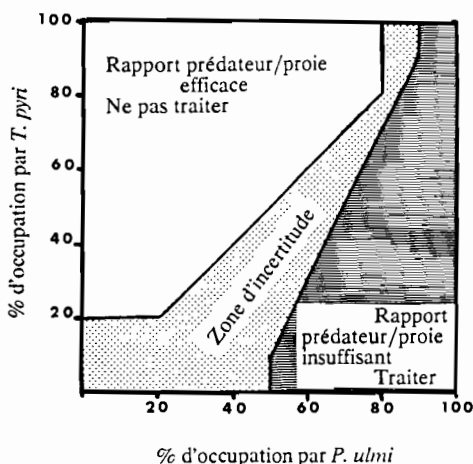


fig. 3 : Diagramme prévisionnel d'interactions entre *Typhlodromus pyri* et *Panonychus ulmi* en vergers de pommiers d'après GENINI et BAILLOD (1987).

26 - Mesures d'accompagnement:

On sait depuis longtemps que la disparition des auxiliaires acariphages et notamment des typhlodromes est liée à l'utilisation intensive des produits phytosanitaires. Après la mise en cause de la plupart des insecticides classiques, les fongicides sont maintenant incriminés (BAILLOD, 1986 ; FAUVEL et REBOULET, 1989). L'établissement d'une lutte biologique implique donc de reconsidérer la stratégie globale de protection de la culture et de choisir des produits ou des méthodes peu nocifs pour ces auxiliaires.

Lorsqu'on fait appel à des populations résistantes de typhlodromes il est possible de ne pas modifier radicalement les programmes car les traitements

maintiennent un bon niveau de tolérance et évitent à la fois un affaiblissement par le croisement avec des populations locales sensibles et la compétition avec celles-ci. Ils peuvent également éviter le comportement hyperprédateur des insectes auxiliaires.

D'autres précautions sont parfois nécessaires pour assurer la survie de l'auxiliaire introduit: Si l'on a affaire à un prédateur spécifique comme *P. persimilis* et sensible au jeûne, il peut être nécessaire de réintroduire un petit nombre de proies pour éviter l'élimination complète de celles-ci suivie de la disparition de l'auxiliaire à brève échéance.

Par ailleurs comme on connaît la grande sensibilité des Phytoséiides à l'hygrométrie, il sera souvent utile de relever celle-ci en serre (PRALAVORIO *et al.*, 1983) et peut-être aussi en verger par des arrosages sur frondaison.

Enfin des interventions acaricides sont parfois utiles pour ralentir la multiplication de la proie avant le lâcher (COLLYER et VAN GELDERMALSEN, 1975 ; PENMAN *et al.*, 1979 ; BAILLOD, 1986) ou à dose réduite pour maintenir de bons rapports numériques prédateur/proie.

3 - Résultats obtenus dans quelques cas types:

L'analyse de différentes réalisations de lutte biologique permet de voir les possibilités des prédateurs seuls ou associés et les conditions d'obtention de situations stables. On peut les regrouper en 4 grands types en fonction du nombre de proies et d'auxiliaires intervenant bien qu'il faille parfois faire une différence selon qu'il s'agit de prédateurs de haute ou de basse densité. Naturellement les cas les plus complexes s'apparentent à la lutte intégrée classique. Il faut tenir compte de ce que la présentation faite ici se réfère aux résultats publiés et que l'on peut craindre que les expérimentateurs, notamment en plein champ, aient parfois négligé la présence de certains éléments peu nombreux mais importants pour la régulation de sorte que le cas présenté s'apparenterait dans la réalité à un cas plus complexe

31 - Une proie et un prédateur:

C'est la situation la plus simple que l'on rencontre notamment avec le système *P. persimilis* / *Tetranychus* spp. en serre ou en plein champ sur cultures annuelles. C'est pourquoi elle a été l'objet de nombreuses expériences. Les tentatives faites avec *T. occidentalis* dans les mêmes conditions et aussi les lâchers de *S. picipes* en vergers d'avocats californiens (McMURTRY *et al.*, 1969) peuvent être mis dans ce type. Elle doit cependant être relativement rare en cultures pérennes car la longue période de présence de celles-ci et la pression de recolonisation exercée par l'environnement conduisent nécessairement à la transformation dans l'un des cas suivants.

On remarque que le système n'est pas naturellement stable sur une longue période, notamment quand il repose sur des espèces de haute densité. En effet elles peuvent éliminer rapidement la proie et disparaissent à leur tour du fait de leur régime strictement carnassier. Une réapparition ultérieure du ravageur ne rencontre plus d'obstacle et le système est sujet à de grandes fluctuations. Celles-ci semblent anarchiques dans le cas de *P. persimilis* mais plus cycliques avec *T. occidentalis* (LAING et HUFFAKER, 1969 ; HOYT,

1969) et PENMAN *et al.* (1979) font état de bons résultats obtenus en pratique avec ce dernier sur fraisier.

En plein champ, les interactions entre *P. persimilis* et les tétranyques peuvent être plus stables sans doute grâce au rôle de réservoir que peuvent jouer les plantes spontanées comme en témoignent les observations de COCHEREAU (1976) ou McMURTRY *et al.* (1978).

Avec une espèce du type basse densité comme *T. pyri* qui peut subsister et même se multiplier sur des alimentations végétales, la régulation peut être encore plus stable si les conditions de milieu sont favorables. Dans une synthèse sur les acariens du pommier, VAN DE VRIE (1985) rappelle que diverses expérimentations ont démontré la capacité de cette espèce à réguler seule *P. ulmi*. Cet équilibre est cependant sensible aux perturbations résultant des traitements même avec des produits auxquels la population utilisée est censée résister (PENMAN *et al.*, 1979).

Ces systèmes demandent donc une surveillance fréquente car il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des traitements acaricides correctifs à dose réduite, de réintroduire le prédateur et même parfois en serre la proie pour éviter la disparition de celui-ci. On peut aussi réaliser une diffusion constante des auxiliaires à partir de plantes réservoirs mais le procédé est encore au stade expérimental.

32 - Une espèce-proie et plusieurs prédateurs.

Un tel système se rencontre fréquemment en cultures annuelles où l'invasion par les tétranyques est généralement suivie par l'arrivée massive des auxiliaires, mais il apparaît rarement en cultures pérennes car celles-ci hébergent très fréquemment d'autres proies (ériophyes, acariens détritophages,...). Il peut alors représenter une phase transitoire dans le passage d'un état de protection chimique intensive avec des matières actives polyvalentes et une acarocénose très simplifiée vers une lutte sélective utilisant des procédés ou produits biologiques et conduisant à une faune complexe. Il sera donc possible de juger l'efficacité immédiate de l'ensemble des prédateurs mais beaucoup moins sa stabilité à long terme sauf cas particulier.

On admet généralement que l'action synergique des différents prédateurs, entre autres les insectes, assure une régulation plus efficace et plus rapide des tétranyques. Ainsi a-t-on souligné le bénéfice de la prédation conjointe des phytoséiides et des *Scolothrips* sur fraisier (OATMAN *et al.*, 1967) ou sur amandier (HOY, 1985) ou encore sur soja et vigne d'après des observations personnelles. Il en est de même avec les *Stethorus* sur pommier (BOSCHERI et VAN ARNHEM, 1984) ou sur avocatier (McMURTRY, 1985).

Les systèmes dans lesquels interviennent les insectes prédateurs ne se prêtent guère à l'analyse de leur stabilité car l'environnement joue un rôle trop important dans la dynamique des populations de ces auxiliaires. Quelques observations font penser que la stabilité des interactions n'est pas forcément assurée lorsque les espèces partagent la même niche écologique. Ainsi,

considérant le manque de stabilité à long terme de la régulation des tétranyques par *P. persimilis*, LAING et HUFFAKER (1969) ont tenté d'y associer *T. occidentalis*. Ils ont constaté que le système restait instable car l'espèce qui se développe la première, élimine l'autre par compétition. On peut

rapprocher les observations de PENMAN *et al.* (1979) qui constatent que sur pommier *A. fallacis* ne s'installe pas lorsque *T. pyri* est présent. Nous sommes donc amenés à conclure que dans beaucoup de cas ce système n'est pas stable et tend à évoluer soit vers le précédent en se simplifiant soit au contraire vers le cas le plus complexe.

33 - Différentes espèces de proies - 1 prédateur.

Comme le suivant, ce type d'interaction est plus caractéristique des cultures pérennes. Il correspond notamment à l'utilisation des populations de typhlodromes résistants aux esters phosphoriques dans le cadre d'un programme classique de lutte chimique.

Même avec un auxiliaire polyphage ce système peut être stable ou non en fonction des préférences alimentaires de celui-ci et de la dynamique respective des populations des différentes proies. Les cas les plus fréquents sont ceux où l'on a simultanément des espèces mineures (ériophyides, tydèides, tarsonèmes,...) en présence de tétranyques. Mais on peut aussi se trouver en présence de 2 tétranychides et cela pose le problème de l'adaptation du prédateur aux variations de leurs rapports numériques.

Une première démonstration remarquable de l'effet favorable de la présence de proies accessoires sur le contrôle de *P. ulmi* a été présentée par COLLYER (1964) avec *T. pyri* sur prunier. Lorsque l'ériophyide *Aculus fockeui* Nal. et Trou. est présent, les effectifs du prédateur sont multipliés par 3 et la population de *P. ulmi* est bien contrôlée. HOYT et CALTAGIRONE (1971) indiquent une situation analogue sur pêcher avec *T. occidentalis* et le couple *Aculus cornutus* Bks. - *P. ulmi*.

En vignoble, les tydèides joueraient un rôle analogue (FLAHERTY et HOY, 1971).

Dans le cas où l'on a affaire à 2 espèces de tétranyques les conséquences peuvent être différentes. Un contrôle plus efficace de *Tetranychus pacificus* McGr. par *T. occidentalis* sur les vignes californiennes a été observé quand *Eotetranychus willamettei* Ewing est présent car ce dernier permet le maintien de populations nombreuses de typhlodromes au printemps et à l'automne. Dans le cas contraire, le temps de latence de *T. occidentalis* augmente et le contrôle devient instable (McMURTRY, 1982).

Sur noyer, McMURTRY et FLAHERTY (1977) ont suggéré que *P. ulmi* jouerait un rôle analogue parce qu'il apparaît tôt au printemps et permettrait aux populations de *T. occidentalis* d'atteindre un haut niveau avant l'apparition des tétranyques communs en été.

La présence simultanée de plusieurs proies peut cependant ne pas avoir d'effet ou même des conséquences défavorables: COLLYER (1964) montre que dans le cas d'espèces comme *Amblyseius finlandicus* qui préfèrent les ériophyides, la présence de cette proie tend à diminuer l'activité prédatrice vis à vis de *P. ulmi* au moins au départ. De leur côté PENMAN *et al.* (1979) obtiennent des résultats insuffisants dans le lâcher d'*Amblyseius fallacis* sur des populations en mélange de *P. ulmi* et *T. urticae* s'ils ne prennent pas la précaution de freiner le développement de la dernière par un traitement acaricide. Les raisons apparaissent complexes et l'absence d'ériophyides

pourrait être l'une des causes, l'autre étant la préférence du prédateur pour les tétranyques communs.

Donc d'une façon générale en présence d'une gamme suffisamment étendue de proies, le système s'avère relativement stable comme en témoigne la réussite de la lutte utilisant les souches résistantes de typhlodromes.

34 - Plusieurs proies et plusieurs prédateurs.

C'est la situation que l'on rencontre le plus communément en cultures pérennes (vigne, arbres fruitiers). Un nombre considérable de travaux dans toutes les régions du monde montre que lorsqu'on laisse une faune diversifiée se reconstituer, les problèmes posés par les tétranyques régressent rapidement et de façon durable. On peut donc considérer que l'on a un système très stable dont on pourrait attendre une régulation parfaite à l'instar de ce qui se passe en milieu naturel.

La situation n'est pas si simple cependant et montre que l'on connaît sans doute mal le comportement des prédateurs en présence de différentes proies offertes simultanément. En effet en Grande Bretagne par exemple on a observé le retour des populations d'ériophyides sur pommier à des niveaux gênants de sorte que le contrôle naturel semble imparfait (EASTERBROOK et FULLER, 1986). De même en France, sur des variétés résistantes à la tavelure et avec l'emploi de produits très spécifiques contre les ravageurs majeurs, on a vu réapparaître une espèce jusque là quasi inexistante et qui a nécessité un traitement acaricide (FAUVEL *et al.*, 1988). Si l'on se place dans le cas d'arbres abandonnés de tels phénomènes ne se rencontrent probablement que très rarement car la faune prédatrice y est très diversifiée mais nos cultures sont encore très éloignées de ce stade même lorsqu'elles sont soumises à des programmes très allégés et sélectifs. Le problème est donc de savoir si on peut et jusqu'à quel point pousser la reconstitution des équilibres naturels.

4 - Conclusions

Parmi les différentes méthodes de lutte biologique essayées contre les acariens phytophages, l'utilisation des auxiliaires et notamment des acariens phytoséiides restera encore longtemps la pièce maîtresse aussi bien en cultures protégées avec *P. persimilis* qu'en plein air avec les autres espèces. En effet le développement de nos connaissances permettra d'élargir l'éventail des espèces disponibles, de mieux les utiliser et les travaux actuels montrent la possibilité d'améliorer leur tolérance aux pesticides.

L'expansion de l'utilisation des prédateurs est favorisée par l'évolution continue de l'ensemble de la lutte phytosanitaire vers une protection intégrée. Comme le souligne MILAIRE (1986): "Le passage graduel de des systèmes plus élaborés (...) semble irréversible tant cette démarche apparaît comme étant la **voie raisonnable et pragmatique** pour parvenir à une **gestion de la protection des cultures sur des bases écologiques**." Il faut ajouter que les exigences des consommateurs concernant l'absence de résidus dans le produit final pèsent aussi fortement. Cette évolution est déjà avancée dans certains pays (Suisse, Italie du Nord) et se traduit par l'apparition spontanée de populations résistantes qui amplifie l'effet des introductions manuelles.

Les possibilités de la lutte microbiologique semblent pour le moment limitées et il faudra d'importantes recherches de base avant de pouvoir les exploiter. Ces agents pathogènes représentent cependant des solutions potentielles à des problèmes dans lesquels l'action des auxiliaires serait insuffisamment efficace.

La résistance des plantes est une voie intéressante qui peut d'ailleurs venir en complément des autres. Les résultats obtenus pour certaines productions peuvent déboucher sur des applications pratiques dans quelques années mais il est évident que sauf cas particulier des ériophyides et des tarsonèmes, le comportement de la variété vis à vis des acariens n'est pas le critère essentiel et qu'on cherche d'abord des résistances aux maladies et aux ravageurs majeurs. De plus les sélections retenues doivent présenter de bonnes caractéristiques agronomiques et organoleptiques. Aussi est-il difficile de prédire quand ces nouvelles variétés multirésistantes viendront sur le marché même pour les espèces où les travaux sont les plus avancés.

BIBLIOGRAPHIE.

- BAILLOD M., 1986 - Régulation naturelle des tétranyques en vergers de pommiers et perspectives actuelles de lutte biologique à l'aide d'acariens prédateurs phytoséiides. Bull. OILB/SROP IX-3-1986, 5-16
- BAUMGARTNER J., GUTIERREZ A.P., KLAY A., 1988 - Elements for modelling the dynamics of tritrophic population interactions. Exp. Appl. Acarol., 5, 248-263
- BIELAK B., DABROWSKI Z.T., 1985 - Techniques and methods used in studies of resistance to *Panonychus ulmi* in apple varieties. Insect Science and Appl., 6, 473-478
- BOSCHERI S., VAN ARNHEM T., 1984 - Un anno senza acaricidi al Centro Sperimentale di Laimburg. Riv. Frutticoltura, 5, 39-42
- BRANDENBURG R.L., KENNEDY G.G., 1981 - Overwintering of the pathogen *Entomophthora floridana* and its host, the two-spotted spider mite. J. econ. Entomol., 74, 428-431
- CABRERA I., 1977 - Estudio en Cuba del *Hirsutella thompsonii* Fisher. Control biologico del acaro del moho (*Phyllocoptiruta oleivora*, Ashm.). Agrotecnica de Cuba, 9, 3-11
- CABRERA R.I., CACERES I., DOMINGUEZ D., 1987 - Estudio de dos especies de *Hirsutella* y sus hospedantes en el cultivo de la guayaba, *Psidium guajava*. Agrotecnica de Cuba, 19, 29-34

- CARNER G.R., CANERDAY T.D., 1970 - *Entomophthora* sp. as a factor in the regulation of the two-spotted spider mite on cotton. J. econ. Entomol., 63, 638-640
- CHEN D.M., CHEN W.M., LI C.J., 1987 - (Studies of controlling *Phyllocoptruta oleivora* with *Hirsutella thompsonii*). Natural Enemies of Insects, 9, 13-16
- COCHEREAU P., 1976 - Contrôle biologique en Nouvelle Calédonie de *Tetranychus urticae* (Acarien: Tetranychidae) au moyen de *Phytoseiulus persimilis* (Acarien: Phytoseiidae) en cultures maraichères. Entomophaga, 21, 151-156
- COLBURN R.B., 1972 - The predator *Stethorus punctum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its relationship to *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). Dissert. Abstr. Intern., ser. B, 32, 11, 6452-6453
- COLLYER E., 1964 - Effect of an alternative food supply on the relationship between two *Typhlodromus* species and *Panonychus ulmi* Koch (Acarina). Entomol. exp. appl., 7, 120-124
- COLLYER E., VAN GELDERMALSEN M., 1975 - Integrated control of apple pests in New Zealand. 1. Outline of experiment and general results. N.Z. J. Zool., 2, 101-134
- CROFT B.A., McMURTRY J.A., 1972 - Minimum releases of *Typhlodromus occidentalis* to control *Tetranychus mcdanieli* on apple. J. econ. Entomol., 65, 188-191
- CROFT B.A., NELSON E.E., 1972 - An index to predict efficient interactions of *Typhlodromus occidentalis* in control of *Tetranychus mcdanieli* in Southern California. J. econ. Entomol., 65, 310-312
- CROFT B.A., HOYT S.C., WESTIGARD P.H., 1987 - Spider mite management on pome fruits, revisited: Organotin and acaricide resistance management. J. econ. Entomol., 80, 304-311
- DASH A.N., DIKSHIT U.N., 1982 - Sources of resistance in jute germplasm against yellow mite (*Hemitarsonemus latus*). Ind. J. Genet. Plant Breed., 42, 87-91
- DELRIO G., 1985 - Studies on citrus red mite in Sardinia. in Integrated pest control in citrus-groves, Expert's meeting, Acireale, Italy, march 26-29, 1985, CAVALLORO R., di MARTINO E. éd., Balkema A.A. publ., Rotterdam, Boston, 189-198

- DE PONTI O.M.B., 1977 - Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch. 1. The role of plant breeding in integrated control. *Euphytica*, 26, 633-640
- DE PONTI O.M.B., 1978 - Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch. 4. The genuineness of the resistance. *Euphytica*, 27, 435-439
- DE PONTI O.M.B., 1979 - Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch. 5. Raising the resistance level by the exploitation of transgression. *Euphytica*, 28, 569-577
- DE PONTI O.M.B., 1985 - Host plant resistance and its manipulation through plant breeding. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 395-403
- DUSO C., 1985 - Comparison of two control strategies of *Panonychus ulmi* (Koch) on vineyards. in Integrated Pest Control in Viticulture, CAVALLORO R. éd., Balkema A.A. publ., Rotterdam, Brookfield, 217-225
- DUVERNAY C., 1985 - Lotta antiparassitaria e sviluppo dei fitoseidi sul melo in Valle d'Aosta. in Influenza degli antiparassitari sulla fauna utile in frutticoltura. MORI P. coord., Atti del Convegno Verona-Venezia 29-31 maggio 1985, Novastampa di Verona, 87-95
- EASTERBROOK M.A., FULLER M.M., 1986 - Russetting of apples caused by apple rust mite *Aculus schlechtendali* (Acarina: Eriophyidae). *Ann. appl. Biol.*, 109, 1-9
- ESPINOSA BECERRIL A., CARRILLO SANCHEZ J.L., 1986 - El hongo *Hirsutella thompsonii* Fisher en el control del eriofid del cocotero *Eriophyes guerreronis* (Keifer). *Agric. Técnica en Mexico*, 12, 319-323
- FAUVEL G., REBOULET J.N., 1989 - Programme expérimental quinquennal en verger de pommiers: Acarocénose, faune auxiliaire acarophage et lutte contre les acariens phytophages. *Arboric. fruit.*, 420, 50-56
- FAUVEL G., MARBOUTIE G., COTTON D., 1988 - Evolution des acariens dans une parcelle de pommiers résistants à la tavelure et conduits en protection intégrée de 1983 à 1987: Un cas de résurgence de *Tetranychus viennensis* Zacher. *Défense des Végétaux*, 249/250, 1-4

- FELDMANN A. M., 1985 - The case for genetic control of spider mites. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 433-441
- FERRON P., 1985 - Lutte biologique contre les ravageurs des cultures: Bilan et perspectives. in L'emploi d'ennemis naturels dans la protection des cultures. Coll. INRA n°34, INRA éd., 147 rue de l'Université, Paris, 11-14
- FLAHERTY D., HOY M.A., 1971 - Biological control of Pacific Mites and Willamette mites in San Joaquin Valley vineyards. III. Role of tydeid mites. Res. Popul. Ecol., 13, 80-96
- FLAHERTY D., LYNN C., GENSEN F., HOY M., 1972 - Correcting imbalances of spider mite populations in southern San Joaquin vineyards. Calif. Agric., 26, 10-12
- FOURNIER D., MILLOT P., PRALAVORIO M., 1985 a - Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. Entomol. exp. appl., 38, 97-100
- FOURNIER D., PRALAVORIO M., BERGE J.B., CUANY A., 1985 b - Pesticide resistance in Phytoseiidae. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 423-432
- FRITZSCHE R., WOLFFGANG H., REISS E., Susanne THIELE, 1980 - Untersuchungen zu den Ursachen sortenbedingter Befallunterschiede von Apfelbäumen mit *Oligonychus ulmi* Koch. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz, 16, 193-198
- GENINI M., BAILLOD M., 1987 - Introduction de souches résistantes de *Typhlodromus pyri* (Scheuten) et *Amblyseius andersoni* Chant (Acari: Phytoseiidae) en vergers de pommiers. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic., 19, 115-123
- GIBSON R.W., 1979 - The geographical distribution, inheritance and pest-resisting properties of sticky-tipped foliar hairs on potato species. Potato Res., 22, 223-236
- GOONEWARDENE H.F., KWOLEK W.F., 1984 -Evaluation of parental cultivars, from the pedigrees of apple clones with the cultivar Sonora as an ancestor, for European Red Mite (Acari: Tetranychidae) preference. J. econ. Entomol., 77, 88-90
- GOULD H.J., 1971 - Large-scale trials of an integrated control programme for cucumber pests on commercial nurseries. Plant Pathol., 20, 149-156

- GOULD F., 1978 - Resistance of cucumber varieties to **Tetranychus urticae**: Genetic and environmental determinants. J. econ. Entomol., 71, 680-683
- GOULD F., 1979 - Rapid host range evolution in a population of the phytophagous mite **Tetranychus urticae** Koch. Evolution, 33, 791-802
- GUNSON F.A., HUTCHINS R.F.N., 1982 - Absence of farnesol in stawberry and hop foliage. J. Chem. Ecol., 8, 785-796
- HARVEY T.L., MARTIN T.J., 1980 - Effects of wheat pubescence on infestation of wheat curl mite and incidence of wheat streak mosaic virus. J. econ. Entomol., 73, 225-227
- HELLE W., SABELIS M.W., 1985 - Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, World Crop Pests, W. HELLE éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 458 p.
- HOY M.A., 1985 - Control of Tetranychidae in crops: Almonds (California). in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 299-310
- HOY M.A., CASTRO D., CAHN D., 1982 - Two methods for large scale production of pesticide-resistant strains of the spider mite predator **Metaseiulus occidentalis** (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae). Z. angew. Entomol., 94, 1-9
- HOY M.A., GROOT R., VAN DE BAAN H.E., 1985 - Influence of aerial dispersal on persistence and spread of pesticide-resistant **Metaseiulus occidentalis** in California almond orchards. Entomol. exp. appl., 37, 17-31
- HOYT S.C., 1969 - Integrated chemical control of insects and biological control of mites on apple in Washington. J. econ. Entomol., 62, 74-86
- HOYT S.C., CALTAGIRONE L.E., 1971 - The developing programs of integrated control of pests in Washington and peaches in California. in Biological Control, HUFFAKER C.B. éd., Plenum Press ,N.Y., 395-421
- HOYT S.C., TANIGOSHI L.K., BROWNE R.W., 1979 - Economic injury level in relation to mites on apple. in Recent Adv. Acarol., RODRIGUEZ J.G. éd., Acad. Press, New York, San Francisco, London, vol. 1, 3-12
- HUGON R., 1986 - Une acariose sur agrumes aux Antilles due à **Polyphagotarsonemus latus** Banks. B.T.I., 409/411, 463-467

- HUMBER R.A., MORAES G.J., DOS SANTOS J.M., 1981 - Natural infection of *Tetranychus evansi* (Acarina: Tetranychidae) by a *Triplosporium* sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) in northeastern Brazil. *Entomophaga*, 26, 421-425
- KEEP E., 1985 - Resistance to the gall mite and american gooseberry mildew in black currants in relation to season of leafing out. *Euphytica*, 34, 509-519
- KINN D.N., DOUTT R.L., 1972 - Natural control of spider mites on wine grape varieties in northern California. *Environ Entomol.*, 1, 513-518
- KNIGHT E., 1981 - Screening black currants for resistance to the gall mite *Cecidophyopsis ribis* (Westw.). *Bull. SROP/WPRS* 4, 89-93
- LAING J.E., HUFFAKER C.B., 1969 - Comparative studies of predation by *Phytoseiulus persimilis* Athias - Henriot and *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae) on populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Res. Popul. Ecol.*, 11, 105-126
- LARSON K.C., BERRY R.E., 1984 - Influence of peppermint phenolics and monoterpenes on twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Environ Entomol.*, 13, 282-285
- LEGOWSKI T.J., 1966 - Experiments on predator control of the glasshouse red spider mite on cucumbers. *Plant Pathol.*, 15, 34-41
- LOGAN J.A., 1982 - Recent advances and new directions in Phytoseiid populations models. in *Recent Advances in Knowledge of the Phytoseiidae*, HOY M.A. éd., Univ. Calif. publ. n° 328 4, 49-71
- Mc COY C.W., SEELHIME A.G., KANAVEL R.F., 1971 - Suppression of citrus red mite populations with application of fragmented mycelia of *Hirsutella thompsonii*. *J. Inverteb. Pathol.*, 17, 270-273
- McMURTRY J.A., OATMAN E.R., PHILLIPS P.H., WOOD G.W. 1978 - Establishment of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in southern California. *Entomophaga*, 23, 175-179
- McMURTRY J.A., 1982 - The use of Phytoseiids for Biological Control: Progress and Future Prospects. in *Recent Advances in Knowledge of the Phytoseiidae*, HOY M.A. éd., Univ. Calif. publ. n° 328 4, 23-48
- McMURTRY J.A., 1985 - Control of Tetranychidae in crops: Avocado. in *Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control*, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 327-332

- McMURTRY J.A., FLAHERTY D.L., 1977 - An ecological study of phytoseiid and tetranychid mites on walnut in Tulare County, California. *Environ Entomol.*, 6, 287-292
- McMURTRY J.A., JOHNSON H.G., SCRIVEN G.T., 1969 - Experiments to determine effects of mass releases of *Stethorus picipes* on the level of infestation of the Avocado Brown Mite. *J. econ. Entomol.* 62, 1216-1221
- McMURTRY J.A., SHAW J.G., JOHNSON H.G., 1979 - Citrus red mite populations in relation to virus disease and predaceous mites in southern California. *Environ Entomol.*, 8, 160-164
- McMURTRY J.A., OATMAN E.R., PHILLIPS P.H., WOOD G.W., 1978 - Establishment of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in southern California. *Entomophaga*, 23, 175-179
- MARIAU D., 1986 - Comportement de *Eriophyes guerreronis* Keifer à l'égard de différentes variétés de cocotiers. *Oléagineux*, 41, 499-505
- MEYER R.H., 1974 - Management of phytophagous and predatory mites in Illinois orchards. *Environ Entomol.*, 3, 333-340
- MILAIRE H.G., 1986 - La lutte intégrée en cultures fruitières. in Coll. nat. "Mode d'action et utilisation des insecticides: insectes-insecticides-santé" U.E.R. Sc. médic. et Pharmac., (Angers, 19-22 nov. 1985) ACTA éd., 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12, 499-518
- MORI P., 1985 - Effetto di alcuni fungicidi usati per la ticchiolatura del melo sugli acari predatori del ragno rosso. in *Influenzaa degli antiparassitari sulla fauna utile in frutticoltura*. MORI P. coord. Atti del Convegno Verona-Venezia 29-31 maggio 1985, Novastampa di Verona, 63-72
- MOWERY P.D., ASQUITH D., BODE W.M., 1975 - Computer simulation for predicting the number of *Stethorus punctum* needed to control the European Red Mite in Pennsylvania apple trees. *J. econ. Entomol.*, 68, 250-254
- OATMAN E.R., McMURTRY J.A., SHOREY H.H., VOTH V., 1967 - Studies on integrating *Phytoseiulus persimilis* releases, chemical applications, cultural manipulations and natural predation for control of the two-spotted spider mite on strawberry in southern California. *J. econ. Entomol.*, 60, 1344-1351
- OBERHOFER H., WALDNER W., 1986 - Natural control of spider mites in the orchards of South Tyrol. *Bull. OILB/SROP*, IX-3-1986, 17-28

- OVERMEER W.P.J., 1985 - The Phytoseiidae: Techniques. Rearing and handling. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 161-170
- OVERMEER W.P.J., VAN ZON A.Q., 1973 - Studies on hybrid sterility of single, double and triple chromosome mutation heterozygotes of *Tetranychus urticae* with respect to genetic control of spider mites. Entomol. exp. appl., 16, 389-394
- PENMAN D.R., WEARING C.H., Elsie COLLYER, THOMAS W.P., 1979 - The role of insecticide-resistant Phytoseiids in Integrated Mite Control in New Zealand. in Recent Adv. Acarol. RODRÍGUEZ J.G. éd., Acad. Press, New York, San Francisco, London, vol. 1, 59-69
- PRALAVORIO M., FOURNIER D., MILLOT P., 1983 - Quelques données sur *Phytoseiulus persimilis* A.H. prédateur de tétranyques en serre. in Faune et flore auxiliaires en agriculture . ACTA éd., 149 rue de Bercy, 75595 Paris, 57-61
- PUTMAN W.L., 1970 - Occurrence of a virus disease of the European Red Mite, *Panonychus ulmi*. Can. Entomol., 102, 305-321
- RAMBIER A., 1974 - Relations entre les acariens nuisibles et leurs ennemis naturels. in Les organismes auxiliaires en verger de pommiers OILB/SROP Broch. n° 3, 107-109
- REGEV S., 1978 - Differences in farnesol content in stawberry varieties and their susceptibility to the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.) (Acari: Tetranychidae). Entomol. exp. appl., 24, 22-26
- REGEV S., 1979 - Some possible roles of farnesol and nerolidol in the biology of two tetranychid mites. in Recent Adv. Acarol., RODRIGUEZ J.G. éd., Acad. Press, New york, San Francisco, London, 1, 147-154
- REGEV S., CONE W.W., 1975 - Evidence of farnesol as a male sex attractant of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). Environ Entomol., 4, 307-311
- ROMBACH M.C., GILLESPIE A.T., 1988 - Entomogenous hyphomycètes for insect and mite control on greenhouse crops. Biocontrol News and Inform., 9, 7-18
- ROST I DIAZ L., SERRA I GIRONELLA J., VILAJELIU I SERRA M., 1988 - Estudi de l'acarofauna de pomeres a les comarques gironines i de la utilització dels acars depredadors de la família Phytoseiidae per al control de l'aranya roja *Panonychus ulmi* Koch. Monograf. Obra

agric. nº7 Fundacio Caixa Pensions "Mas Badia" éd., SP- La Tallada (Girona), 138 p.

- SABA F., 1971 - Population dynamics of some tetranychids in subtropical Florida. Proc. 3rd intern. Congr. Acarol. Prague, W. JUNK publ. The Hague, 237-240
- SABA F., 1974 - Life history and population dynamics of *Tetranychus tumidus* in Florida (Acarina: Tetranychidae); Fla Entomol., 57, 47-63
- SABELIS M.W., DICKE M., 1985 - The Phytoseiidae: Long-range dispersal and searching behaviour. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 141-160
- SHAW J.G., CHAMBERS D.L., TASHIRO H., 1968 - Introducing and establishing the non-inclusion virus of the citrus red mite in citrus groves. J. econ. Entomol., 61, 1352-1355
- SHAW J.G., REED D.K., STEWART J.R., GORDEN J.M., RICH J.E., 1971 - Mechanical collection of diseased citrus red mites as a method of providing inoculum. J. econ. Entomol., 64, 1223-1224
- SOLOMON M.G., 1986 - Natural control of red spider mite in English apple orchards. Bull. OILB/SROP IX-3-1986, 43-47
- SOLOMON M., FITZGERALD J.D., 1984 - Mass culture and introduction of OP-resistant *Typhlodromus pyri*. E. Mall. Res. Stn. Ann Rep. for 1983, 122-123
- SMITLEY D.R., BROOKS W.M., KENNEDY G.G., 1986 - Environmental effects on production of primary and secondary conidia, infection and pathogenesis of *Neozygites floridana*, a pathogen of the two spotted spider mite. J. Invert. Pathol., 47, 325-332
- THOMAS J.B., CONNER R.L., 1986 - Resistance to colonization by the Wheat Curl Mite in *Aegilops squarrosa* and its inheritance after transfer to common wheat. Crop Sci., 26, 527-530
- TRICHILO P.J., LEIGH T.F., 1985 - The use of life tables to assess varietal resistance of cotton to spider mites. Entomol. exp. appl., 39, 27-33
- TSINTSADZE K.V., ZIL'BERMINTS I.V., 1983 - (An entomopathogenic fungus against the spider mite). Zashch. Rast., 9, 28-29

- TULISALO U., 1984 - Biological and integrated control by chrysopids: Mass rearing techniques. in Biology of chrysopidae. CANARD M., SEMERIA Y., NEW T.R. éd., Dr W. JUNK publ., The Hague, Boston, Lancaster, 213-220
- VAN DE VRIE M., 1985 - Control of Tetranychidae in crops: Apple. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 311-325
- VAN DER GEEST L.P.S., 1985 - Pathogens of spider mites. in Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, 1B, HELLE W., SABELIS M.W. éd., Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 247-258
- VAN LENTEREN J.C., WOETS J., 1988 - Biological and integrated pest control in greenhouses. Ann. Rev. Entomol., 33, 239-269
- VILLALON B., DEAN H.A., 1974 - *Hirsutella thompsonii* a fungal parasite of the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* in the Rio Grande Valley of Texas. Entomophaga, 19, 431-436
- WALTERS P.J., 1974 - A method for culturing *Stethorus* spp (Coleoptera: Coccinellidae) on *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae). J. Austral. entomol. Soc., 13, 245-246
- WILSON F., HUFFAKER C.B., 1976 - The philosophy, scope and importance of biological control. in Theory and Practice of Biological Control, HUFFAKER C.B., MESSENGER P.S. éd., Acad. Press, New York, San Francisco, London, 3-15

PAYS	CULTURE	CONDITIONS	QUANTITE / m ² ou / plante	RAPPORT NUMERIQUE AVEC LA PROIE	AUTEURS
Bulgarie	concombre	serre		1/20 si 60-70 ac./F. ou 1/10 si 100 ac./f.	Atanasov 1974
Tchécoslovaquie	"	"	6/m ²		Skrobak 1976
Finlande	"	"	3,5/m ²		Markkula <u>et al.</u> 1972
Grande Bretagne	fraisier	serre	2 à 10/ pl.		Simmonds 1971
Grande Bretagne	"	tunnel plastique	2/pl.		Port et Srenseth 1981
Grande Bretagne	rosier	serre	2 à 10/pl. (niveau 5-7 ac./fo- -liole)		Simmonds 1972
France	rosier, fraisier, aubergine	serre		1/4 1/4 1/5 à 1/10	Pralavorio <u>et al.</u> 1975
USA	rosier, dieffenbachia, schleffera, dracoena	serre	4 à 10/pl. (niveau 4-6 ac./fo- -liole ou pour 10 cm de feuille).		Hamlen et Lindquist 1981
Crete	aubergine melon	tunnel plasti- -que	16/m ² 12/m ²		Papadiki <u>et al.</u> 1986
Sicile	rosier, melon, poivron, fraisier	serre	1 ou 2/pl.		Vacante 1986
USA Californie	fraisier	plein champ	40/m ² 5 à 10/pl. (niveau 1 ac./fo- -liole)		Oatman <u>et al.</u> 1976

Tableau 1: Quantités de *Phytoseiulus persimilis* introduites en fonction de différentes conditions et méthodes d'estimation.

Fauvel G. (1989).

Lutte biologique contre les acariens phytophages.

In : Comptes-rendus du colloque : "Acariens des cultures". Montpellier : ANPP ; ENSAM, 1/1, p. 115-143.

(Annales ANPP ; 2). Acariens des Cultures, Montpellier (FRA), 1989/10/24-26.