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

QUELQUES PARTICULARITES BIOLOGIQUES DES ACARIENS PREDATEURS D'ACARIENS, NOTAMMENT DES PHYTOSEIIDAE

S. KREITER

Laboratoire d'Acarologie E.N.S.A.-M. / I.N.R.A. / ORSTOM
2, Place Pierre Viala - 34060 MONTELLIER Cedex 1.

Annales A.N.P.P. N°2, Vol.1/1, 1989.

RESUME

Les acariens prédateurs appartiennent à deux ordres : les Gamasides et les Actinédides. Le premier ne contient qu'une seule famille, la plus importante en nombre d'espèces et du point de vue régulation des populations de ravageurs.Le second contient plus de familles mais moins d'espèces et celles-ci ne sont généralement pas considérées comme des auxiliaires très efficaces.

Après indication des caractères morphologiques des *Phytoseiidae*, une liste de 36 espèces présentes en France, dans les cultures et à proximité, est fournie pour la première fois. Parmi les particularités biologiques de cette famille, on peut citer la capacité de multiplication des populations très élévée et supérieure à celle des ravageurs, la polyphagie et l'aptitude à survivre en l'absence de proies, la capacité de dispersion importante et la reproduction par pseudo-arrhénotoquie.

Un bref aperçu des caractéristiques des principales autres familles d'acariens prédateurs est donné à la fin de cette revue bibliographique.

SUMMARY SOME BIOLOGICAL FEATURES OF PREDATORY MITES, SUCH AS PHYTOSEIIDAE.

Predatory mites belong to two Orders : *Gamasida* and *Actinedida*.. The first one has got only one family, the most important regarding the number of species and phytophagous mites control. The second one has got more families but fewer species and those are generaly not considered as very efficient predators.

The author first tells about the morphological caracteristics of *Phytoseiidae* and than presents for the first time a list of thirty six species existing in french crops and in the close vicinity.

Among the biological caracteristics of the family, one can note their very high intrinsic rate of increase which is superior to that of the pests, their polyphagy and capacity to survive without preys, their high dispersal power and their reproduction by pseudoarrhenotoky.

At the end of this review, the author gives a quick outlook of the caracteristics of the main other families of predatory mites.

INTRODUCTION

Avec la recrudescence des pullulations d'acariens phytophages depuis une trentaine d'années, les recherches concernant la faune auxiliaire et notamment les acariens prédateurs se sont considérablement accrues. En effet, il est apparu très tôt à la plupart des auteurs, notamment anglo-saxons, que ces auxiliaires jouaient un rôle régulateur essentiel, les traitements à l'aide de produits agropharmaceutiques éliminant ce potentiel antagoniste et permettant aux acariens phytophages d'exprimer leur forte capacité de multiplication et leur fort potentiel de résistance aux acaricides.

L'importance de l'action de ces prédateurs a été maintes fois discutée, mais l'expérience montre qu'il y a fréquemment une relation entre leur présence et le maintien des populations de divers ravageurs, notamment des acariens phytophages, au dessus du seuil de tolérance économique.

Les acariens prédateurs appartiennent pour la plupart à deux ordres : Gamasides et Actinédides. Le premier contient une seule famille mais l'essentiel des espèces ayant une importance "économique". Le second recèle davantage de familles mais moins d'espèces et leur importance est bien moindre, comme nous le verrons par la suite. C'est pour les premiers que les travaux sont les plus nombreux et les plus avancés.

Les *Phytoseiidae* ont en effet donné lieu à près de 1000 publications depuis la revue de Huffaker *et al.* (1970). C'est de cette famille dont il sera surtout question dans cet exposé, mais un bref aperçu des principales autres familles de prédateurs sera néanmoins donné à la fin.

Tableau I - Les principales familles d'acariens prédateurs (classification inspirée de Krantz, 1978).

ORDRE	SUPER-FAMILLE	FAMILLE
Gamasida	*Phytoseioidea*	*Phytoseiidae*
Actinedida	*Anystoidea* *	*Anystidae*
	Bdelloidea	*Bdellidae, Cunaxidae*
	Cheyletoidea	*Cheyletidae*
	Calyptostomatoidea	*Erythraeidae*
	Raphignatoidea	*Stigmaeidae,Camerobiidae*
	Tarsonemoidea	*Tarsonemidae*
	Trombidioidea	*Trombidiidae*
	Tydeoidea	*Tydeidae*

* par ordre alphabétique des super-familles et non par ordre d'importance prédatrice.

LES PHYTOSEIIDAE

Acariens libres, terrestres, on les trouve dans et sur le sol ou sous les écorces, notamment à la mauvaise saison dans les pays tempérés et sur le feuillage des plantes annuelles ou pérennes durant la saison de végétation. Ils sont présents dans le monde entier, des toundras arctiques jusqu'aux forêts équatoriales et du bord des mers jusqu'à une altitude très élévée.

Certains sont très spécifiques d'habitats particuliers, mais la plupart sont ubiquistes.

1 - Caractéristiques morphologiques

L'ordre des Gamasides ou Mésostigmates est constitué d'acariens fortement sclérotisés qui possèdent une allure générale très homogène.

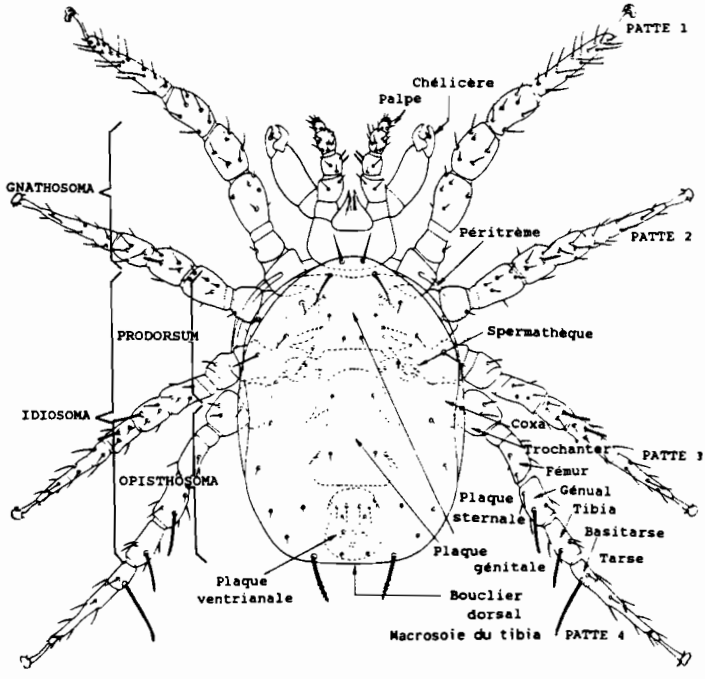
Les *Phytoseiidae* sont des Gamasides évolués, plutôt petits (500 µm de long en moyenne soit 0,5 mm), pyriformes, de couleur blanchâtre à marron clair.

• Leur corps comprend deux régions principales (fig. 1 et 2) :

- **le gnathosoma** qui a une double fonction d'organes sensoriels (grâce aux palpes qui permettent la détection de la nourriture et du partenaire) et d'appareil de capture et d'ingestion de proies (chélicères pour saisir et stylophore pour percer les téguments).

- **l'idiosoma** sur lequel s'attachent les 4 paires de pattes (la patte I est dirigée vers l'avant et a un rôle sensoriel). Le tégument est protégé par des plaques épaisses ou boucliers, de taille, de forme et d'ornementation différentes sur lesquelles existent des soies ou des pores en nombre, taille, forme et disposition différents. Tous ces caractères servent à l'identification.

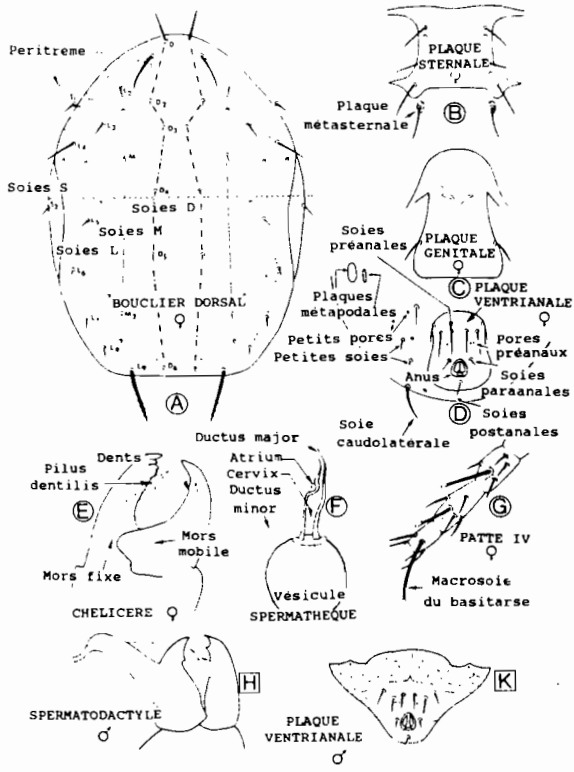
Figure 1 : schéma d'un *Phytoseiidae* (tel qu'il peut-être observé au microscope à contraste de phase après éclaircissage et montage entre lame et lamelle) et désignation des différentes parties du corps et des caractères morphologiques utilisés pour la description et l'identification des espèces (d'après Schicha, 1987, légèrement modifié).



• Chez les femelles, plus grosses que les mâles, la morphologie du dorsum (partie dorsale de l'idiosoma), de la partie ventrale, des chélicères, de la spermathèque, de la patte IV est utilisée pour la détermination des espèces. La plaque ventrianale et le spermatodactyle de la chélicère du mâle (organe d'insémination permettant le transfert du spermatophore du tractus génital mâle dans les voies génitales femelles) apportent des compléments d'informations (fig. 2).

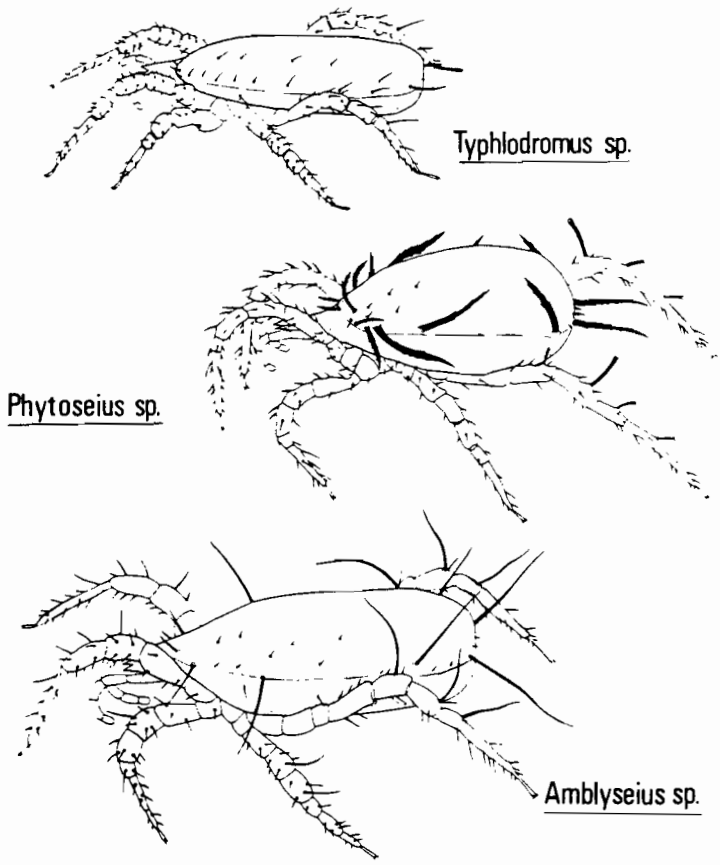
Figure 2 : Détails des caractères morphologiques utilisés pour la description et l'identification des espèces de *Phytoseiidae* (d'après Schicha, 1987, modifié).

A = Bouclier dorsal ♀ B= plaque sternale ♀ C = plaque génitale ♀
D = Plaque ventrianale ♀ E = chélicère ♀ F = spermathèque ♀
G = patte IV ♀ H = spermatodactyle ♂ K = plaque ventrianale ♂



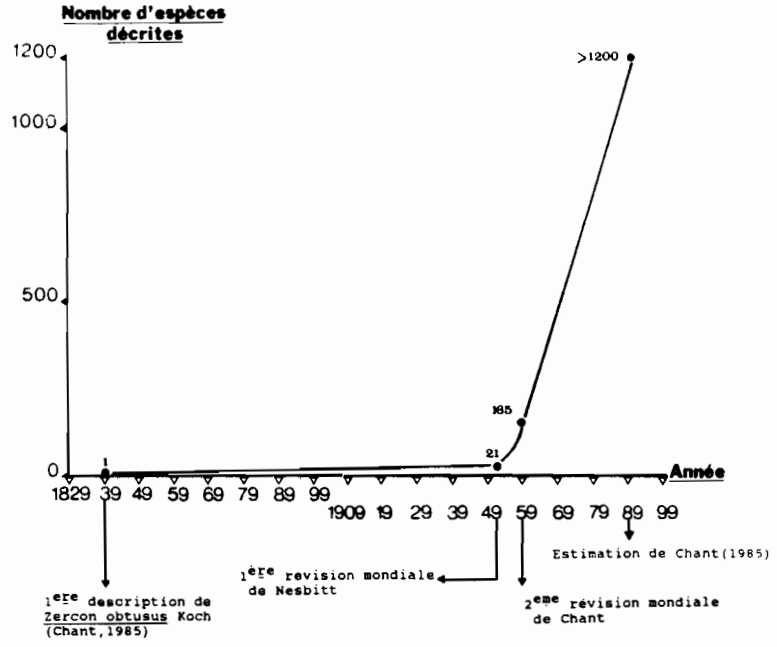
L'identification des *Phytoseiidae*, et d'ailleurs de tous les acariens, est impossible à l'oeil nu, avec une petite loupe de poche ou à la loupe binoculaire. Tout au plus une grande pratique permet-elle de discriminer 3 genres avec ce dernier outil (fig. 3) , mais l'identification précise nécessite un microscope à contraste de phase ou interférentiel .

Figure 3 - Dessins de 3 espèces de *Phytoseiidae* appartenant à 3 genres, seuls distinguables au miscroscope stéréoscopique (loupe binoculaire) (d'après Schicha, 1987, modifié).



Le premier *Phytoseiide* a été décrit en 1839, il y a 150 ans, par C. L. Koch et la première révision mondiale est celle de Nesbitt publiée en 1951 et dans laquelle on comptait seulement 21 espèces. On connait à l'heure actuelle plus de 1200 espèces (Chant, 1985), la presque totalité ayant donc été décrite durant les trente huit dernières années (fig. 4).

Figure 4 : Evolution du nombre d'espèces de *Phytoseiidae* décrites en fonction du temps depuis 1839 (d'après Chant, 1985, illustré).



2 - Pricipales espèces rencontrées sur plantes cultivées et sur la flore environnant les cultures en France :

(2, 5 et 6 , 8 à 11, 13, 15 et 16, 18, 20 à 24, 26, 28 33, 35 et 36 : KREITER & BRIAN , 1987 et non publiés. le reste dans De Moraes *et al.* , 1987).

AF = Arbres fruitiers C = Agrumes EO = essences ornementales F = France H = Haies M = maïs Med = Pourtour méditerranéen MH / V, AF = Mauvaises herbes en vignoble et / ou arboriculture fruitière Se = Serre SF = Sud de la France So = soja V = Vigne.

Genres	Espèces	Cultures	Répartition
Tribu des Typhlodromini			
Typhlodromus	1 - oligadenus (Athias-Henriot)	EO-H	84
	2 - phialatus (Athias-Henriot)	AF-C-MH/V- Se-V	Med
	3 - pyri Scheuten	AF-H-V	F
	4 - tiliae (Oudemans)	V	SF
Amblydromella	5 - crypta (Athias-Henriot)	MH/V	34
	6 - recki (Wainstein)	AF-EO-MH/V- V	34 + 81
	7 - rhenana (Oudemans)	AF-H- MH/V, AF-V	F
	8 - rhenanoides (Athias-Henriot)	EO-V	Med
Typhloctonus	9 - aceri (Collyer)	AF	12 + 49
	10 - tiliarum (Oudemans)	AF-EO-V	F
Bawus	11 - talbii (Athias-Henriot)	EO-H-V	F
Paraseiulus	12 - minutus (Athias-Henriot)	EO-H-	84
	13 - soleiger (Ribaga)	AF-EO-H-V	F
	14 - vepallidus (Koch)	V	54
Galendromus	15 - longipilus (Nesbitt)	EO-H	14
Proprioseiopsis	16 - messor (Wainstein)	AF-EO-V	34+38+49+84
Tribu des Amblyseiini			
Kampimodromus	17 - aberrans (Oudemans)	V	F
Amblyseius	18 - andersoni (Chant)	AF-EO-V	F
	19 - herbicolus (Chant)	AF	84
	20 - largoensis (Muma)	EO	06
	21 - meridionalis Berlese	MH/AF	34
	22 - obtusus (Koch)	MH/AF-V	54
Neoseiulus	23 - aurescens (Athias-Henriot)	MH/V	F
	24 - barkeri (Hughes)	MH/V	34
	25 - baticolus (Athias-Henriot)	H	84
	26 - bicaudus (Wainstein)	MH/V,AF	34+84
	27 - californicus (McGregor)	AF-C-EO-H-MH/V,AF Se-So-V	SF
	28 - cucumeris (Oudemans)	AF-EO-MH/V- Se -V	F
	29 - fauveli (Athias-Henriot)	AF-H	26+84
	30 - insularis (Athias-Henriot)	EO-H	84
	31 - massei (Nesbitt)	AF-H	50
Euseius	32 - finlandicus (Oudemans)	AF-EO-H-V	F
	33 - stipulatus (Athias-Henriot)	C- Se - V	Med
Phytoseiulus	34 - persimilis (Athias-Henriot)	H - MH/V - V	34
Tribu des Phytoseiini			
Phytoseius	35 - plumifer (Canestrini & Fanzago)	V	20
	36 - macropilis (Banks)	AF-V	SF

Dans cette liste, seules quelques espèces sont considérées comme jouant un rôle dans la lutte contre les acariens phytophages. Les espèces les plus fréquentes et les plus importantes sont *T. pyri*, *A. andersoni*, *A. californicus*, *K. aberrans*.

Les 3 premières sont les plus polyphages mais *T. pyri*, présente en vergers et vignobles intensifs et dans l'environnement immédiat des parcelles (haies, plantes ornementales, ronces, etc...), est certainement la plus ubiquiste. Cette espèce est presque cosmopolite, la plupart des autres espèces citées sont paléarctiques et certaines sont exclusivement méditerranéennes (*T. phialatus* par exemple).

Dans les vergers et vignobles intensifs, il est rare de trouver plusieurs espèces en proportion importante, l'une d'elle étant en général numériquement plus abondante.

Les caractéristiques du milieu peuvent influer sur leur distribution comme le montrent divers travaux. *A. andersoni* serait présent dans certaines cultures à proximité de forêts. Aux U.S.A , *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) apparaît adapté aux conditions semi-désertiques, contrairement à *T. pyri* ou *Amblyseius fallacis* (Garman), ce dernier préférant la promixité des grandes étendues d'eau.

3 - Le développement :

Les *Phytoseiidae* ont quatre stades de développement avant le stade adulte:

- L'oeuf ovale est collé par une substance adhésive à son support (sommet des poils de la feuille, toiles des tétranyques, cavités à l'intersection des nervures principales et secondaires, sur le limbe, etc...). L'oeuf, translucide au départ,vire rapidement au jaune ou à l'orangé.

- Au bout de quelques jours, l'oeuf éclot. La larve hexapode sort en 2 à 15 minutes et peut ne pas s'alimenter.

- Suivent ensuite 2 nymphes octopodes distinguables par la taille et la coloration du tégument (la deutonymphe étant généralement plus colorée).

La larve et les nymphes changent de stade après une mue qui dure en moyenne 30 minutes, précédée dans certains cas par un stade inactif immobile d'une dizaine d'heures (Sabelis, 1985 c).

En conditions très favorables, le développement dure un peu plus de 3 jours pour atteindre plus de 4 semaines en conditions nettement défavorables. Comme le montre le tableau II , à température égale, les phytoséiides se développent beaucoup plus vite que les tétranyques.

De nombreux auteurs ont établi différents paramètres permettant de caractériser une espèce, dont le plus connu est le taux intrinsèque d'accroissement : **rm**. Il représente le nombre de descendants de sexe féminin par femelle et par jour et ces différentes valeurs dépendent de la température et de la nourriture.

Le rm est très variable mais généralement plus élevé que celui des proies,sauf pour *T. pyri* .

Tableau II - Durée moyenne d'une génération (T), taux net de reproduction (Ro), taux intrinsèque d'accroissement naturel (rm.), et taux fini d'accroissement (λ) des populations de quelques espèces de *Phytoseiidae* et de *Tetranychidae* à 25°C ± 1°C (d'après Sabelis, 1985 a et Sabelis , 1985 b).

Espèces	Plantes - hôtes	T	Ro	rm	$\lambda=e^{rm}$
Tetranychus urticae Koch	coton	19,7	74,8	0,219	1,245
T. turkestani Ugarov &Nikolski	coton	18,8	46,8	0,203	1,225
Panonychus ulmi (Koch)	pommier	-	-	0,185	1,203
Eotetranychus carpini (Oudemans) *	vigne	20,7	23,8	0,153	1,16
T. pyri	(1) -	32,2	11,6	0,076	1,079
G. occidentalis	(1) -	16,2	21,4	0,190	1,209
A. andersoni	(1) -	13,2	24,2	0,241	1,272
A. californicus	(1) -	11,7	29,1	0,287	1,332
P. persimilis	(1) -	13,1	63,2	0,317	1,373

* d'après Bonato (1989) à 26°C .

(1) : Les 5 prédateurs cités sont élevés en laboratoire sur un mélange de tous les stades de divers *Tetranychus sp* .

Il ne faut cependant pas en conclure que cette espèce est un mauvais prédateur, cette valeur de rm ne permettant pas à elle seule de juger de l'efficacité d'un prédateur (Baillod, 1986).

Le temps de développement se répartit à peu près équitablement entre évolution embryonnaire et développement des stades immatures et varie en fonction de la température, de l'hygrométrie et de la nourriture.

Une humidité relative importante (~ 80%) est généralement favorable au développement des oeufs et des stades immatures, mais une humidité saturante et une immersion, même de quelques heures, sont généralement fatales à ces derniers.

Les températures minimales et maximales compatibles avec le développement varient suivant les espèces mais se situent généralement sous nos climats entre 10 et 30°C .

4 - L'accouplement et la reproduction :

L' accouplement parait nécessaire pour que la ponte débute. Chez plusieurs espèces, on a mis en évidence l'émission de phéromones sexuelles par les deutonymphes femelles et les femelles adultes vierges ou déjà fécondées. (Schulten, 1985 a). Plusieurs parades très variables précèdent l'accouplement qui a lieu face ventrale contre face ventrale, le mâle étant sous la femelle. L'insémination du spermatophore se fait à l'aide d'un appendice porté par chacunes des chélicères du mâle: le spermatodactyle (fig. 2), lequel sert de collecteur du spermatophore et d'organe de transfert dans les voies génitales femelles. Les spermatophores sont stockés dans les spermathèques dont les orifices se trouvent entre les Coxae III et IV.

La période de pré-oviposition ne dure souvent que quelques jours et l'oviposition se fait sur 15 à 30 jours. La durée totale de la vie imaginale étant variable, la post-oviposition est plus ou moins longue.Le rythme quotidien de ponte varie, suivant les espèces et les conditions microclimatiques et trophiques, de 0,1 à 4,5 oeufs mais dépasse rarement 3 oeufs. Il se situe le plus souvent aux alentours de un oeuf par femelle et par jour. La fécondité totale est variable , comprise généralement entre 50 et 90 oeufs par femelle.

Le sex-ratio est très variable suivant les espèces, contrairement à ce qui peut être observé chez les tétranyques (cf. la communication de J. Gutierrez) et oscille entre 40 et 85 % de femelles à l'émergence en laboratoire pour atteindre 66 à 97,5 % en plein champs (Sabelis, 1985 d).

Le karyotype de 57 espèces est actuellement connu (Wysoki, 1985). Parmi celles-ci, 48 produisent 2 types d'oeufs, les uns avec 4 et les autres avec 8 chromosomes , 5 espèces produisent des oeufs à 3 et 6 chromosomes , 7 espèces présentent une parthénogénèse thélytoque , peut-être non obligatoire et produisent des oeufs à 8 chromosomes.

On pensait que les *Phytoseiidae* présentaient une parthénogénèse arrhénotoque, les mâles étant issus d'oeufs non fécondés (à n chromosomes) et les femelles d'oeufs fécondés (à 2 n chromosomes) comme chez les *Tetranychidae.*

De récents travaux contredisent cette hypothèse (voir à la fin du chapitre consacré aux *Phytoseiidae* : "une particularité biologique intéressante chez les *Phytoseiidae* : la pseudo-arrhénotoquie".

5 - L'alimentation :

Quelques espèces sont mono- ou oligophages telle *P. persimilis* par exemple. Cependant, la plupart des espèces sont polyphages. Beaucoup semblent pouvoir survivre (c'est à dire sans reproduction) sur une alimentation purement végétale. (pollen, champignons microscopiques tels que oïdium et mildiou, suc de la plante, exsudats végétaux, miellats, etc ..) et certains sont foncièrement polliniphages, bien qu'ils consomment aussi des proies.

Bien qu'étant qualifiés, avant toute chose, de prédateurs de tétranyques, les phytoséiides consomment en grand nombre des ériophyides, des tydéides, des tarsonémides, et des ténuipalpides notamment lorsque les tétranyques sont absents en début ou fin de saison ou présents en faibles quantités.

Certaines espèces se développent mieux sur des ériophyides que sur des tétranyques. (Overmeer, 1985 a) et sont parfois stimulées dans la prédation de ces derniers par la présence des premiers (Croft & Hoying, 1977).

Si certains phytoséiides s'accomodent des tissages des tétranyques, d'autres sont gênés et ne peuvent s'y déplacer.

Le miellat des homoptères, associé à des tétranyques ou à du pollen, permet une ponte plus importante (Ragusa & Swirski, 1977).

Quelques espèces s'attaquent à des oeufs ou des jeunes larves d'homoptères ou à des thrips (Ramakers, 1980). Le marquage radioactif a permis de mettre en évidence l'alimentation phytophage de certaines espèces (Porres *et al.* , 1975).

Ces sont les tétranyques qui restent les proies les plus consommées et, parmi eux, les oeufs et les stades immatures sont les plus attaqués. Les quantités consommées varient beaucoup suivant l'âge du prédateur et suivant les espèces et les conditions microclimatiques.

On peut considérer que la réponse totale d'un prédateur vis à vis de ces proies est la combinaison de sa réponse fonctionnelle et de sa réponse numérique. La réponse fonctionnelle représente le nombre de proies tuées en fonction de la densité de celles-ci. La réponse numérique peut être partiellement exprimée par le nombre d'oeufs pondus en fonction de la densité des proies. *A andersoni* a une réponse fonctionnelle et numérique plus élevée que *T. pyri* mais *T. pyri* a déjà une bonne réponse à faible densité de proies.

L'efficacité d'un prédateur peut donc être définie par une réponse totale optimale, correspondant à une certaine densité de proies, le prédateur étant de plus capable d'adapter sa densité à celle de sa proie. *T. pyri* peut être qualifié de prédateur "basse densité", *A. andersoni* de prédateur "basse à moyenne densité", *A fallaris* et

P. persimiles de prédateur "haute densité" (Baillod, 1986). Ces notions ont bien entendu des conséquences appliquées (voir les communications de Messieurs Baillod et Fauvel).

6 - Relations avec la plante-hôte - Répartition sur le végétal - Capacité de dispersion et de recherche de proies :

Des substances sémiochimiques interviennent dans quelques cas (Dicke, 1988) pour la reconnaissance de la plante hôte. La plupart des *Phytoseiidae* ont une grande gamme de plantes hôtes cultivées et / ou spontanées (De Moraes *et al.*, 1986).

Sur les feuilles, les typhlodromes se rencontrent le plus souvent à proximité des nervures notamment à l'aisselle des ramifications. Ils y dissimulent leur ponte et y guettent leur proie, trouvant sans doute de surcroit des conditions thermiques et hygrométriques favorables.

Malgré leurs faibles capacités de déplacement, les typhlodromes se dispersent assez rapidement à l'intérieur des cultures, en suivant notamment les rangées de plantes.

Leur dispersion sur de longues distances se fait cependant plutôt passivement grâce au vent ou au transport par d'autres animaux, par exemple les pucerons (Binns, 1982). Chez *A fallacis* et *T. occidentalis,* un réflexe de posture en réaction à une certaine vitesse de l'air favoriserait le processus de transport par le vent (Hoy *et al.*, 1985)

Beaucoup d'espèces effectuent la totalité de leur cycle sur la même plante-hôte. D'autres, comme *A. fallacis* et *A. californicus*, ont des migrations saisonnières de la strate herbacée vers les plantes ligneuses en été et retour vers la couverture herbacée en automne, l'hivernation se faisant au sol.

La recherche de la proie fait intervenir des kairomones et une sensibilité tactile, le prédateur utilisant les limites naturelles de la feuille (bords, nervures primaires et secondaires, etc...). Les feuilles visitées sont marquées par des phéromones (Hislop & Prokopy, 1981).

7 - Les qualités d'un prédateur :

D'autres critères de comportement sont donc à prendre en compte, outre le rm et la réponse totale du prédateur à la densité de proies. Ces paramètres sont souvent difficilement mesurables en laboratoire par manque de connaissance ou de techniques de mesure. Il s'agit du régime nutritionnel, de la spécificité, de la voracité, de la capacité de survie en l'absence de proies, et du pouvoir de dispersion. *T. pyri* et *K. aberrans* possèdent souvent des caractéristiques opposées à celle de *P. persinilis* (Tab. III).

Tableau III - Comparaison entre quatre espèces de *Phytoseiidae* pour six caractéristiques biologiques (d'après Baillod, 1986).

Caractéristiques	P.persimilis	T.pyri	A. andersoni	K.aberrans
spécificité	+	-	-	-
rm	++	-	±	-
pouvoir de dispersion	+	± ?	± ?	± ?
voracité	+	± ?	±	- ?
capacité de survie	-	+	+	+
"densité" de proies correspondant à une efficacité optimale	+	-	±	-

++ très élevé + élevé ± moyen - bas ? estimation

Ces deux espèces semblent efficaces à basse densité de proies avec une grande capacité de survie lorsque la proie est absente *A. andersoni* a des qualités supérieures (voir aussi la communication de M. Fauvel relative à la lutte biologique).

8 - Hivernation et diapause :

Chez toutes les espèces connues en climat tempéré, l'hivernation se fait au stade femelles adultes fécondées, sous les écorces ou dans les anfractuosités, sous les feuilles mortes, parfois même sans protection apparente entre rameaux et bourgeons. Les animaux sont alors immobiles,en état de diapause facultative et reproductive, et ne s'alimentent pas.

Tous les travaux réalisés sur la diapause montrent que celle-ci est induite par des photopériodes courtes associées à des températures basses et éventuellement à une certaine alimentation, à la même date que celles des tétranyques.

Une grande mortalité est observée dans les régions froides, voisine de 80% (Overmeer, 1985 b).

La sortie d'hivernation se fait après une certaine durée en diapause, sous l'action de l'augmentation de la photopériode et du réchauffement journalier.

Si la date d'entrée en diapause et les facteurs responsables sont les mêmes chez les tétranyques et les phytoséiides, la réactivation est plus précoce chez ces derniers.L'alimentation se fait alors aux dépends des tydéides, ériophyides ou du pollen.

9 - Une particularité biologique intéressante des Phytoséiidae, la pseudo-arrhénotoquie eon para-haploïdie :

Récemment, des expérimentations génétiques et cytologiques ont permis de montrer que la reproduction chez les *Phytoseiidae* était en fait une pseudo-arrhénotoquie ou para-haploïdie (Nelson - Rees *et al.*, 1980). Les mâles se développent en effet à partir d'oeufs fécondés, donc d'origine biparentale, mais durant les premières phases de l'évolution embryonnaire, les n chromosomes paternels sont éliminés après une brève "association" avec les chromosomes maternels pour aboutir à la formation d'un mâle haploïde (Schulten, 1985 b).

Le rôle exact de ces n chromosomes éliminés 24 à 48 heures après la fusion des pronucleï n'est pas connu . Leur présence pourrait être nécessaire pour induire la suite du développement embryonnaire ou pour le déterminisme du sexe et / ou pour la fertilité des mâles. Si les chromosomes paternels sont bien éliminés de la lignée germinale, on ne sait toujours pas s'ils le sont en totalité et s'ils le sont également dans la lignée somatique. Il y a une forte probabilité pour qu'ils le soient en totalité, y compris dans la lignée somatique , sans recombinaison (Schulten, 1985 b).

Par exemple, l'héritabilité de la résistance au parathion, basée sur un gêne majeur dominant, a été étudié chez plusieurs *Phytoseiidae*.

Les femelles sensibles produisent des fils sensibles alors que les femelles résistantes produisent des fils résistants et ceci quel que soit le génotype du père. En d'autres termes, un mâle résistant ne peut transmettre de gêne de résistance à ses fils.

De nombreux cas de résistance, sélectionnés "naturellement" en plein champs ou expérimentalement en laboratoire, sont désormais connus dans le monde (Tab.IV).

Cependant, les typhlodromes sont sensibles à de nombreuse matières actives insecticides, acaricides, fongicides et herbicides et leur absence dans les cultures fortement traitées est bien connue (Baillod , 1984 ; Corino *et al.* , 1986 ; Kreiter & Brian , 1987).

Tableau IV - Exemples d'espèces de *Phytoseiidae* présentant des souches résistantes dans le monde

Espèces	Pays	Produits	Références
K. aberrans	Italie	parathion	Corino *et al.*.,1986
A. andersoni	Italie Suisse	azinphos, tétrachlorvinphos	Cassia *et al.*, 1985
T. pyri	Allemagne	parathion	Haub *et al.* , 1983
	Angleterre	carbaryl, azinphos, déméton, phosalone, chlorpyrifos,fenitrothion	Kapetanakis & Cranham , 1983
	Hollande	carbaryl, propoxur, azinphos, bromophos	Overmeer & Van Zon , 1983
	Suisse	azinphos, phosmet	Baillod & Guignard ,1984
	U.S.A. Nvelle Zélande	azinphos	Strickler & Croft , 1982
N. fallacis	U.S.A	carbaryl, azinphos,	Strickler & Croft , 1982
		perméthrine, diazinon, parathion	
G. occidentalis	U.S.A Canada	soufre, méthomyl, azinphos, carbaryl, perméthrine	Roush & Hoy , 1982
P. persimilis	U.R.S.S	éthion	Beglyarov *et al.* ,1978
	Hollande	parathion, diazinon demeton	Schulten & Van de Klas- Horst, 1977
	France	méthidathion, deltaméthrine	Fournier *et al.* , 1985
A. californicus	France	carbaryl	Raphaël, non publié
	U.S.A.	phosmet, azinphos	Strickler & Croft, 1982

LES AUTRES ACARIENS PREDATEURS D'ACARIENS

Ils appartiennent tous à l'ordre des Actinédides, ensemble de familles d'acariens d'aspects très variés ayant en commun des chélicères en stylets et des péritrèmes courts ne dépassant pas les coxae antérieures. Le tégument est peu chitinisé et des organes photosensibles appelés " yeux " sont présents.

1 - Les *Stigmaeidae* :

Les acariens prédateurs, les plus importants après les *Phytoseiidae*, se répartissent en 2 genres : *Zetzellia* et *Agistemus* . Ils présentent une relative ressemblance avec les tétranyques.

Très répandue en Amérique du Nord et en Europe, de couleur jaune citron, *Zetzellia mali* (Ewing), espèce qui présente une parthénogénèse arrhénotoque, est un prédateur efficace d'oeufs et de stades immatures de tétranyques et ténuipalpides et de tous les stades de divers ériophyides en vergers et vignobles.

Cette espèce hiverne sous les écailles des bourgeons, sous les écorses, dans les anfractuosités et à la base de troncs. Elle peut survivre très longtemps sans proie. Prédatrice d'autres arthropodes, occasionnellement phytophage et polliniphage, cette espèce est considérée comme étant potentiellement utilisable en lutte biologique en vergers (Santos & Laing , 1985).

• Le genre *Agistemus* contient davantage d'espèces prédatrices mais moins répandues que *Z. mali* .

Ces *Stigmaeidae* participent au contrôle des tétranyques mais ne peuvent maintenir seuls les populations de ces ravageurs en dessous du seuil économique, à cause de leur faible capacité de multiplication (Tab. V).

Tableau V - Taux intrinsèque d'accroissement (rm), taux net de reproduction (Ro) et durée moyenne d'une génération (T) de 2 *Phytoseiidae*, de 2 *Stigmaeidae* , et 1 *Cheyletidae* (d'après Santos & Laing, 1985).

Espèces	Température	rm (jour -1)	Ro	T (en jours)
P. persinilis	21	0,219	44,4	17,3
G. occidentalis	21	0,183	24,3	17,4
Z. mali	19	0,109	10	21
Agistemus denotatus Gonzalez	20	0,061	21,9	50,6
Paracheyletia bakeri (Ehara)	22	0,05	15,6	55

Leur plus grande persistance dans la culture, leur faible dispersion, leurs faibles besoins alimentaires, leur forte capacité de survie en font des animaux plus spécialisés que les *Phytoseiidae* et sans doute complémentaires du point de vue activité régulatrice des populations de tétranyques.

Apparemment très sensibles aux produits agropharmaceutiques, les *Stigmaeidae* sont néanmoins tolérants à beaucoup d'acaricides et de fongicides et à quelques insecticides organophosphorés (Laing & Knop, 1983).

2 - Les *Anystidae*

Tous prédateurs, ils se reconnaissent à leur couleur rouge, leur course désordonnée et leur aspect général en forme de crabe. Parfois en nombre assez important dans les vergers et vignobles, les espèces les mieux connues sont les *Anystis sp.*, notamment *Anytis agilis* Banks et *A. baccarum* (L.).

Ces prédateurs sont très voraces (une femelle d' *A.agilis* peut consommer jusqu'à 675 femelles de *T. urticae* durant sa vie à raison de 20 à 40 proies par jour) mais leurs populations ont une faible capacité de croissance. Très polyphages, les *Anystidae* ne dédaignent pas les exsudats végétaux, les autres arthropodes, tels que thrips ou cicadelles (Laing & Knop, 1983) sur lesquels leurs populations croissent mieux, et ... leurs congénères. Les Anystidae sont en effet tous très cannibales.

Ces inconvénients, associés à leur grande sensibilité aux produits phytosanitaires, en font des auxiliaires dont l'efficacité parait assez limitée.

3 - Les *Cheyletidae* :

Certains sont prédateurs mais beaucoup sont des parasites d'oiseaux et de mammifères. Ces acariens présentent une parthénogénèse thélytoque. Leurs populations ont une faible capacité de croissance (Tab. V) en regard de celle des *Phytoseiidae* ou des *Tetranychidae.*

Ils injectent un venin à leur proie pour les paralyser, ce qui leur permet de s'attaquer à de gros insectes. Leur faible capacité de recherche des proies, une coïncidence spatio-temporelle faible, des réponses fonctionnelles et numériques limitées conduisent à la conclusion : les *Cheyletidae* ne possèdent pas les attributs nécessaires pour maintenir les tétranyques en dessous du seuil de tolérance économique. Ils constituent cependant, comme les Stigmaeidae, des prédateurs de " seconde ligne" (Gerson, 1985) grâce à leur capacité de survie en l'absence de de tétranyques, et grâce à leur résistance aux mauvaises conditions: *P. bakeri* survit en présence de *P. persimilis* en serres de fraisiers et supplée ce prédateur lorsque les conditions ambiantes ne lui permettent plus de survivre.

4 - Les *Erythraeidae* :

Ces acariens , dont les larves parasitent d'autres Arthropodes, sont grands, rouges avec de nombreuses soies dorsales. L'espèce la plus importante et la mieux connue est *Balaustium putmani* Smiley. Elle hiverne à l'état d'oeufs dissimulés dans

des anfractuosités de toute sorte et qui éclosent en présence d'eau libre.

La larve est active et consomme tétranyques et pollen. La proto- et la tritonymphe sont immobiles, inactives, dissimulées dans les anfractuosités. La deutonymphe et les adultes par contre sont prédateurs d'acariens et d'insectes.

La dissimulation des oeufs et des stades immobiles inactifs rend le calcul du rm impossible . Très voraces (1 femelle consomme 3 à 400 oeufs de *P. ulmi* en 20 jours), ces prédateurs n'ont que deux générations par an. Ils s'attaquent à divers tétranyques (les espèces qui tissent beaucoup n'étant pas favorables) à divers acariens prédateurs s'ils n'ont pas d'autres proies (*Stigmaeidae, Cheyletidae, Phytoseiidae*) à divers insectes (cochenilles, pucerons, psylles, oeufs de Lépidoptères) et ... à leurs congénères, s'ils n'ont rien à manger.

Les stades mobiles et actifs sont sensibles aux produits agropharmaceutiques, les formes dissimulées résistant beaucoup mieux ces prédateurs sont vraisemblablement peu aptes à assurer seuls un contrôle biologique (Gerson, 1985).

4 - Les autres prédateurs :

- Les *Bdellidae* et les *Cunaxidae* : Acariens rapides reconnaissables à leur rostre en cône proéminent , de taille moyenne, rougeâtres, communs à la surface du sol et parfois sur les plantes, les bdelles sont signalées comme étant des prédateurs de divers tétranyques, *T. urticae*, *Petrobia latens* (Muller) *Byobia practiosa* (Koch) et particulièrement actifs contre ce dernier.

- Les *Tarsonemidae* : sont des petits acariens, jaunâtre à verdâtre, aux palpes réduits. Les tarsonèmes sont surtout fongivores, phytophages ou parasites, très rarement prédateurs de tétranyques et ténuipalpides ou d'ériophyides qu'ils consomment en faible quantité.

- Les *Tydeidae* : sont également des petits acariens rapides, très ubiquistes, aux chélicères réduites, de couleur jaunâtre à verdâtre et souvent confondus avec les Phytoseiidae. Ces acariens s'alimentent surtout aux dépends de pollens, de miellat d'homoptères, de champignons, d'exsudats végétaux , etc...Quelques espèces s'alimenteraient cependant, mais en faible quantité, d'oeufs de tétranyques. Les tydéides servent de proies de substitution aux *Phytoseiidae* (Gerson, 1985).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES :

Les acariens prédateurs *Phytoseiidae* sont certainement les auxiliaires acariphages majeurs, même si les potentialités qu'offrent les différentes espèces ne sont pas toutes équivalentes. Les autres familles d'acariens prédateurs ne constituent pas des auxiliaires très efficaces et donc utilisables. Leur connaissance et le respect de leurs populations, par les pratiques culturales, notamment les traitements phytosanitaires, sont néamoins primordiaux.

On peut citer parmi les principales caractéristiques intéressantes des *Phytoseiidae* un taux d'accroissement des populations très élevé, lié à un développement très rapide et à une fécondité très importante, supérieur à celui des populations de tétranyques.

Ces prédateurs, généralement très polyphages, ont une forte capacité de survie, même en l'absence totale de proies. Cependant, afin d' être exploitée au maximum, cette intéressante particularité doit faire l'objet de travaux de recherches. Si on connait à peu près les différents aliments possibles, on ignore à peu près tout du point de vue quantitatif. Beaucoup de questions restent posées et l'absence de réponses limite les possibilités d'utilisation de ces prédateurs.

La capacité de dispersion dans l'environnement, apparemment très importante, est également très mal connue. Si cette dispersion se fait au hasard, "au gré du vent", comment les acariens trouvent-ils leur plante-hôte puis les tétranyques ? Les motivations de ces phénomènes migratoires, les relations avec la plante hôte et avec les proies sont autant de sujets de travaux futurs.

L'existence de phénomènes de résistance offre également quelques intérêts. Cependant, ce phénomène de résistance ne doit être exploité que dans les situations où l'utilisation d'insecticides polyvalents se justifie impérativement. Le but ultime de la lutte contre ces ravageurs doit être de favoriser tout le potentiel naturel antagoniste et non un seul auxiliaire au détriment de tous les autres.

REMERCIEMENTS : Je remercie Madame M. Bouaniche pour le résumé anglais, ainsi que Mademoiselle M.J. Perrot-Minnot et Monsieur O. Bonato pour la lecture critique du manuscrit.

REFERENCES

BAILLOD M. , 1986 - Régulation naturelle des tétranyques en vergers de pommiers et perpectives actuelles de lutte à l'aide d'acariens prédateurs phytoséiides. Bull. OILB / SROP 9 (4) : 5 - 16.

BAILLOD M. , 1984 - Lutte biologique contre les acariens phytophages . Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic. 16 (3) : 137 - 142.

BAILLOD M. GUIGNARD E. , 1984 - Résistance de *Typhlodromus pyri* Scheuten à l'azinphos et lutte biologique contre les acariens phytophages en arboriculture. Revue suisse . Vitic., Arboric., Hortic. 16 (3) : 155 - 160.

BEGLYAROV G.A., ZIL' BERMINTS I.V., PETRUSHOV A.A., 1978 - A *Phytoseiulus persimilis* strain resistant to insecticides *In* : Biologichesky Method Bor'by. Meditelyami i Boleznga mi. Rastenÿ v Zakrytom Grunte. Kolos, Moscow , : 51-63 (in russian).

BINNS E.S. , 1982 - Phoresy as migration - Some functional aspects of phoresy in mites.Biol. Rer., 57 : 571 - 620.

BONATO O. , 1989 - Les principaux paramètres démographiques d'une population de l'acarien jaune de la vigne : *Eotetranychus carpini (Acari, Tetranychidae)* Mémoire de D.E.A., U.ST.L. Montpellier : 30 pp.

CACCIA R., BAILLOD M., GUIGNARD E., KREITER S., 1985 - Introduction d'une souche de Amblyseius *andersoni*.. Chant résistant à l'azinphos dans la lutte contre les acariens phytophages en viticulture. Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic., 17 (5) : 285 -290.

CHANT D.A. , 1959 - Phytoseiid mites. Can. Entomol., 91 : 166 pp.

CHANT D.A. , 1985 - Systematics and Taxonomy - *In* : World Crop pests - Spider Mites : their biology, natural enemies and control - Vol. 1 B.- W. Helle and M. Sabelis Editors : 17-29 (**les références de cet ouvrage figurent en abrégé par la suite**).

CORINO L., BAILLOD M., DUVERNEY C., 1986 - Resistenza di *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) al parathion e lotta biologica contro gli acari fitofagi in viticoltura. Vignevini, 13 (4) : 39 -42.

CROFT B. A., HOYING S.A., 1977 - Competitive displacement of *Panonychus ulmi* by *Aculus schlechtendali* in apple orchards.Can. Entomol., 109 : 1025-1034.

DICKE M., 1988 - Infochemicals in tritrophic interactions. Thèse. Université de Wageningen : 235 pp.

FOURNIER D., PRALAVARIO., BERGER J.B., CUANY A., 1985 - Pesticide Resistance in *Phytoseiidae*.. *In* : World Crop pests, Vol. 1 B : 423-432.

GERSON U., 1985 - Other Predaceous Mites and Spiders. *In* : World Crop pests, Vol. 1 B : 205-210.

HANB G., STELLWAY-KILTER F. HASSAN S.A., 1983 - Zum Auftreten der flofliege. *Chrysopa carnea* Steph. als. Spinn milben raüber in Rebanlagen. Die Weinwissenschaft n°3, 38°J : 195-201.

HISLOP R.G., PROKOPY R.J., 1981 - Mite responses to prey and predator-emitted stimuli. J. Chem. Ecol., 7 : 895-904.

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.

HUFFAKER C.B., VAN DE VRIE M., McMURTY J.A., 1970 - Ecology of Tetranychid mites and their natural enemies : a review II. Tetranychid populations and their possible control by predators : an evaluation. Hilgardia 40 : 391-458.

KAPETANAKIS E.G, CRANHAM J.E., 1983 - Laboratory evaluation of resistance to pesticides in the phytoseiid predator *Typhlodromus pyri* from English apple orchards. Ann. appl. Biol. 103 : 389-400.

KOCH, C.L., 1839 - Deutschlands Crustaceen, Myriapoden und Arachniden Regensburg.

KRANTZ G.W., 1978 - A manual of Aracology, 2nd. ed. Oregon State University Book Stores, Corvallis, OR : 509 pp.

KREITER S., BRIAN F., 1987 - Les *Phytoseiidae* de la vigne en France - Proc. Intern. Conf.on "Pests in Agriculture" Paris, 1-3 décembre 1987. Ann. A.N.P.P. 6 (3) : 241-249.

LAING J.E., KNOP N.F., 1983 - Potential use of predaceous mites other than *Phytoseiidae* for biological control of orchard pests. In : Biological control of Pests by Mites. Unversity of California special Publication n° 3804 - Hoy, Cunnigham et Knutson ed. : 28-35.

MORAES (de) G.I., McMURTRY J.A.,DENMARK H.A., 1986 - A catalog of the mite family *Phytoseiidae* - Embrapa Brasilia ed.: 357 pp.

NELSON - REES W.A., HOY M.A. HOUSH T.T, 1980 - Heterochromatization, chromatin elimination and haploïdization in the parahaploid mite *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt). Chromosoma 77 : 263-276.

NESBITT H.H.J., 1951 - A taxonomic study of the *Phytoseiinae* predaceous upon Tetranychidae of economic importance. Zoologische Verhandelingen 12, Brill, Leiden, The Netherlands : 96 pp.

OVERMEER W.P.J, 1985 - Diapause. *In* : World Crop pests, Vol. 1 B : 95-102.

OVERMEER W.P.J, 1985 - Alternative prey and other food ressources. *In* : World Crop pests, Vol. 1 B : 131-139.

OVERMEER W.P.J, VAN ZON A.Q., 1983 - Resistance to parathion in the predacious mite *Typhlodromus pyri* Scheuten .Med. Fac. Landbow. Rÿksumic. Gent. 48/2 : 247-252.

PORRES M.A., McMURTY J.A., MARCH R.B., 1975 - Investigations of leaf sap feeding by three species of phytoseiid mites by labelling with radioactive phosphoric acid ($H_3\,^{32}P04$). Ann. Entomol. Sol. Am. 68 : 871-872.

RAGUSA S., SWIRSKI. E., 1977 - Feeding habits, post embryonic and adult survival, mating, virility and fecundity of the predaceous mite *Amblyseius* swirskii on some coccids and mealybugs. Entomophaga, 22 : 383-392.

RAMAKERS P.M.J., 1980 - Biological control of *Thrips tabaci* with *Amblyseius*. Bull. OILB ,3 (13) : 203-207.

ROUSH R.T., HOY M.A., 1981 -Laboratory, glasshouse, and field studies of artificially selected carbary resistance in *Metaseiulus occidentalis*. J. écon. Entomol., 74 : 142-147.

SABELIS M.W., 1985 a - Reproductive strategies *In* : World Crop pests, Vol. 1 A: 265-278.

SABELIS M.W., 1985 b - Capacity for population increase. *In* : World Crop pests, Vol. 1 B: 35-41.

SABELIS M. W., 1985 c - Development -*In* : World Crop pests, Vol. 18: 43-53.

SABELIS M.W., 1985 d - Sex allocation - *In* : World Crop pests, Vol. 1 B: 93-94.

SANTOS M.A., LAING J.E. , 1985 - Stigmaeid predators - *In* : World Crop pests, Vol. 1B: 197-203.

SCHULTEN G.G.M., 1985 a - Mating - *In* : World Crop pests, Vol. 1B: 55-65.

SCHULTEN G.G.M., 1985 b - Pseudo arrhenotoky - *In* : World Crop pests, Vol. 1B: 67-71.

SCHULTEN G.G.M., VAN DE KLAS-HORST. G., 1977 - Genetics of resistance to parathion and demeton S - méthyl in Phytoseiulus persimilis. *In* : Proc. 4 th. Intern. Cong. Acarol. : *In* : 519-524.

SCHICHA E., 1987 a - *Phytoseiidae* of Australia and neighbouring areas - Indira Publishing House editor : 187 pp.

STRICKLER K., CROFT B.A., 1982. Selection of permethrin resistance in the predatory mite *Amblyseius fallacis*. Entomol. Exp. Appl., 31 : 339-345.

WYSOKI M., 1985 - Karyotyping. *In* : World Crop pests, Vol. 1B: 191-196.

Kreiter S. (1989).

Quelques particularités biologiques des acariens prédateurs d'acariens, notamment des Phytoseiidae.

In : Comptes-rendus du colloque : "Acariens des cultures". Montpellier : ANPP ; ENSAM, 1/1, p. 51-73.

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