

Les Acariens dans l'Agriculture Tropicale



Par Dr. Ir. Onzo Alexis (Ph. D)

Acarologue/Entomologue/Ecologue
Spécialiste en Lutte Biologique
Faculté d'Agronomie
Université de Parakou
Chercheur-visiteur à IITA-Cotonou

République du Bénin

INTRODUCTION A L'ACAROLOGIE	3
DÉFINITION	3
SYSTÉMATIQUE ET PHYLOGÉNIE	3
MORPHOLOGIE DES ACARIENS	3
Le Gnathosome	4
L'Idiosome	5
DIFFÉRENCES MORPHOLOGIQUES ENTRE ACARIENS, ARAIGNÉES ET INSECTES (TRÈS IMPORTANT)	5
Pièces buccales	6
La cuticule des Acariens	6
QUELQUES NOTIONS SUR LA BIOLOGIE ET LA PHYSIOLOGIE DES ACARIENS	7
Système nerveux	7
Respiration	7
Les organes sensoriels	8
Locomotion	9
Nutrition	9
Reproduction	10
Cycle biologique des acariens	11
Régulation des pertes en eau chez les acariens	12
Mécanismes de maintien de l'équilibre hydrique : exemple chez les tiques	13
DIVERSITÉ (HABITUDES ET HABITATS) DES ACARIENS (VOIR DIAGRAMME)	13
LES FORMES LIBRES	14
A. Les acariens phytophages	14
1. Les espèces terricoles	14
2. Les espèces aériennes	14
3. Les espèces d'entrepôts	14
B. Les acariens prédateurs	14
1. Les espèces terricoles	14
2. Les espèces aériennes	14
3. Les espèces d'entrepôts	15
4. Les espèces du littoral ou des zones inondables	15
5. Espèces aquatiques	15
C. Les acariens microphytophages	15
D. Les acariens saprophages	15
E. Les acariens coprophages et nécrophages	16
F. Les acariens phorétiques	16
LES FORMES PARASITES	16
A. Les Acariens ectoparasites	17
1. Ectoparasites de Vertébrés	17
2. Ectoparasites d'Invertébrés	17
B. Les Acariens Endoparasites	18
1. Endoparasites de Vertébrés	18
2. Endoparasites d'Invertébrés	18
Collection, élevage et préparation pour l'étude	19
Collection	19
Élevage des acariens	21
Préparation microscopique des acariens pour les études	23
LES ACARIENS DANS L'AGRICULTURE	26
PRINCIPAUX ACARIENS RAVAGEURS	26
Tetranychidae	26
Tetranychidae d'importance dans l'agriculture en Afrique	27
Tarsonemidae	29
Tarsonemidae d'importance dans l'agriculture en Afrique	30
Eriophyidae	31
Eriophyidae d'importance dans l'agriculture en Afrique	31
Tenuipalpidae	32
Varroidae	32
Tydeidae	33
PRINCIPAUX ACARIENS PRÉDATEURS	33
Phytoseiidae	34
Quelques espèces de phytoséiide généralement utilisées dans la lutte biologique	34
Autres acariens prédateurs	34
Stigmaeidae	35
Cheyletidae	35
Cunaxidae	35
Erythraeidae	35
Anystidae	36
<i>Les pratiques agricoles qui influencent l'écologie des acariens</i>	<i>36</i>

Introduction de nouvelles variétés.....	36
Absence de prédateurs.....	36
La vigueur de la plante.....	36
La monoculture.....	36
Les pesticides.....	37
La poussière inerte.....	37
<i>RESISTANCE DES ACARIENS AUX ACARICIDES.....</i>	<i>37</i>
Tolérance environnementale et réversion de résistance.....	37
Développement de résistance.....	38
Résistance croisée.....	38
Importance économique de la résistance.....	38
Aspects génétiques de la résistance.....	38
RÉFÉRENCES.....	39

PREMIERE PARTIE :

INTRODUCTION A L'ACAROLOGIE

Définition

L'**Acarologie** est l'étude des acariens ou '*Acari*'. Les acariens sont de minuscules arthropodes généralement terrestres. Numériquement, ils occupent le deuxième rang après les insectes. Ce sont des parasites des oiseaux, des mammifères, y compris l'homme (ex : les tiques), ou des ravageurs des plantes. Ils participent aussi au recyclage des éléments nutritifs du sol ; ils sont vecteurs d'un grand nombre d'agents pathogènes des plantes et des animaux ; ils constituent également une importante source de parasites et d'ennemis naturels (prédateurs) communément associés avec une gamme variée d'arthropodes.

Systématique et phylogénie

Les acariens sont des arthropodes (i.e. invertébrés à corps articulé, présentant des segments et un squelette externe appelé exosquelette). Leur position systématique se présente comme suit :

EMBRANCHEMENT : Arthropodes

SOUS-EMBRANCHEMENT : Chélicérates

CLASSE : Arachnides

SOUS-CLASSE : Acari (acariens)- segmentation abdominale peu visible ou absente

Araneae (araignées)

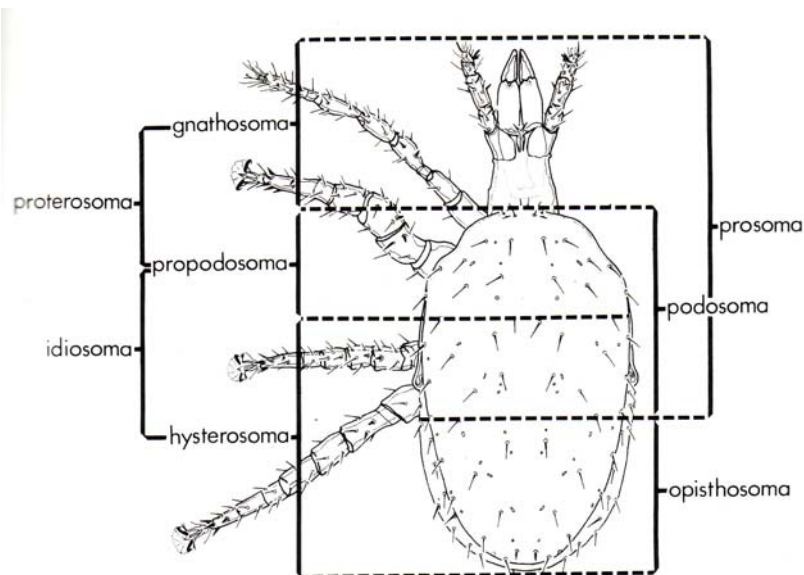
Scorpions

Ordres et sous-ordres des Acari :

Ordres	Sous-ordres	Exemple
Acariformes	Actinedide	Ravageurs des plantes Parasites, ravageurs des entrepôts Acariens terricoles (du sol)
	Acaridide	
	Oribatide	
Parasitiformes	Opilioacaride	Nombreux prédateurs Les tiques
	Holothyride	
	Gamaside	
	Ixodide	

Morphologie des Acariens

Le corps d'un acarien type est divisé en deux parties principales : une partie antérieure appelée **Gnathosome** (tête) qui porte principalement les pièces buccales, et une partie postérieure appelée **Idiosome**, plus large et sur laquelle sont fixées les pattes.

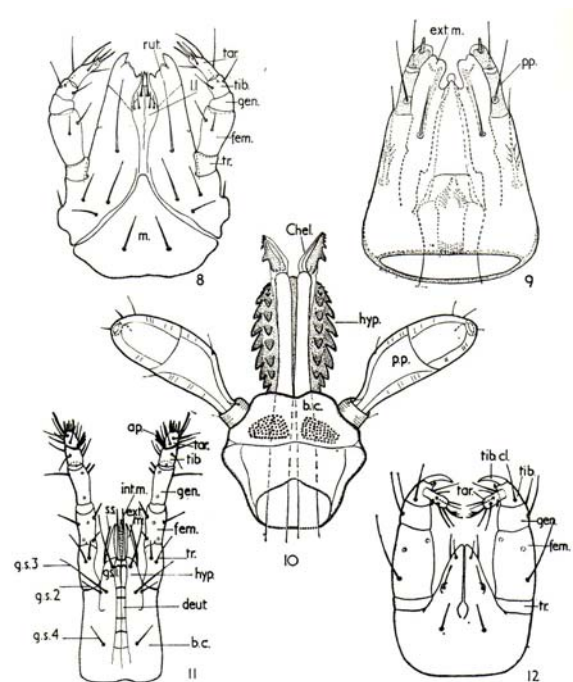


Le Gnathosome. Il ressemble à la tête d'un insecte sauf que les pièces buccales lui sont collées. Le cerveau est dans l'Idiosome et se situe donc derrière le gnathosome et non à l'intérieur. La gnathosome ne représente donc qu'un tube à travers lequel passe la nourriture pour déboucher dans l'œsophage. Au-dessus de la cavité buccale se trouve la paire de chélicères qui ont généralement trois segments. Les chélicères et les palpes situés sur le gnathosome constituent les organes d'acquisition de la nourriture. Les palpes peuvent être de simples structures sensorielles équipées de soies chemosensorielles (ou **thigmotropiques**) qui aident à localiser la nourriture. Cependant, elles sont souvent modifiées pour se transformer en un organe à saisir et à percer, semblables aux mandibules de plusieurs insectes prédateurs.

Les chélicères sont de formes très variables. Elles peuvent être courtes ou allongées chez certains groupes parasites, servant de ce fait comme un organe à percer. Généralement le troisième segment de la chélicère est modifié en un doigt mobile qui s'oppose à la portion distale fixe du deuxième segment. Ces doigts opposés (**ou chélates**) sont soit édentés, soit dentés pour saisir et broyer. La réduction du doigt fixe n'est pas chose rare chez les espèces prédatrices ou phytophages. A la suite de cette réduction, le doigt mobile se développe en une structure en forme de stylet qui sert à percer.

La cavité buccale s'ouvre intérieurement dans le pharynx qui agit comme une pompe à succion pour ingérer les aliments. Le pharynx est doté de plusieurs muscles qui, de concert avec les muscles qui contrôlent le mouvement des chélicères et des palpes, tapissent virtuellement la cavité du gnathosome.

Des glandes salivaires peuvent être présentes, s'ouvrant à travers une paire de conduits dans la cavité buccale. Ces glandes assurent la fourniture de divers enzymes qui permettent la prédigestion orale. Les chélicères ne sont jamais primitivement sensorielles



FIGS. 8-12. Structure of the gnathosoma in five orders of Acari. Fig. 8, venter of the gnathosoma of *Perlohmannia dissimilis* (Hewitt) [Cryptostigmata]; fig. 9, venter of the gnathosoma of *Acarus siro* L. [Astigmata]; fig. 10, dorsal view of the gnathosoma of *Ixodes ricinus* (L.) [Metastigmata]; fig. 11, venter of the gnathosoma of *Macrocheles muscaedomesticae* (Scopoli) [Mesostigmata]; fig. 12, venter of the gnathosoma of *Cheyletiella salinus* Evans [Prostigmata].

ap., apotele; b.c., basis capituli; chel., chelicera; deut., deutosternum; ext. m., external mala; fem., femur; gen., genu; g.s., gnathosomal seta; hyp., hypostome; int.m., internal mala; l.l., lateral lip; m., mentum; p.p., pedipalp; rut., rutellum; s.s., salivary stylus; tar., tarsus; tib., tibia; tib.cl., tibial claw; tr., trochanter.

Quelques types de gnathosome chez les acariens

L'Idiosome. La fonction de l'Idiosome est comparable à celle de l'abdomen, du thorax et d'une portion de la tête des insectes. Il peut être fortement sclérotisé ou virtuellement mou et sans sclérotisation. L'idiosome est subdivisé en plusieurs parties telles que présentées sur la figure ci-dessus (page 4):

Il comprend dans sa partie antérieure le Propodosome et dans sa partie postérieure l'Hystérosome qui peuvent être ou non séparés par un sillon. Les yeux sont dorsaux ou dorso-latéraux et insérés sur le Propodosome. Les deux paires de pattes antérieures sont elles-aussi insérées sur le Propodosome tandis que les deux paires postérieures sont localisées sur l'Hystérosome. De petits écussons ou plaquettes couvrent généralement des portions de l'idiosome. Un écusson antérieur peut couvrir le prodorsum ou le propodosome en entier. Un écusson postérieur ou une série d'écussons peuvent aussi être présents tandis que chez certains groupes un écusson unique recouvre généralement tout l'idiosome.

Ventralement, l'idiosome peut être divisé par des sillons et peut ou ne pas être pourvu d'écusson. Les orifices génitaux et anaux sont généralement ouverts dans un écusson sclérotisé ou sont protégés par des paires de valves. Dans plusieurs instances, les écussons génitaux et anaux peuvent se prolonger de façon à recouvrir toute ou presque toute la région génito-anale. Sur la partie antérieure un écusson sternal peut s'observer et est souvent incorporé dans le complexe d'écusson ventral.

Les organes externes primaires qu'on retrouve sur l'idiosome sont locomoteurs, respiratoires ou sensoriels.

Différences morphologiques entre acariens, araignées et insectes (très important)

Le tableau suivant présente les principales différences morphologiques entre les acariens, les insectes et les araignées.

Caractères	Acariens	Araignées	Insectes
Division du corps	gnathosome + idiosome	céphalothorax + opisthosome	tête + thorax + abdomen
Nombre de pattes	larves : 3 paires stades post-larvaires : 4 paires*	toujours 4 paires	toujours 3 paires
Segmentation de la patte	coxa, trochanter, fémur, genou, tibia et tarse	coxa, trochanter, fémur, genou, tibia et tarse	coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse
Yeux	ocelles	ocelles	yeux composés, ocelles
Antennes	absentes	absentes	présentes
Ailes	absentes	absentes	présentes
Pièces buccales	Chélicères (Chélicérates)	Chélicères	Mandibules (Mandibulates)

*Les Eriophyidae ont 2 paires de pattes au stade adulte.

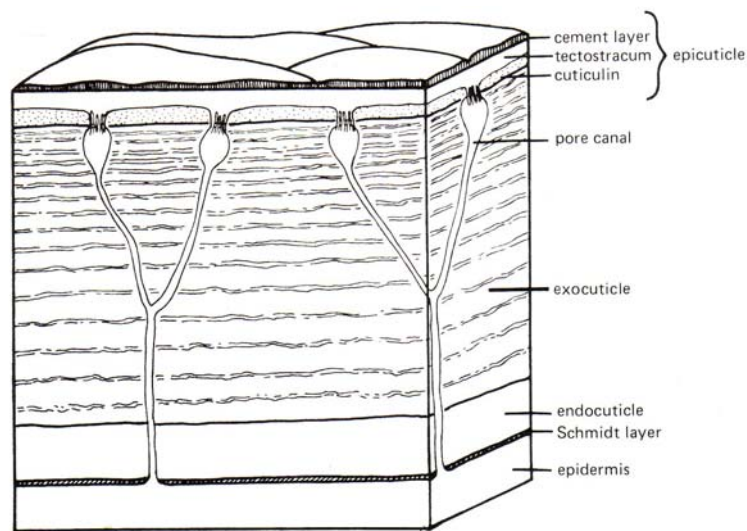
Ainsi donc, les acariens possèdent des Chélicères (pinces) à la place des Mandibules, ce qui leur vaut leur classement dans le sous-embranchement des **Chélicérates** (en opposition aux insectes qui ont des mandibules et sont alors classés dans le sous-embranchement des **Mandibulates**). Les acariens sont dépourvus d'antennes, d'ailes et d'yeux composés : certains possèdent des ocelles tandis que d'autres sont morphologiquement aveugles (Ex : les phytoséiides). Les acariens possèdent généralement 3 paires de pattes au stade larvaire et 4 paires de pattes aux autres stades mais il y a des exceptions notamment les Eriophyidae (ex : acariens de la noix de coco) qui possèdent seulement deux paires de pattes.

La cuticule des Acariens

C'est l'exosquelette qui enveloppe le corps des acariens. Elle commence son développement comme un tissu non différencié recouvert d'une mince couche de cuticuline (un mélange de soies formant la cuticule), et séparé de la couche épidermique sous-jacente par une couche granulaire extrêmement fine et pauvrement (ou mal) définie appelée la couche de Schmidt. Au fur et à mesure que le développement se poursuit, les portions de surface des couches indifférenciées deviennent souvent sclérotisées à des degrés divers avec des tannins d'orthoquinone. Ces portions que sont l'épicuticule et l'exocuticule sont des écussons (ou plaques) discrets. La couche superficielle de la cuticuline peut contenir une profusion de micropores qui sont connectés aux canaux de pore (pore canals). Ces canaux proviennent des cellules épidermiques sous-jacentes de la couche granulaire et passent à la fois à travers les couches endo-et exo-cuticulaires. La fonction possible de ces canaux pourrait être le transport d'une sécrétion épidermique à la surface de la couche de cuticuline où la sécrétion forme un revêtement soyeux protecteur ainsi qu'une mince couche subjacente de ciment.

La couche protectrice composée des revêtements soyeux et d'une couche de ciment protège contre les pertes excessives en eau par le corps de l'acarien. D'autres pores en nombre plus réduit existent et se retrouvent aussi bien sur le corps que sur les appendices.

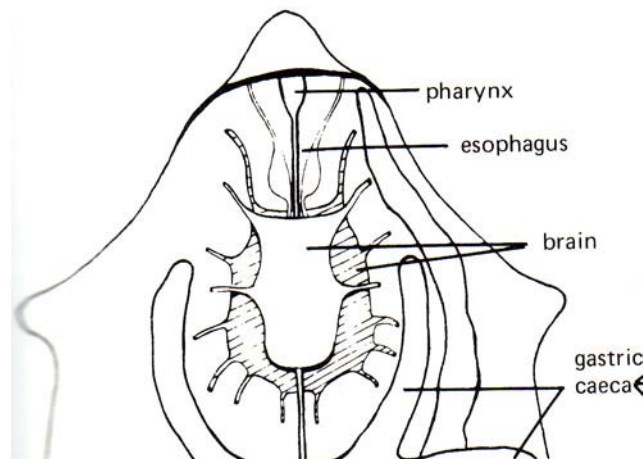
La beauté et la forme des acariens s'expriment à travers l'ornementation de l'exosquelette. Il s'agit principalement des soies, des pores ou des pigments dans différentes couches.



Quelques notions sur la Biologie et la Physiologie des acariens

Système nerveux

Chez les acariens on observe un système nerveux central bien développé qui enveloppe l'œsophage. Il est composé d'un système de ganglions supra et sub-œsophagiens d'où se radient une série de nerfs. Les pattes, le système digestif, les muscles et les organes génitaux sont innervés par des nerfs issus de la portion sub-œsophagienne du cerveau. Les pièces buccales reçoivent leur impulsion du ganglion supra-œsophagien (i.e. dorsal). Les nerfs optiques sont dérivés eux-aussi du ganglion supra-œsophagien.



Système nerveux

Respiration

Chez les acariens, l'échange d'oxygène et de dioxyde de carbone s'accomplit de diverses manières, dépendant de la présence ou non de stigmates (ouvertures dans le spiracle), et d'un système trachéen. Ainsi, lorsqu'ils sont présents, les stigmates s'ouvrent à l'intérieur dans un système de trachées qui se ramifient à travers tout le corps pour atteindre les divers organes. Chez les acariens qui ne possèdent pas de stigmates ou de systèmes trachéaux apparents, l'échange d'oxygène et de dioxyde de carbone s'opère à travers leur tégument, i.e. la peau.

La présence ou l'absence de stigmates, et leur position relative constituent des traits importants dans la séparation des sous-ordres au sein de la sous-classe *Acari* (voir tableau ci-dessous). Par exemple la présence d'une paire de stigmates sur la partie latéro-médiane de l'Idiosome caractérise les membres du sous-ordre Gamaside tandis que la présence de deux (occasionnellement trois) paires de stigmates latéro-médians caractérise les Holothyride. Chez les Opilioacaride, les stigmates sont dorsaux. Chez les Ixodides, les stigmates s'ouvrent derrière la coxa de la patte IV. Chez les Actinedide, ils peuvent s'ouvrir derrière ou entre les bases des chélicères. Chez les Oribatides les stigmates sont peu apparents ou absents.

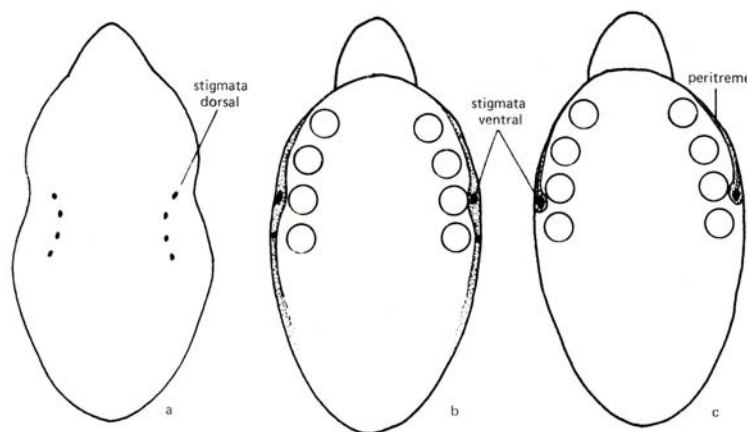


Fig. 8. External respiratory and associated structures in the Opilioacarida (a), Holothyrida (b), and Gamasida (c).

Sous- ordres des acariens basés sur le nombre et la position des Stigmates (classification ancienne)

Anciens sous-ordres	Sous-ordres modernes
Notostigmates* (4 paires de stigmates)	Opilioacaride
Tétrastigmates* (1 paire de stigmates)	Holothyride
Mésostigmates (stigmates situés sur la médiane)	Gamaside
Métastigmates (stigmates situés sur la partie postérieure)	Ixodide
Prostigmates (stigmates situés à la partie antérieure)	Actinedide
Astigmates (pas de stigmates)	Acaridide
Cryptostigmates (stigmates cachés)	Oribatide

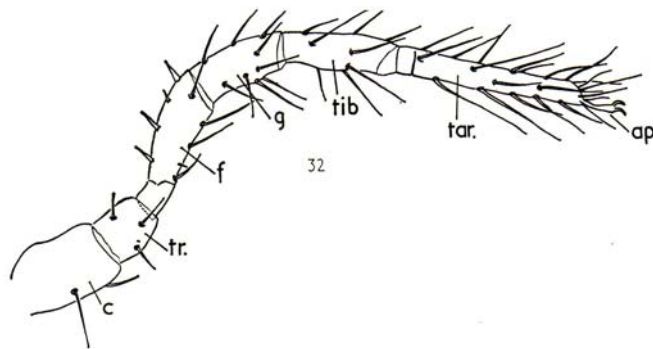
*: remarquer la non-correspondance entre le nom et le nombre de stigmates

Les organes sensoriels

L'idiosome des acariens possèdent plusieurs récepteurs sensoriels qui sont pour la plupart sous forme de soies. Celles-ci ont principalement une fonction tactile. Dans la plupart des groupes les individus possèdent une ou deux paires d'yeux simples (ocelles) situés latéralement sur le Propodosome. Plusieurs groupes d'acariens possèdent des paires d'organes sensoriels situés ventralement entre les coxas I et II. On pense que ces organes, de forme variable, servent à sentir l'humidité. Les nymphes et adultes des mêmes groupes possèdent des paires de disques génitaux qui servent à la même fonction.

Locomotion

Les nymphes et adultes des acariens possèdent d'habitude (exception faite des acariens de la superfamille Eriophyoidea), quatre paires de pattes, tandis que les larves n'en ont que trois. Les pattes sont divisées en six segments que sont : la coxa, le trochanter, le fémur, genou, le tibia et le tarse. Le tarse se termine généralement par un appendice, en forme de griffe, appelé « **empodium** ». Pendant que les pattes servent principalement pour la locomotion, elles peuvent être modifiées pour servir à d'autres fonctions. Ainsi, les pattes I sont spécialement sujettes à des modifications qui leurs permettent de faire le premier contact avec les aliments. Conséquemment, les pattes I jouent plutôt un rôle sensoriel chez beaucoup de groupes d'acariens. Les pattes (particulièrement les torses) sont, en général, munies de soies qui peuvent être utilisées pour établir la position systématique de l'acarien.



Patte chez les acariens (c : coxa ; tr : trochanter ; f : fémur ; g : genou ; tib : tibia ; tar : tarse ; ap : empodium)

Nutrition

Les acariens se nourrissent sur une variété de substances. Certains sont parasites et se nourrissent du sang ou du fluide contenu dans les tissus des vertébrés ou des invertébrés ; d'autres sont fongivores ou se nourrissent de feuilles en putréfaction des plantes supérieures, tandis que d'autres se nourrissent de tissus vivants des plantes. Plusieurs espèces sont des généralistes : une seule espèce pouvant avoir une diète incluant aussi bien de tissus morts que de tissus vivants de plantes ou d'animaux.

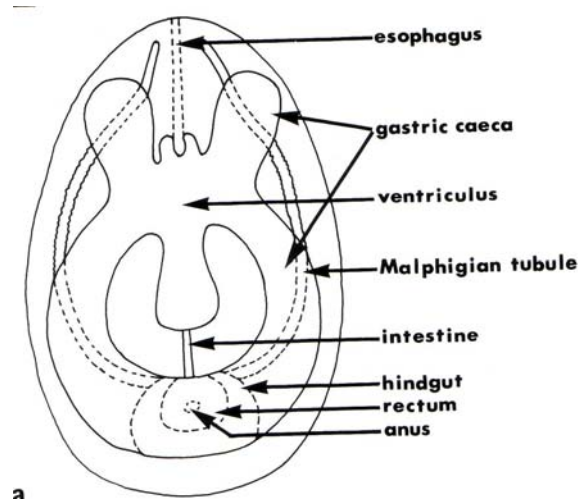
La majorité des acariens qui se nourrissent sur les plantes sont des Prostigmata. Les acariens phytophages hautement spécialisés se retrouvent dans les superfamilles Tetranychoidae et Eriophyoidea. Chez les premiers les bases des chélicères se fusionnent pour former un stylophore réversible et les doigts mobiles sont tirés dehors en des stylets en forme de flagelles qui sont utilisés pour percer l'épiderme de l'hôte. Chez les Eriophyoidea, les deux chélicères sont séparées sur toute leur longueur et bougent alternativement lorsqu'elles pénètrent les tissus de la plante.

Le système digestif des acariens est semblable à celui des insectes. L'aliment passe par la cavité buccale puis descend dans l'œsophage, traverse les cæca gastriques (appareil de stockage de prédigestion), avant de déboucher dans les ventricules (estomac) où a lieu la digestion proprement dite. La digestion est habituellement intracellulaire, tout au moins dans la partie antérieure du ventricule. Ici, la paroi du tube est tapissée de cellules épithéliales en forme de vacuoles qui absorbent les aliments solubles, et qui se détachent par la suite dans la lumière de l'intestin.

La digestion peut être extracellulaire chez certains Acaridides. Ce processus permet l'assimilation de grosses particules d'aliments solides que ces acariens ingèrent. La protection de la fragile couche épithéliale contre ces particules amorphes est assurée par une membrane péritrophique qui enveloppe le bol alimentaire lorsqu'il descend le long du tube digestif. Certains acariens ont des organismes symbiotiques (ou symbiontes) tels que les cellules lévuriformes ou les rickettsies dans leur appareil digestif. Ces symbiontes sont fréquemment

trouvés dans des sites spécialisés (mycétomes et mycétocytes) au sein des ventricules. Leur rôle n'est pas bien défini.

Chez les acariens, on retrouve aussi les tubes de Malpighi qui sont utilisés pour évacuer les déchets de l'hémolymphe comme chez plusieurs insectes.



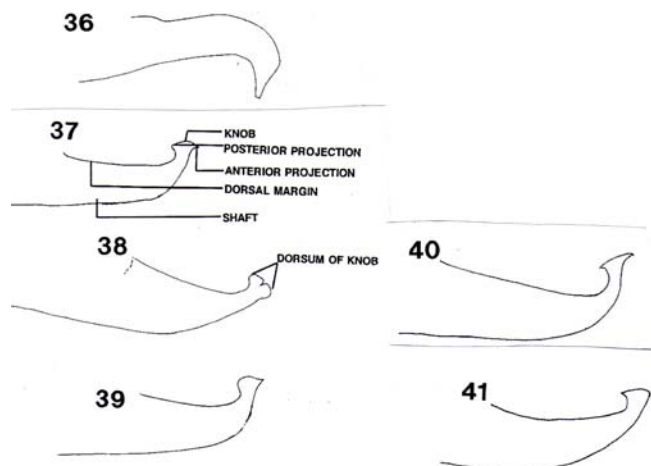
Reproduction

Le système reproducteur. Les acariens sont des organismes dioïques, caractérisés par la présence de mâles et de femelles. Chez la femelle, les œufs sont produits dans les ovaires qui vident leur contenu dans le vagin en passant par les oviductes et l'utérus.

Chez le mâle, le sperme est produit dans les testicules puis passe dans le conduit éjaculatoire à travers les canaux déférents. Un édéage (organe copulateur) est présent chez certains acariformes.

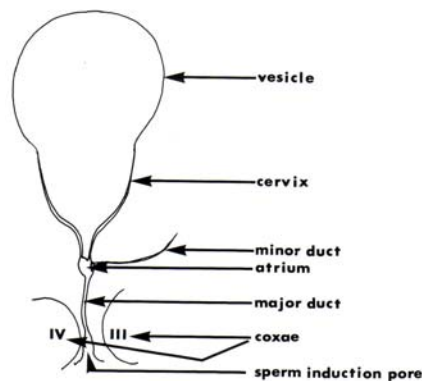
Chez les acariens le transfert du sperme du mâle vers la femelle peut être direct ou indirect. Le transfert direct implique la présence chez le mâle de l'**édéage** qui déverse directement le sperme dans l'orifice génital femelle ou dans une structure copulatrice spéciale appelée la bourse copulatrice. Cette bourse peut être un tube qui s'ouvre dans l'idiosome. Cette forme s'observe surtout chez les Tetranychidae (Ex : *Mononychellus*, *Tetranychus*, *Oligonychus*, etc...).

La forme de l'édéage est un caractère taxonomique très important surtout chez les Tetranychidea.



Edéage des acariens

Le transfert indirect implique la production par le mâle d'un spermatophore (ou sac à sperme) qui est soit pris par la femelle elle-même, soit transféré à la femelle par le mâle avec ses chélicères. Pour ce faire, le mâle place le spermatophore sur un genre de pédoncule qui est sécrété sous forme de fluide par le mâle et qui durcit au contact de l'air. Le spermatophore est alors pris par la femelle lorsqu'elle le contacte avec son orifice génital et conservé dans une poche appelée spermathèque. La forme de la spermathèque est le caractère taxonomique le plus utilisé dans l'identification des phytoséiides. Certains acariens tels que les phytoséiides ne possèdent pas d'édéage mais possèdent un spermatodactyle (une structure présente sur le doigt mobile de la chélicère), qu'ils utilisent pour transférer les spermatophores dans l'orifice génital de la femelle qui est situé près de la base des 3ème et 4ème paires de pattes.



Reproduction proprement dite. La reproduction chez les Acari suit le modèle habituel de fécondation et de production subséquente de progénitures mâles et femelles. Le sexe est déterminé par la ploïdie (ou le nombre de chromosomes présents). Ainsi, les mâles ont une seule série de chromosomes (**haploïdie**) tandis que les femelles ont deux séries de chromosomes (**diploïdie**). Néanmoins, une parthénogenèse facultative peut apparaître à travers la sous-classe. On distingue deux types de parthénogenèse chez les acariens : l'**Arrhénotoquie** qui est la production de mâles à partir d'œufs non fécondés (donc par parthénogenèse) ; et la **Thélytoquie** qui est la production de femelles à partir d'œufs non fécondés (donc par parthénogenèse).

L'arrhénotoquie est courante aussi bien chez les Mésostigmates que chez les Prostigmates, tandis que la thélytoquie se retrouve chez certains Prostigmates et autres groupes. Chez la plupart des phytoséiides, l'accouplement doit avoir lieu avant que les œufs ne puissent se produire. La plupart des tétranyques (Tetranychidae), sont arrhénotoques et produisent donc des femelles lorsque les œufs sont fécondés et des mâles lorsque les œufs ne sont pas fécondés.

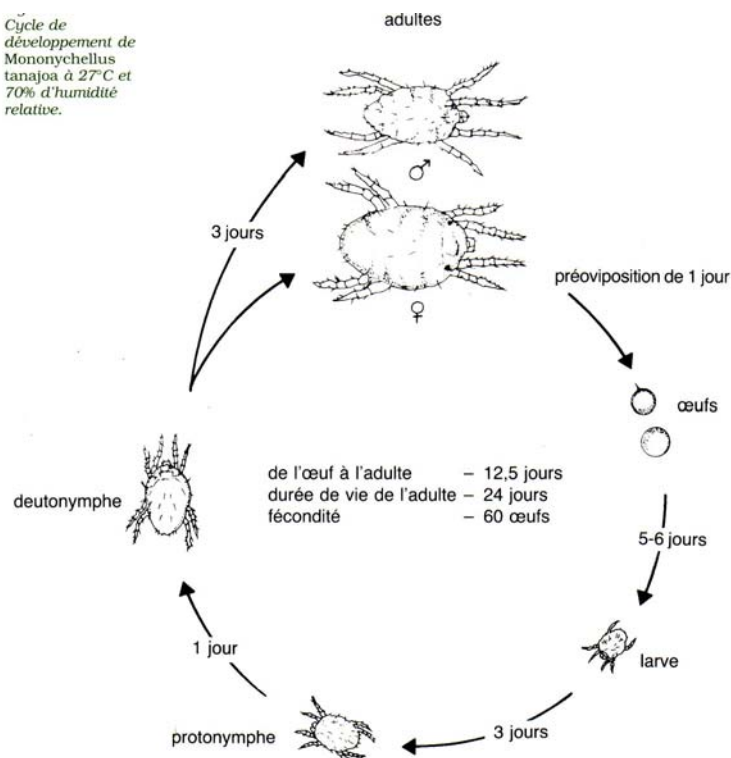
Il y a chez certaines espèces une condition particulière appelée **pseudo-arrhénotoquie** ou **para-arrhénotoquie** où l'état haploïde des mâles est précédé par un zygote diploïde qui perd ensuite une paire de chromosomes.

La thélytoquie s'observe chez certains Tetranychidae et certains Tarsonemidae.

Cycle biologique des acariens (voir schémas en annexe)

Le cycle biologique des acariens est variable. Toutefois, tous les acariens commencent par le stade d'œuf ; l'œuf éclot et donne une larve à trois paires de pattes. La larve subit une mue et se transforme en une nymphe à 4 paires de pattes. Il peut y avoir plusieurs stades nymphaux dont la protonympe, la deutonymphe, la tritonymphe etc...). Le dernier stade nymphal subit la mue dite imaginale qui la transforme en adulte. Avant chaque mue l'acarien demeure dans une phase inactive dite de quiescence appelée **chrysalide**. On distingue généralement la protochrysalide (entre larve et protonympe), la deutochrysalide (entre protonympe et deutonymphe), la téléochrysalide (entre le dernier stade nymphal et l'imago i.e. l'adulte).

Cycle de développement de *Mononychellus tanajoa* à 27°C et 70% d'humidité relative.



NB. Certains acariens sont **larvipares**, les adultes gardant les œufs dans leur corps jusqu'à leur éclosion en larves. Ce mode de reproduction est fréquent chez les acariens parasites. La durée du cycle varie d'une espèce à une autre et peut être modifiée par les conditions environnementales.

Régulation des pertes en eau chez les acariens

Pour leur survie, les acariens doivent résister aux nombreuses fluctuations de température, d'humidité atmosphérique et de plusieurs autres facteurs du milieu qui pourraient affecter les pertes en eau de leur organisme. Chez les acariens phytophages, le maintien d'un équilibre hydrique stable constitue pour plusieurs espèces une lutte constante. Le maintien de l'équilibre hydrique chez les acariens peut être divisé en trois processus de base que sont : le contrôle de l'absorption de l'eau liquide, le contrôle de l'élimination de l'eau liquide à travers fèces et urines, et le contrôle des pertes en eau par évaporation. Les acariens qui arrivent à maintenir presque constant le ratio eau/matière solide, face aux changements des conditions d'humidité et aux pertes de poids, peuvent être qualifiés d'efficaces dans la maîtrise de leur équilibre hydrique. De tels acariens sont alors capables de développer des populations sous une large variété de conditions climatiques. Ceux qui sont moins efficaces peuvent se restreindre à des endroits réunissant les conditions ambiantes favorables, ou sont relégués à des microclimats bien protégés.

On connaît peu sur la régulation de l'absorption de l'eau par les acariens mais on pense qu'elle est assurée par un système osmo-récepteur. Les acariens peuvent absorber de l'eau à partir des aliments ingérés, de l'air ou sous forme liquide à travers leur cuticule. Certains acariens qui ne se nourrissent pas de liquide peuvent limiter les pertes en eau en réabsorbant l'eau contenue dans leurs matières fécales dans le rectum. Certains acariens, notamment les tétranyques, peuvent contrôler les pertes en eau en régulant les temps d'ouverture des spiracles (c'est-à-dire les stigmata), réduisant ainsi l'intervalle dans lequel l'évaporation peut se produire à partir des trachées. Par exemple, *Tetranychus urticae* peut évacuer l'excès d'eau à travers ses stigmata.

La régulation ou la prévention des pertes en eau à travers la cuticule est très importante chez les *Acari*, mais le mécanisme n'est pas encore bien compris. Les acariens qui ont un accès limité à l'eau peuvent se déplacer d'un endroit hostile vers un endroit plus favorable évitant ainsi de s'exposer aux dures conditions qui pourraient accélérer leur dessiccation. Ils peuvent modifier leur habitat en créant des conditions environnementales favorables. Certains Eriophyides habitent les endroits situés sous les bractées des bourgeons ; d'autres injectent à la plante des substances de stimulation de croissance qui amènent la plante-hôte à produire un excès de poils (ou de galles) qui accroissent l'humidité relative et dans lesquels les acariens se réfugient. Certains tarsonèmes (Tarsonemidae), descendent au sol pendant les périodes sèches ou pendant le jour, et remontent sur la plante pendant la nuit ou lorsque les conditions deviennent plus humides. Certains tétranyques se nourrissent à la surface inférieure des feuilles, ce qui fait recourber la feuille vers le bas, leurs servant ainsi de protection contre les vents. Aussi, utilisent-ils la transpiration de la feuille pour se procurer une humidité élevée dans leur entourage.

Les acariens peuvent contrôler leur métabolisme, ce qui leur permet de réduire la production de l'eau métabolique. Ils mangent plus par temps sec que par temps humide. A la surface de la feuille l'humidité relative est habituellement élevée et la production de soies par les acariens a pour effet de maintenir l'humidité favorable dans le voisinage de la surface foliaire.

Ainsi donc l'habitat et l'activité des acariens phytophages sont régis par leur capacité à régler les pertes en eau.

Mécanismes de maintien de l'équilibre hydrique : exemple chez les tiques

- Durant leur phase de non alimentation, les tiques maintiennent leur équilibre hydrique en restreignant leur décharge de fèces et d'excréta à une période plutôt courte précédant un repas sanguin.
- Les tiques compensent les pertes d'eau en prenant activement de la vapeur d'eau de l'atmosphère jusqu'à une humidité relative allant de 75% à 94% selon les espèces.

Les lipides épicuticulaires produits par le tégument corporel et la fermeture des orifices du spiracle (stigmates) sous contrôle physiologique contribuent essentiellement à la restriction des pertes en eau. La valve est fermée la plupart du temps que le tique est au repos réduisant ainsi les pertes d'eau à travers le système trachéal. Par contre pendant sa locomotion, la valve s'ouvre plus fréquemment et les pertes d'eau sont plus accrues.

Diversité (habitudes et habitats) des acariens (voir diagramme)

Les acariens se rencontrent quasiment dans tous les types d'habitat connus. Leur taille très petite ainsi que leur association aussi bien avec les plantes qu'avec les animaux les ont rendus capables d'exploiter la plupart des microhabitats, y compris les déserts les plus hostiles, les toundras de l'arctique, les fleuves, rivières et fond d'océans, les sommets des montagnes, les couches profondes du sol, les cavernes et même les eaux thermales.

La diversité morphologique des acariens est un reflet de la variété de leurs caractéristiques comportementales. De plus, la spécialisation dans un type d'habitat est souvent liée à la spécialisation de certaines structures. Par conséquent, il est important que les habitats et les habitudes soient bien examinés afin de comprendre la classification des acariens.

Les *Acari* pourraient donc être regroupés sous deux chapitres principaux liés à leur habitat. On y distingue : les **formes libres** et les **formes parasites**.

LES FORMES LIBRES

Dans ce groupe se retrouvent tous les sous-ordres des *Acari*, à l'exception des Ixodides. On y trouve certains acariens prédateurs, des phytophages et d'autres qui utilisent des substrats organiques divers pour leur alimentation.

A. Les acariens phytophages

1. Les espèces terricoles. Elles se nourrissent de tissus racinaires et sur les bulbes et sont souvent responsables de dégâts économiques sur les plantes ornementales et les légumes. Elles sont blanches, opaques ou translucides ; se déplacent lentement et possèdent de courtes pattes. Certaines espèces possèdent des chélicères chélate-dentées pour broyer et macérer les tissus de plantes tandis que d'autres ont des chélicères en forme de stylet pour percer les cellules des plantes. On les retrouve chez les Oribatides.



2. Les espèces aériennes. Elles sont sédentaires ou se déplacent lentement, et sont faiblement sclérotisées. Elles se nourrissent en insérant leurs chélicères en forme de stylet dans les cellules de la plante-hôte et en sucent le contenu. Ce groupe renferme certaines des principales espèces d'arthropodes ravageurs des plantes. Les acariens Actinedide des familles Tetranychidae, Eriophyidae, Sierraphyptidae, Rhyncaphyptidae, Tarsonemidae et Tenuipalpidae constituent une préoccupation particulière en agriculture.

3. Les espèces d'entrepôts. Elles causent des dégâts aux produits stockés. Elles peuvent également se nourrir des champignons qui poussent sur ces denrées stockées. Ce sont des acariens de couleur blanche ou blanc-marron, généralement lents dans leur déplacement et sont en forme de sac. Les chélicères sont dentées mais émoussées (pas tranchantes), et servent à érafler et à creuser dans le substrat alimentaire. Les acariens granivores se nourrissent des tissus du germe des grains.

Les espèces courantes d'entrepôt se retrouvent dans les familles Acaridae et Glycyphagidae.

B. Les acariens prédateurs

1. Les espèces terricoles. On les retrouve fréquemment dans les couches supérieures du sol ou dans la mousse, l'humus et dans les déchets animaux où ils se nourrissent de petits arthropodes ou de leurs œufs, des nématodes et occasionnellement entre eux-mêmes.

Ils se déplacent très rapidement et possèdent de longues pattes et des chélicères chélate-dentées ou des palpes captivants pour capturer et macérer leur proie. On les rencontre dans plusieurs familles des sous-ordres Gamaside et Actinedide dont les Parasitidae, Sejidae, Macrochelidae, Ascidae, Rhagidiidae, Labidostomatidae et Cheyletidae.

2. Les espèces aériennes. Souvent elles possèdent de longues pattes et sont très rapides dans leur mouvement. Elles se nourrissent principalement des acariens phytophages ou de leurs œufs. On les rencontre dans plusieurs familles des sous-ordres Gamaside et Actinedide dont les **Phytoseiidae**, Bdellidae, Stigmaeidae et Anystidae.

3. Les espèces d'entrepôts. Elles sont, d'habitude, petites et faiblement sclérotisées. Elles peuvent se déplacer rapidement sur et à travers leur substrat à la recherche de nourriture, ou rester plus ou moins immobiles jusqu'à ce que la proie attendue soit à leur portée. On les retrouve dans les familles du sous-ordre Gamaside, notamment les Ascidae, Parasitidae et Laelapidae. Certaines espèces de la famille Cheyletidae dans le sous-ordre Actinedide sont très spécialement communes dans les stocks de nourriture. Les Cheyletidae sont considérées comme efficaces dans la lutte contre les Acaridae.

4. Les espèces du littoral ou des zones inondables. Ces habitats ont été exploitées par espèces prédatrices des sous-ordres Gamaside et Actinedide. Elles se nourrissent d'arthropodes et autres invertébrés qui sont attirés par l'accumulation de matériaux organiques dans la zone des marées. Elles appartiennent principalement aux familles Parasitidae, Macrochelidae, Ologamasidae, Halolaelapidae et Laelapidae dans le sous-ordre gamaside, et aux familles Bdellidae, Rhagidiidae, Erythraeidae et Halacaridae dans le sous-ordre actinedide.

5. Espèces aquatiques. Le trait le plus commun de ce groupe fortement diversifié est la présence de longs poils de natation sur leurs pattes. Quelques gamasides se sont adaptées aux habitats aquatiques mais les espèces Actinedides de la famille Halacaridae sont principalement marines du point de vue de leur habitat.

C. Les acariens microphytophages

Ils sont principalement représentés par les mycophages. Les acariens mycophages se nourrissent de champignons et sont sédentaires ou lents dans leur mouvement. A l'exception du sous-ordre Ixodides, des espèces d'acarien mycophage se retrouvent dans tous les autres sous-ordres. On les retrouve dans des habitats allant des bourgeons des arbres au grain stocké. Les espèces d'acarien mycophage sont communément rencontrées dans les familles Uropodidae et Phytoseiidae (sous-ordre Gamaside), Acaridae et Glycyphagidae (sous-ordre Acaride), et Pygmephoridae (sous-ordre Actinedide).

En plus des acariens mycophages, la catégorie des Microphytophages comprend les espèces qui se nourrissent de bactéries (**les bactériophages**) et celles qui consomment les algues (**phycophages**). On y ajoute aussi les espèces qui consomment les lichens (**lichenophages**). Les acariens bactériophages se retrouvent dans la famille Anoetidae du sous-ordre Acaride et la superfamille Liacaroidae du sous-ordre Oribatide. Les acariens phycophages se retrouvent dans les familles Tarsonemidae et Halacaridae du sous-ordre Actinedide. Les acariens lichenophages se rencontrent dans les sous-ordres Actinedide et Oribatide.

D. Les acariens saprophages

Ils se nourrissent de matières putréfiées, donc en décomposition. La **Saprophagie** s'observe dans la plupart des sous-ordres d'acariens, soit comme un mode de vie soit comme un phénomène facultatif ou sporadique. Les acariens saprophages se rencontrent dans des habitats très divers mais majoritairement dans le sol et la litière où ils se nourrissent de tissus de plantes ou d'animaux morts. La plupart des espèces saprophages connues sont des membres du sous-ordre Oribatide. Elles jouent un grand rôle dans la décomposition des litières forestières et, par conséquent, dans le recyclage des nutriments.

E. Les acariens coprophages et nécrophages

Ils comprennent des acariens qui se nourrissent de crottes ou de charognes (espèces prédatrices terricoles). Les acariens nécrophages sont généralement repoussés par les cadavres des gros animaux à la surface du sol et ne jouent donc qu'un rôle mineur dans leur décomposition. Les insectes et autres invertébrés morts sont, cependant, très attractifs à divers acariens du sous-ordre Oribatide et quelques acariens terricoles du sous-ordre Acaridide. Certains prédateurs du sous-ordre Gamaside sont facultativement nécrophages ou coprophages.

F. Les acariens phorétiques

Farish et Axtell (1971) définissent la phorésie comme « un phénomène dans lequel un animal recherche activement un autre animal auquel il s'attache pour une période de temps limitée au cours de laquelle l'animal qui s'attache (appelé ici le **phorétique**) cesse de s'alimenter et de se reproduire. D'une telle attache résulte la dispersion de l'individu attaché d'un endroit non convenable vers un endroit plus convenable pour son développement futur ou celui de sa progéniture ». Les deutonymphes et adultes de plusieurs espèces des sous-ordres gamaside, actinedide et acaridide sont phorétiques aussi bien sur les invertébrés que sur les vertébrés.

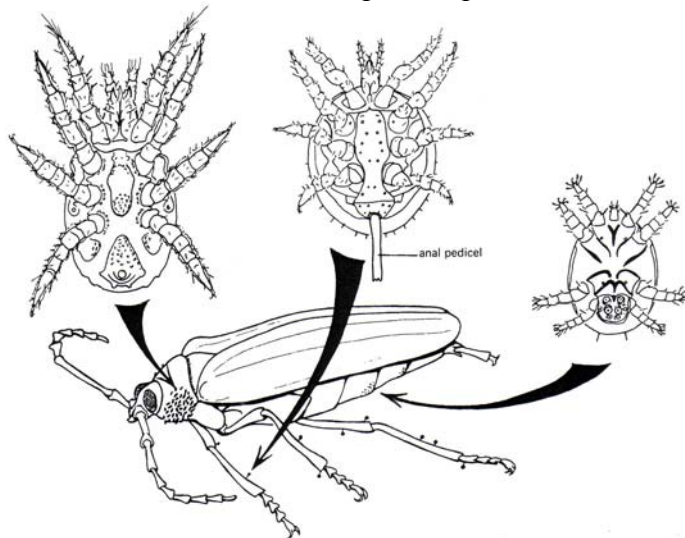


Fig. 20. Phoretic deutonymphs of (from left) POLYASPIDIDAE, UROPODIDAE and ACARIDAE on a prionid beetle. Arrows denote typical attachment sites.

LES FORMES PARASITES

Les acariens parasites des animaux se rencontrent dans tous les sous-ordres à l'exception du sous-ordre Oribatide. Plusieurs parmi eux sont d'importance capitale pour l'homme. Des organismes pathogènes de plusieurs types sont transmis à l'homme ou aux animaux domestiques par des acariens ou des tiques.

A côté de la transmission de pathogènes, les acariens sont vecteurs de parasites internes tels que le ténia et les filaires. Des acariens des sous-ordres Oribatide et Acaridide peuvent servir d'hôtes intermédiaires à une variété de Cestodes dont la grande douve du foie de mouton. Le simple fait que les acariens s'alimentent peut se solder par des dégâts aux animaux-hôtes à travers l'exsanguination et l'irritation, ou la création de sites favorables pour l'invasion d'autres organismes responsables de maladies secondaires.

Les acariens parasites peuvent se répartir en deux grands groupes sur la base de leur site d'alimentation. On distingue les **ectoparasites** qui sont des parasites externes et les **endoparasites** qui sont des parasites internes.

A. Les Acariens ectoparasites

1. Ectoparasites de Vertébrés

Presque chaque groupe d'animaux possède son complexe d'acariens parasites externes. Plusieurs d'entre-eux montrent des degrés variables de spécificité pour l'hôte de même que de remarquables adaptations morphologiques et biologiques à une existence parasite. Chez les gamasides nidicoles, par exemple, la concentration de nourriture et la présence d'un refuge contre les aléas environnementaux externes ont conduit à une augmentation de la capacité d'alimentation de plusieurs espèces et une concomitante réduction des cuirasses de protection.

Par ailleurs, la concentration de la population de parasites permet aux mâles de trouver rapidement des femelles, escamotant ainsi la nécessité pour eux de s'alimenter. Il en résulte que les chélicères des mâles ont tendance à devenir hautement spécialisées dans le transfert de sperme, au point où l'alimentation devient souvent impossible. Le développement de l'ectoparasitisme et de l'endoparasitisme obligatoires a conduit à des changements additionnels y compris, dans certains cas, la répression de plusieurs stades pré-imaginaux et une disparition virtuelle des mâles.

Les acariens et tiques ectoparasites se rencontrent sur les animaux tels que les chauves-souris, certaines crustacées, les oiseaux, les marsupiaux, les reptiles et les primates y compris l'homme. Ce sont des acariens qui se nourrissent du sang, de la lymphe, des sécrétions des grandes sébacées ; ou bien, ils digèrent les tissus de leurs hôtes en perçant leur peau. Ils peuvent aussi envahir les plaies ou les pores de la surface de la peau de leurs hôtes.

Le pelage d'une variété de mammifères est infesté par des acariens du sous-ordre Acaridide. Certains de ces acariens causent chez leurs hôtes des démangeaisons. Les mammifères peuvent aussi être attaqués par des acariens du sous-ordre Actinedide.

Les oiseaux sont, quant à eux, attaqués par des acariens du sous-ordre Acaridide. Chez les reptiles (serpent en particulier), les acariens du sous-ordre Actinedide créent des dépressions cutanées à la base des écailles et dans lesquelles ils se développent.

Des virus, rickettsies, bactéries, spirochètes, protozoaires et helminthes avaient été isolés des ectoparasites de vertébrés. Beaucoup de ces organismes causent des maladies virulentes ou débilitantes à l'homme et aux animaux à travers le monde. Les acariens ectoparasites se retrouvent dans les familles Dermanyssidae, Macronyssidae, Sarcoptidae, Ixodidae, Argasidae.



Tiques (Ixodidae)



2. Ectoparasites d'Invertébrés

Relativement peu d'acariens ont établi une véritable association parasitique avec les invertébrés. Dans le sous-ordre actinedide, les stades larvaires de certaines des espèces appartenant aux familles Trombidiidae; Erythraeidae; Smarididae et Johnstonianidae sont parasites des insectes. Les nymphes et les adultes de ces acariens sont des prédateurs. Les

papillons et les noctuelles sont les hôtes des acariens gamasides des genres *Dichrocheles*, *Otopheidomenis*, *Noctuisseius* et *Prasadiseius*.

B. Les Acariens Endoparasites

1. Endoparasites de Vertébrés

La majorité des acariens endoparasites de vertébrés montrent une réduction de leur sclérotisation en comparaison aux acariens ectoparasites. Plusieurs parmi eux ont des pièces buccales réduites de même que les pattes, et aucun d'eux ne possède d'yeux fonctionnels. La plupart de ces parasites sont associés au système respiratoire de leurs hôtes. Par exemple, le gamaside de la famille Rhinonyssidae est largement confiné dans les conduits nasaux des oiseaux quand bien même le genre *Sternostoma* peut aussi envahir les tissus de la trachée.

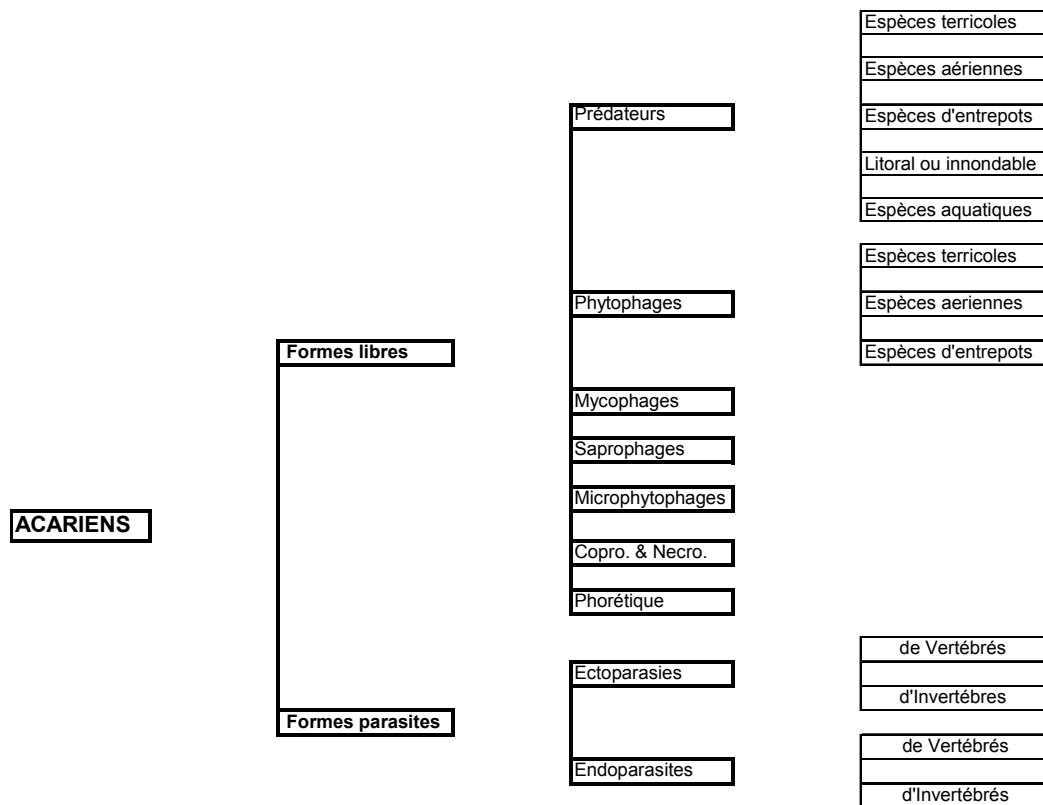
Les acariens endoparasites peuvent occasionnellement infester d'autres parties de leurs hôtes en dehors des voies respiratoires. Une espèce d'Acaridide du genre *Laminosioptes* est un parasite sous-cutané des oiseaux domestiques. Les acariens morts servent de loci pour la formation de kystes sous-cutanés qui peuvent se sentir à travers la peau de l'oiseau hôte, en particulier dans la région pectorale. Ex: Rhinonyssidae, Ereynetidae, Gastronyssidae.

Une ingestion accidentelle d'acariens vivants par des vertébrés peut se solder par une situation connue sous le nom d'**acariose**, et dans laquelle les acariens survivent et se reproduisent dans le tube digestif de l'hôte. L'acariose s'observe chez le bétail nourri avec des grains infestés par des acariens. Les symptômes sont un vomissement et une diarrhée (Ex : Acaridae, Glyciphagidae).

2. Endoparasites d'Invertébrés

Peu d'acariens se sont adaptés à un habitat endoparasite chez les invertébrés. Les quelques uns connus sont confinés dans les sous-ordres Gamaside et Actinedide. Chez les Actinedide, le genre *Acarapis* (Tarsonemidae), renferme au moins trois espèces qui parasitent les abeilles. *Acarapis woodi* (Rennie) envahit le système trachéal de l'abeille hôte, causant la dégénérescence des tissus atteints et finalement une suffocation de l'abeille. Cette affection appelée la « maladie de **Ile de Wight** » constitue un problème sérieux dans les ruches commerciales d'abeille à travers la majeure partie de l'Europe et d'Asie. Les endoparasites d'invertébrés se rencontrent souvent dans les familles Tarsonemidae et Podapolidae.

Diagramme récapitulatif :



Collection, élevage et préparation pour l'étude

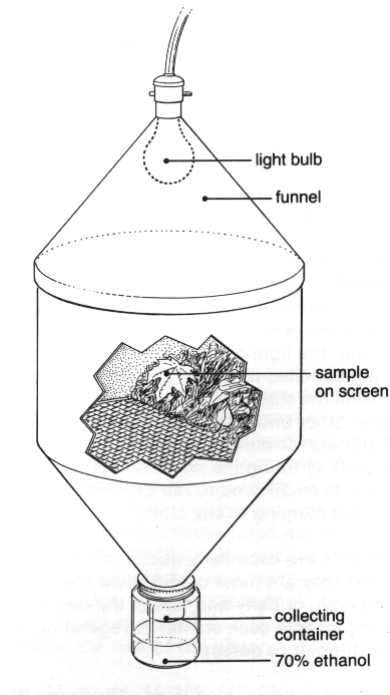
Collection

La petite taille des acariens rend souvent impraticable leur collection directe à partir de certains substrats. Il est, par conséquent, de coutume de prendre des échantillons de l'habitat de l'acarien et de procéder subséquemment à la séparation des acariens qu'ils contiennent. Les méthodes de collection varient suivant l'habitude et l'habitat de l'acarien.

Pour les formes libres terricoles on utilise l'appareillage de Tullgren modifié, qui est basé sur l'entonnoir de Berlese (voir figure ci-dessous). Les échantillons du milieu sont placés sur une grille dans un entonnoir et une lampe incandescente est suspendue au-dessus du dispositif. La chaleur produite par l'ampoule dessèche l'échantillon, ce qui oblige les arthropodes de l'échantillon à fouiner en profondeur dans l'échantillon. Ces arthropodes atteignent la grille, tombent et sont collectés dans le flacon dans lequel repose le col de l'entonnoir. Les acariens ainsi collectés sont conservés dans de l'alcool à 70%. Les échantillons du substrat doivent rester exposés à la source de chaleur pendant au moins 4 jours.



Figure : Appareil de Berlese-Tullgreen



Pour les formes aériennes, prédatrices ou phytophages, elles peuvent aussi être extraites par la méthode de Berlese mais d'autres techniques sont disponibles. On peut les prélever à la main en se servant d'une loupe de poche et d'un pinceau fin. Cette technique peut être appliquée à plusieurs habitats y compris les plantes. Des tubes aspirateurs, du type Singer, sont recommandés pour collecter directement de l'habitat dans le vase de conservation, dispensant ainsi de la manipulation des spécimens.



Aspirateur

Des échantillons de feuillage infesté par les acariens peuvent être soumis au battage sur une toile recouvrant un grand plateau ou sur un plateau peint en noir. Les acariens délogés des plantes par le battage sont prélevés par un pinceau fin ou un aspirateur et placés dans un liquide de conservation. Cette méthode est particulièrement intéressante au champ où la densité du feuillage constitue un inconvénient.



Planche de battage

Une machine à broser électrique peut être utilisée pour la collection et pour l'évaluation des populations d'acariens sur le feuillage des plantes.



Machine à broser les acariens

On peut aussi prélever sur les plantes des feuilles ou rameaux infestés, les mettre dans des flacons contenant de l'alcool ou dans des sachets plastiques ou en papier et les ramener au laboratoire. Au laboratoire, les sachets sont mis au réfrigérateur à 10-15°C. Le dépouillement des échantillons peut alors se faire efficacement sous binoculaire et ce, pendant quelques jours avant que les acariens ne subissent beaucoup de mortalité.

Pour les acariens parasites de vertébrés, leur collection se fait par un prélèvement de leur habitat (nids ou litière), ou par un examen de l'hôte lui-même. Les nids et litières se prêtent très bien à l'extraction par la méthode de Berlese-Tullgren. Pour les ectoparasites on pourrait aussi utiliser l'aspirateur. Pour les endoparasites, il s'avère nécessaire de disséquer l'animal-hôte.

Elevage des acariens

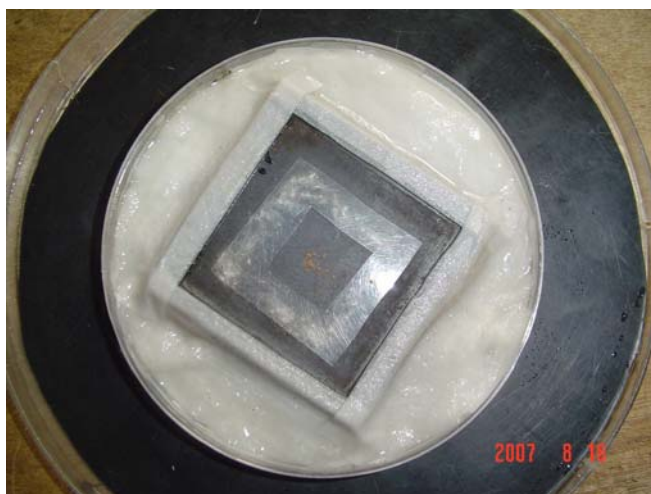
Un certain nombre de méthodes existent pour l'élevage des acariens au laboratoire. Les acariens peuvent être élevés sur des substrats artificiels ; sur des plants entiers dans des cages ou dans des chambres réservées à cet usage. L'IITA avait développé des techniques de production hydroponique, notamment l'arbre à manioc, qui est utilisée pour la production de l'acarien vert du manioc et de ses prédateurs phytoséiides.



Arbre à manioc

Dans ce registre on peut aussi citer cette technique de production en masse des acariens phytophages ou prédateurs dans des tunnels (genre de mini-serres) faits d'une charpente métallique recouverte d'une grille dont la mèche très fine est impénétrable par les acariens.

Pour l'élevage des acariens prédateurs phytoséiides au laboratoire, deux méthodes sont souvent utilisées à IITA, selon que le phytoséiide dépende ou non d'une proie spécifique. Pour les phytoséiides qui ne sont pas spécifiques à l'acarien vert du manioc on utilise un milieu d'élevage similaire à celui décrit par McMurtry et Scriven (1965). Il consiste en une ardoise en PVC (chlorure de polyvinyle) de dimension variable, posée sur de la mousse de même dimension à l'intérieur d'une boîte de Pétri contenant de l'eau (eau distillée de préférence). Tout autour de l'ardoise en PVC est posé du papier torchon dont l'autre bout baigne dans l'eau, servant ainsi de barrière qui empêche les acariens de s'enfuir tout en leurs procurant de l'eau de boisson. Quelques fibres de coton placées sur cette arène et maintenues par un cadre en plastic transparent servent de sites de ponte. Les phytoséiides à élever sont déposés au centre de cette arène et nourris quotidiennement avec des œufs d'acariens phytophages (*Tetranychus urticae* (Koch)).



Milieu d'élevage d'après McMurtry et Scriven

Pour les phytoséiides qui sont spécifiques à l'acarien vert du manioc, on utilise une technique similaire à celle mise au point par Overmeer en 1985. Les pétioles des feuilles de manioc infestées avec *M. tanajoa* (i.e. acarien vert du manioc), sont introduits dans des flacons contenant de l'eau et scellés avec du parafilm. Ces feuilles sont déposées sur une ardoise en PVC placée sur de la mousse dans un plateau contenant de l'eau distillée tel que

décrit précédemment. Sur ces feuilles sont déposés alors les phytoséiides à élever. Les feuilles de manioc sont renouvelées tous les deux jours et les anciennes enlevées. Pour les espèces qui peuvent se nourrir de pollen, du pollen de maïs, de ricin ou de *Typha* (*Typha australis* Schum. & Thonn.), peut aussi être ajouté à l'arène.



Milieu d'élevage d'après Overmeer

Du fait de la facilité de contamination d'une culture par une autre espèce de phytoséiides et vu la difficulté de séparer les espèces de phytoséiides sans les avoir tuées et montées sur lame, il est indispensable qu'en cours d'élevage, les diverses espèces soient gardées bien séparées les unes des autres.

En définitive, la technique d'élevage adoptée dépend de l'espèce à élever, du matériel disponible et de l'usage que l'on veut en faire.

Préparation microscopique des acariens pour les études

Avec l'avènement des microscopes à contraste de phase, de nombreuses techniques ont été développées, qui permettent une étude critique des structures fines des spécimens d'acariens. Il est, cependant, nécessaire que les spécimens soient préparés de manière à obtenir un haut degré de transparence. Il importe donc de procéder à la macération ou à l'enlèvement des tissus opaques de tous les acariens (sauf ceux faiblement sclérotisés), avant de placer le spécimen sur la lame. Ceci peut être obtenu soit par l'utilisation d'un agent éclaircissant et digestif, soit par dissection.

Les agents éclaircissants : Ce sont des produits chimiques efficaces dans la macération des tissus internes des acariens conservés mais qui ne causent pas, ou que très peu, de dégâts à l'exosquelette. L'un des produits des plus populaires et des plus utilisés est le lactophénol, préparé avec les ingrédients suivants:

Acide lactique.....	50 parts
Cristaux de phénol.....	25 parts
Eau distillée.....	25 parts

Les spécimens placés dans le lactophénol peuvent y séjourner pendant une semaine ou plus sans risque de dégradation de la structure de l'exosquelette. Le lactophénol est un acide corrosif qui ne ramollit pas le tégument comme le feraient les bases corrosives. Les gros spécimens peuvent être percés pour faciliter la pénétration du lactophénol à l'intérieur du corps de l'acarien.

La dissection : Les acariens fortement sclérotisés, particulièrement certaines espèces appartenant aux sous-ordres Gamasides et Oribatides sont souvent difficiles à étudier, malgré l'usage des produits éclaircissants. L'épaisseur des écussons dorsaux et ventraux empêchent une observation aisée des structures de la surface à travers le microscope, rendant ainsi impossible l'usage du microscope à contraste de phase. De plus, le développement de la photographie en acarologie exige une clarté des structures au-delà de ce qu'on peut obtenir avec l'éclaircissement. La solution satisfaisante à ce problème est de séparer, avec précaution, le dos et le ventre avec des outils de dissection bien appropriés. Au cas où la forme et la structure des chélicères par exemple est d'importance, il faudra enlever aussi les chélicères. Les outils recommandés sont : un forceps de microdissection des horlogers, un poinçon finement aiguisé inséré dans un manche en bois, un micro-bistouri. Le spécimen à disséquer doit être placé dans du lactophénol pendant 48-72 heures afin d'assouplir son tégument.

Techniques de montage

La petite taille des acariens nécessite qu'on les observe sous un microscope à contraste de phase afin d'obtenir les grossissements nécessaires. Les spécimens à étudier doivent donc être montés, soit temporairement ou de façon permanente, sur des lames microscopiques et dans du fluide approprié. La technique de montage varie suivant le goût du chercheur et suivant le type d'acarien à monter.

Pour les gros acariens fortement sclérotisés comme les Oribatides, il est préférable de faire des montages temporaires dans de l'acide lactique comme milieu de montage. L'acarien est placé dans une goutte d'acide lactique dans la cavité de la lame. Sa position peut être manipulée en jouant sur la lamelle.

De nos jours, les Acarologues utilisent des milieux de montage aqueux, c'est-à-dire contenant de l'eau ou soluble dans l'eau, car le montage dans un tel milieu est plus aisé. Le gros inconvénient de ces milieux aqueux est qu'ils sont hygroscopiques, absorbant de l'eau atmosphérique. Un montage aqueux peut donc être sujet à un déplacement du milieu dû à l'humidité atmosphérique, ou peut se cristalliser et se casser. Pour remédier à cette situation, il est d'usage de sceller totalement la lame après sa préparation, en utilisant une solution protectrice non soluble (telle que le vernis d'ongle), rendant ainsi la préparation microscopique plus ou moins permanente.

Le milieu de Hoyer est l'un des milieux les plus utilisés actuellement. Il est préparé en utilisant et dans l'ordre, les ingrédients suivants :

- Eau distillée..... 50 ml
- Gomme arabique (amorphe)..... 30 g
- Hydrate de Chlore200 g
- Glycérine.....20 ml

Des modifications à ces composantes peuvent aussi être observées.

Le montage proprement dit

Si l'acarien est collecté vivant de la plante ou de la feuille, procéder de la manière suivante :

1. déposer une goutte du milieu de Hoyer au centre d'une lame propre de 25 x 75 mm.
2. retirer le spécimen de la feuille à l'aide d'un pinceau fin.
3. placer l'acarien dans le milieu de montage sur la lame et vérifier à la loupe binoculaire que le spécimen a été bien déposé dans la goutte au centre de la lame.

Si l'acarien est conservé dans un flacon contenant de l'éthanol à 70% :

1. verser le contenu du flacon dans une boîte de Pétri.
2. déposer une goutte du milieu de Hoyer au centre d'une lame propre de 25 x 75mm.

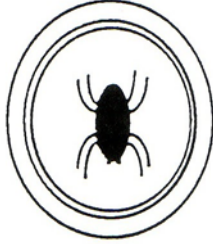
3. retirer le spécimen de la boîte de Pétri à l'aide d'un pinceau fin.
4. placer l'acarien dans le milieu de montage sur la lame et vérifier à la loupe binoculaire que le spécimen a été bien déposé dans la goutte au centre de la lame.

Si l'acarien est gardé dans un liquide éclaircissant, procéder ainsi :

1. retirer, à l'aide d'un pinceau ou d'une boucle en fil de fer, le spécimen traité du fluide éclaircissant. Placer le spécimen dans une boîte de Pétri et le rincer 3 à 4 fois dans de l'eau distillée en changeant à chaque fois l'eau de rinçage. Continuer à rincer jusqu'à ce que l'interface brumeuse produite par le produit éclaircissant et l'eau disparaisse.
2. déposer une goutte du milieu de Hoyer au centre d'une lame propre de 25 x 75mm.
3. retirer le spécimen de la boîte de Pétri à l'aide d'un pinceau fin.
4. placer l'acarien dans le milieu de montage sur la lame et vérifier à la loupe binoculaire que le spécimen a été bien déposé dans la goutte au centre de la lame.

Une fois que le spécimen a été bien transféré sur la lame, la procédure à suivre pour achever le montage est la même quels que soient l'origine du spécimen et le prétraitement subit.

1. enfoncer le spécimen délicatement dans la gouttelette du milieu de Hoyer et le placer à la verticale à l'aide d'un poinçon bien fin, le gnathosome (tête) dirigé vers soi. S'assurer que l'acarien est enfoncé le plus près possible de la surface de la lame et qu'il n'y a pas de bulles d'air.
2. à l'aide d'une pince propre, prendre par son bord une lamelle de 15 mm (ou 18 mm), appliquer le bord opposé tout près du bord de la gouttelette du milieu de Hoyer et laisser retomber la lamelle en place. L'orientation finale du spécimen peut se faire à la loupe binoculaire, par pression délicate de la pince sur la surface de la lamelle.
3. inscrire un numéro d'identification sur le côté droit de la lame à l'aide d'un marqueur à encre insoluble dans l'eau.
4. placer la lame dans une étuve à 45°C pendant une semaine.
5. les lames soumises au séchage à l'étuve seront ensuite gardées pendant 2 heures à la température ambiante dans une pièce, pour les refroidir. Contrôler les lames : celles dont le fluide a débordé de la lamelle doivent être essuyées avec un tampon trempé dans du méthanol anhydre puis remises à l'étuve pour 3 jours. Les lames qui ne sont pas bien remplies de fluide doivent être complétées et remises dans l'étuve pour une semaine.
6. un anneau de peinture émaillée ou de liant insoluble (vernis d'ongle), doit être appliqué sur les lames qui ne nécessitent aucune préparation supplémentaire. L'anneau, appliqué autour de la marge extérieure de la lamelle, permet de coller cette dernière à la surface de la lame. Cette opération ne présente aucune difficulté quand on utilise un pinceau à poils de chameau sur une plaque tournante. On obtient un scellé imperméable en appliquant une seconde couche après le séchage de la première.
7. une étiquette portant le nom du Pays, de l'Etat, du Département, du Village, du Site, la Date, l'Habitat (Ex) et le nom du Collectionneur, doit être collée là où la lame a été initialement marquée. Une deuxième étiquette doit être collée sur le côté gauche de la lame et portera le nom de famille de l'acarien, son genre, l'espèce, le sexe et le stade, la date d'identification, le nom de l'identificateur.

FAM. _____ Genre _____ Esp. _____ Dét. par. _____ Milieu _____ Obt. N° _____		Pays-Etat/Province _____ Loc. _____ Date. _____ Ex. _____ Collect. _____
---	---	--

DEUXIEME PARTIE :

LES ACARIENS DANS L'AGRICULTURE

Dans le domaine agricole, les acariens les plus importants sont les espèces phytophages (**ravageurs** des plantes), les ennemis naturels des espèces phytophages (i.e. les **prédateurs**), et les espèces qui recyclent les éléments nutritifs du sol.

Principaux acariens ravageurs

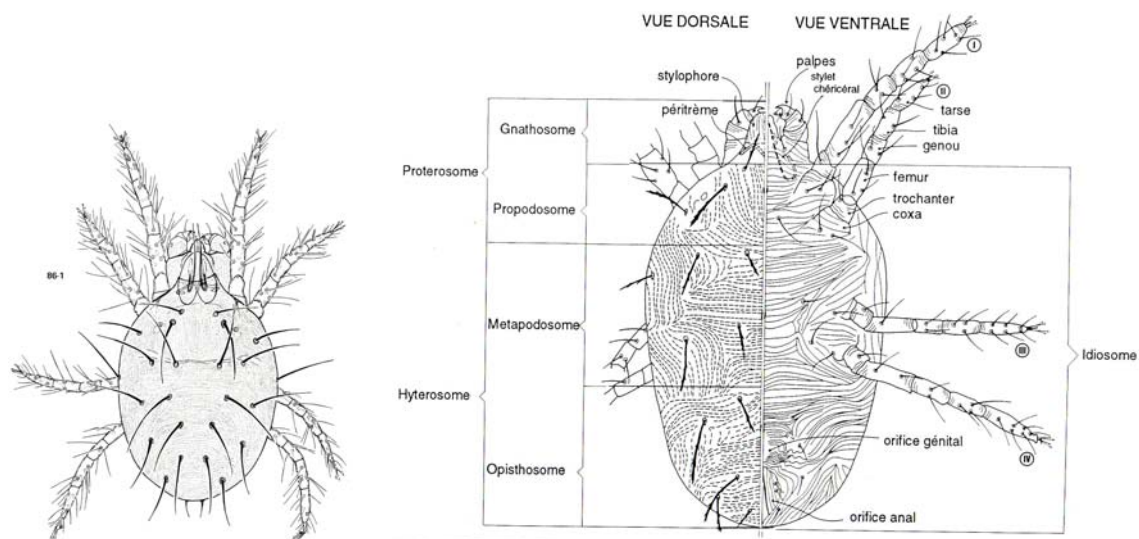
Les acariens phytophages se nourrissent à l'aide d'une paire de pinces chélicérales en forme de stylet qu'ils utilisent pour percer les cellules végétales. Les acariens phytophages les plus importants appartiennent aux familles Tetranychidae, Tenuipalpidae, Eriophyidae (sur les cocotiers), Tarsonemidae, Tydeidae, Pyemotidae, Penthaleidae, Acaridae.

Tetranychidae

Ils possèdent des chélicères dont la base est fusionnée en **un stylophore**. Le 4^{ème} segment **palpal** possède une puissante griffe ; les tarsi I et II, et quelquefois les tibias portent généralement deux soies duplex spécialisées ; les griffes sont poilues, et l'**empodium** peut ou non, porter des poils. La forme de l'édéage (organe génital mâle) est caractéristique de la famille et de l'espèce.

Les caractères utilisés pour l'identification des Tetranychidae sont :

1. le type de griffes sur le tarse et l'**empodium** (en pagaie ou en griffe),
2. les pérित्रèmes qui se terminent en bulbe, en une griffe distale, ou présentant une forme anastomotique, c'est-à-dire comme une embouchure qui semble les fusionner.
3. la disposition des soies dorsales et le type de soies, qui peuvent être simples ou vaguement assemblées et serrées ;
4. le motif des striations sur le dos de l'hystérosome des femelles,
5. le nombre et la position des soies sur les pattes ;
6. la forme de l'édéage du mâle ;
7. la présence et le type de lobes sur les stries femelles.



La couleur des adultes femelles varie d'une espèce à une autre et d'un genre à un autre. Aussi, la couleur des formes hibernantes diffère de celle des formes qui se nourrissent activement. Les plantes hôtes peuvent aider dans l'identification des espèces, puisque plusieurs espèces sont spécifiques à leur hôte et seulement quelques espèces d'acariens se retrouvent sur une plante hôte donnée dans une aire donnée. La distribution et les plantes hôtes de plusieurs espèces ne sont pas encore bien connues. Il importe donc d'être prudent dans l'identification des acariens collectés dans une nouvelle zone ou sur une nouvelle plante hôte. Il est impérieux d'insister que dans la mesure du possible des mâles soient inclus dans la collection, du moment où l'identification jusqu'au niveau de l'espèce ne peut se faire qu'en étudiant l'édéage du mâle. Les Tetranychidae sont divisés en deux sous-familles, Bryobiinae et les Tetranychinae.

Tetranychidae d'importance dans l'agriculture en Afrique

L'acarien vert du manioc, *Mononychellus tanajoa* (Bondar). Il est originaire de l'Amérique latine et a été introduit accidentellement en Afrique au début des années 1970. Il se nourrit essentiellement sur les jeunes feuilles de manioc en insérant ses chélicères dans les cellules foliaires d'où il suce le contenu. La feuille apparaît avec une décoloration qui apparaît au début comme des piqures d'épingle de couleur jaunâtre au contour bien défini (à ne pas confondre avec les dégâts de la mosaïque). Lorsque l'attaque est sévère, la feuille perd totalement sa pigmentation verte et cesse d'assurer à la plante sa fonction chlorophyllienne. Dans le cas d'infestation très grave, les feuilles tombent en commençant par le sommet de la plante : on parle alors de « *tige en chandelier* ». Les pertes de rendement dues à *M. tanajoa* peuvent atteindre 80% selon les variétés.

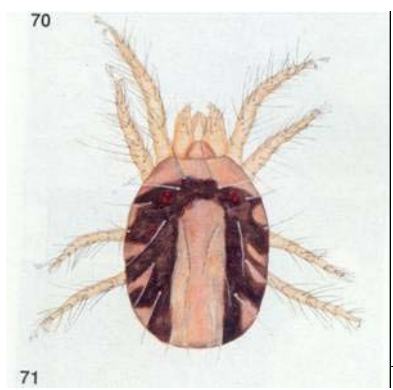
Cet acarien constituait, il y a encore quelques années, un important ravageur du manioc en Afrique. Mais depuis les années 1984 il est l'objet d'une campagne de lutte biologique (initiée par IITA, avec l'utilisation d'acariens prédateurs et de champignons entomopathogènes), qui a contribué à une réduction notable de ces densités dans les champs de manioc.



L'acarien rouge, *Oligonychus gossypii* (Zacher). C'est un ravageur secondaire du manioc. Il apparaît sur le manioc surtout au début de la saison sèche. Au Bénin il sévit encore dans le Département des collines entre Novembre et Janvier. Les pertes de rendement liées à *O. gossypii* ne sont pas quantifiées. Il se rencontre aussi sur le cotonnier, d'où son nom.

Les acariens rouges bi-tacheté, genre *Tetranychus*. Dans ce groupe se trouvent beaucoup d'espèces d'acariens ravageurs que l'on retrouve sur une multitude de plantes cultivées (cotonnier, tomate, amarantes, agrumes, arachide, haricots, solanum, papayer etc...).

Tetranychus urticae Kock. C'est le tétranyque le plus commun et le plus étudié dans le monde entier. Il affectionne particulièrement les climats chauds et pas très humides que procurent généralement les serres. On le retrouve sur une multitude de plantes (plus de 200 plantes-hôtes), comprenant aussi bien les plantes cultivées, les agrumes, que des adventices sur lesquelles il tisse une toile très dense. Il montre une parfaite résistance aux pesticides chimiques et a fait l'objet de plusieurs programmes de lutte biologique en utilisant les phyoséiides (ex : *Phytoseiulus persimilis*). C'est l'acarien le plus communément rencontré dans les serres.



Tetranychus ludeni Zacher, est un acarien rouge sombre que l'on retrouve sur beaucoup de cultures maraîchères, notamment sur Gboma et Amarante. Les jeunes larves sont de couleur jaune pâle, puis vert jaunâtres après s'être alimentées, pour devenir finalement vert sombre. Les mâles sont rouge verdâtre passant au rouge brillant avec le postérieur pointé vers le haut. Les œufs sont sphériques de couleur jaune pâle. Ils préfèrent, comme la plupart des Tetranychidae, la face inférieure des feuilles mais peuvent se retrouver sur la face supérieure des feuilles et sur les tiges en cas d'attaques sévères. L'acarien peut alors couvrir toute la plante de ses tissages. Les dégâts sont semblables à ceux de *T. urticae* avec lequel on peut le confondre très facilement. Des infestations sévères peuvent causer la mort de la plante. Beaucoup d'espèces d'acariens prédateurs ont été trouvées en association avec *T. ludeni*.



Tetranychus evansi Baker & Pritchard. Il s'est largement distribué en Afrique Australe et sa présence en Afrique Occidentale est aussi soupçonnée. Cet acarien (encore appelé acarien du tabac) attaque surtout la tomate et autres solanacées telles que la pomme de terre, le

groseillier, le piment, de même que la patate douce. Les femelles adultes sont de couleur rouge-orange avec deux taches sombres sur chaque côté, et les pattes sont rouges. Les œufs et les stades juvéniles ressemblent à ceux de *T. ludeni*. Ils préfèrent, comme la plupart des Tetranychidae, la face inférieure des feuilles mais peuvent se retrouver sur la face supérieure des feuilles et sur les tiges en cas d'attaques sévères. L'acarien peut alors couvrir toute la plante de ses tissages. Les feuilles deviennent alors jaunes, marron et meurent. Cet acarien peut, très rapidement, tuer la plante. Aucun prédateur n'est encore identifié contre ce ravageur qui fait objet d'étude actuellement à ICIPE au Kenya et au Sénégal. Quelques espèces de phytoséiides ont été identifiées en Amérique latine comme potentiellement efficaces contre le ravageur mais les tests en Afrique ne sont pas encore conduits.



***Panonychus citri* (McGregor).** C'est le ravageur le plus important dans les plantations agrumicoles dans plusieurs pays et sous tous les continents. Les autres plantes hôtes comprennent la rose, l'amande, la poire, le ricin etc... Les dégâts au citrus consistent en des décolorations sous forme de pointillés, avec des taches légèrement colorées, laissant une apparence grisâtre ou argentée. Les dégâts sont sévères après une forte infestation intervenant lorsque l'humidité ambiante est faible. Ces dégâts, combinés avec les conditions environnementales, provoquent la chute des feuilles et des fruits, et le dessèchement des rameaux. *P. citri* se développe plus rapidement sur les jeunes pousses et même sur les fruits des oranges avec une préférence pour les fruits verts par rapport aux fruits mûrs (jaunes).

***Panonychus ulmi* (Koch).** C'est un acarien rouge rencontré dans la plupart des plantations fruitières en zone décidue aux USA, Canada, Europe Chine, Inde, Afrique du Sud et... Ces acariens s'alimentent en suçant le fluide et la chlorophylle contenus dans les feuilles. Ces dernières deviennent alors pâles et prennent une coloration bronzée, ce qui compromet la photosynthèse et la respiration tout en aggravant la transpiration. Comme cet acarien est le plus important dans les plantations fruitières décidues, plusieurs publications ont traité de sa lutte biologique.



Tarsonemidae

La famille Tarsonemidae est divisée, selon Ewing (1939), en trois sous-familles que sont la sous-famille Tarsopolipinae, la sous-famille Podapolipinae et la sous-famille Tarsoneminae. La sous-famille Tarsopolipinae renferme certaines espèces parasites des insectes. La sous-famille Podapolipinae comporte des espèces essentiellement parasites. Les espèces de la sous-famille Tarsoneminae sont soit parasites des insectes, soit des nécrophages mais aussi des espèces qui attaquent les plantes vivantes.

L'importance des Tarsonemidae (tarsonèmes) dans l'agriculture a été reconnue depuis très longtemps. Les tarsonèmes sont de très petits acariens dont la longueur varie de 100 à 300µ. Les adultes ont un tégument dur et brillant. Leur corps et leurs pattes postérieures sont couverts de soies éparses. Les pattes antérieures (surtout le dernier segment) sont densément poilues et sont équipées de soies sensorielles de forme et de configuration variables.

Le dimorphisme sexuel est caractéristique chez ces acariens. Les mâles sont, non seulement beaucoup plus petits que les femelles, mais aussi l'architecture de leur corps est remarquablement différente. Les femelles ont une forme en général ovoïde avec un dos convexe. Les paires de pattes antérieures sont séparées des paires postérieures par un intervalle bien distinct. Des modifications peuvent s'observer chez certaines espèces et ce, par suite d'une adaptation à un mode de vie bien défini. L'extrême convexité du dorsum est caractéristique du genre *Polyphagotarsonemus*.

Le corps des Tarsonemidae est divisé en trois portions bien définies qui peuvent être subdivisées comme suit : Les pièces buccales sont contenues dans une capsule distincte de la tête et que l'on appelle le **capitulum**. Le reste du corps comprend l'idiosome qui est scindé transversalement par une suture bien distincte. Cette suture du corps est localisée entre les pattes antérieures et postérieures. La partie de l'idiosome qui est antérieure à cette suture est appelée le Propodosome, et la portion située derrière la suture est l'Hystérosome. L'hystérosome peut être divisé encore en deux parties : la partie allant de la suture au point d'attache de la coxa de la patte IV est appelée le Métapodosome tandis que la portion derrière les pattes est l'Opisthosome.

Les mâles tarsonèmes sont équipés d'une structure unique connue sous le nom de papille génitale ou plaque génitale. Cette papille est située en position terminale sur l'opisthosome. Cette plaque génitale contient l'édéage styloforme ainsi que d'autres organes génitaux accessoires dont le rôle n'est pas encore clairement défini.

La classification des Tarsonemidae est basée largement sur les caractéristiques de la paire de pattes postérieures des mâles. Ceci apparaît logique à cause de la variabilité de ces appendices. Les pattes IV sont vues comme des accessoires copulateurs à cause de leur fonction dans le comportement pré-copulatoire et lors de la copulation. Elles participent très peu à la locomotion. Ces pattes IV sont utilisées pour transporter les pupes et les femelles adultes sur le dos des mâles.

La pupa est maintenue solidement par les pattes IV et collée au mâle par la papille génitale. Les larves ne sont pas transportées par le mâle aussi les pupes mâles sont rarement transportées. Les pupes femelles sont plus transportées que les femelles adultes. Chez plusieurs espèces les individus issus d'œufs non fertilisés soient uniquement des mâles quoiqu'il soit rapporté que chez *Steneotarsonemus (Phytonemus) pallidus*, la reproduction parthénogénétique donne invariablement des femelles.

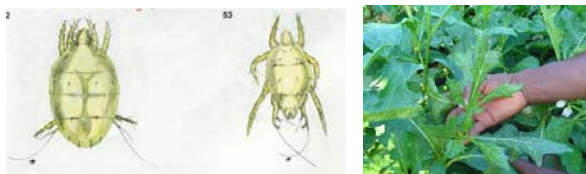
Tarsonemidae d'importance dans l'agriculture en Afrique

Polyphagotarsonemus latus (Banks). C'est un important ravageur que l'on retrouve partout sous les tropiques et les serres dans les autres régions. Il a été recensé sur plus de 60 familles de plantes dont des arbres fruitiers (citrus, papayer, manguier etc...), des espèces cultivées (pomme de terre, coton, haricot, tomate, niébé, etc...), et plusieurs cultures maraîchères.

Au Bénin il attaque sévèrement plusieurs plantes de la Famille Solanaceae telles que le gboma (*Solanum macrocarpon* L.), le piment (*Capsicum frutescens* L.), l'aubergine (*Solanum aethiopicum* L.), et même le légume communément appelé feuille amère (*Vernonia amygdalina* Del.), la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) etc...

Les dégâts causés par *P. latus* ont été pendant longtemps considérés comme dus à une virose, une déficience hormonale, une réaction aux herbicides ou à une déficience en magnésium. Cet acarien s'alimente en perçant les cellules foliaires et en suçant la sève qui suinte à travers la blessure. En général, le feuillage devient rigide ou bronzé et présente un

aspect ratatiné ou brûlé. Les dégâts causés par *P. latus* sont plus sévères sur les jeunes feuilles terminales qui deviennent recroquevillées vers le bas puisque l'acarien se nourrit à partir de la face inférieure des feuilles. Les boutons floraux sont alors malformés, les fleurs avortent et la croissance de la plante est ralentie puisque les feuilles apicales meurent. Les tarsonèmes ne transmettent pas de maladies aux plantes.



La lutte chimique contre *P. latus* est très difficile surtout parce que les feuilles sont recroquevillées vers le bas, ce qui empêche le pesticide d'entrer en contact avec l'acarien. La lutte biologique est envisageable car plusieurs prédateurs phytoséiides ont donné quelques résultats. L'IITA est présentement en train de tester le phytoséiide *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot). Des champignons entomopathogènes peuvent aussi être testés. La lutte culturale doit aussi être expérimentée.

Eriophyidae

On les appelle acariens de galle, de bourgeons, de rouille. Ils ont fondamentalement la forme d'un ver de 1/10 à 1/3 de longueur. Ils sont pratiquement invisibles aux yeux non entraînés. Leur très petite taille rend leur étude difficile et fait que percevoir leur secret demeure un défi. Les Eriophyidae sont entièrement phytophages. Ils se dispersent en se faisant transporter par le vent mais peuvent aussi se faire transporter par des insectes qui viennent s'alimenter sur leurs plantes hôtes, ou par des oiseaux. Les Eriophyidae s'alimentent sur plusieurs espèces de plantes-hôtes, depuis les tropiques jusqu'au-delà du cercle arctique. La plupart des Eriophyidae recherchent des endroits où ils pourront survivre, s'alimenter et se reproduire. Ainsi, plusieurs parmi eux s'insèrent dans les crevasses sous les écailles des bourgeons ou à la base des pétioles sur leur plante-hôte d'où ils tirent nourriture et refuge. Certains induisent la formation de galles sur leur plante-hôte. Ces galles constituent l'une des manifestations les plus caractéristiques de ces acariens. Cependant, plusieurs espèces se retrouvent errant sur les feuilles ouvertes (acariens de rouille) pour tout au moins une partie de leur cycle saisonnier, quoique dans ce mode de vie ils recherchent sur les feuilles de dépressions ou des poils qui assurent leur protection.

Les Eriophyidae ne sont pas que microscopiques par leur taille ; ils montrent aussi une grande réduction dans leur structure corporelle. Ainsi, ils ont perdu certaines parties caractéristiques des acariens telles que les deux paires de pattes postérieures et pratiquement toutes les soies du corps. Les pièces buccales demeurent mais sont entièrement modifiées. Le « céphalothorax » existe mais n'est qu'une relique de la section du corps qui porte les pattes. Les organes génitaux des Eriophyidae sont proximaux comparés aux tétranyques chez qui ces organes sont terminaux.

La perte des pattes postérieures semblent être une adaptation évolutive pour une vie dans des microenvironnements tels que les galles.

Eriophyidae d'importance dans l'agriculture en Afrique

Aceria guerreronis Keifer. C'est l'acarien de la noix de coco. Il a été signalé pour la première fois au Bénin en 1967. Il est présent dans presque tous les pays où se cultive le cocotier. *Aceria guerreronis* vit sous le périgone (l'ensemble des enveloppes protectrices du fruit et qui sont encore appelées bractées), et cause des dégâts au fruit du fait de son alimentation. Le périgone protège la zone méristématique de la fleur femelle et de la noix en formation. Sur

les jeunes noix, le périanthe est si fortement collé à la surface de la noix qu'il ne laisse qu'une toute petite ouverture par laquelle n'importe quel acarien ne pourrait passer. Néanmoins l'acarien de noix de coco y pénètre. Au fur et à mesure que la noix grossit, les dégâts sont perceptibles et la surface de la noix apparaît nécrosée, ce qui conduit à une déformation de la noix.



Vu la nature de cet acarien qui vit dans un habitat caché, sa forte capacité de multiplication, le manque de moyens des producteurs de coco et l'impact négatif de la lutte chimique sur l'environnement, la lutte biologique s'avère la plus appropriée contre ce ravageur. Elle repose sur l'utilisation de plusieurs espèces de phytoséiides dont *Neoseiulus baraki*, *N. paspalivorus* et *Proctolealaps bickley* qui sont en expérimentation actuellement à IITA- Bénin.

La lutte microbiologique avec des champignons entomopathogènes, notamment *Hirsutella thompsonii* Fisher est aussi prometteuse.

Tenuipalpidae

Encore appelés « faux acarien », ils sont rougeâtres, se déplacent lentement et s'alimentent sur la face inférieure des feuilles des plantes, généralement le long des nervures. Certains se nourrissent sur l'écorce des plantes, d'autres sur les boutons floraux ou sous la gaine des herbes tandis que les espèces spécialisées forment des galles dans lesquelles elles s'alimentent. Pour la plupart, c'est des acariens de peu d'importance économique, soit parce que leurs plantes hôtes ne sont pas économiquement importantes, soit parce que leurs populations demeurent en-dessous du seuil économiquement dommageable. On les retrouve sur les agrumes, le thé, le raisin et les plantes ornementales. Ils ont représentés surtout par les genres *Brevipalpus* et *Tenuipalpus*.



Varroidae

Cette famille est représentée par *Varroa destructor* Anderson & Trueman. C'est un acarien parasite externe hématophage des abeilles. Il est à l'abeille ce que la tique est aux chiens, bovins, équins, humains...



En Afrique, cet acarien est le redoutable parasite de l'abeille mellifère *Apis mellifera* L. Dans les ruchers *V. destructor* provoque d'importantes pertes de colonies. Le cycle de *Varroa* se fait dans la cellule après operculation. C'est donc un parasite de l'adulte et du couvain dont la

présence est nécessaire pour son développement. Seule la femelle est hématophage, quand au mâle on ne sait pas s'il se nourrit. Il ne sert qu'à la reproduction.



La femelle Varroa fondatrice entre dans les cellules d'ouvrières ou de faux-bourçons (c'est les mâles) au stade larvaire juste avant l'operculation et s'immerge dans la gelée larvaire, pour se cacher des abeilles ouvrières nettoyeuses, nourricières et cirières. Juste après l'operculation, la femelle se nourrit sur et de la larve. 60 à 70 heures après l'operculation, le premier œuf est pondu: c'est généralement un mâle (haploïde). Puis la femelle fondatrice pond entre 4 et 6 œufs femelles en fonction de la cellule où elle se trouve. Le développement de l'œuf à l'adulte se fait dans la cellule operculée. Les différents stades sont: Oeuf (24h) ; Protonympe libre (30h) et première mue (24h) ; Deutonympe (48h à 60h) ; Adulte après une mue imaginale (24h). Ce développement dure environ 134 heures pour le mâle et 154 pour la femelle.

Le mâle Varroa va s'accoupler avec ses sœurs dans la cellule sous l'opercule. Les femelles vont remplir leur spermathèque puis elles ne s'accoupleront plus. Lorsque l'abeille émerge de sa cellule, les jeunes *Varroa* et la femelle fondatrice quittent la cellule sur l'abeille. Le mâle survit un court moment dans la cellule ouverte. On n'en a jamais vu à l'extérieur. Les femelles *Varroa*, étant très mobiles, vont alors parasiter d'autres abeilles. Les femelles fondatrices peuvent faire plusieurs cycles reproducteurs (2 ou 3) et donc être à l'origine d'une grande descendance.

Tydeidae

C'est une famille difficile à caractériser, cependant ils sont facilement reconnaissables. Ils sont petits à très petits avec une taille variant entre 150 et 500µ. Leur corps est faiblement ou pas sclérotisé. Dans ce groupe, on rencontre bien des espèces prédatrices, phytophages ou coprophages. On les retrouve surtout sur les citrus mais leur statut demeure ambigu. Les genres les plus représentés sont *Tydeus*, *Lorryia* et *Pronematus*.



Principaux acariens prédateurs

Les acariens prédateurs se rencontrent dans plusieurs familles notamment Phytoseiidae, Stigmaeidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Bdellidae, Anystidae.

Les espèces de la famille Phytoseiidae sont probablement les plus importantes et les mieux connues de tous les acariens prédateurs. Les phytoséiides sont largement utilisés dans les

programmes de lutte biologique, en serre, dans les vergers et surtout dans les champs de manioc en Afrique.

Phytoseiidae. Ils ont les mêmes stades de développement que les tétranyques qui constituent leur proie par excellence. On distingue la larve avec 3 paires de pattes, la protonympe, la deutonympe et l'adulte avec 4 paires de pattes. Sur le plan taxonomique les phytoséiides sont caractérisés par un nombre de paires de soies inférieur à 24 sur leur plaque dorsale et possèdent des chélicères en forme de ciseaux. Ils sont généralement brillants, pyriformes, de couleur variable suivant le type de nourriture et rapides lorsqu'on les perturbe.

A partir du stade larvaire, la plupart des espèces requièrent de la nourriture avant de poursuivre leur développement. Les larves sont moins mobiles que les protonymphes et ne sont donc pas aussi capables que ces dernières à chercher et à capturer des proies. Dans les mêmes conditions, le cycle de vie des phytoséiides peut être plus court que celui des tétranyques. Les durées de développement sont plus longues lorsque les températures sont basses cependant les fortes températures sont préjudiciables à leur développement. Le type de nourriture influence aussi les temps de développement. Les phytoséiides produisent moins d'œufs par unité de temps que leur proie, soit au maximum 2 œufs par jour. La productivité est aussi influencée par les conditions environnementales et par la nourriture.

Les phytoséiides montrent une grande diversité dans leurs habitudes alimentaires : il y en a qui sont strictement carnivores, d'autres préfèrent des produits dérivés de plantes comme par exemple le pollen et les nectars. On en trouve qui sont très spécifiques quant à leur proie.

Quelques espèces de phytoséiide généralement utilisées dans la lutte biologique

Les espèces les plus fréquemment utilisées sont *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot), *Amblyseius cucumeris* (Oudemans), contre *Tetranychus* spp sur les plantes annuelles au champ et en serre ; *Galendromus occidentalis* (Nesbitt), *Amblyseius fallacis* (Garman), *Typhlodromalus pyri* (Scheuten) et *A. andersoni* (Chant) contre *Panonychus* spp et *Tetranychus* spp. dans les vergers.

En Afrique, les espèces indigènes : *Euseius fustis*, *Ueckermannseius* (*Typhlodromalus*) *saltus*, *Iphiseius degenerans* ainsi que les espèces exotiques : *Neoseiulus idaeus*, *Amblyseius* (*Typhlodromalus*) *manihoti*, *T. aripo* notamment ont montré des potentialités dans la lutte contre l'acarien vert du manioc aussi bien en Afrique qu'en Amérique Latine.

L'espèce *T. aripo* est actuellement le meilleur agent de lutte biologique contre l'acarien vert du manioc dans toute la ceinture du manioc en Afrique.



Amblyseius swirskii a des potentialités contre l'acarien de Gboma, le tarsonème *Polyphagotarsonemus latus* surtout en cultures maraichères. Les espèces comme *Neoseiulus baraki*, *N. paspalivorus* et *Proctolealaps bickley* sont en train d'être testées contre l'acarien de noix de coco, *Aceria guerreronis*.

Autres acariens prédateurs

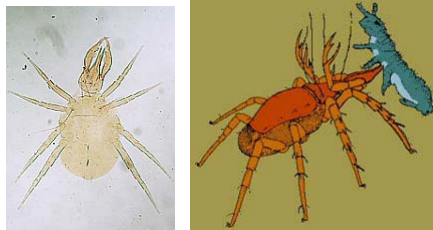
Stigmaeidae : Ce sont des acariens qui se nourrissent de tétranyques et d'ériophyides. Ils viennent en deuxième après les phytoséiides de par leur importance. Leurs chélicères sont en forme de petits stylets et ces acariens possèdent plus d'une carapace sur le dos.



Cheyletidae : Ce sont des acariens de couleur jaune ou orange avec un gros gnathosome, des chélicères courtes ayant des soies en forme de peigne et en faucille sur les palpes. C'est des prédateurs lents, de grande importance dans les denrées entreposées mais d'importance secondaire au champ.



Cunaxidae : Ce sont de petits acariens rougeâtres ou brunâtres, possédant un gnathosome long et conique avec des palpes ravissants, armés d'épines recourbées vers l'intérieur pour saisir la proie. Ils se nourrissent d'arthropodes dans le sol, la litière, la mousse, la paille, y compris des ériophyides et des tétranyques.



Erythraeidae : Les larves de ces espèces sont parasites d'arthropodes tandis que les autres stades sont libres et généralement prédateurs de tétranyques mais possèdent plusieurs proies de remplacement. Ce sont des acariens de couleur rougeâtre, larges, possédant de nombreuses soies dorsales et 2 paires de soies sensorielles prodorsales.



Bdellidae : Ce sont des acariens de taille moyenne, rapide, de couleur rouge, brune ou verte qui possèdent aussi 2 paires de soies prodorsales. Ces acariens sont très répandus dans l'horizon superficiel du sol et quelquefois sur les plantes et se nourrissent de tétranyques, des coccidés et d'ériophyides.



Anystidae : Ce sont des acariens à corps mou, possédant très peu de soies dorsales mais dépourvus de soies sensorielles prodorsales. Ils sont rapides et se déplacent en traçant un 8 caractéristique. Toutes les espèces de cette famille sont prédatrices et se nourrissent de tétranyques et de thrips.



Les pratiques agricoles qui influencent l'écologie des acariens

Les nombreuses modifications dans les pratiques agricoles peuvent contribuer ou causer un accroissement ou une diminution des niveaux de population des acariens à l'échelle locale ou régionale. L'homme a drastiquement changé l'environnement des plantes aussi bien agricoles que forestières. Plusieurs de ces modifications sont visibles mais d'autres ne sont pas perceptibles avec, cependant, des répercussions conséquentes sur le complexe d'arthropodes que forment les parasites, les prédateurs et des compétiteurs. On peut citer quelques-uns des changements environnementaux qui influencent la population des acariens.

Introduction de nouvelles variétés. L'adoption de nouvelles variétés peut modifier le degré d'infestation des acariens dans un sens comme dans l'autre, c'est-à-dire en diminution ou en augmentation.

Absence de prédateurs. Les acariens qui viennent avec une plante introduite dans un nouveau milieu peuvent devenir un ravageur majeur simplement parce que dans ce nouveau milieu les prédateurs qui contrôlaient ces acariens ravageurs sont absents. Beaucoup de ces ennemis naturels ne viennent pas avec la plante et les quelques-uns qui y arrivent ne parviennent souvent pas à survivre. Cette reconnaissance a été à la base d'explorations extensives organisées par les entomologistes et les acarologistes dans l'aire d'origine de la plante hôte ou dans des endroits où le ravageur est vraiment mis sous contrôle par ses ennemis naturels. Ceci permet aux chercheurs de retrouver, d'identifier et d'introduire ces ennemis naturels dans le nouvel habitat de la plante afin de lutter contre le ravageur. C'est **la lutte biologique classique**.

La vigueur de la plante. L'amélioration des techniques de production visant à améliorer la vigueur et la productivité des plantes a introduit beaucoup de modifications dans les systèmes culturels. En effet, la mécanisation, l'utilisation de l'engrais, l'élimination des mauvaises herbes au moyen d'herbicides ont éliminé la compétition avec les adventices mais ont fortement dégradé l'habitat des prédateurs généralistes. Dans le même temps, la vigueur dans la croissance des plantes fournit une nourriture de qualité et en quantités suffisantes aux acariens qui se multiplient alors très rapidement.

La monoculture. La plantation d'une seule culture sur une vaste superficie procure une quantité étendue de nourriture aux acariens tout en limitant les réservoirs des ennemis naturels ou des compétiteurs de ces acariens. La monoculture prédispose donc au développement rapide des populations de ravageurs sur une grande étendue avant que les moyens de lutte ne se mettent en place. La résolution des problèmes de ravageurs au moyen des méthodes

biologiques est souvent très difficile et l'on se voit contraint de recourir aux applications de produits chimiques.

Les pesticides. Les produits chimiques appliqués aux cultures pour la lutte contre les ravageurs et les maladies, pour la défoliation ou pour pallier à des déficiences en oligo-éléments peuvent, quelquefois, créer les conditions favorables au développement de certains acariens phytophages. Bien entendu, les insecticides à large spectre d'actions sont très destructeurs pour les prédateurs des acariens phytophages. Ces facteurs ont, sans nul doute, contribué pour une grande part à l'accroissement au niveau mondial des populations de certains acariens tétranyques sur les arbres fruitiers, le cotonnier et autres plantes sur lesquelles de tels produits chimiques ont été régulièrement appliqués. L'application des pesticides au feuillage peut aussi produire sur la plante des effets physiologiques qui favorisent le développement des acariens phytophages. Il a en effet été démontré que les applications de DDT pourraient se solder par une augmentation des populations de certaines espèces d'acariens tétranyques lorsque les ennemis naturels sont absents. On suspecte l'induction de l'accroissement de la fécondité des acariens par le DDT ; d'autres pensent que le DDT et d'autres insecticides causent des modifications au sein de la plante ce qui la rend plus convenable au développement des acariens.

La poussière inerte. Il a été fréquemment observé que les plantes cultivées au bord des routes poussiéreuses ont été les premières à être densément infestées par les acariens tétranyques. La poussière inerte pourrait être létale aux insectes et acariens prédateurs, soit directement ou indirectement. Elle peut entraîner directement la mort par dessiccation en accroissant la perméabilité de la cuticule et donc l'évaporation à partir du corps du prédateur, soit indirectement en empêchant le prédateur ou le parasite de trouver ou d'atteindre sa proie. La poussière peut aussi favoriser le développement des populations d'acariens tétranyques sur des surfaces lisses en leur fournissant des bases d'attache pour leur tissage.

RESISTANCE DES ACARIENS AUX ACARICIDES

L'histoire du développement des acaricides a montré que les acariens des genres *Panonychus* et *Tetranychus* sont capables de développer rapidement de résistance à une large variété de produits toxiques. Les populations d'acariens résistants à une toxine ont souvent une résistance croisée à d'autres composés chimiques apparentés ou non apparentés. Ainsi, le développement d'acaricides alternatives efficaces n'a pas emboîté le pas au développement de résistance chez les acariens. Le résultat est que la résistance est devenue un problème de lutte plus sérieux chez les acariens que chez d'autres ravageurs agricoles.

La résistance a été définie comme le développement, au sein d'une souche, d'une capacité à tolérer des doses de toxines qui sont létales à la majorité des individus d'une population normale de la même espèce. Les acaricides induisent la résistance par le fait qu'ils éliminent, de façon répétitive, les individus les plus susceptibles en laissant ceux qui sont tolérants au produit. Les structures corporelles qui permettent de différencier entre les souches résistantes ou non résistantes d'acariens n'ont pas encore été découvertes.

Tolérance environnementale et réversion de résistance

Plusieurs études ont montré que les populations de **l'acarien rouge à deux-taches** (*T. urticae*) qui ont développé des résistances à l'issue de traitements répétés auraient pu être plus susceptibles à des conditions environnementales adverses. Ce qui peut se traduire par une plus faible production d'œufs, un cycle de vie plus long, une diminution plus prononcée de l'habileté à survivre dans les conditions climatiques extrêmes chez les populations soumises à des applications répétées d'acaricides que chez les populations non exposées à l'acaricide. La

résistance aux acaricides peut être réversible à plus ou moins long terme mais après quelques applications du produit acaricide la résistance réapparaît plus rapidement que dans le cas original. On ne peut donc pas compter sur cette réversibilité dans la lutte contre l'acarien.

Des informations sont encore nécessaires sur la susceptibilité relative des souches résistantes ou susceptibles d'acariens au manque de nourriture et aux conditions environnementales extrêmes.

Théoriquement, des populations d'acariens devenues résistantes à un acaricide peuvent ne pas être aussi tolérantes aux conditions environnementales extrêmes que la souche originale qui est susceptible à l'acaricide. Il est à espérer que ces populations pourraient devenir graduellement moins résistantes à l'acaricide lorsque le traitement est arrêté. Il n'est pas aisé de déterminer si la baisse de résistance dans des populations d'acariens au champ est due au taux de survie ou à la dilution du fait d'acariens susceptibles qui migrent ou qui sont transportés au sein de cette population.

Développement de résistance

Le nombre de traitements ou de sélections nécessaires pour induire la résistance semble varier avec l'acaricide, l'espèce ou la souche de l'acarien. La plupart des acariens sont capables de développer rapidement de résistance aux acaricides organophosphorés ou aux carbamates. Cependant, ce n'est pas aussi régulier chez les autres groupes d'acaricides. En serre ou en champ, des populations d'espèces de *Tetranychus* deviennent peu après résistantes à l'Aramite, mais les populations en champ de l'acarien rouge européenne *Panonychus ulmi* n'ont pas développé de résistance à ce produit. Aucun changement de susceptibilité à l'Aramite n'a été observé chez l'acarien rouge des citrus, *Panonychus citri* après 21 applications.

Résistance croisée

La résistance croisée se réfère à des cas où la population de ravageur qui a développé la résistance à un pesticide est aussi résistante à un produit toxique auquel la population n'avait pas été exposée ; ou plus spécifiquement, aux cas où un mécanisme confère une protection contre plusieurs produits toxiques. Des populations résistantes à un acaricide organophosphoré présentent souvent des degrés divers de résistance à d'autres composés organophosphorés ou carbamates. Les acariens qui ont développé une résistance aux composés organophosphorés demeurent inchangés dans leur susceptibilité aux acaricides organochlorés ou à Aramite, Karathane, Pentac, Morestan Plictran et Phenoflurazonol.

Des populations résistantes ou répétitivement exposées à des acaricides spécifiques tels que chlorbenzilate, Aramite, et dicofol montrent un certain degré de résistance-croisée à certains acaricides organophosphorés mais ne montrent aucune résistance-croisée aux autres acaricides spécifiques, à l'exception de ceux qui sont chimiquement très apparentés.

Importance économique de la résistance

L'importance économique du phénomène de la résistance chez les acariens n'a pas seulement stimulé des recherches sur la génétique des acariens rouges, mais a aussi servi de marqueur dans de telles études. La résistance contre les phosphates organiques apparaît basée principalement sur un simple gène mutant qui transporte un caractère incomplètement dominant et qui peut être transmis par les deux sexes. Des modificateurs, transmis par les deux sexes peuvent augmenter le niveau de résistance des acariens aux composés organophosphorés.

Aspects génétiques de la résistance

La génétique des acariens rouges est encore à une étape infantile. De telles études n'ont été conduites qu'avec deux espèces que sont l'acarien rouge commun *Tetranychus urticae* et

l'acarien du Pacifique, *T. pacificus*. Les tests ont été faits avec des composés organophosphorés et le Tétradion. La découverte de marqueurs visibles dans plusieurs espèces indique que ces acariens pourraient bien être utilisés pour étudier les principes génétiques de base. On sait que chez les acariens rouges la reproduction est arrhénotoque : œufs fécondés donnent des femelles tandis que les œufs non fécondés donnent des mâles. Les œufs fécondés ont un nombre de chromosomes diploïdes tandis que ceux non fécondés possèdent un nombre haploïde. Dans tous les genres d'acariens rouges on trouve un nombre relativement peu élevé de chromosomes allant de 2 pour le plus faible à 7 pour le plus élevé. Dans toutes les espèces, les chromosomes sont très petits avec une taille allant de 1.0 à 2.0 μ . En conséquence, l'appréciation des détails concernant la forme et la constriction des structures fines dépasse le niveau de résolution que permet d'obtenir les microscopes lumineux.

® A. Onzo, Univeristé de Parakou, Faculté d'Agronomie

Références

Jeppson, L.R., Keifer, H.H. and Baker, E.W. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press. 614 p.

Krantz, G.W. 1978. A manual of Acarology, 2nd Edition. Oregon State University Book Stores. 509 p.

Meyer M.K.P.S. 1996. Mite pests and their predators on cultivated plants in southern Africa: Vegetables and Berries. Biosystematics Division, ARC- Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa. 90p.

Ochoa R., Aguilar H., Vargas C. 1994. *Phytophagous mites of Central America: an illustrated guide*. Turrialba, Costa Rica: Series Técnica. Manuel Técnico/ CATIE n°6. Eng. (Ed.).

Yaninek J.S., de Moraes G.J. 1992. Les acariens dans l'agriculture et la lutte biologique : 71-92. In: Manuel de lutte biologique. Deuxième tome. Etude de cas de lutte en Afrique. Markham. R. H., Wodageneh A. & Agboola S. (eds). Institut International d'Agriculture Tropicale, Cotonou, Benin.

Yaninek, J.S., de Moraes, G.J. et Markham, R.H. (1990). Manuel de l'acarien vert du manioc (*Mononychellus tanajoa*) en Afrique. Alphabyte et Page (eds), Rome, Italie, 148p.