

UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



ECOLE DOCTORALE: SCIENCES DE LA SANTÉ, DE LA VIE ET DE
L'ENVIRONNEMENT
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année : 2013 N° d'ordre : 061

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : ENTOMOLOGIE

Présentée par : **Mr Niokhor KADE**

Sélection d'ennemis et de produits naturels pour la lutte biologique contre *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard et *T. urticae* Koch (Acari : Tetranychidae), dans les Niayes (région de Dakar) et à Keur Babou Diouf (région de Fatick) au Sénégal

Soutenue le 28 Décembre 2013 devant le jury composé de :

Président : Mr Bhen Sikina TOGUEBAYE (Professeur) FST/UCAD

Rapporteurs: Mr Mbacké SEMBENE (Professeur) FST/UCAD
Mr Ibrahima SARR (chercheur) CNRA/ ISRA BAMBEY
Mr Claude DUVERNEY CARITAS-KAOLACK

Examineurs: Mr Karamokho DIARRA (Professeur) FST/UCAD
Mme Absa GUEYE- NDIAYE (Maître-assistante) FST/UCAD

Directeur de Thèse: Mr Ousmane FAYE (Professeur) FST/UCAD

Préface

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre le département de Biologie Animale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et la Caritas de Kaolack. Il entre dans le cadre d'un Doctorat sur la lutte biologique contre les acariens phytophages (Tetranychidae) au champ en utilisant des produits de traitements biologiques et des prédateurs naturels (Phytoseiidae) dans les périmètres maraîchers de Malika (Niayes de Dakar) et Keur Babou Diouf (Sine Saloum) au Sénégal. Elle est entièrement financée par la Conférence Episcopale Italienne à travers Caritas Kaolack.

A ma Famille,

pour l'amour, le dévouement, l'appui et la compréhension

JE DÉDIE

A DIEU,

pour m'avoir donné la force pour finir ce travail,

JE REMERCIE

A

*Mr Claude DUVERNEY et Mme Absa NDIAYE-GUEYE,
pour ses orientations, sa patience, l'appui et sa bienveillance,*

JE REMERCIE PARTICULIEREMENT

REMERCIEMENTS :

Au **Pr Ousmane FAYE**, directeur de cette thèse et de la formation doctorale Entomologie, il a défendu mon dossier à l'Ecole Doctorale Sciences de la vie, de la Santé et de l'Environnement (ED-SEV) et a suivi l'évolution des différents travaux de cette thèse. Je tiens à vous remercier pour votre disponibilité, votre bienveillance et la confiance.

Dr Absa NDIAYE-GUEYE responsable du laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie du département de biologie animale. Merci m'avoir accueilli dans votre laboratoire, dans votre équipe de recherche et de m'avoir soutenu dans ce travail. Merci m'avoir enseigné la pratique en Acarologie. J'ai énormément appris de vous et je garderai longtemps le souvenir de votre expérience et de vos conseils. J'apprends en vous rigueur et humanité.

A **Claude DUVERNEY**, Ingénieur Agronome et rapporteur de cette thèse pour son engagement, ses qualités sans faille d'homme de terrain et du suivi des parcelles dans le Sine Saloum. Vous m'avez soutenu financièrement durant cette fructueuse collaboration. Vous avez appris la pratique, la démarche sur le terrain. Merci de votre engagement personnel, de votre soutien financier, des critiques objectifs et de vos suggestions.

Au **Pr Bhen Sikina TOGUEBAYE**, Président, qui malgré ses occupations multiples a accepté de présider le jury de cette thèse. Je vous remercie pour l'intérêt que vous accordez à cette thèse.

Au **Pr Karamokho DIARRA**, Examineur, qui malgré ses occupations multiples a accepté de siéger dans le jury de cette thèse. Je vous remercie pour l'intérêt que vous accordez à ce travail. Merci pour m'avoir fait bénéficier souvent de vos conseils.

Au **Pr Mbacké SEMBENE**, Rapporteur de cette thèse. Je vous suis infiniment reconnaissant pour votre temps consacré à la lecture de ce mémoire, d'avoir accepté d'être rapporteur et membre de ce jury.

Au **Dr Ibrahima SARR**, chercheur CNRA/ISRA Bambey, Rapporteur de cette thèse. Vos critiques objectifs et suggestions ont énormément contribué à l'amélioration du document final. Malgré vos multiples occupations vous avez accepté de participer au jury de cette thèse

Grand Merci à :

International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Bénin; et à l'Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Université de Sao Paulo (ESALQ/USP) Piracicaba, Brésil, pour l'opportunité d'avoir pu réaliser une formation dans leur laboratoire.

Dr R. HANNA, Dr I. ZANNOU, et Dr A. ONZO de l'IITA pour votre disponibilité, votre collaboration scientifique, votre rigueur et conseils pratiques en taxonomie des Phytoseiidae et lutte biologique.

Tout le personnel de l'IITA et spécialement les techniciens du laboratoire d'acarologie et de la maintenance des Phytoséiides. Trouvez ici l'expression de notre satisfaction et de toute notre reconnaissance.

Aux Professeurs **Gilberto J. de MORAES** et **Carlos H.W. FLECHTMANN** d'ESALQ/USP pour leur disponibilité et l'accueil chaleureux au Brésil.

A **P. AUGER** du Laboratoire de l'ENSAM-INRA de Montpellier pour la détermination de l'espèce *Tetranychus evansi*.

Monsieur **Babacar SOW** technicien horticole, ancien agent du CDH et producteur maraîcher à Malika, Merci infiniment,

La **Conférence Episcopale Italienne à travers Caritas** pour son soutien financier sans lequel ce travail n'aurait pas été possible.

Victor Toupane et Aliou Dione, pour leur participation à l'équipe de terrain au niveau du Sine Saloum

Michel Sarr technicien, tous les membres de l'équipe du Laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie du Département de Biologie Animale.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Produits de traitements	44
Tableau n°2 : produits de traitements et doses respectives.....	46
Tableau n°3 : Situation des tétranyques avant traitement à KBD 2009.....	47
Tableau n°4 : Résultat de l'analyse statistique pour l'aubergine et la tomate.....	48
Tableau n°5 : Situation des tétranyques avant traitement.....	49
Tableau n°6 : Résultat de l'analyse statistique (dans les Niayes en 2009).....	49
Tableau n°7 : Produits utilisés avec leur dose respective en 2010.....	51
Tableau n°8 : Situation des tétranyques avant traitement (Niayes 2010).....	52
Tableau n°9: Résultat de l'analyse statistique (Niayes en 2010).....	52
Tableau n°10: Moyennes des populations de Phytoséiides (Niayes en 2010).....	53
Tableau n°11 : Produits et doses respectives à KBD en 2011.....	55
Tableau n°12: Moyennes des populations de tétranyques avant traitement (sur les trois spéculations).....	56
Tableau n°13: Moyennes des populations de tétranyques après traitement (sur les trois spéculations).....	56
Tableau n°14 : Doses des produits appliqués dans les Niayes en 2011.....	58
Tableau n° 15 : Moyennes des tétranyques avant traitement sur Aubergine et Jaxatu.....	58
Tableau n° 16 : Moyennes des tétranyques après traitement sur Aubergine et Jaxatu (relevés 2 à 5).....	59
Tableau N° 17 : Moyennes des phytoséiides après traitement sur Aubergine et Jaxatu (relevés 2 à 5).....	60
Tableau n°18 : Dynamique des tétranyques et des phytoséiides en fonction du temps.....	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple d'une lame de montage	29
Figure 2: Dimension d'une parcelle.....	45
Figure 3 : Pulvérisateur de traitement.....	45
Figure 4: Effet des traitements sur les tétranyques à KBD en 2009.....	48
Figure 5: Effet des traitements sur les tétranyques Malika - Niayes en 2009.....	50
Figure 6: Effet des traitements sur les tétranyques à Malika en 2010.....	52
Figure 7: Impact des traitements sur les phytoséiides.....	54
Figure 8: Impact des Phytoséiides sur les tétranyques (Niayes en2010).....	54
Figure 9: Effet des traitements sur les tétranyques à KBD en 2011.....	57
Figure 10: Effet des produits sur les tétranyques (Malika 2011).....	60
Figure 11 : Résultats de 2011 dans les Niayes à Malika.....	60
Figure 12: Dynamique des tétranyques et phytoséiides.....	62
Figure 13: Impact des Phytoséiides sur les tétranyques (Malika 2011).....	62

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ISRA	: Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles
CDH	: Centre de Développement Horticole
CFA	: Centre de Formation Agricole
CILSS	: Comité Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
DEA	: Diplôme d'Etudes Approfondies
FAO	: Food and Agriculture Organization
FST	: Faculté des Sciences et Techniques
KBD	: Keur Babou Diouf
UCAD	: Université Cheikh Anta Diop de Dakar
Fig	: Figure
g/l	: Gramme par litre
g/ml	: Gramme par Millilitre
ha	: Hectare
l	: Litre
m²	: Mètre carré

VULGARISATION DE CETTE RECHERCHE

DUVERNEY C., **KADE N.**, et GUEYE-NDIAYE A. ;(2005) Essais préliminaire pour limiter les dégâts de TRANYCHIDAE sur les cultures maraîchères dans le Sine Saloum (SENEGAL). AFPP – 2^{ième} Colloque international sur les acariens des cultures Montpellier – 24 et 25 octobre 2005

C.DUVERNEY*, **N. KADE****, A. GUEYE-NDIAYE** (2008) Etude préliminaire des acariens Tetranychidae et des insectes nuisibles à trois solanacées potagères: *Solanum melongona* , *S. aethiopicum*, *Lycopersicum esculentum*, et problématique de leur protection phytosanitaire au niveau de périmètres maraîchers. The 4th African Acarology Symposium de TUNIS

KADE N, NDIAYE-GUEYE A et DUVERNEY C. (2010) : Tetranychus evansi un nouvel acarien Tetranychidae ravageur des solanacées maraîchères dans les Niayes de Dakar. Note d'alerte à l'endroit des maraîchers des Niayes de Dakar.

NIOKHOR KADE¹, **ABSA GUEYE-NDIAYE¹**, **CLAUDE DUVERNEY²** AND **GILBERTO J. DE MORAES^{3*}** phytoseiid mites (acari: phytoseiidae) from senegal acarologia 51(1): 133–138 (2011) doi: 10.1051/acarologia/20112001

N. KADE*, **A. GUEYE-NDIAYE***, **I. SARR**** & **C. DUVERNEY***** Acaricidal effects of botanical extracts on *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on vegetables in Senegal.
(Article en cours)

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
1. 1. Cultures maraîchères hôtes d'acariens phytophages et leurs prédateurs.....	6
1. 1. 1. Cultures maraîchères.....	6
1. 1. 2. Plantes hôtes, acariens phytophages et prédateurs.....	7
1. 1. 2. 1. Effets directs.....	7
1. 1. 2. 2. Effets indirects.....	8
1. 1. 3. Effets du ravageur sur les ennemis naturels.....	9
1. 2. Lutte biologique contre les acariens phytophages.....	9
1. 2. 1. Historique de la lutte biologique	9
1. 2. 2. Etude sur les Phytoséiides.....	11
1. 2. 3. Lutte biologique et usage de phytoseiidae.....	12
1. 2. 3. 1. Lutte contre <i>Pononychus ulmi</i>.....	12
1. 2. 3. 2. Lutte contre <i>T. urticae</i>.....	12
1. 2. 3. 3. Lutte contre <i>Mononychellus tanajoa</i>.....	13
1. 2. 3. 4. Lutte contre <i>T. evansi</i>	13
1. 3. Solanacées.....	15
1. 4. Acariens phytophages.....	17
1. 4. 1. Tarsonemidae.....	18
1. 4. 2. Eriophyidae.....	19
1. 4. 3. Tetranychidae.....	19
1. 4. 3. 1. Acarien rouge de la tomate, <i>T. evansi</i>	19
1. 4. 3. 2. Acarien jaune <i>Tetranychus urticae</i> Koch.....	21

1. 4. 4. Méthodes de contrôle des acariens phytophages (Tetranychidae).....	21
1. 4. 4. 1. Lutte chimique.....	21
1. 4. 4. 2. Résistance variétale.....	22
1. 4. 4. 3. Lutte biologique.....	23
1. 5. Conclusion.....	24

CHAPITRE II. RECHERCHE D'ENNEMIS NATURELS DES ARAIGNEES ROUGE DES CULTURES MARAICHERES AU SENEGAL.....25

2. 1. Introduction.....	26
2. 2. Matériel et Méthodes.....	26
2. 2. 1. Prospection dans la région de Dakar.....	27
2. 2. 2. Prospection dans la région de Fatick.....	27
2. 2. 3. Manipulation au Laboratoire.....	27
2. 3. Résultats et discussion.....	36
2. 3. 1. Résultats.....	36
2. 3. 2. Discussion	37

CHAPITRE III : SELECTION DE PRODUITS ET D'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES ARAIGNEES ROUGES DES CULTURES MARAICHERES.....39

3. 1. Introduction.....	40
3. 2. Contexte et problématique.....	40
3. 3. Objectifs visés.....	42
3. 4. Matériel et Méthodes.....	42
3. 4. 1. Présentation des zones d'étude.....	42
3. 4. 1. 1. Centre de formation Agricole de Keur Babou Diouf (CFA).....	42
3. 4. 1. 2. Malika zone de production maraîchère.....	43
3. 4. 2. Matériel végétal	43

3. 4. 3. Produits chimiques et extraits de plants	44
3. 4. 4. Dispositif expérimental.....	45
3. 5. Résultats et discussion	46
3.5.1. Essais de 2009.....	46
3.5.1.1. Résultats Keur Babou Diouf 2009.....	47
3.5.1.2. Résultats Niayes 2009.....	49
3.5.2. Essais de 2010.....	51
3.5.2. 1. Résultats Tétraniques Niayes 2010.....	52
3.5.2. 2.Impact sur les Phytoséiides Niayes 2010... ..	53
3.5.3. Essais de 2011.....	55
3.5.3.1. Traitements et résultats à Keur Babou Diouf.....	55
3.5.3.2. Traitements et résultats Niayes.....	58
3.5.3.2.1. Effets traitements sur les Tétraniques :.....	58
3.5.3.2.2. Effets traitements sur les Phytoséiides.....	60
CONCLUSION GENERALE.....	63
REFERENCES BILIOGRAPHIQUES.....	67

ANNEXES

INTRODUCTION GENERALE

Au Sénégal, les pertes occasionnées par les acariens, en général, et les acariens rouges des cultures, en particulier, ont atteint des proportions inquiétantes en particulier dans la zone des Niayes où plus de 70% la production maraîchère est concentrée. Les principales cultures attaquées par ces acariens incluent les solanacées telles que la tomate, le jaxatu et l'aubergine.

L'une des espèces les plus redoutables, l'acarien rouge de la tomate, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, originaire d'Amérique du Sud, a été récemment introduite en Afrique en l'absence de son cortège d'ennemis naturels. L'utilisation inconsidérée des insecticides et acaricides ainsi que l'aptitude des acariens à développer très rapidement une résistance, ont aggravé la résurgence des populations et l'ampleur des dégâts causés. Les acariens des cultures maraîchères les plus connus au Sénégal sont *Tetranychus* spp. (Tetranychidae) plus connu sous le nom d'araignée rouge, *Aculops lycopersici*, (Eriophyidae) et *Polyphagotarsonemus latus* (Tarsonemidae). Parmi les espèces du genre *Tetranychus*, GUTIERREZ & ETIENNE, (1981b) en ont répertorié trois, au Sénégal : *Tetranychus neocaledonicus*, *T. tchadi*, et *T. urticae*. C'est cette dernière espèce qui sévissait principalement dans les périmètres maraîchers.

Ces cultures maraîchères (solanacées) sont aussi attaquées par de nombreux insectes ravageurs, mais aussi par des champignons et des acariens (MALLAMAIRE, 1965 ; GUTIERREZ & ETIENNE, 1981a et 1981b ; COLLINGWOOD & al, 1981 ; BOURDOUXHE & COLLINGWOOD 1982 ; BOURDOUXHE 1983).

Dans la Région de Fatick, en particulier à Sokone et ses environs, on a enregistré en 2004-2005, une forte diminution de la production maraîchère et constaté des dégâts très importants dus à la prolifération des acariens rouges en particulier sur jaxatu (*Solanum aethiopicum* L.), aubergine (*Solanum melongena* L.) et tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), (Solanacées), malgré les traitements chimiques effectués (DUVERNEY & al.2005) de nombreux dégâts sont causés par l'acarien rouge de la tomate, *Tetranychus evansi* (Baker & Pritchard) 1960. Actuellement cette espèce est considérée comme un ravageur important de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), elle montre une préférence sur les solanacées maraîchères. Au Sénégal, les dégâts sont constatés aussi sur l'aubergine (*Solanum melongena* L.) et le Jaxatu (*Solanum aethiopicum* L.). Les attaques surviennent durant la période chaude et sèche, de Mars à Juin (période pré-hivernale).

La présence de *T. evansi* a été enregistré sur le continent américain, au Brésil, aux Etats Unis et à Porto Rico ; en Europe, en Espagne, au Portugal et France et en Afrique, au Congo, Kenya, au Maroc, en Ile Maurice, au Mozambique, au Niger, aux Seychelles, en Gambie, en Tunisie, en Zambie et au Zimbabwe. Actuellement au Sénégal, *T. evansi* est considéré comme

l'un des ravageurs-clés de la tomate et des autres solanacées. Il en est de même dans de nombreux pays africains.

Les traitements chimiques effectués pour lutter contre ces attaques se sont révélés inefficaces. Cette méthode de lutte contre les acariens phytophages semble atteindre ses limites dans le contexte actuel où elle est confrontée à des problèmes de qualité, disponibilité et mauvaise application des produits phytosanitaires par des utilisateurs généralement analphabètes, ainsi qu'à la résistance probablement développée par les ravageurs. De nos jours, l'usage non raisonnée d'acaricides de synthèse peut entraîner la présence de résidus chimiques sur les fruits, un déséquilibre biologique, des contaminations de l'environnement, l'intoxication de personnes et d'animaux ainsi que l'apparition de population de ravageurs résistants aux acaricides, et par conséquent leur recrudescence. D'où la nécessité de trouver des méthodes alternatives plus appropriées pour la maîtrise des populations de Tetranychidae ravageurs des Solanacées sur les petits périmètres maraîchers, comme c'est le cas dans la présente étude. L'utilisation d'extraits naturels de plantes à action acaricide nous semble tout à fait indiquée dans ce cadre.

La lutte biologique, appliquée contre ce ravageur, est généralement conduite selon trois stratégies : (i) la conservation des ennemis naturels, (ii) leur multiplication et (iii) la lutte biologique classique par l'introduction et l'établissement d'un ennemi naturel exotique pour contrôler un ravageur introduit comme ce fut le cas contre *T. evansi* au Sénégal. Des recherches ont été faites par MORAES et al (1986) et par Van DRIESCHR & BELLOWS (1996), dans la région d'origine de *T. evansi* et des ennemis naturels efficaces ont été répertoriés en vue de les introduire avec succès dans d'autres régions. Au Sénégal, en particuliers dans les Niayes et dans le Sine Saloum, des recherches sur la lutte biologique avec utilisation des ennemis naturels ont été entamées depuis 2005 sur les cultures ciblées et les plantes sauvages des périmètres maraîchers mais aucune évaluation de son efficacité contre des tétraniques n'a été faite au laboratoire. Il s'agissait de trouver un ou des ennemis naturels efficaces dans leur région d'origine afin de les introduire dans leur nouveau terroir et de se dire qu'ils vont s'y établir et œuvrer avec succès contre le parasite. Il est naturel de s'attendre ou même d'espérer que des ennemis naturels efficaces contre ce ravageur cohabitent voire co-évoluent avec ce dernier au niveau local (Van DRIESCHR & BELLOWS, 1996). Aussi des prospections ont été effectuées au Sénégal, un pays sahélien, en tenant compte des informations fournies sur la région d'origine du prédateur naturel ciblé. Ainsi, nos enquêtes ont été menées dans les bas-fonds de Keur Babou Diouf (KBD) dans le Sine-Saloum et dans

les Niayes de Dakar (à Malika) qui sont caractérisés par leur micro climat humide assez proche du biotope des ennemis naturels du ravageur.

Nous admettons, avec Furtado et *al.*, que *T. evansi* est un ravageur introduit en Afrique et que, sur ce continent, aucun ennemi efficace n'a encore été rencontré FURTADO (2006). L'origine exacte de *T. evansi* reste encore à déterminer avec certitude, toutefois GUITIERREZ & ETIENNE (1986) ont affirmé que *T. evansi* était probablement originaire d'Amérique du Sud. Leur supposition est basée sur le fait que cette espèce a été mentionnée pour la première fois par SILVA (1954), à partir d'individus attaquant des plantes de tomate dans l'Etat de Bahia, au Brésil. Notons bien qu'à l'époque l'espèce a été identifiée sous le nom de *T. marianae*. Quatre ans plus tard, cette espèce a été aussi rencontrée par MOUTIA (1958) à l'Ile Maurice, dans l'océan indien et au Sud-est du continent africain mais toujours identifiée sous le nom de *T. marianae*.

Depuis sa découverte, une faible quantité de prédateurs a été rapporté en association avec *T. evansi* MORAES et *al.*, 1987 ; FURTADO et *al.*, (2005). Aucun des prédateurs répertoriés ne s'est montré efficace contre les populations de *T. evansi*. Ils se trouvent, en fait, incapables de survivre et de se reproduire quand la nourriture fournie est exclusivement cette proie (MORAES & LIMA, 1983 ; MORAES & McMURTRY, 1985a ; SARR et *al.*, 2002 ; ESCUDERO & FERRAGUT, 2005).

La présente thèse a comme objectif principal de faire un inventaires des acariens rouges phytophages et les prédateurs associés pour les principales cultures à risque dans les Niayes et au sud du bassin arachidier, la compatibilité de certains pesticides et/ou bio-pesticides intégrables dans un système de gestion intégrée des ravageurs des cultures horticoles mais également d'évaluer les dégâts causés par les acariens rouges et l'efficacité des certains acariens prédateurs d'intérêt pour la lutte biologique afin de limiter les dégâts des acariens Tetranychidae sur trois les solanacées maraîchères dans les Niayes et au Sine Saloum.

Cet objectif principal peut être décliné en deux objectifs spécifiques :

- caractériser l'acaro-faune du Sénégal notamment les Tetranychidae incriminés et leurs prédateurs afin de sélectionner un prédateur local efficace contre *Tetranychus* spp. qui sera multiplié et introduit dans les autres sites maraîchers du Sénégal.
- tester l'efficacité de produits naturels, contre *Tetranychus* spp. sur des blocs randomisés des trois cultures pour obtenir un bon contrôle des populations, tout en préservant la faune auxiliaire, pour une agriculture durable.

L'idée est de mettre en place une lutte biologique classique avec l'utilisation d'extraits de plantes locales à action acaricide comme solution alternative aux acaricides de synthèse ; les études expérimentales ont été menées dans deux localités différentes pendant deux à trois ans de suite avec trois répétitions pour cinq produits qui sont considérés. Ce travail est répété trois ans de suite à Malika dans la région de Dakar et deux fois dans le Sine Saloum au Centre de Keur Babou Diouf.

Des enquêtes ont été menées, pour la prospection des acariens phytophages (*T. evansi* et *T. urticae*) et les ennemis naturels à Malika et au Sine Saloum pendant trois ans.

Ce travail qui fait l'objet de la présente Thèse de Doctorat a été conduit suite à un accord de partenariat entre le laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie du Département de biologie animale de la faculté des Sciences et Technique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et la CARITAS de Kaolack. Elle a été entièrement financée par la municipalité de la ville d'Aoste en Italie en collaboration avec la CARITAS de Kaolack au Sénégal

Ce mémoire de Thèse comporte trois chapitres. Le premier est consacré à la revue bibliographique sur les relations écologiques entre les acariens phytophages, leurs prédateurs et les plantes hôtes réservoirs, sur la lutte biologique contre les acariens phytophages par des acariens prédateurs (Phytoseiidae), sur les Solanacées principalement l'Aubergine *Solanum melongena*, le Jaxatu *S. aethiopicum* et la Tomate *Lycopersicum esculentum* et les ravageurs, *T. evansi* et *T. urticae*. Le deuxième, concerne les enquêtes de prospection des Tétraniques et de leurs prédateurs (Phytoseiidae) à Malika et au Sine Saloum. Le troisième chapitre est consacré aux différents travaux expérimentaux au champ pour l'évaluation des produits naturels de lutte contre les acariens et du comportement biologique des différents prédateurs rencontrés contre ces acariens.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Cultures maraîchères hôtes d'acariens phytophages et leurs prédateurs

1.1. 1. Les cultures maraîchères :

Les cultures maraîchères constituent l'une des principales sources de revenus des femmes et les groupements de jeunes de l'intérieur et des petits producteurs dans la zone des Niayes. Elles permettent aussi à ces petits producteurs d'assurer leur sécurité alimentaire et nutritionnelle.

La production maraîchère est essentiellement concentrée à plus de 70% dans les Niayes. Les petits producteurs restent cependant confrontés à de faibles rendements en deçà des potentiels des cultures du fait de pratiques culturales souvent inappropriées, de la mauvaise qualité des semences, de la pauvreté des sols ainsi que les ravageurs, les adventices et les autres maladies des végétaux.

Le maraîchage est une activité économique et nutritionnelle d'importance au Sénégal. Il procure des ressources alimentaires pratiquement tout au long de l'année grâce à l'irrigation contre saison. Par son apport en vitamines et nutriments, il diversifie une alimentation basée essentiellement sur les céréales (riz, mil, maïs) en zone rurale et périurbaine.

Depuis leur apparition en 1925 dans la région du Cap-Vert (BOURDOUXHE 1986), les cultures maraîchères n'ont pas cessé de s'étendre. La zone des Niayes, une étroite bande allant de Dakar à Saint-Louis, est le principal pôle de production des cultures maraîchères devant la vallée du fleuve Sénégal. Actuellement, le maraîchage se développe un peu partout dans les zones rurales de l'intérieur du pays, au niveau des bas-fonds, autour des puits et bassins de rétention, comme une activité génératrice de revenus pour les groupements de femmes et de jeunes.

Les pertes occasionnées par les acariens, en général, les acariens rouges des cultures, en particulier, ont atteint des proportions inquiétantes dans le Sine Saloum (Keur Babou Diouf Batamar etc...) (DUVERNEY et al., 2005) et dans la zone des Niayes malgré son microclimat doux. Les principales cultures attaquées par ces acariens incluent les solanacées telles que la tomate (*Lycopersicum esculentum* Miller), le jaxatu (*Solanum aethiopicum* L.) et l'aubergine (*Solanum melongena* L.).

1. 1. 2. Plantes hôtes, acariens phytophages et prédateurs:

Ces trois groupes d'êtres vivants constituent trois niveaux trophiques, si nous considérons les plantes comme des producteurs, les acariens phytophages comme des consommateurs primaires et les ennemis naturels de ces acariens comme des consommateurs secondaires.

Les plantes hôtes hébergent une faune d'acariens variée et constituée essentiellement par des espèces phytophages et leurs ennemis naturels mais aussi par plusieurs détritivores GERSON *et al.*, (2003). Ces ravageurs et leurs ennemis naturels interagissent au niveau de ces trois niveaux trophiques du vivant et il n'est pas possible de comprendre cette relation sans considérer le mécanisme de ces différents niveaux trophiques inférieurs (« bottom-up ») et supérieurs (« top-down ») PRICE *et al.*, (1980). Selon PRICE *et al.*, (1986), l'importance des interactions tri- trophiques et les mécanismes de résistance des plantes aux arthropodes impliquent deux types de défense : une défense intrinsèque et une défense extrinsèque.

La défense intrinsèque permet à la plante de résister aux herbivores minuscules par la production de substances chimiques et/ou le développement de caractéristiques morphologiques qui peuvent affecter positivement ou négativement les ennemis naturels des acariens phytophages (PRICE 1986, BOTTRELL *et al.*, 1998).

Selon VENDRAMIM (2002), ces mécanismes de résistance des plantes peuvent résulter de deux types effets (directs et indirects).

Dans le premier cas, la plante peut exercer un effet direct sur la biologie et/ou le comportement de l'ennemi naturel des acariens phytophages grâce à l'émission de substances chimiques ou au développement de caractéristiques morphologiques particulières.

La plante peut aussi agir sur les ravageurs en changeant de comportement, de développement, de dimension et de vigueur, ce qui pourrait affecter indirectement l'ennemi naturel.

La défense extrinsèque, quant à elle, est observée lorsque la plante bénéficie de la présence des ennemis naturels qui à leur tour réduisent sa population de ravageurs (PRICE 1986).

1. 1. 2. 1. Effets directs :

Les substances chimiques de nature volatile produites par les plantes ont été considérées comme ayant une grande importance dans les interactions tri-trophiques entre les plantes, les ravageurs et les ennemis naturels. Dans beaucoup de cas, les ennemis naturels répondent initialement aux stimuli de la plante d'abord, pour ensuite répondre plus tard à ceux du ravageur (VINSON *et al.*, 1998). C'est ainsi, plusieurs odeurs libérées par les plantes sont

perçues par les ennemis naturels comme des stimuli qui leur indiquent l'habitat du ravageur (MORAES *et al.*, 1998). Les ennemis naturels ont en sus une particularité intéressante : c'est la capacité de répondre aux substances chimiques produites par les plantes lorsqu'elles sont attaquées par les ravageurs (COLLIER *et al.*, 2001). Les composants nutritionnels de la plante constituent ainsi un autre groupe de facteurs qui affectent directement les ennemis naturels (VENDRAMIM, 2002). Ces composants agissent plus nettement quand l'ennemi naturel (prédateur ou parasitoïde) attaque les proies seulement pendant les stades immatures, et a besoin d'un autre type de nourriture pour sa survie et sa reproduction. C'est ce qui peut se produire aussi quand l'ennemi naturel a besoin d'un complément alimentaire comme du pollen et d'autres substances nutritives présentes dans les nectars floraux et extra floraux, comme dans le cas des espèces du genre *Euseius* (acariens prédateurs généralistes) (McMURTRY & CROFT, 1997). Les composants nutritionnels émis par la plante permettent non seulement la survie des ennemis naturels dans la période de pénurie de proies et d'hôtes mais aussi contribuent à une alimentation plus équilibrée (PEMBERTON & VANDERBERG, 1993 ; COLL, 1996). Les caractéristiques morphologiques des plantes comme le port, la forme et l'architecture foliaire, la phénologie, la texture foliaire et autres, peuvent affecter le comportement des ennemis naturels pendant la recherche de leurs proies. Les trichomes sont les caractéristiques morphologiques les plus importantes et peuvent interférer dans l'action des petits arthropodes ainsi que sur leurs ennemis naturels. Les types les plus communs de trichomes sont les glandulaires et les non glandulaires. Dans le cas des trichomes non glandulaires, des cas de plus grande efficacité des ennemis naturels ont été constatés que sur ces plantes ayant une forte densité de trichomes servant d'abri (WALTER, 1996) ou de stimulus pour le déplacement de ces ennemis naturels dans plusieurs directions, ce qui facilite leur rencontre avec les proies (SHAH, 1982). On observe ainsi une plus grande efficacité dans la prédation (un bon contrôle biologique). Alors que les trichomes glandulaires, qui peuvent sécréter des substances adhésives et/ou toxiques qui réduisent ou empêchent le mouvement des petits prédateurs, affectent négativement le développement et la survie de ces organismes et, par conséquence leur prédation (GAMARRA *et al.*, 1998).

1. 1. 2. 2. Effets indirects

Les semiochimiques qui promeuvent la communication entre individus d'espèces différentes sont appelés allélochimiques. Certains allélochimiques produits par les plantes affectent négativement le ravageur qui survit en maintenant dans son organisme une certaine

concentration de la substance chimique qui affectera le développement des ennemis naturels. C'est le cas chez les espèces de plante de la famille des solanacées, comme par exemple celles des genres *Nicotiana*, *Solanum* et *Lycopersicum*. Ainsi la nicotine qui est un facteur de résistance présente dans les espèces du genre *Nicotiana*, la solanine, présente dans les espèces du genre *Solanum* et la tomatine, présente dans la tomate, peuvent affecter négativement le développement des ennemis naturels (THORPE & BARBOSA 1986 ; BARBOSA et al., 1991 ; GUNASENA et al., 1990 ; CAMBELL & DUFFEY, 1981). Ces substances chimiques peuvent aussi prolonger la durée du développement des immatures du ravageur, les exposant ainsi à une période de risques plus longue face à leurs ennemis naturels (ADKISSON & DYCK, 1980).

1. 1. 3. Effets du ravageur sur les ennemis naturels

Les acariens prédateurs rencontrent les acariens phytophages à travers les substances semiochimiques appelées kairomones (substances volatiles qui agissent entre les individus d'espèces différentes, en favorisant le receveur de l'information) provenant de la toile, des fèces, des œufs et des exuvies des acariens phytophages en association avec les substances volatiles de la plante attaquée et qui fonctionnent comme des indicateurs de la présence des phytophages ou ravageurs. (MORAES & McMURTRY, 1985b ; COLLIER et al., 2001).

Ce sont ces interactions entre les plantes hôtes, les ravageurs et leurs ennemis naturels qui peuvent expliquer la diversité des ennemis naturels en fonction de l'espèce ou la variété de plante qui héberge le ravageur.

1. 2. Lutte biologique contre les acariens phytophages

1. 2. 1. Historique de la lutte biologique

Des acariens prédateurs peuvent être utilisés pour lutter contre les acariens phytophages. Le premier acarien utilisé comme prédateur par sa capacité de contrôler et de réduire une population de phytophages est *Hemisarcoptes malus* (Shimer), qui se nourrissait de la cochenille *Lepidosaphes ulmi* (L) Hemiptera : Diaspididae) (SHIMER, 1868 dans GERSON et al., 2003) .

Le premier transfert d'un prédateur d'un continent à un autre, en 1873, dans le cadre de la lutte biologique, s'est fait des Etats-Unis vers la France. A l'époque, l'acarien identifié comme *Tyroglyphus phylloxerae* Riley & Planchon, plus tard comme synonyme de *Rhizoglyphus echinopus* (Fumonze & Robin), (Acaridae), a été utilisé pour la première

tentative de lutte biologique classique contre le phylloxéra de la vigne) [*Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) ; (DeBACH & ROSEN, 1991)].

Cet acarien a été introduit en France, lâché dans des cultures de vigne. Il s'était établi, mais il n'a pas réduit la population du ravageur (HOWARD, 1930 dans GERSON *et al.*, 2003).

Les *Pyemotes* (= *Pediculoides*), dans la décennie suivant les années 1880, ont été utilisés comme ennemis naturels de plusieurs insectes ravageurs (WEBSTER, 1910). Selon GERSON *et al.*, (2003), ces acariens ont été mentionnés comme les premiers à être élevés et multipliés en masse pour une lutte biologique classique. En se référant à *Pyemotes* sp utilisé en 1903, dans une tentative de lutte contre un insecte qui attaquait les fruits du coton (HUNTER & HINDS, 1904 dans GERSON *et al.* 2003). Par la suite, cet acarien a été aussi utilisé dans une autre tentative de lutte contre *Oiketicus kirbyi* (Guilging) (SANTIS, 1945).

Selon MORAES *et al.*, (2004), les acariens de la famille des Phytoseiidae sont les prédateurs les plus communs des acariens phytophages sur plusieurs espèces de plantes. Le premier rapport sur la potentialité d'un acarien de cette famille comme prédateur des acariens phytophages remonte à 1906 par PARROTT *et al.*, Ces auteurs avaient observé *Typhlodromus pomi* (PARROTT) se nourrissant d'*Eriophyes pyri* sur des poiriers. MORAES (2002) a affirmé que durant la première moitié du 20^{ième} siècle peu de recherches ont été menées pour mieux connaître le potentiel de ces prédateurs. Mais plus tard une importante littérature produite sur ces prédateurs est paru dans plusieurs pays. La première révision des connaissances biologiques et écologiques disponibles sur les Phytoséiides a été faite par McMURTRY *et al.*, (1970). Une décennie plus tard, des connaissances complémentaires sur les Phytoséiides ont été publiées dans un article résultant des deux documents après les conférences sur les acariens aux Etats – Unis (HOY, 1982 ; HOY *et al.*, 1982). Plus tard, en 1996 KOSTIANEN & HOY ont compilé une liste de publications de 1960 à 1994 sur les Phytoséiides prédateurs d'autres acariens et insectes. L'intérêt pour l'usage des acariens de la famille des Phytoseiidae comme agents de lutte biologique est apparu en même temps que l'intérêt pour sa taxonomie (MORAES, 2002). La première révision taxonomique de cette famille a été faite par NESBITT en 1951, avec moins de vingt espèces mentionnées. Trois décennies plus tard, la révision de MORAES *et al.*, (1986), fait état de 1 400 espèces et trois ans plus tard, en 1989, 1 559 espèces ont été mentionnées (CHANT & YOSHIDA – SHAUL, 1989). Récemment, une révision du catalogue de la famille a été publié par (MORAES *et al.*, 2004), incluant 2 250 espèces.

La lutte biologique contre l'acarien rouge, *Tetranychus urticae* Koch, avait débuté dans les années 1960. Le premier cas de succès de lâcher de prédateur a eu lieu en Europe en utilisant un Phytoséiide, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot), pour le contrôle d'un acarien ravageur (McMURTRY *et al.*, 1970 ; ZHANG, 2003).

1. 2. 2. Etude sur les Phytoséiides

La famille des Phytoseiidae renferme actuellement la majorité des acariens prédateurs comme potentiels agents de contrôle biologique des acariens des cultures. En Afrique subsaharienne, plusieurs études ont été menées sur les Phytoséiides. Les premières études qui ont été rapportées portaient sur des espèces originaires de six pays (NESBITT 1951 ; EVANS 1954 ; 1958 a et b ; CHANT 1957, 1959). Mais la contribution de taille, à l'époque, est celle de Pritchard et Baker (1962) rapportant 38 espèces d'Afrique centrale dont 31 nouvelles. Plus tard un nombre de publications significatif sur les espèces d'Afrique du Sud a vu le jour (RYKE & MAYER 1958 ; SCHULTZ 1972 ; VAN DER MERWE & RYKE 1964 ; VAN DER MERWE 1965, 1968 ; McMURTRY 1980 ; MEYER 1981 ; DENMARK 1982 ; UECKERMANN & LOOTS 1984 a, b, 1985a, b, c, 1987 ; MEYER & UECKERMANN 1988, 1989 ; UECKERMANN 1990, 1991-1992 ; et dans d'autres pays (MATTHYSSE & DENMARK 1981 ; YOSHIDA-SHAUL & CHANT 1988 ; MORAES & MCMURTRY 1988 ; UECKERMANN 1988 ; MORAES *et al.*, 1989a, b ; EL- BANHAWY & ABOU-AWAD 1989, 1990, 1991 ; BAKER 1990 ; FAIN & KRANTZ 1990 ; MCMURTRY & MORAES, 1991 ; GROUT, 1994)

Actuellement la plupart des articles publiés dans ce domaine se réfèrent aux Phytoséiides associés aux acariens phytophages sur la même plante hôte. Peu de références cependant citent des succès réels obtenus dans le contrôle ou la réduction appréciable de la population des acariens phytophages. La plupart des Phytoséiides sont des généralistes et peuvent se nourrir d'autres micro-organismes présents, comme les champignons et le pollen végétal etc.... (MORAES. 2002). Pour utiliser une espèce de Phytoséiides comme prédateur ou agent de lutte biologique, des études approfondies au laboratoire sont nécessaires car plusieurs choses méritent d'être vérifiées : il faut non seulement trouver le ravageur et le prédateur sur la même plante hôte mais, au laboratoire, déterminer si le prédateur accepte de se nourrir du ravageur que l'on veut lutter.

Les Phytoséiides sont des acariens prédateurs qui se meuvent habituellement très rapidement ; ils présentent un phototropisme négatif et cherchent activement leurs proies. Ils ont une coloration pâle pouvant occasionnellement être brune ou rouge lorsqu'ils se nourrissent d'acariens rouges. Ils possèdent habituellement un seul bouclier dorsal avec 24 paires de soies et une paire de chélicères en forme de pinces (MORAES 2002). L'intérêt porté sur la préservation de l'environnement, une réduction notable de l'utilisation des pesticides en agriculture et l'apparition de souches de phytophages résistantes aux pesticides enregistrée actuellement, suscitent une augmentation de l'utilisation d'alternatives biologiques et des acariens prédateurs comme agents de lutte biologique (MORAES 2002). Ces prédateurs sont d'un grand intérêt pour la lutte intégrée des ravageurs. Certains sont efficaces et d'autres sont de potentiels prédateurs des ravageurs principalement de la famille des Tetranychidae, des Eriophyidae, Tarsonemidae et des petits insectes (KREITER & BRIAN, 1986 ; McMURTRY & CROFT, 1997), contribuant ainsi à la possibilité d'une réduction appréciable dans l'utilisation actuelle des pesticides (KREITER & SENTENAC, 1995) dans la nature.

1. 2. 3. Lutte biologique et usage de Phytoseiidae

L'utilisation des phytoséiides comme ennemis naturels pour la lutte contre les acariens ravageurs et quelques autres insectes nuisibles est aujourd'hui une réalité dans plusieurs pays. Et l'efficacité de ces prédateurs a réveillé l'intérêt d'un grand nombre de fermiers. Un grand nombre de grandes compagnies, principalement en Europe et en Amérique du Nord, se sont spécialisées dans la production et la vente d'espèces d'acariens, de phytoséiides, destinées à la lutte biologique contre les acariens et les insectes ravageurs des cultures (MORAES 2002).

1. 2. 3.1. Lutte contre *Pononychus ulmi*

L'utilisation des phytoséiides d'origine naturelle a permis la lutte effective contre l'acarien rouge européen *Pononychus ulmi* (Koch) sur pommier, dans plusieurs pays. Les espèces de phytoséiides qui ont été impliquées dans la lutte contre ce ravageur sont *Neoseiulus fallacis* (Garman) et *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) aux Etats-Unis, *Amblyseius andersoni* (Chant) et *Typlodromus pyri* (Scheuten) en Europe (McMURTRY, 1991 ; MORAES, 1991) et *Neoseiulus californicus* (McGregor) et *Phytoseiulus longipes* (MONTEIRO, 2002 ; FURTADO, 2006).

1. 2. 3.2. Lutte contre *T. urticae*

La lutte contre *T. urticae* par les phytoséiides est aujourd'hui pratiquée dans les cultures protégées en Europe, une partie de l'Asie, en Afrique Australe et en Amérique du Nord. Les principaux prédateurs utilisés dans cette lutte sont : *P. persimilis* et *N. californicus*. Ils sont utilisées soit en association ou soit seuls dans les cultures de concombre, de piment, tomate, d'aubergine de fraise et sur des plantes ornementales (GERSON et al, 2003, ZHANG, 2003).

Aux Etats-Unis, l'acarien prédateur *P. persimilis* a été introduit en Californie pour la lutte contre *T. urticae* sur fraise à la fin des années 1970. Ce prédateur s'est établi en donnant des résultats satisfaisants dans la réduction de la population du ravageur (MORAES, 2002). Des résultats semblables ont été obtenus en Floride avec l'utilisation du même prédateur (Van de VRIE & PRICE, 1994). Au Brésil, WATANABE et al, (1994) ont démontré, sous conditions expérimentales, l'efficacité de deux espèces autochtones, *Neoseiulus idaeus* (DENMARK & MUMA 1972 ; 1973) et *Phytoseiulus macropilis* (Banques) dans la réduction considérable de la population de *T. urticae* sur fraise, en lâchant les prédateurs au début de l'infestation par le ravageur.

1. 2. 3. 3. Lutte contre *Mononychellus tanajoa*

L'acarien vert du manioc, *Mononychellus tanajoa* (Bondar), a été accidentellement introduit dans le continent africain au début des années 1970 à partir de l'Amérique du Sud et a commencé à causer des pertes considérables à la production du manioc, principale source de nourriture dans plusieurs pays en Afrique. Au début des années 1980, les premiers travaux de prospection d'ennemis naturels ont été réalisés dans la région d'origine du ravageur, en Amérique du Sud, principalement au Brésil et en Colombie pour les utiliser en Afrique. Plus de cinquante espèces de prédateurs ont été rencontrés sur des plants de manioc, et desquelles plus de dix espèces ont été envoyées sur le continent africain pour la production en masse et des lâchers au champ ont été effectués. Trois de ces espèces se sont établies dans différents pays, *N. idaeus* au Bénin et Kenya ; *Typhlodromalus manihoti* (MORES) au Bénin, au Burundi, au Ghana et au Niger, *Typhlodromalus aripo* De Léon, est aujourd'hui présent dans plus de 20 pays, en favorisant une réduction considérable des populations de *M. tanajoa* (YANINEK & HANNA, 2003).

1. 2. 3.4. Lutte contre *T. evansi*

Actuellement, la seule espèce prometteuse dans la lutte biologique contre *T. evansi* au Brésil est *Phytoseiulus longipes* Evans (FURTADO 2006). C'est un acarien de la famille des Phytoseiidae. Cette famille comporte plusieurs prédateurs d'acariens phytophages (GERSON *et al.*, 2003). *Phytoseiulus longipes* a été décrit en 1958 au Zimbabwe, au Sud de l'Afrique, à partir de spécimens collectés sur une plante ornementale. A cette occasion, il a été remarqué comme un prédateur d'acariens phytophages de la famille des Tetranychidae (EVANS, 1958b ; SCHULTZ, 1974. Par la suite PRITCHARD & BAKER (1962) firent référence à cette espèce comme *Amblyseius (Phytoseiulus) longipes*, tandis que GONZALEZ & SCHUSTER (1963) la nommèrent *Mesoseiulus longipes*. Van der MERWE (1968), dans sa redescription, l'appela *Amblyseius (Mesoseiulus) longipes*. Des études de taxonomie de l'espèce furent par la suite conduites par TSENG (1976) ; ROWELL *et al.*, (1978) ; HERRERO *et al.*, (1990) ; TAKAHASHI & CHANT (1993bc) et sa distribution géographique fut étudiée par TAKAHASHI & CHANT (1993a). Donc jusqu'en fin 2003, cette espèce n'avait été mentionnée qu'au Sud du continent africain, à savoir au Zimbabwe (1958) et en Afrique du Sud (Van der MERWE, 1968 ; BADIO & McMURTRY, 1984, ainsi qu'en Amérique du sud, Argentine (HERRERO *et al.*, 1990) et Chili (GONZALEZ & SCHUSTER, 1962).

Phytoseiulus longipes a été trouvé sur des plantes des genres *Beta*, *Digitalis*, *Gossypium*, *Hydrangea*, *Marrubium*, *Medicago*, *Pharbitis*, *Phaseolus* et *Rosa*, associé à *Tetranychus cinnabarinus* (Boidival), *Tetranychus desertorum* Bank et *Tetranychus urticae* Koch (TAKAHASHI & CHANT, 1993a). Au Brésil, ce prédateur a été récemment détecté sur *Lycopersicon esculentum* Miller, *Solanum americanum* Miller et *Salpichroa organifolia* (Lam) , toujours associé à *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard.

FLECHTMANN et McMURTRY (1992) ont étudié la morphologie du gnathosome de quelques phytoséiides, en incluant *P. longipes* en affirmant que ce prédateur présente des chélicères apparemment différentes de celles des autres acariens prédateurs spécialisés, comme toutes les espèces du genre auquel il appartient. Le grand lobe présent dans le doigt fixe des chélicères, la base des " pilus dentilis" bien développée, l'absence des " pilus dentilis" et un étroit canal préoral sont quelques unes des différences morphologiques observées par (FLECHTMANN *et al.*, 1994).

Dans une étude sur les modes de vie des acariens Phytoseiidae et leur rôle en lutte biologique, McMURTRY & CROFT (1997) ont classé *P. longipes* comme un prédateur de type I, spécialisé dans la prédation des espèces du genre *Tetranychus*.

Il existe de nombreux travaux sur les différents aspects biologiques de *P. longipes*. Tous ont été conduits à partir d'une population provenant d'Afrique du Sud (SCHULTZ, 1974 ; BADIO & McMURTRY, 1983, 1984 ; 1988ab ; TAKAHASHI & CHANT, 1992 ; 1994). Bien que MORAES & McMURTRY (1985a) et BADIO *et al.* (1999) aient omis de mentionner dans leur travaux initiaux, la provenance des populations utilisées MORAES (comm. pers. 2005) affirme que les acariens utilisés dans ces deux publications provenaient d'une colonie de laboratoire également constituée à partir d'une population provenant d'Afrique du Sud. Le biotype *P. longipes* d'Afrique du Sud a été introduit en Californie (U.S.A) BADIO & McMURTRY, 1988b) et depuis lors il est commercialisé dans ce pays pour le contrôle de tétranyques. Un biotype de *P. longipes* a été rencontré associé à *T. evansi* sur des plants de tomate dans plusieurs communes du Brésil. Depuis ces observations, l'intérêt a grandi pour connaître plus sur la relation entre ces deux espèces (FURTADO 2006) pour évaluer au laboratoire l'acceptation de *T. evansi* comme proie pour le biotype brésilien de *P. longipes* et pour tester aussi son efficacité à contrôler *T. evansi* sous tunnels en plastique.

Il ressort de ces études un taux moyen d'oviposition par jour de 3,4 et 3,5 œufs quand le prédateur est alimenté avec *T. evansi* et *T. urticae*, avec un taux de survivants jusqu'à la fin du test de 80% (FURTADO 2006). Il n'y a pratiquement pas de ponte lorsque le prédateur est alimenté avec du pollen de *Typha* sp ou *Ricinus communis*. Le prédateur *P. longipes* se nourrit de la proie *T. evansi* et la préfère à *T. urticae*.

1. 3. Solanacées

La famille des Solanaceae comprend plus de 3000 espèces distribuées dans 90 genres, dans les régions tropicales à sub-tropicales. Quelques genres sont connus car ils comprennent des espèces de grande importance économique (pour l'alimentation, les condiments et les cultures industrielles) entre autres, la tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), l'aubergine (*Solanum melongena* L.), le jaxatu (*Solanum aethiopicum* L.), le poivron (*Capsicum* sp.) et le tabac (*Nicotiana tabacum* L.). Les Solanaceae comprennent aussi des espèces ornementales (*Brugmansia* spp.), et médicales telles que la belladone (*Atropa belladonna* L.) et *Solanum* spp. (SMITH & DOWNS, 1966).

Solanum L. est le genre le plus grand et le plus complexe de la famille des Solanaceae, avec plus de 1500 espèces. Ces espèces sont rencontrées dans les régions tropicales et subtropicales et surtout en Amérique du Sud qui est considérée comme le centre de diversification à partir duquel ce genre aurait colonisé les autres régions du monde (AGRA, 1999).

Les espèces les plus importantes sur le plan économique au Sénégal sont: l'aubergine, le jaxatu et la tomate.

L'aubergine (*Solanum melongena*) est originaire de la région tropicale de l'Asie, particulièrement de l'Inde (PERON, 1999). La production mondiale en 2004 a été de 29 840 793 Tonnes. Le principal producteur est la Chine, avec 1,65 millions de tonnes en 2004 (FAO, 2005). Au Sénégal, c'est la variété Black beauty (nom local Bmug Bmug) qui reste la plus importante mais, près d'une centaine de variétés ont été introduites ou testées par le CDH et ISRA (COLY 2000). Il en existe plusieurs variétés, parmi lesquelles l'aubergine violette de Barbentane, la violette ronde et la blanche de Chine.

L'aubergine est une solanacée, elle est vivace dans sa région d'origine (Inde) et annuelle dans nos régions. Elle est cultivée pour son fruit de forme ovoïde, long et mince, violet, blanc ou jaunâtre, de 5 à 20 cm de long. Les variétés les plus répandues proviennent pour la plupart de la variété violette de Barbentane. Les variétés hybrides sont moins sensibles aux maladies, oïdium, verticilliose, mosaïque du tabac.

La croissance de l'aubergine est lente. La plante est facilement endommagée par des chutes brutales de température.

Chez **le Jaxatu (*Solanum aethiopicum*.L)**, c'est la variété Soxna du Sénégal (Schipper 2004) qui est la plus sensible aux acariens. Le jaxatu est un légume typiquement africain ; une cinquantaine de variétés ont été introduites ou améliorées par le CDH (DIOUF 1994 ; COLY 2000) ; les plus cultivées sont Soxna, Keur bir Ndaw, Ngoyo, Ngalam, L₁₀, L₁₆ et L₁₈. Les quatre dernières sont tolérantes aux acariens (DIOUF 1994). Les *Solanum* non tubérifères cultivés en zone tropicale humide et semi-aride jouent un rôle non négligeable dans l'alimentation humaine. L'espèce *aethiopicum* qui englobe plusieurs génotypes différents, occupe en particulier une place de choix dans la consommation légumière de ces zones (SECK, 1984).

Au Sénégal comme dans de nombreux autres pays de la sous région ces espèces sont cultivées pour leurs fruits de grande taille et leurs formes et goûts très diversifiés.

La Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.,) plante annuelle grimpante ou rampante de la famille des solanacées, cultivée pour ses fruits que l'on consomme frais ou en conserve est probablement originaire de la région du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud où sa domestication remonte à plus de 5 000 ans. Autrefois considérée comme toxique, la tomate est aujourd'hui l'une des cultures légumières les plus répandues et les plus importantes économiquement. On la cultive en annuelle dans la plupart des pays, et elle constitue une source alimentaire riche en minéraux et en vitamines, particulièrement en vitamines A et C. Les nombreuses variétés existantes donnent des fruits très différents, de forme ronde, ovoïde ou longue, de couleur jaune à rouge et de taille variant de celle d'une cerise à celle d'un petit melon.

Elle a été introduite au Mexique puis, au XVI^{ème} siècle, en Europe via l'Espagne (PERON, 1999). Actuellement, elle est le légume le plus diffusé, cultivé et industrialisé dans le monde, avec une production de 120 384 017 de tonne en 2004. Les principaux producteurs sont la Chine, les Etats-Unis, la Turquie, l'Inde, l'Egypte, l'Italie, l'Espagne et le Brésil. La Chine a produit 30 millions de tonnes en 2004 (FAO, 2005)

En Afrique, la culture de la tomate occupe annuellement 682 297 ha, avec une production annuelle moyenne de 13 748 021 de tonnes (FAO, 2005).

A l'Est et au Sud de l'Afrique, la tomate est actuellement majoritairement cultivée par de petits producteurs pour l'autoconsommation ou la vente. La productivité moyenne en 2004 a été de 6,3 tonnes/ha, respectivement au Zimbabwe et Kenya (FAO, 2005).

Au Sénégal, dans les Niayes qui concentrent l'économie maraîchère de la région de Dakar, la production est passée de 78.094 tonnes en 2009 à 261.000 tonnes en 2011, soit une hausse de 234 pour cent, annonce le journal gouvernemental 'Le Soleil', dans son édition du 21 août 2012. Les maladies qui attaquent les tomates sont nombreuses : la fonte des semis, la pourriture du collet, la fusariose, le mildiou, la cladosporiose, l'anthracnose. Le virus de la mosaïque du tabac peut aussi causer d'importants dégâts.

1. 4. Acariens phytophages

Parmi les ravageurs causant des dégâts sur cultures, les acariens phytophages occupent une place importante. Les trois grandes superfamilles d'acariens phytophages les plus connues sont: **Tetranychioidea**, **Tarsonemoidea** et **Eriophyoidea**. Les représentants de ces groupes ont chacun une morphologie particulière et provoquent des dégâts caractéristiques. Ils se nourrissent du contenu cellulaire des plantes et causent des dommages

visibles comme l'apparition de taches chlorotiques, la réduction de la croissance, le dessèchement des feuilles et consécutivement la réduction de la productivité.

Les principaux acariens phytophages qui se développent sur les cultures maraîchères au Sénégal sont *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) de la famille des Tarsonemidae, *Aculops lycopersici* (Masse), de la famille des Eriophyidae, *Tetranychus urticae* et *T. evansi* Baker & Pritchard de la famille des Tetranychidae.

1. 4. 1. Tarsonemidae

Polyphagotarsonemus latus (Banks) reste l'espèce la plus redoutable. *Polyphagotarsonemus latus*, comme la plupart des acariens phytophages, se développe à la face inférieure des feuilles qui se redressent, s'enroulent en cuillère et durcissent. La feuille présente alors un aspect brillant, une teinte bronzée se couvre de taches brunâtres (Collinwood et al 1981)

Les **Tarsonemoidea** ont un corps ovale, translucide et brillant dont la plus grande dimension varie de 1 à 3 dixièmes de millimètre. Les tarsonèmes sont des acariens qui possèdent 4 paires de pattes dont la dernière est plus ou moins atrophiée. Ils sont quasiment invisibles à l'œil nu. Les espèces phytophages vivent essentiellement sur les jeunes feuilles non encore déployées, particulièrement sensibles aux substances contenues dans la salive injectée. Elles provoquent des déformations des feuilles et même un rabougrissement de toute la plante. Ici, la seule espèce incriminée produit chez les jeunes feuilles un bronzage de la face inférieure du limbe et une déformation caractéristique de la marge, tandis que les feuilles plus âgées finissent par se craqueler et se perforer. Par leurs piqûres sur les très jeunes feuilles, ces phytophages provoquent une déformation irréversible de celles-ci, leur donnant un aspect étiré voire filiforme (d'où le nom d'acariose déformante). La face inférieure des feuilles devient brillante et une coloration rougeâtre ou jaunâtre apparaît souvent. Ce sont aussi des piqueurs-videurs de cellules mais ils ne tissent pas de toiles. Ils font surtout des dégâts sur les jeunes feuilles et les fruits. Leur déplacement est rapide. Enfin les piqûres peuvent provoquer un blocage total des bourgeons et la plante ne se développe plus. Des dégâts visuels apparaissent aussi sur certains fruits, donnant une coloration grise plombée (agrumes) ou des traces liégeuses (aubergine par exemple)

1. 4. 2. Eriophyidae

L'espèce signalée au Sénégal est *Aculops lycopersici*. C'est un acarien très petit, pratiquement invisible à l'œil nu ; lorsque l'on constate ses dégâts, il est déjà trop tard.

Ces acariens comprennent plusieurs espèces qui piquent les bourgeons, les inflorescences, les feuilles ou les fruits des cultures ; ces piqûres entraînent soit la formation de poils hypertrophiés, soit des déformations des feuilles et des bourgeons soit la production de galles, soit la formation de lièges se traduisant par un brunissement de l'épiderme qui prend une couleur rouille. Au Sénégal leur présence est constatée le plus souvent sur la tomate (Mallamaire 1965, Gutierrez & Etienne 1981 b)

1. 4. 3. Tetranychidae

Les Tetranychidae, subdivisés en Tetranychidae, appelés communément araignées jaunes, rouges ou vertes, et en Tenuipalpidae, sont colorés. Leurs femelles sont visibles à l'œil nu et mesurent de 3 à 5 dixièmes de millimètre. Ils piquent les cellules de l'épiderme et du parenchyme dont ils absorbent le contenu. Les dégâts qui se traduisent par l'apparition de taches plus ou moins accentuées sur les feuilles, peuvent aller jusqu'au dessèchement et à la chute du feuillage.

1. 4. 3. 1. Acarien rouge de la tomate, *T. evansi*

Tetranychus evansi a été décrit initialement en 1960 en l'île Maurice, à partir de spécimens collectés sur des feuilles de tomate. Lorsqu'il a été trouvé pour la première fois au Brésil, il a été identifié comme *Tetranychus marianae* McGregor (MORAES *et al.*, 1987).

La présence de *T. evansi* a été enregistrée au Brésil, aux Etats-Unis et à Porto Rico (MORAES *et al.*, 1987), au Portugal (FERREIRA & CARMONA, 1995), en Espagne (FERRAGUT & ESCUDERO, 1999), en France (MIGEON, 2005), au Zimbabwe BLAIR, 1983 ; MEYER *et al.*, 1986 ; KNAPP *et al.*, 2003), au Maroc (EL-JAOUNI, 1988), au Mozambique (MEYER, 1996), en Ile Maurice, aux Seychelles, en Zambie (BOLLAND *et al.*, 1998), en Tunisie (BOLLAND *et al.*, 1998 ; KREITER *et al.*, 2002), au Congo (BONATO, 1999), au Kenya (KNAPP *et al.*, 2003), ainsi au Niger (AUGER 2005, comm. Pers.) et au Sénégal (DUVERNEY *et al.*, 2005). Actuellement, *T. evansi* est considéré comme l'un des ravageurs clés de la tomate et des autres solanacées maraichères au Sénégal (DUVERNEY *et al.*, 2005), de la tomate au Zimbabwe (SIBANDA *et al.*, 2000) et dans divers pays africains. SARR *et al.*, 2002 ont relaté des essais réalisés au Sud de l'Afrique qui ont

montré que *T. evansi* pouvait provoquer des pertes supérieures à 90 % sur des champs de tomates de petits producteurs.

En Europe, il n'existe pas encore de données sur l'impact de *T. evansi*. Toute fois, *T. evansi* est un ravageur envahissant qui menace les cultures horticoles en Espagne, soit celles protégées que celles en plein champ. Actuellement, sans la mise en place d'une stratégie globale de lutte biologique contre les tétranyques, la culture sous abris de solanacées serait compromise avec l'arrivée de ce nouveau ravageur, étant donné que la régulation de cet acarien par les prédateurs utilisés aujourd'hui dans la lutte contre les tétraniques n'est pas efficace (FERRAGUT & ESCUDERO, 1999 ; FERRAGUT & ESCUDERO, 2002).

Au Nord-Est du Brésil, *T. evansi* a atteint des seuils de populations assez élevés au cours des périodes les plus chaudes et les plus sèches des années 70 – 80, provoquant des dommages sur les plants de tomate (SILVA, 1954 ; RAMALHO & FLECHTMANN, 1979, MORAES & LEITE FILHO, 1981).

Ces acariens attaquent tout d'abord la face inférieure des feuilles puis, lorsqu'ils atteignent des seuils élevés de population, occupent les deux faces, tissent une grande quantité de toile et provoquent le dessèchement des feuilles (MORAES *et al.*, 1998 ; SILVA *et al.*, 1992).

Les attaques de *T. evansi* ont été constatées sur un grand nombre de plants de solanacées dans le monde entier (FLECHTMANN & BAKER, 1970 ; 1975 ; FLECHTMANN & BASTOS, 1972 ; TUTTLE *et al.*, 1977 ; MORAES & FLECHTMANN, 1981 ; BLAIR, 1983 ; 1989 ; MORAES & McMURTRY, 1985a ; MORAES *et al.*, 1987 ; EL-JAOUANI, 1988). C'est toutefois récemment qu'il a été rencontré en Espagne s'attaquant à des espèces de plantes de différentes familles FERRAGUT & ESCUDERO, 1999 ; RAGUSA & FERRAGUT, 2005).

Compte tenu de l'importance de *T. evansi* sur les solanacées, sa lutte biologique a été étudiée par SILVA (1954), MOUTHIA (1958), QURESHI *et al.*, (1969), MORAES & LEITE FILHO (1981), MORAES & McMURTRY (1987) et BONATO (1999) ; sur des espèces afin de mettre en place une lutte biologique efficace contre *T. evansi*.

Les travaux les plus récents sur la biologie de *T. evansi* à diverses températures ont été publiés par MORAES & McMURTRY (1987) et par BONATO (1999). Les premiers auteurs ont étudié les effets de cinq températures différentes (15, 20, 25, 30 et 35 °C) sur la biologie de *T. evansi*, avec une humidité relative variant entre 30 à 60 %, sur feuilles de *Solanum douglasii* Dunal. Ils ont obtenu une durée de développement de l'œuf à l'adulte variant de 6,5 jours à 35°C à 46,3 jours à 15 °C. A 25 °C, cet acarien se développe de l'œuf à l'adulte en

13,1 jours, pond pendant 29 jours et, durant cette période, dépose un total de 243 œufs. BONATO (1999) a étudié les effets de quatre températures différentes (21, 26, 31 et 36°C) sur la biologie de *T. evansi*, avec un taux d'humidité relative de 75 % sur des feuilles de tomate. Il a observé en outre que la température la plus favorable au développement de *T. evansi* était de 31°C. A cette température, l'acarien s'est développé de l'œuf à l'adulte en 7,8 jours, a pondu son premier œuf au bout du neuvième jour, sa période de ponte a été de 9,6 jours et il a pondu un total de 123,3 œufs au cours de cette période.

1. 4. 3. 2. Acarien jaune *Tetranychus urticae* Koch

Tetranychus urticae Koch, a été décrit pour la première fois par Koch en 1836 (PRITCHARD & BAKER (1955). <<The two-spotted spider mite>> est considéré comme faisant partie d'un complexe qui inclut *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (DUPONT, 1979). Plus de 50 synonymes ont été attribués à cette espèce, les plus connus étant *T. telarius* L., *T. bimaculatus* Harvey, *T. arabicus* Attiah et *T. cucurbitacearum* (Sayed). *T. urticae* est originaire de la zone tempérée, mais a été fréquemment introduit dans les régions cultivées de façon intensive de la zone tropicale. Ses souches présentent des résistances à l'égard de la plupart des groupes d'acaricides (CRANHAM et HELLE, 1985). Dans les pays tropicaux, il est, malgré sa grande polyphagie, souvent moins compétitif que les Tetranychidae indigènes lorsqu'il doit survivre sur la végétation spontanée. Sa faculté de résistance aux pesticides lui permet, par contre, de prédominer dans les zones qui sont traitées régulièrement. On rencontre deux formes de femelles d'été, les unes sont de couleur carmin avec des taches sombres de chaque côté du corps (forme *cinnabarinus*), les autres étant vertes avec des taches similaires forme *urticae sensu stricto*). Les femelles hivernantes sont uniformément oranges.

1. 4. 4. Méthodes de contrôle des acariens phytophages (Tetranychidae)

Parmi les méthodes qui permettent le contrôle des populations de Tétraniques, on peut citer : **la lutte chimique, la résistance variétale et la lutte biologique.**

1. 4. 4. 1. Lutte chimique

Les tentatives de lutte contre *T. evansi* dans quelques pays en Afrique et dans les autres continents, consistent en l'utilisation fréquente et non raisonnée d'acaricides chimiques de synthèse pouvant entraîner la présence de résidus chimiques sur et dans les parties comestibles de la plante (feuilles et fruits), un déséquilibre biologique, des contaminations de l'environnement, l'intoxication de personnes avec au premier plan les utilisateurs et des

animaux, ainsi que l'apparition de populations résistantes aux acaricides, ayant pour conséquence la recrudescence du ravageur.

Jusqu'à présent, il n'existe pas de données publiées sur l'efficacité des principaux acaricides vis-à-vis du contrôle de *T. evansi*.

En Afrique, 53 substances actives (dans 57 formulations) ont été testées au laboratoire avec l'objectif de déterminer l'effet de ces produits sur ce ravageur (BLAIR, 1989). Cet auteur a affirmé que *T. evansi* au Zimbabwe pouvait avoir développé une tolérance contre des acaricides organophosphorés.

FERRAGUT & ESCUDERO (2002) ont affirmé qu'il n'existait pas en Europe de données sur l'efficacité des principaux acaricides contre ce ravageur. Lorsque des traitements contre *T. evansi* ont été nécessaires, ils ont été réalisés avec des acaricides habituellement utilisés contre les tétraniques.

1. 4. 4. 2. Résistance variétale

Les travaux portant sur le développement des variétés de tomate résistantes à *T. evansi* ont été réalisés au Brésil et en Afrique. Jusqu'à aujourd'hui, il n'existe pas de variété commerciale résistante à ce ravageur.

Le premier travail sur la résistance de la tomate à *T. evansi* a été développé par SILVA *et al.* (1992). Ces auteurs ont évalué la résistance de différents génotypes de tomate face à ce ravageur en laboratoire et en serre.

La plupart des solanacées présentent des trichomes glandulaires et non glandulaires qui affectent la dispersion des arthropodes. Les trichomes glandulaires produisent des exsudats collants, qui interfèrent sur la dispersion des petits arthropodes sur les plantes, et des substances toxiques pour des acariens et des insectes (CHATZIVASILEIADIS & SABELIS, 1997).

Une substance qui s'appelle « Zingibérène », un sesquiterpène présent dans les trichomes glandulaires de *Lycopersicon hirsutum* Dunal., est responsable des plus grands niveaux de résistance contre les arthropodes (MALUF *et al.*, 2001). Ces auteurs suggèrent que peut-être le Zingibérène pourrait repousser *T. evansi*.

Selon RESENDE *et al.*, (2002), des substances comme les sucres acylés (acylsugars) présents dans les feuilles de *Lycopersicon pennellii* (Corr.) pourraient être répulsifs pour *T. evansi*.

1. 4. 4. 3. La lutte biologique

Les infections naturelles de *T. evansi* par un champignon genre *Neozygites* ont été observées dans les régions du Nord-Est (MORAES *et al.*, 1980 ; HUMBER *et al.*, 1981) et Sud-Est du Brésil. Ce champignon est signalé apparemment, comme un ennemi naturel efficace, qui pourrait contrôler les populations de ce ravageur. Jusqu'à présent, il n'existe pas assez d'informations pour l'utilisation pratique des champignons de ce genre comme agents de lutte biologique contre les acariens.

Au Kenya, WEKESA & *al.* (2005) ont testé 17 isolats de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) , 2 isolats de *Beauveria bassiana* (Balsamo) pour la lutte contre *T. evansi* au laboratoire et un isolat de chacun de ces champignons en serre. Ces auteurs ont montré qu'au laboratoire tous les isolats de ces champignons ont présenté un pouvoir pathogène vis-à-vis des femelles, entraînant une mortalité comprise entre 22,1 et 82,6 %. En serre, les deux isolats ont réduit la densité des populations des acariens.

Une faible population de prédateurs a été observée en association avec *T. evansi* (MORAES & McMURTRY, 1985a ; MORAES *et al.*, 1987 ; FURTADO *et al.*, 2006).

Aucun d'entre eux ne s'est montré efficace pour réduire les densités (ou les effectifs) des populations de *T. evansi*, ou pour leur permettre de survivre et se reproduire quand ils sont exclusivement alimentés avec cette proie (MORAES & LIMA, 1983 ; MORAES & McMURTRY, 1985a, b ; SARR *et al.*, 2002 ; ESCUDERO & FERRAGUT, 2005 ; ROSA *et al.*, 2005).

De très faibles niveaux de reproduction ont été mentionnés par différents auteurs pour de espèces de phytoséiides alimentés avec *T. evansi*. MORAES & LIMA (1983) ont déterminé une oviposition moyenne journalière de seulement 0,05 œuf par femelle d'*Euseius concordis* (Chant). Une évaluation de la fécondité et de la survie de huit phytoséiides [*Galendromus* (*Galendromus*) *annectens* (De Leon), *Galendromus* (*Galendromus*) *occidentalis* (Nesbitt), *Galendromus* (*Galendromus*) *porresi* (McMurtry), *N. californicus*, *Phytoseiulus longipes* (Evans), *P. macropilis*, *P. persimilis*, *Phytoseius hawaiiensis* (Prasad)] alimentés avec *T. evansi* et *T. urticae* a été conduite par MORAES & McMURTRY (1985a). Ces auteurs ont observé que tous les phytoséiides testés présentaient une diminution des taux d'oviposition et de survie quand ils étaient nourris avec *T. evansi*. Ils en ont conclu ainsi que cet acarien était une proie défavorable pour les 13 biotypes des 8 espèces de phytoséiides testées. ESCUDERO & FERRAGUT (2005) ont enregistré une fécondité de 5,9 et 8,7 œufs par femelle et une oviposition moyenne journalière de 0,7 et 1,1 œufs par femelle pour,

respectivement, *N. californicus* et *P. persimilis*. ROSA *et al.* (2005) ont observé une oviposition moyenne journalière de 0,0 ; 0,1 ; et 0,3 œufs par femelle, respectivement pour *Asca* sp., *Paraphytoseius orientalis* (Narayanan, Kaur & Chai), *Phytoseius guianensis* De Leon et *P. macropilis*.

1. 5. Conclusion

- ***Tetranychus evansi* est un ravageur-clé des solanacées dans divers pays, dont le Sénégal.**

- **Les tentatives de lutte contre *T. evansi* consistent en l'usage d'acarides chimiques de synthèse (organophosphorés)**

- **Une faible quantité de prédateurs a été observée en association avec *T. evansi*.**

- **Différents tests réalisés en laboratoire, par plusieurs chercheurs, ont démontré l'inefficacité de diverses espèces de prédateurs contre *T. evansi*. Aucun prédateur n'a pu survivre et se reproduire quand il était exclusivement alimenté avec cette proie.**

**CHAPITRE II : RECHERCHE D'ENNEMIS
NATURELS DES ARAIGNEES ROUGE DES
CULTURES MARAICHERES AU SENEGAL**

2. 1. Introduction :

Ce travail avait pour objectif premier la recherche d'acariens, prédateurs de Tetranychidae sur cultures maraîchères, par la suite le champ de prospection a été élargi aux plantes sauvages des pourtours des champs. Ces prospections ont eu lieu respectivement dans la zone des Niayes, à Malika, Région de Dakar et à Keur Babou Diouf dans la région de Fatick, deux localités du Sénégal, pays africain dans lequel *T. evansi* s'est révélé être un ravageur-clé des cultures maraîchères et dont le contrôle de ses populations est nécessaire. Dans l'espoir de trouver un ennemi naturel efficace contre ce ravageur, il a été nécessaire de rechercher dans ces localités, des zones similaires sur le plan climatique et topographique à celles du Brésil d'où *T. evansi* est originaire. Les bas fonds de Keur Babou Diouf et la zone des Niayes offrent des conditions écologiques favorables pour un développement des acariens.

2. 2. Matériel et Méthodes :

Des prospections ont été conduites au Sénégal dans ces deux localités. Des enquêtes préliminaires ont eu lieu en 2005 dans certaines localités de la Région de Fatick dont Keur Babou Diouf, Batamar et Sokone (Mboul-Diamé). Ces recherches ont fait l'objet d'un mémoire pour l'obtention d'un Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) soutenu en juillet 2007.

A partir de Janvier 2009, les prospections ont été reprises, dans les Niayes, à Malika et à Keur Babou Diouf, pendant trois ans successifs avec deux périodes de prospection par an. La première période s'étale de Janvier à Mars et la deuxième période, de Mai à fin Juillet.

Les collectes ont été programmées sur des sites différents à chaque période. Les bords des routes empruntées et les zones favorables au développement des solanacées ont été visités. Nous avons ainsi prélevé de nombreux échantillons de feuilles de plantes de diverses espèces, de cultures maraîchères ou non, en priorité celles de la famille des solanaceae et sur les plantes hôtes sur lesquelles il y'avait une forte probabilité de rencontrer des tétranyques et des phytoséiides (leurs ennemis naturels). Les espèces de plantes non identifiées au champ ont été échantillonnées et photographiées en vue d'une identification ultérieure par un spécialiste. Les échantillons de plantes récoltées ont été mis dans des sacs en plastique, étiquetés et conservés à 4°C. Sur l'étiquette figurent les données de la collecte, la date et lieu de collecte et la plante hôte.

Chacun des échantillons de plantes était composé de cent (100) feuilles, exception faite de ceux recueillis sur cultures maraîchères (Aubergine, Jaxatu et tomate) qui étaient composés d'un nombre plus réduit de feuilles. Parfois même, les prélèvements n'ont pas été quantifiés. Les échantillons ont été examinés directement sur le terrain avec la loupe de poche pour certains et d'autres l'ont été au laboratoire, à la loupe binoculaire. Les acariens ont été collectés directement sur les feuilles à l'aide d'un pinceau à poils fins. Ils ont été ensuite triés et conservés dans de petits flacons contenant de l'alcool à 70% ou du liquide d'Oudmans.

Les acariens ont été montés entre lame et lamelle en milieu de Hoyer puis séchés à l'étuve à 60°C pendant au moins 15 jours pour une identification ultérieure.

Les acariens appartenant aux familles des Phytoseiidae et des Tetranychidae rencontrés dans cette étude ont été identifiés à l'aide d'un microscope à contraste de phase sur la base des descriptions et redescriptions des espèces. Toutes les identifications ont été confirmées par un spécialiste en taxonomie des acariens ; en 2008 au Bénin par ZANNOU Ignace et en 2010 par DE MORAES au Brésil.

2.2.1. Prospection dans Région de Dakar

Les prospections ont concerné quelques sites situés dans la zone d'activité maraîchère des Niayes de Dakar. Les échantillonnages ont concerné les parcelles des maraîchers et les plantes ciblées sont essentiellement des solanacées ainsi que des adventices appartenant à d'autres familles qui ont poussé sur les bordures des cultures maraîchères. Les points de collectes des échantillons sont distants de 1 à 2 kilomètres (Km).

2.2.2. Prospection dans la Région de Fatick :

Les localités (villages) prospectées dans cette région sont le village de Batamar, le centre de Keur Babou Diouf, les villages de Santhie Bérra et Senghor. Des échantillons ont été collectés sur les solanacées et les adventices en bordures des périmètres maraîchers.

2.2.3. Manipulations au Laboratoire

Les échantillons collectés ont été examinés à la loupe binoculaire au laboratoire d'Entomologie et d'acarologie du département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD). Tous les acariens ont été comptés, des échantillons de Tétranyques et de tous les Phytoseiidae ont été

triés, puis montés entre lame et lamelle pour l'identification des espèces. Le milieu de Hoyer a été utilisé, il 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

Pour le montage, si l'acarien est récolté vivant de la plante ou de la feuille, on procède de la manière suivante : une goutte du milieu de Hoyer est au centre d'une lame propre de 25 x 75 mm, l'acarien retiré à l'aide d'un pinceau fin de la feuille est placé dans le milieu de montage puis on vérifie à la loupe binoculaire que le spécimen a été bien déposé dans la goutte au centre de la lame.

Cependant si l'acarien est conservé dans un flacon contenant de l'éthanol à 70%, on verse le contenu du flacon dans une boîte de Pétri ou une salière propre puis de la même manière une goutte du milieu de Hoyer est déposée au centre d'une lame propre de 25 x 75mm, le spécimen est retiré de la boîte la salière à l'aide d'un pinceau fin et placé dans le milieu de montage sur la lame. (On vérifie toujours à la loupe binoculaire que le spécimen a été bien déposé dans la goutte au centre de la lame).

Mais lorsque l'acarien a été gardé dans un liquide éclaircissant, par un procédé simple on retire, le spécimen traité du fluide éclaircissant à l'aide d'un pinceau ou d'une boucle en fil de fer (munitie), il est placé dans une boîte de Pétri et rincé 3 à 4 fois dans de l'eau distillée en changeant à chaque fois l'eau de rinçage. On continue à rinçage jusqu'à ce que l'interface brumeuse produite par le produit éclaircissant disparaisse. On procède au montage comme c'est présenté plus haut.

Une fois que le spécimen a été bien transféré sur la lame, la procédure à suivre pour achever le montage est la même quelle que soit l'origine du spécimen et le prétraitement subi :

d'abord enfoncer le spécimen délicatement dans la gouttelette du milieu de Hoyer et le placer à la verticale à l'aide d'un pinceau 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 bulle d'air et 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. Sur la lame doit figurer quelques informations qui seront utiles au moment de l'identification. Par exemples

inscrire un numéro d'identification sur le coté droit de la lame à l'aide d'un marqueur à encre insoluble dans l'eau.

Après le montage la lame est placée dans une étuve à 45°C pendant une semaine. Ces lames soumises au séchage à l'étuve seront ensuite gardées pendant 2 heures à la température ambiante dans une pièce, pour les refroidir. On contrôle les lames surtout 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.

A la fin du séchage à l'étuve, un anneau de vernis à ongle est appliqué autour de la marge extérieure de la lamelle pour enfin de bien coller cette dernière à la surface de la lame. Cette opération ne présente aucune difficulté. On obtient un scellé imperméable en appliquant une seconde couche après le séchage de la première.

Sur l'une des étiquettes on porte le nom du Pays, de l'Etat, du Département, du Village, du Site, la date de collecte, l'Habitat (Ex) et le nom du Collectionneur et sur l'autre étiquette de la lame on 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.

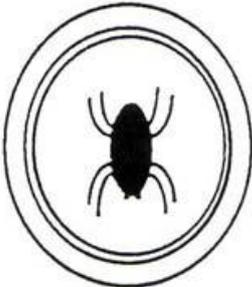
<p>FAM. _____ Genre _____ Esp. _____ Dét. par. _____ Milieu _____ Obt. N° _____</p>		<p>Pays-Etat/Province Loc. _____ Date. _____ Ex. _____ Collect. _____</p>
---	---	---

Figure 1: Exemple d'une lame de montage

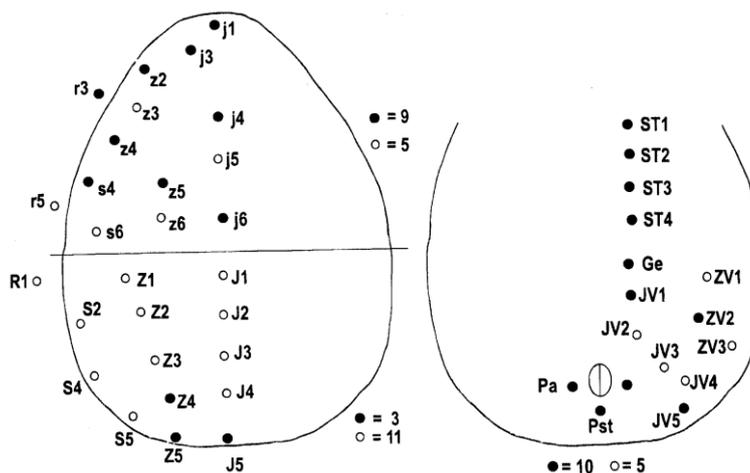
Pour ce travail, un microscope à contraste de phase a été utilisé pour la classification des spécimens.

La classification de CHANT & McMURTRY (1994) a été utilisée pour les Phytoseiidae et celle de CHANT & McMURTRY (2003a ; b et 2004) à été utilisée pour les Amblyseiinae des tribus *Neoseiulini*, et *Amblyseiilini*. D'autres acariens Amblyseiinae ont été nommés suivant la nomenclature des genres selon MORAES *et al.* (2004).

Famille des PHYTOSEIIDAE Berlese

Cette famille renferme la plupart des prédateurs utilisés en agronomie pour un contrôle des acariens phytophages. Les acariens de la famille des Phytoseiidae (Mesostigmata) sont largement étudiés. Elle renferme de potentiels agents de contrôle biologique des acariens phytophages (McMURTRY & CROFT, 1997). Il s'agit de 2300 espèces réparties en 82 genres (CHANT & McMURTRY, 2007). Environ 160 espèces répertoriées au Brésil, dont 100 espèces ont été trouvées à Sao Paulo (FIABOE *et al.*, 2004, MORAES *et al.*, 2003, 2004, 2006 ; FURTADO *et al.*, 2005, 2006 ; MINEIRO *et al.*, 2005 ; ROSA *et al.*, 2005 ; LOFEGO & FERES, 2006 ; DEMITE *et al.*, 2007, 2008a, 2008b, 2008c ; FERLA & SILVA, 2008)

IDIOSOMAL CHAETOTAXY



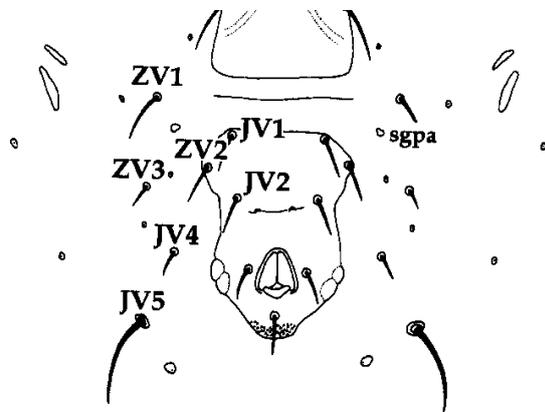
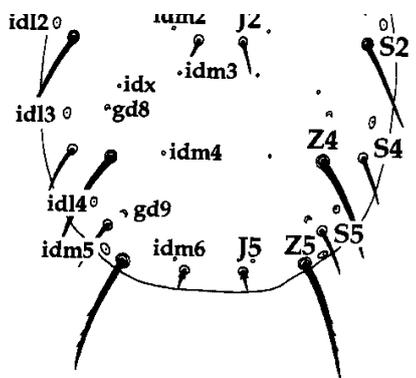
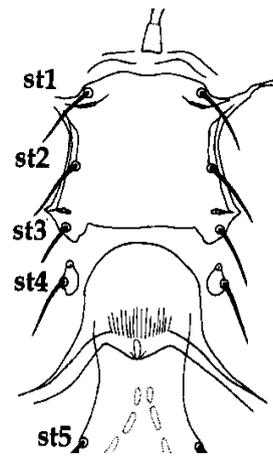
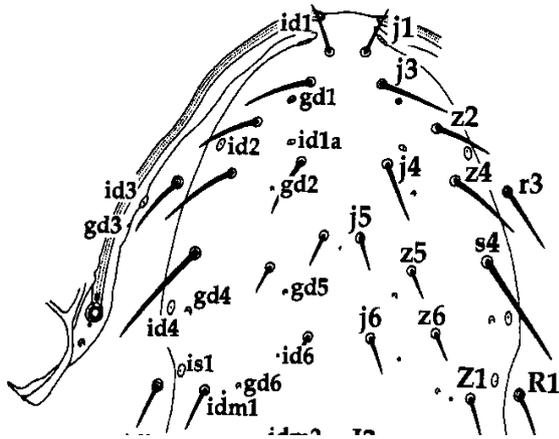
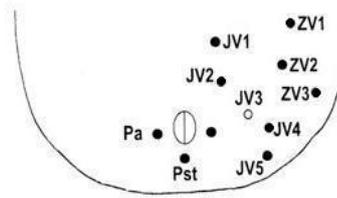
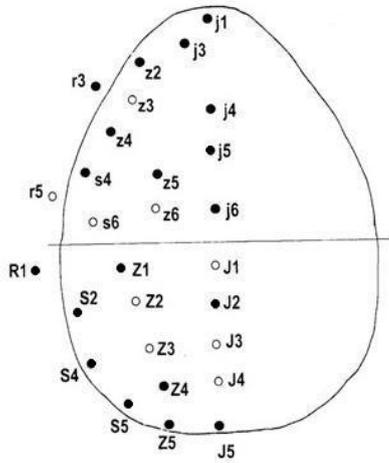
La famille des Phytoseiidae renferme trois sous-familles

- La sous-famille des Amblyseiinae
- La sous-famille des Phytoseiinae
- La sous-famille des Typhlodrominae

Sous-famille AMBLYSEIINAE Muma

Cette sous-famille se distingue des autres par l'absence des soies **z3** et **s6** et la présence de **Z1**, **S2**, **S4** et **S5**.

Most common idiosomal setal pattern
 Amblyseiinae (10A:9B/JV-3:ZV)



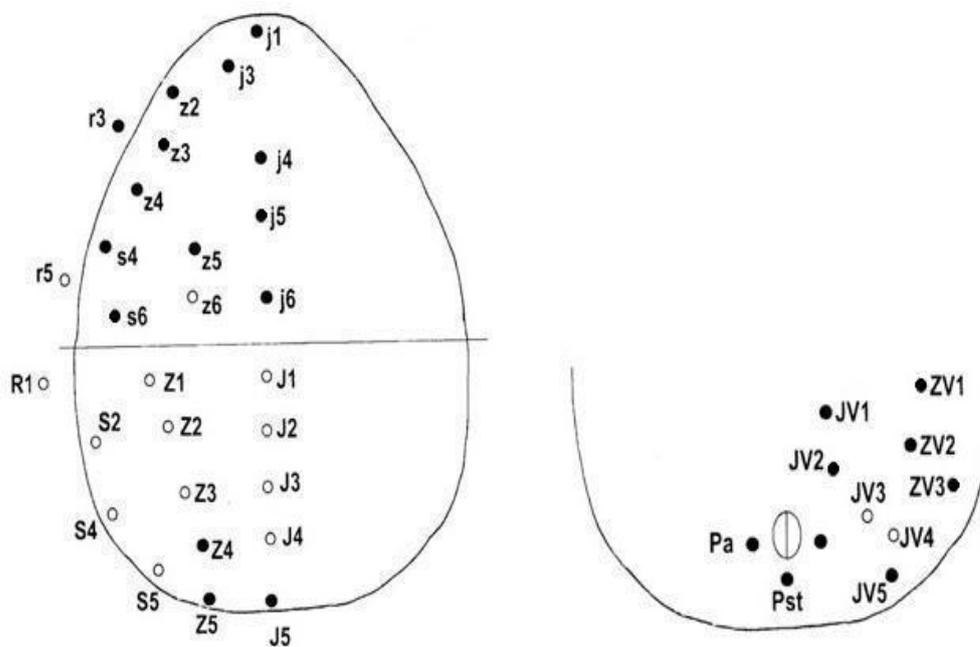
AMBLYSEIINAE

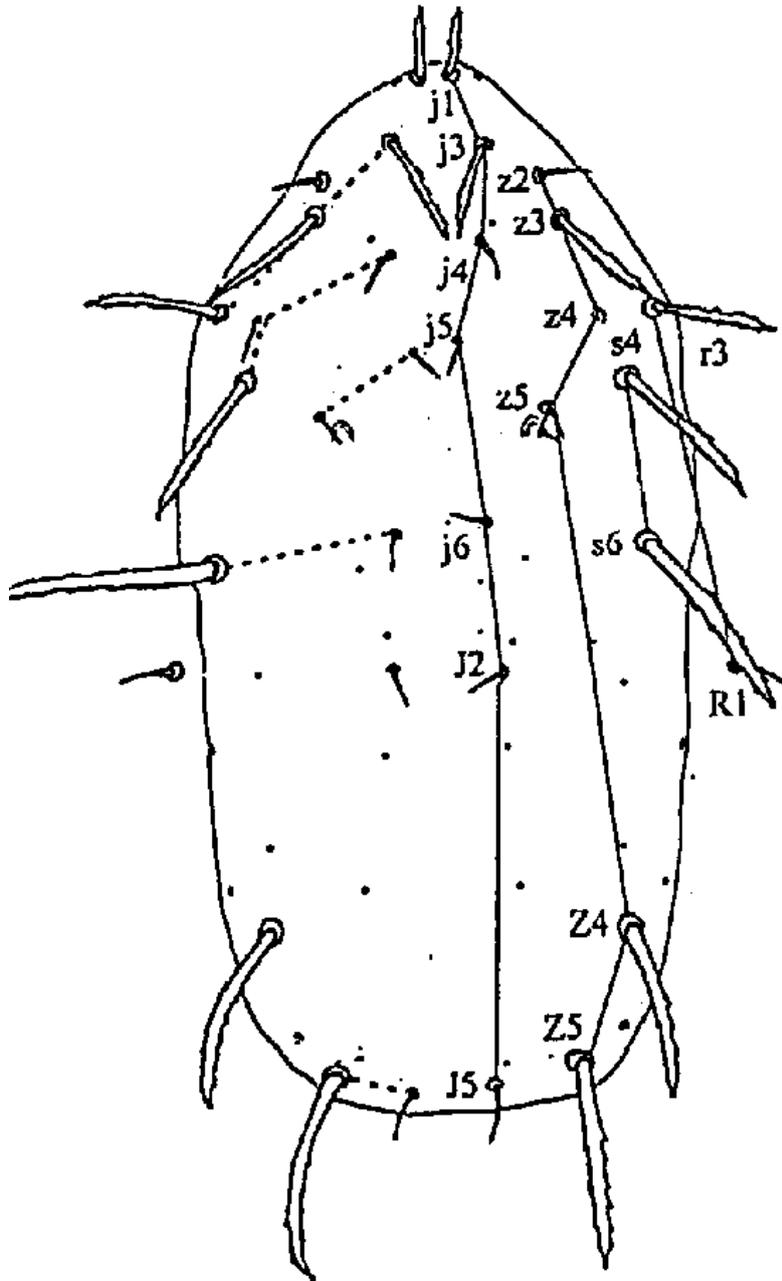
En Afrique Subsaharienne 8 espèces appartenant à ce genre sont connues.

Sous famille Phytoseiinae

Cette sous-famille se distingue des deux autres par la présence d'au moins une des soies **z3** et **s6** et par l'absence des soies **Z1**, **S2**, **S4** et **S5**.

Most common idiosomal setal pattern
Phytoseiinae (12A:3A/JV-3,4:ZV)





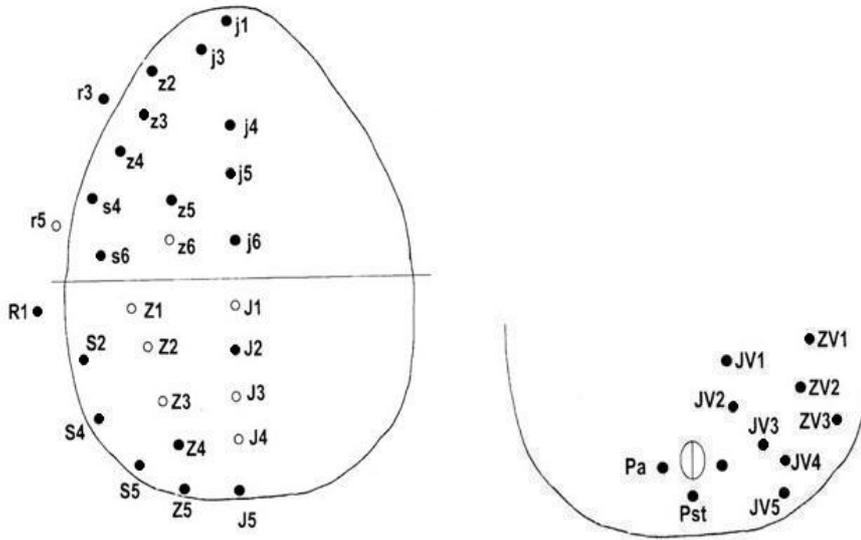
PHYTOSEIINAE

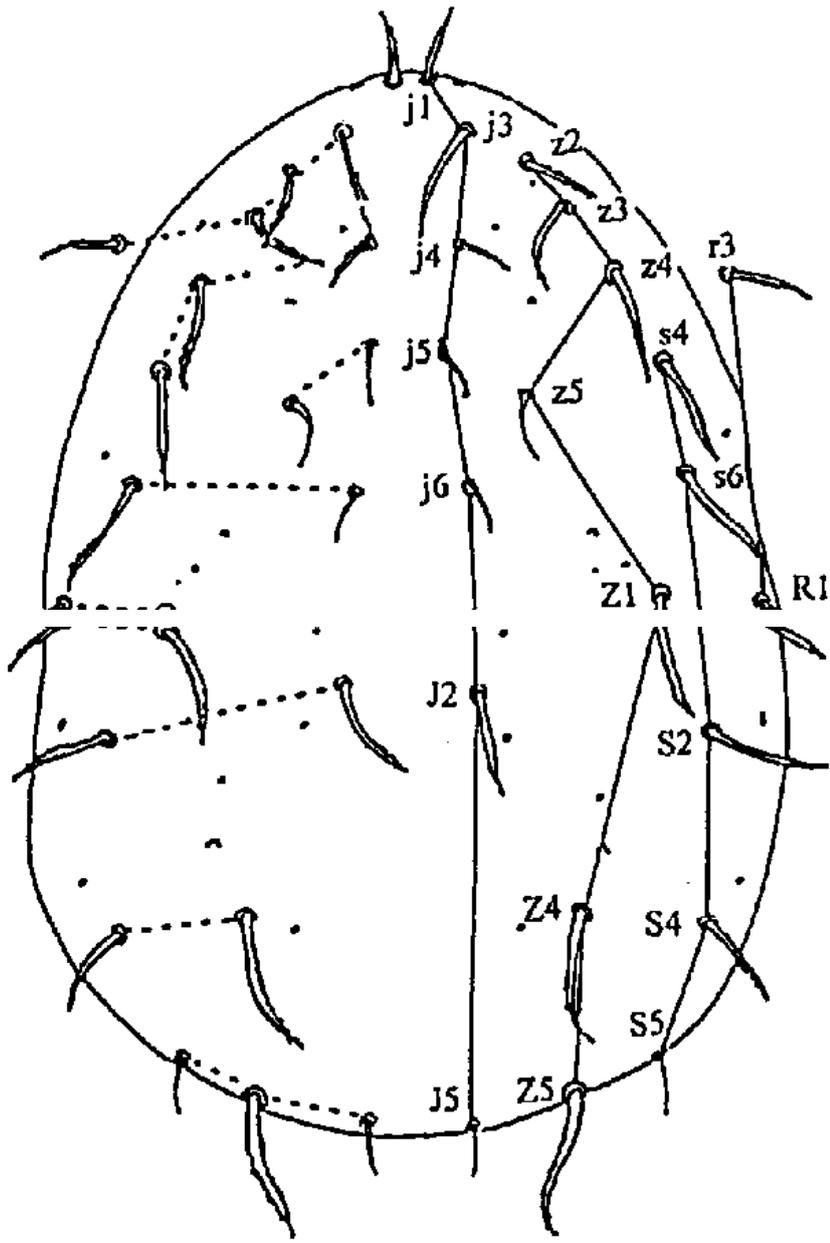
Nous distinguons trois genres dans cette sous-famille

Sous-famille Typhlodrominae

Cette sous-famille se distingue des autres par la présence d'au moins une des soies **z3** et **s6**, La présence ou l'absence de la soie **Z1**, la présence des soies **S2** et **S4** chez la plupart des espèces de la sous-famille. La présence ou absence de la soie **S5**, la présence d'au moins une des soies **Z1**, **S2**, **S4** ou **S5**.

Most common idiosomal setal pattern
 Typhlodrominae (12A:8A/JV:ZV)





Écusson dorsal TYPHLODROMINAE

Cette sous-famille comporte 6 tribus

2. 3. Résultats et discussion

2. 3. 1. Résultats

Les espèces rencontrées sont énumérées dans la liste ci-dessous, comportant essentiellement les informations taxonomiques respectives, ainsi que les informations concernant les plantes et les lieux de collecte (annexe 1)

***Amblyseius herbicolus* (Chant)**

Typhlodromus herbicolus Chant, 1959: 84

Amblyseius herbicolus, Moraes *et al.*, 2004: 27; Chant & McMurtry, 2007: 78;

Zannou *et al.*, 2007: 14

Spécimens collectés: 3 femelles, sur *Urena lobata*, à Université Cheikh Anta Diop, en Juin 2006.

***Amblyseius swirskii* Athias-Henriot**

Amblyseius swirskii Athias-Henriot, 1962: 5; Chant & McMurtry, 2007: 81;

Zannou *et al.*, 2007: 27

Typhlodromips swirskii, Moraes *et al.* 2004: 227

Spécimens collectés: 23 femelles et 6 mâles sur *Passiflora foetida*, en Juin 2009, et 56 femelles et 17 mâles, sur *Solanum aethiopicum*, en Mai 2009, à Malika. Sur ces plantes, le prédateur était souvent associé avec *T. evansi* et *Tetranychus urticae* Koch.

***Euseius nyalensis* (El-Badry, 1968)**

Amblyseius nyalensis El-Badry, 1968: 322

Euseius nyalensis, Moraes *et al.*, 2001 : 40 ; Moraes *et al.*, 2004: 76; Chant & McMurtry, 2007: 121

Spécimens collectés: 2 femelles, sur *Urena lobata*, à University Cheikh Anta Diop, en Août 2006; 2 femelles sur *Anacardium occidentale*, 5 femelles et 1 mâle sur *Ficus sycomoris*, à KBD, en Février 2009.

***Neoseiulus barkeri* Hughes**

Neoseiulus barkeri Hughes, 1948: 141; Moraes *et al.*, 2004: 104; Chant &

McMurtry, 2007: 22; Zannou *et al.*, 2006: 249.

Spécimen collecté: 1 femelle, sur *Solanum aethiopicum*, à Malika, en Mars 2007.

***Neoseiulus californicus* (McGregor)**

Typhlodromus californicus McGregor, 1954: 89

Amblyseius californicus, Schuster & Pritchard, 1963: 271

Neoseiulus californicus, Moraes *et al.*, 2004: 109; Chant & McMurtry, 2007: 25; Guanilo *et al.*, 2008: 27.

Spécimens collectés: Plus de 50 spécimens sur *Solanum aethiopicum* et *S. melongena* infestés par *T. evansi* et *T. urticae*, à Malika, entre Mars et Juin 2010.

***Paraphytoseius horrifera* (Pritchard & Baker)**

Amblyseius (Ptenoseius) horrifera Pritchard & Baker, 1962: 295

Paraphytoseius horrifera, Moraes *et al.*, 2004: 161; Chant & McMurtry, 2007: 49; Moraes *et al.*, 2007: 10

Spécimens collectés: 28 femelles et 9 mâles sur *Centaurea perrottetii*, *Chrosophora senegalensis* et *Urena lobata*, à KBD, en Novembre 2009.

***Phytoseius amba* Pritchard & Baker**

Phytoseius amba Pritchard & Baker, 1962: 224; Moraes *et al.*, 2004: 232; Chant & McMurtry, 2007: 127; Ueckermann *et al.*, 2007: 4.

Spécimens collectés: Plus de 220 spécimens, sur *Centaurea perrottetii*, *Chrosophora senegalensis*, *Urena lobata* et *Waltheria indica*, à KBD, entre 2005 et 2010; dont 25 femelles, sur *U. lobata* et *W. indica*, à Malika, entre 2006 et 2009.

2. 3. 2. Discussion

Un total de 413 acariens de la famille des Phytoseiidae a été collecté sur des solanacées et des adventices. En général, un faible nombre d'ennemis naturels ont été rencontrés sur les solanacées commerciales comme la tomate à cause de l'usage abusif des acaricides. Le Sénégal, pays tropical offre un climat peu favorable au développement des Phytoseiidae avec seulement sept (7) espèces repertoriées dans cette étude. La région du Sine Saloum en particulier ne fait pas exception à la règle. Il ressort de cette étude une faible diversité des prédateurs collectés avec une forte représentativité des espèces du genre *Phytoseius* et *Paraphytoseius*. La similarité morphologique entre ces deux genres, ainsi que leurs possibles convergences morphologiques, ont été discutées par BEARD & WALTER

(1996). L'une des caractéristiques qui départagent ces deux genres est un idiosome allongé, pouvant tourner comme s'il était adapté à vivre sur des feuilles comportant des trichomes.

La présence en grand nombre d'individus de *A. swirskii* et de *N. californicus* sur les solanacées associées à *T. evansi* et *T. urticae* a suggéré qu'elles devraient être les espèces dont l'influence devrait être étudiée au champ et au laboratoire au Sénégal. Les observations préliminaires sont encourageantes car ces deux espèces ont un impact sur les tétranyques en se nourrissant de leurs œufs ou en s'attaquant aux adultes (observation de visu à la loupe binoculaire). Cependant des études effectuées par des auteurs sur l'impact de *N. californicus* sur *T. evansi* n'avaient pas abouti à un résultat prometteur (Furtado *et al.* (2007). Au Sénégal ce Phytoséiide a été rencontré abondamment en 2010 dans les agro écosystèmes de *Solanum aethiopicum* dans les Niayes à Malika, Région de Dakar, Sénégal. Les populations de prédateurs sont plus abondantes dans la zone des Niayes du fait de son microclimat humide et favorable.

Les espèces du genre *Euseius* sont considérées comme des prédateurs généralistes de type IV par McMURTRY & CROFT (1997). Des espèces de ce genre peuvent s'alimenter à partir d'autres sources alimentaires telles le pollen des plantes ou des nectars. Le pollen est le plus apte à permettre de meilleurs taux intrinsèques d'accroissement des populations de ces phytoséiides McMURTRY & CROFT (1997).

Synthèse sur la recherche d'ennemis naturels

- ***T. evansi* et *T. urticae* sont les principaux acariens rouges de la famille des Tetranychidae qui sont présents dans les cultures maraîchères dans les Niayes (Malika) et dans le Sine Saloum (Fatick).**
- **Parmi les plantes échantillonnées, les tétranyques sont plus fréquents sur les solanacées (*Solanum aethiopicum*, *S. melongena* et *Lycopersicum esculentum*) et les adventices (*Anacardium occidentale*, *Centaurea perrotetii*, *Urena lobata*, *Ficus* et *Waltheria indica*) sont plus fréquentés par des prédateurs généralistes.**
- ***T. evansi* est moins représenté à Malika et beaucoup plus fréquent dans le Sine Saloum (Batamar, Keur Babou Diouf, Senghor et Santhie Bérra).**

**CHAPITRE III : SÉLECTION DE PRODUITS
NATURELS ET D'AGENTS DE LUTTE
BIOLOGIQUE CONTRE LES ARAIGNEES
ROUGES DES CULTURES MARAÎCHÈRES**

3.1. Introduction

Les acariens du genre *Tetranychus*, en particuliers les espèces *T. evansi* et *T. urticae*, font partis des principaux ravageurs des cultures maraîchères au Sénégal. La lutte contre ces espèces nuisibles des cultures a été souvent menée en utilisant de produits chimiques. Ces applications ont des conséquences sur l'environnement, un impact négatif sur les ennemis naturels et les producteurs maraîchers. Un des problèmes majeurs de la lutte chimique est la résistance observée souvent chez les espèces les plus redoutables, suite une application massive et répétée d'un même produit acaricide / insecticide (HELLE & SABELIS 1985). Beaucoup d'acariens de la famille des Tetranychidae ont développé une résistance vis-à-vis de plusieurs acaricides (HERNON et *al.* 1993). Si l'utilisation de produits chimiques contre les acariens est une nécessité, la sélection de produits naturels afin de préserver les prédateurs reste un aspect de la lutte intégrée indispensable (TRUMBLE & MORSE 1993).

L'objectif de la présente étude menée au Sénégal est de rechercher une alternative à l'utilisation des produits chimiques dans la lutte contre les acariens rouges des cultures.

3. 2 Contexte et problématique :

Dans la plupart des bas fonds et vallées au sud du bassin arachidier ainsi qu'au niveau des Niayes, le maraîchage, conduit par les petits producteurs dont les femmes, constitue la principale activité génératrice de revenus et contribue significativement à assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages. Toutefois, notamment dans les Niayes, les cultures maraîchères font l'objet d'une importante pression parasitaire dont le contrôle fait souvent recours aux pesticides pour éviter les dégâts et pertes de production. L'utilisation abusive de ces pesticides peut engendrer de faibles niveaux de rentabilité de l'activité maraîchère, conduire à la résistance des insectes vis-à-vis des produits chimiques, mais aussi à la contamination de l'environnement et à la suppression des auxiliaires ainsi qu'à la perte de marché à l'export (SARR ET DIOP, 2011; Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, 2000 ; Meyer, 1996). Les pertes économiques sont importantes et les groupements de femmes en sont les principales victimes (Duverney *et al.* 2005).

Les principaux ravageurs qui sont à l'origine de ces pertes de production incluent les chenilles, les pucerons, les araignées rouges, les thrips, les mouches blanches et dans une moindre mesure les mouches des fruits. Les acariens constituent une grande préoccupation

pour les cultivateurs de solanacées (tomate, aubergine et jaxatu représentant près de 50% des emblavures dans les Niayes) à cause de leur grande sensibilité à ces parasites mais également en raison de l'élimination et/ou l'absence localement de prédateurs pour réguler les populations (SARR ET DIOP, 2011 ; KNAPP *et al.*, 2003 ; DELOBEL & TRAN, 1993).

Face à une telle situation, les producteurs ont souvent recours à plusieurs méthodes de contrôle y compris les approches de lutte traditionnelle et celles à base de produits chimiques dans un contexte où près de 60% des maraîchers ne sont pas instruits, conduisant souvent à un dosage inapproprié de pesticides et à un niveau de risque de toxicité élevée (SARR ET DIOP, 2011 ; GUÈYE *et al.*, 2008). L'Afrique reste le continent le plus exposé avec près 300 pesticides recensés au Sénégal, dont seuls 189 sont autorisées par le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) (NDAO, 2009). Il urge alors de trouver des alternatives efficaces, rentables et respectueuses de l'environnement et de la santé humaine et animale.

Notre étude menée au Sénégal dans deux localités différentes cherche à déterminer une alternative à l'utilisation abusive et non raisonnée des pesticides sur cultures maraichères. Malheureusement, le faible niveau d'alphabétisation des producteurs sénégalais, de surcroît non encadrés, favorise l'usage des pesticides de synthèse. De plus, il y a une totale ignorance des doses d'application recommandées, des modes d'action des formulations utilisées et surtout des précautions à prendre pour leur protection contre les risques d'intoxication (GUÈYE *et al.*, 2008). Selon PAN Africa (2003), près de 750 000 personnes contractent, chaque année, une maladie chronique telle que le cancer suite à une exposition à des pesticides ; au niveau mondial, plus de 20 000 décès accidentels et 3 millions d'empoisonnements liés aux pesticides sont annuellement recensés. L'Afrique, bien que n'utilisant que 4% de la production mondiale de pesticides reste le continent le plus exposé.

Enfin, si souvent l'efficacité des pesticides ne fait pas de doute, les risques sont importants à la fois pour la santé humaine et animale et pour l'environnement. Leur rémanence ainsi que les problèmes de résistance de certains acariens posent un énorme problème au maraîchage. Autant de raisons qui orientent la recherche vers la valorisation de la pharmacopée locale et de toutes les méthodes jugées non polluantes en alternative aux pesticides chimiques. En outre, la complexité des relations parasites-plantes et les multiples cas de résistance et d'accoutumance suite à de mauvaises applications des traitements insecticides justifient également le développement et l'adoption de nouvelles stratégies phytosanitaires en agriculture. Pour ces raisons, nous nous sommes proposé d'expérimenter les essences locales réputées acaricides, longtemps utilisées par les paysans, disponibles, non

toxiques pour l'homme, les animaux et l'environnement, comme alternatives aux pesticides de synthèse. Il s'agit dès lors de ne plus privilégier une application tous azimuts de pesticides pour venir à bout des ravageurs.

3.3. Objectifs visés :

L'objectif général est de contribuer à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, ainsi qu'à la réduction la pauvreté des populations par la réduction des pertes de production maraîchère liées aux dégâts causés par les acariens phytophages sur les cultures horticoles mais également de préserver l'environnement, la santé humaine et animale à travers la réduction des pesticides de synthèse.

Objectifs Spécifiques :

- Evaluer les dégâts causés par les acariens rouges et l'efficacité des acariens prédateurs candidats à l'intégration dans une technologie de production et de protection intégrées des principales cultures maraîchères ;
- tester des pesticides et/ou bio-pesticides pour leur efficacité et leur compatibilité à un système de gestion intégrée des ravageurs des cultures horticoles.

3. 4. Matériel et Méthodes :

L'étude a été menée de Janvier 2009 à Juin 2011 dans des sites de grande production maraîchère des Niayes ainsi que pendant deux ans dans les principales vallées encadrées par la CARITAS-KAOLACK au sud du bassin arachidier.

3. 4. 1. Présentation des zones d'étude :

3. 4. 1. 1. Centre de formation Agricole de Keur Babou Diouf

Le village de Keur Babou Diouf est situé à 60 Km au sud-ouest de Kaolack dans la région de Fatick, département de Foudiougne, arrondissement de Toubacouta dans un milieu soudano-guinéen du bas Saloum appelé Niombato, où se côtoient harmonieusement agriculture et élevage. C'est une zone où la nappe phréatique du continental terminal est proche de la surface et contient une eau douce abondante. Les coordonnées au GPS ne sont pas fournies pour cette étude.

Les puits restent les points d'eau disponibles durant la saison sèche, permettant ainsi le maraîchage hors saison des pluies. Le relief est assez accidenté sur toute la zone du Niombato. Le sol est en général du type Joor à texture légère, sablonneuse et avec une faible teneur en humus. Ce type de sol est utilisé pour les cultures de rentes (mil, maïs, arachide.).

Vers les bas-fonds, on rencontre des sols riches et compacts appelés decks favorables au maraîchage à grande échelle. L'occupation des sols est assez forte, il n'y a presque pas de jachère. La pluviométrie est en baisse ces dernières années mais depuis 1999 la tendance est à la hausse avec un cumul de 481 mm pour les mois de juin, juillet et mi-août, d'où une prévision de bonne récolte agricole (pluviométrie moyenne de 400 à 600 mm).

La végétation est moins dense, mais nous y trouvons beaucoup d'espèces, comme l'anacardier (*Anacardium occidentale*), le kad (*Fedherbia albida*), le manguier (*Mangifera indica*), d'autres arbres et d'arbustes et une couverture herbacée dominée par des graminées.

Au niveau du bas fond, on rencontre une végétation dominée par de grands arbres, c'est le cas des caïlcédrats (*Khaya senegalensis*), des gangs (*Ficus sycomoris*) et des palmiers à huile.

3. 4. 1. 2. Malika zone de production maraîchère :

C'est une commune d'arrondissement du département de Pikine région de Dakar. Les parcelles cultivables occupent une bonne partie de la production maraîchère en zone péri-urbaine. Malika, fait partie des Niayes, son climat est pratiquement frais et humide, les températures dépassent rarement 25⁰ C. Ce microclimat est pratiquement commun à toute la zone des Niayes. Les Niayes constituent donc une bande de terre large de 3 à 30 kilomètres et longue de 180 kilomètres entre Dakar et Saint-Louis sur la Grande Côte, à proximité de la mer. Elles sont caractérisées par l'affleurement de la nappe phréatique et par un système dunaire de l'Ogolien. Le sol est argileux et noirâtre, le maraîchage y est pratiqué toute l'année même sur le sable dunaire. La végétation est caractérisée par des espèces côtières (cocotiers : *Cocos nucifera*, les filaos (*Casuarina equisetifolia*) : sahéliennes, guinéennes et fruitières etc.....

3. 4. 2. Matériel végétal

Les pertes occasionnées par les acariens en général et les acariens rouges des cultures en particulier ont atteint des proportions inquiétantes dans la zone des Niayes et dans le Sine Saloum en particulier. Les principales cultures attaquées par ces acariens incluent les solanacées telles que les solanacées potagères Aubergine, Jaxatu et Tomate.

3. 4. 3. Produits chimiques et extraits de plants

Dans la présente étude menée à Malika de Janvier 2009 à Juin 2011 et à Keur Babou Diouf, l'efficacité des plantes biocides à effet acaricide/insecticide : l'ail (*Allium sativum*), le neem (*Azadirachta indica*) a été testée. Des produits chimiques comme le soufre en poudre micronisé et un acaricide de synthèse, le dicofol ont été utilisés. Le témoin a toujours été traité avec le même volume d'eau mélangé à un mouillant (savon) et pour le témoin blanc (en 2010), eau sans savon.

Tableau n°1 : Produits de traitements

PRODUITS DE TRAITEMENT	FORMULATIONS
TEMOIN	5 litres d'eau plus (+) du mouillant (10g de savon de Marseille)
TEMOIN BLANC	5 litres d'eau sans du mouillant (10g de savon de Marseille)
AIL	Selon (STOLL. 2002) 100g d'ail haché plus (+) 10g de savon mou mélangé dans 0,5 l d'eau. Conservé au frigo dans un récipient opaque (4°C) pendant 24 h.
DICOFOL	Dicofol 480 EC dose commerciale 2 l/ hectare
SOUFRE	Soufre en poudre dose commerciale 2 à 2.5 kg/ hectare.
NEEM	L'huile de Neem dose commerciale 2 à 2.5 l/ hectare

Les formulations proposées ne sont pas coûteuses et sont accessibles aux acteurs mais les traitements doivent cibler la face inférieure des feuilles. Les extraits de plantes proposés dans cette étude, ont fait l'objet de nombreux travaux au laboratoire, mais des tests d'efficacité de tels produits en plein champ sur des cultures maraîchères sont rares voire inexistantes au Sénégal où très peu d'études de cette nature ont été menées.

3. 4. 4. Le dispositif expérimental

Au champ le dispositif expérimental adopté fut celui de blocs randomisés pour les spéculations (Aubergine, Jaxatu et Tomate) annexe 2.

Dans la parcelle sont repiquées, les principales cultures de solanacées citées, avec les variétés suivantes : l'aubergine variété Black beauty, le jaxatu variété Keur bir ndaw et la tomate variété Xina Pour chaque spéculacion le dispositif en blocs randomisés comportait trois répétitions et chaque petite parcelle comprenait 9 plants distants de 25cm l'un de l'autre.

Une parcelle de nos essais mesurait 1,5 m de longueur sur 1,5 m de largeur soit une surface 2,25 m² figure 2.

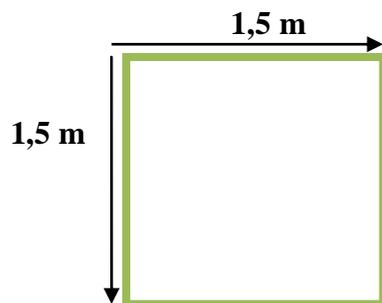


Figure 2 : Dimension d'une parcelle

Le matériel de traitement, est un pulvérisateur à pression suffisante pour atteindre la face inférieure des feuilles figure 3.



Figure 3 : Pulvérisateur de traitement (photo prise par N. KADE)

Lors des séances de traitement, on prenait toujours la précaution d'appliquer d'abord de l'eau au témoin. Pour les autres produits, le pulvérisateur est toujours lavé avec de l'eau et du savon liquide ensuite rincé à l'eau.

Pour les contrôles à loup binoculaire, le nombre de feuilles utilisé est de neuf feuilles par parcelle pour les spéculations à large feuille (Aubergine et Jaxatu) et de 27 folioles pour la tomate. Au total pour chaque échantillonnage un nombre de 135 feuilles sont prélevées pour chacune des espèces Aubergine et Jaxatu contre 405 folioles pour la tomate.

Pour chaque essai un échantillonnage avant traitement est nécessaire pour évaluer la population de tétranyques avant les traitements.

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel Genstat version 7th, utilisant généralement le type d'analyse « General Analysis of Variance ».

. Les tableaux et les représentations graphiques sont réalisés avec Excel 2007

3. 5. Résultats et discussion

Nous avons testé ces produits à une dose fixe pour l'ail pendant les trois ans d'expérimentation (KADE 2007). En 2011 trois doses soufre ont été proposées avec une légère différence selon la localité.

3.5.1. Essais de 2009

Les essais expérimentaux ont été réalisés dans le Centre de Formation Agricole (C.F.A) de Keur Babou Diouf dans la région de Fatick et dans les Niayes à Malika dans la région de Dakar.

Tableau n°2 : Produits de traitements et doses respectives

PRODUITS DE TRAITEMENT	DOSES APPLIQUEES
TEMOIN (1)	5 litres pour la surface (20,25 m ²)
AIL (2)	A l'application, le produit a été dilué avec de l'eau dans un rapport de 1/20
DICOFOL (3)	4,0 ml pour 5l d'eau pour une surface de 20,25 m ²
SOUFRE (4)	4.0 g pour 5 l d'eau pour une surface de 20.25 m ²
NEEM (5)	4,0 ml pour 5l d'eau pour une surface de 20,25 m ²

3.5.1.1. Résultats Keur Babou Diouf 2009

Les traitements ont eu lieu au mois de juin, une période de fortes températures (40°C à l'ombre). Ces températures sont favorables au développement des tétranyques en général. Selon BONATO (1999), les espèces du genre *Tetranychus* ont une fécondité maximale avec près de 123,3 œufs par femelles lorsque les températures sont comprises entre 30 et 36°C.

Le développement complet d'une génération a lieu en 19 jours pour des températures ambiantes 21°C et 23°C (MITCHELL 1973). Cependant, lorsque les températures sont trop élevées (+30°C) le cycle de développement est réduit à 7 jours (THOMAS 2001). Ces fortes températures justifient la pullulation des tétranyques avant les traitements.

De plus, en raison des dégâts opérés par des vaches sur le jaxatu, il a fallu retarder le début de l'essai ce qui a entraîné de fortes moyennes d'acariens / feuilles déjà avant le premier traitement.

Le premier traitement a eu lieu le 05 juin et le deuxième le 12 du même mois ; donc 2 traitements seulement. Les contrôles ont eu lieu : le 05-06 ; le 12-06 ; le 18-06 ; le 26-06 et le 03-07- 2009.

Ce tableau n°3 montre les moyennes des populations avant traitement pour les différentes parcelles dont ces produits respectifs seront appliqués.

Tableau n°3 : Situation des tétranyques avant traitement à KBD 2009

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>dicofol</i>	<i>soufre</i>	<i>neem</i>
Moyennes avant Traitement	1,75	7,80	18,45	3,10	6,45

Après traitement, produits se sont ensuite montrés très insuffisants pour réduire les populations de tétranyques.

L'analyse statistique au niveau 3 montre une très haute significativité entre traitements (<0,001) (tableau n°4)

L'analyse statistique a été considérée seulement pour l'aubergine et la tomate du fait de l'irrégularité des feuilles sur le Jaxatu dont les parcelles ont été envahies par le bétail.

Tableau n°4 : Résultat de l'analyse statistique à KBD pour l'aubergine et la tomate (contrôles 2 à 5)

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>dicofol</i>	<i>soufre</i>	<i>neem</i>
Moyennes après traitements	63^d	57,9^{cd}	23,1^{ab}	22,2^a	40,9^{bc}

Les moyennes accompagnées de lettres diverses sont significativement différentes (p. 5%).

Ce tableau: montre que les moyennes des populations après l'application des traitements respectifs sont plus élevées qu'avant les traitements. C'est une augmentation générale des populations même pour le soufre et le dicofol.

Il n'existe pas de différence significative entre le dicofol et le soufre même si la moyenne de ce dernier est légèrement meilleure. Les extraits biologiques ne se différencient pas significativement entre eux mais le neem s'est montré significativement différent du témoin (cf. également la représentation graphique ci-dessous : fig. 4)

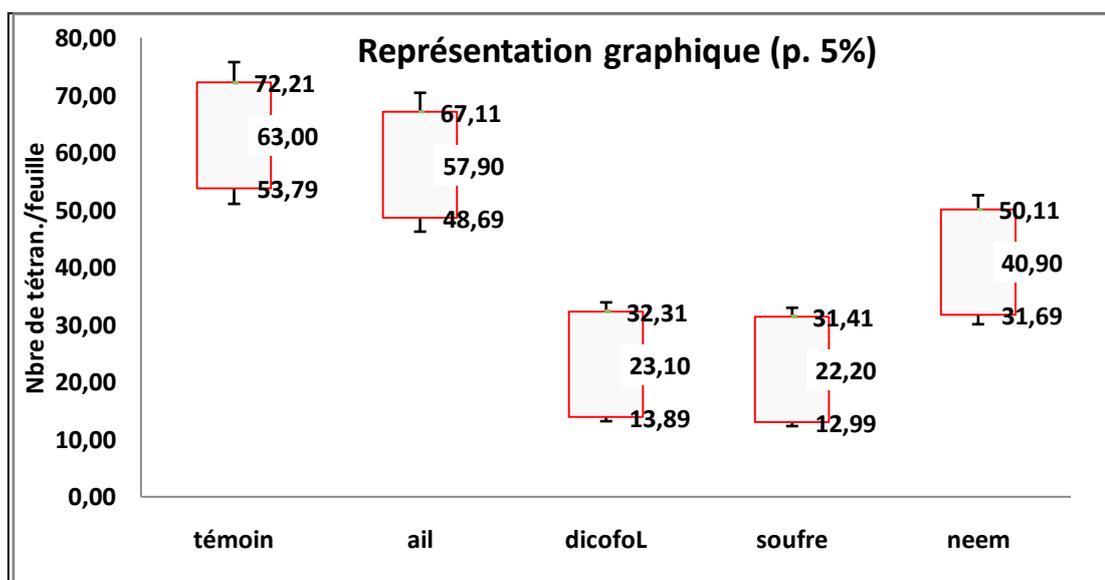


Figure 4: Effet des traitements sur les tétranyques à KBD en 2009

Conclusion :

Les essais de 2009 au CFA de KBD ont permis de conclure que certains des produits ont eu une assez bonne efficacité contre les acariens : il s'agit du soufre, du dicofol et dans une moindre mesure du neem. Si ces produits n'ont pas réussi à baisser les populations, c'est probablement dû au retard dans l'application du premier traitement, au moment où la pression du parasite était trop élevée en raison de très hautes températures. D'autre part les contrôles

rapides à la loupe manuelle au champ avant le début des traitements se sont avérés insuffisants à révéler le niveau d'infestation pour *Tetranychus evansi*.

3.5.1.2. Résultats Niayes 2009

Les Niayes de Dakar sont réputées pour un microclimat doux, hostile à la multiplication des tétranyques. Cependant durant la décennie de 2000 à 2010 la situation des tétranyques devint désastreuse et inquiéta les maraîchers. Les tétranyques ont été cités parmi les principaux ravageurs de cultures maraichères au Sénégal GUTIERREZ & ETIENNE (1986), DIOUF (1994).

L'essai a été conduit de Février à Juin 2009 par le laboratoire d'entomologie et d'acarologie du département de biologie animale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, sur une parcelle située à Malika en plein champ où on pratique du maraîchage à grande échelle. Dans la parcelle sont repiquées, les principales cultures de solanacées citées plus haut : l'aubergine variété Black beauty, le jaxatu variété Keur bir ndaw et la tomate variété xina. Pour chaque spéculation le dispositif en blocs randomisés comportant trois répétitions est adopté avec 9 plants par carré pour les cinq produits.

Un premier échantillonnage pour évaluer la situation des tétranyques avant les traitements a été effectué comme le montre le tableau suivant (tableau n°5). Celui-ci révélait des moyennes de tétranyques par feuille très élevées que les trois traitements ont essayé de diminuer.

Les moyennes du tableau n°5 sont celles obtenues avant application des différents produits aux parcelles respectives.

Tableau n°5 : Situation des tétranyques avant traitement

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>DicofoL</i>	<i>soufre</i>	<i>neem</i>
Moyennes avant traitement	193,60	144,80	80,40	92,50	173,60

Le premier traitement a eu lieu le 04 Avril, le deuxième 14 Avril, et le dernier 24 Avril 2009. Les contrôles ont été effectués, les 04-04 ; 10-04 ; 19-04 ; 26-04 et le 02-05-2009.

L'analyse statistique au niveau 3 montre une très haute significativité entre les produits (< 0.001) (tableau n°6)

Tableau n°6 : Résultat de l'analyse statistique dans les Niayes en 2009 (contrôles 2 à 5)

traitements	témoin	ail	dicofol	soufre	neem
Moyennes après traitements	121,3 ^c	74,2 ^b	21,1 ^a	37 ^a	87,9 ^b

Les moyennes accompagnées de lettres diverses sont significativement différentes (p. 5%)

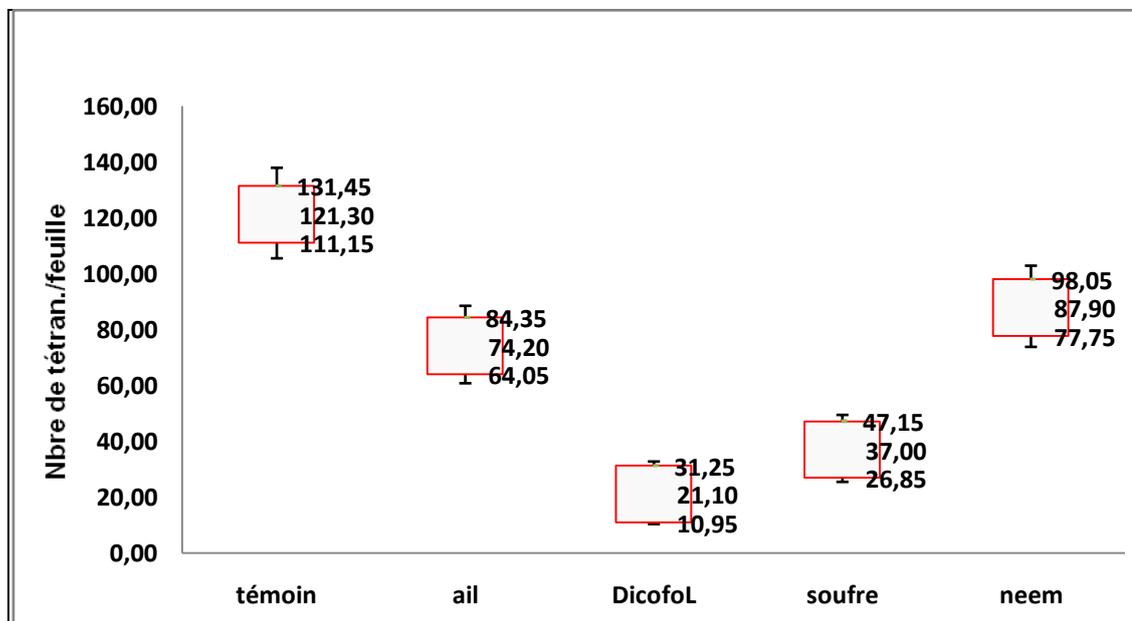


Figure 5 : Effet des traitements sur les tétranyques Malika – Niaye 2009

Une comparaison des moyennes du tableau n°5 avec celles du tableau n°6 permet de constater que les produits de traitement sont efficaces contre les tétranyques mais s'avèrent insuffisants pour les fortes populations. Ces résultats confirment ceux du DEA de KADE en 2007. Il est démontré qu'il est très difficile de contrôler les tétranyques dans les endroits secs où les températures sont très élevées BUGEME et *al.*, (2008).

Pour cette étude les moyennes obtenues entre traitement au dicofol et traitement au soufre ne sont pas significativement différentes (tableau n°6). Même observation entre l'ail et le neem mais tous les produits de traitement sont différents du témoin. Cependant soufre et dicofol se démontrent significativement meilleurs que ail et neem

Conclusions :

Les conclusions tirées pour les essais de KBD sont valides en bonne partie pour les Niayes. Cependant l'ail a ici démontré une différence significative par rapport au témoin. De plus le dicofol et le soufre s'avèrent significativement supérieurs au neem.

3.5.2. Essais dans les Niayes en 2010

Les essais expérimentaux en 2010 ont été réalisés uniquement dans les Niayes à Malika dans la région de Dakar. Le protocole expérimental de 2009 a été conservé en ce qui concerne le dispositif expérimental.

Le dicofol jugé très toxique pour les auxiliaires a été substitué par un témoin blanc (eau seulement, sans le savon). Il était en effet important de voir si le savon pouvait avoir quelque influence sur les acariens.

La dose du soufre trop basse a été renforcée au troisième traitement.

Tableau n°7 : Produits utilisés avec leur dose respective

PRODUITS DE TRAITEMENT	DOSES APPLIQUEES
TEMOIN (1)	5 Litres pour la surface (20,25 m ²)
AIL (2)	A l'application diluer la préparation dans un rapport de 1/20 avec de l'eau
TEMOIN BLANC (3)	5 Litres pour la surface (20,25 m ²)
SOUFRE (4)	4,0 g pour 5 l d'eau pour une surface de 20.25 m ²
NEEM (5)	4,0 ml pour 5l d'eau pour une surface de 20,25 m ²

Deux traitements ont été effectués car les populations de tétranyques au départ n'étaient pas très élevées comme montre le tableau suivant (Tab. 8)

Les traitements ont été effectués (deux seulement) le 30-04 et le 07-05-2010 ; les contrôles les 30-04 ; 07-05 ; 14-05 ; 21-05 et le 28-05-2010.

Ce tableau n°8 montre les moyennes avant application des produits proposés pour ces parcelles respectives.

Tableau n°8 : Situation des tétranyques avant traitement (Niayes 2010)

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>témoin blanc</i>	<i>soufre</i>	<i>neem</i>
Moyennes avant traitement	22,08	17,63	15,85	19,00	16,04

Une raison qui justifie ces deux traitements seuls est l'arrivée précoce des auxiliaires dont les espèces les plus représentatives étaient *Amblyseius swirskii* et *Neoseiulus californicus*. Ce dernier décrit pour la première fois au Sénégal KADE et al. (2011) est un potentiel prédateur des tétranyques, en particulier de *T. urticae* (FURTADO 2006).

3.5.2.1. Résultats Tétranyques Niayes en 2010

L'analyse statistique au niveau 3 montre une très haute significativité entre traitements (<0,001)

Tableau n°9: Résultat de l'analyse statistique dans les Niayes en 2010 (Contrôles 2-4)

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>témoin blanc</i>	<i>soufre</i>	<i>Neem</i>
Moyennes après traitement	22,6^b	4^a	21,2^b	4^a	8^a

Les moyennes accompagnées de lettres diverses sont significativement différentes (p. 5%).

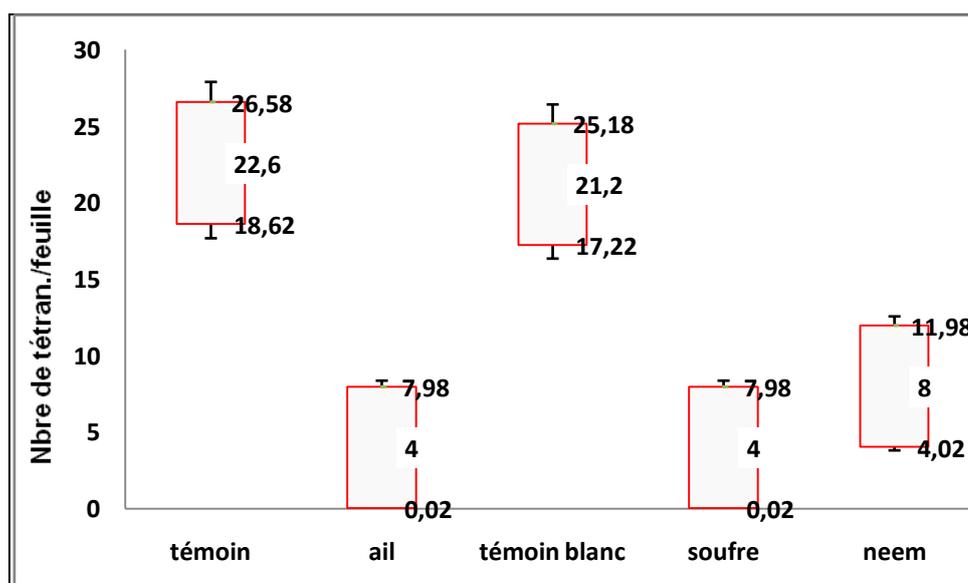


Figure 6: Effets des traitements sur les tétranyques à Malika en 2010

L'analyse statistique (tableau n°9) ne montre aucune différence significative entre l'ail, le neem et le soufre. Ils se détachent tous des témoins. Il n'existe pas de différence significative entre les deux témoins :(eau + savon) et le témoin blanc (eau seulement).

Les produits de traitement se sont montrés efficaces contre les populations de tétranyques même si l'ail et le soufre sont supérieurs (mais non significativement) au neem. On note une irrégularité de l'ail sur le contrôle des tétranyques par rapport aux résultats de 2009.

3. 5. 2. 2. Impact sur les Phytoséiides Niayes 2010

Dans les contrôles opérés sur les échantillons de feuilles, on a relevé également les phytoséiides présents.

Tableau n°10: Moyennes des populations de Phytoséiides (Niayes en 2010)

<i>Traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>Ail</i>	<i>témoin blanc</i>	<i>soufre</i>	<i>Neem</i>
Moyennes	3,26	5,72	5,91	3,15	3,23

L'analyse statistique sur les relevés 3 à 5 n'a montré aucune différence significative entre les produits de traitement ($p= 0.30$) quant à leur effet sur les phytoséiides. Cela confirme les résultats du DEA de KADE 2007 indiquant que ces produits biologiques peuvent contrôler les tétranyques et préserver les auxiliaires. Nous pouvons constater soit sur le tableau ci-dessus (tab.10) ainsi que dans la représentation graphique reportée plus bas (fig.7) que l'ail et le témoin blanc contiennent des populations supérieures de phytoséiides cependant sans être différentes statistiquement de celles des autres produits et de l'autre témoin.

La présence des phytoséiides en 2010 a eu un impact sur les tétranyques KADE et *al.*, (2011).

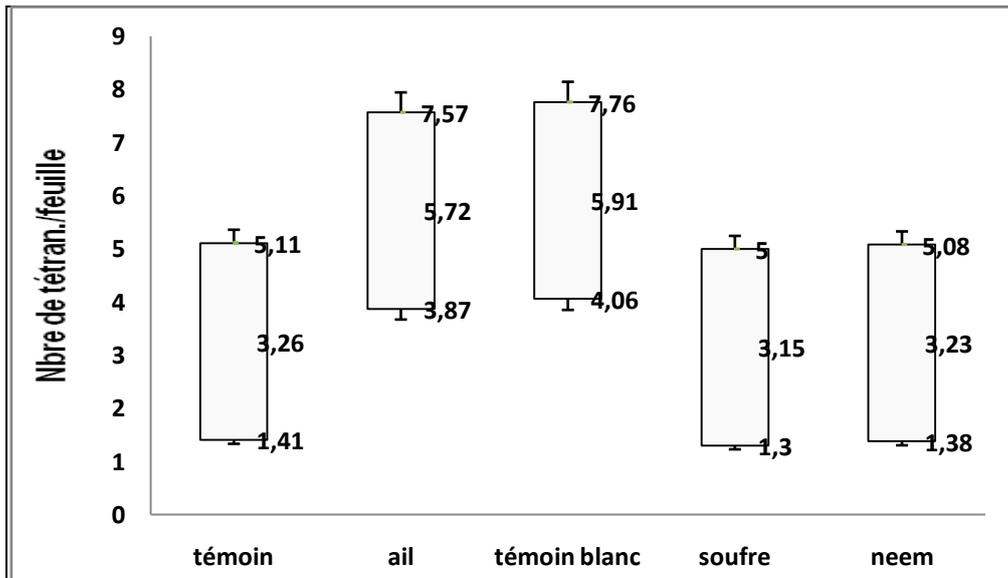


Figure 7 : Impact des traitements sur les phytoséiides

La présence des phytoséiides en 2010 a eu un impact important sur le développement des tétranyques comme le montre la figure 8.

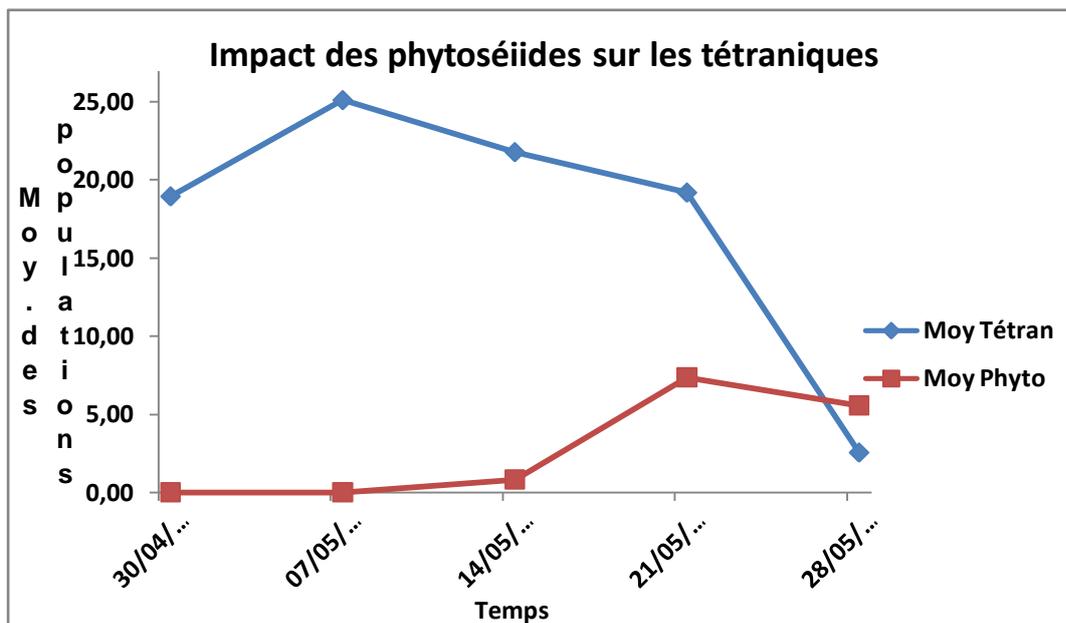


Figure 8 : Impact des Phytoséiides sur les tétranyques (Niayes en2010)

N. californicus massivement présent en 2010 dans les Niayes est un potentiel prédateur des tétranyques en particulier *T. urticae*. Récemment il été trouvé dans plusieurs pays, associé à *T. evansi* ESCUDERO et al., (2005).

Conclusion :

- Les produits de traitement ont montré une certaine efficacité contre les tétranyques
- Les formulations proposées ne sont pas coûteuses et, préservant les auxiliaires, peuvent constituer une bonne alternative aux produits chimiques.
- Le cortège de phytoséides est à préserver et à multiplier également dans le Sine Saloum
- *Neoseiulus californicus* est présent dans les Niayes et c'est un prédateur potentiel au Sénégal.
- Des études sur l'impact *N. californicus* contre les tétranyques (*T. evansi* et *T. urticae*) seraient utiles et nécessaires pour le Sénégal.

3.5.3. Essais en 2011

Les essais expérimentaux ont été réalisés au Centre de Formation Agricole (C.F.A) de Keur Babou Diouf dans la région de Fatick et à Malika (Niayes) dans la région de Dakar.

Le dispositif expérimental est resté la même que les années précédentes mais les produits de traitements ont varié ; le témoin blanc et le neem ont laissé leur place à une deuxième et troisième dose de soufre. Ces mêmes doses de soufre ont été nettement augmentées pour nous rapprocher de celles utilisées généralement dans la zone de Niayes. D'autre part, il était intéressant d'évaluer l'effet de ces fortes doses sur les phytoséides et la santé des feuilles (brûlures possibles)

3.5.3.1. Traitements et résultats à Keur Babou Diouf

Tableau n°11 : liste des produits et doses respectives à KBD en 2011

PRODUITS DE TRAITEMENT	DOSES APPLIQUEES
TEMOIN (1)	5 litres pour la surface (20,25 m ²)
AIL (2)	A l'application diluer dans un rapport de 1/20 avec de l'eau
SOUFRE 1 (2g/l) (3)	2 g/l soit 10g pour 5 Litres pour la surface (20,25 m ²)
SOUFRE 2 (3,5g/l) (4)	3,5g/l soit 17,5g pour 5 l d'eau pour une surface de 20.25 m ²
SOUFRE 3 (5g/l) (5)	5g/l soit 25g pour 5l d'eau pour une surface de 20,25 m ²

Avant les traitements, un contrôle à la loupe manuelle avait révélé l'absence de tétranyques sur les quelques pieds observés. On a ainsi procédé à une infestation artificielle avec des feuilles de plantes portant des tétranyques. En réalité comme le démontre le tableau ci-dessous l'infestation était bien présente mais sous forme de foyers. Notre conclusion est que pour *Tetranychus evansi* on ne peut en aucune façon se contenter d'un contrôle rapide pour évaluer les populations.

Les traitements ont été effectués les 29.04 ; 06.05 et 13.05.

Les contrôles ont eu lieu les 29.04 ; 06.05 ; 13.05 ; 20.05 et 27.05

Tableau n°12: Moyennes des populations de tétranyques par traitements avant traitement sur les trois spéculations à Keur Babou Diouf

traitements	témoin	ail	Soufre 1	soufre 2	Soufre3
Moyennes avant traitement	3,47	6,00	4,20	3,23	4,27

L'analyse statistique de l'effet des traitements au niveau 3 révèle que la différence est significative (F.pr = 0,033).

Le tableau n°12 montre que les moyennes avant l'application des traitements les populations étaient nettement plus faibles qu'après les traitements (tableau n°13). Ceci démontre que les produits de traitement ne sont pas à même de réduire les fortes populations.

Tableau n°13: Moyennes des populations de tétranyques après traitement sur les trois spéculations (Contrôles 2 -5)

traitements	témoin	ail	Soufre 1	soufre 2	Soufre3
Moyennes après traitement	46,0 ^b	33,4 ^{ab}	36,0 ^{ab}	25,6 ^a	27,8 ^a

Les moyennes accompagnées de lettres diverses sont significativement différentes (p. 5%).

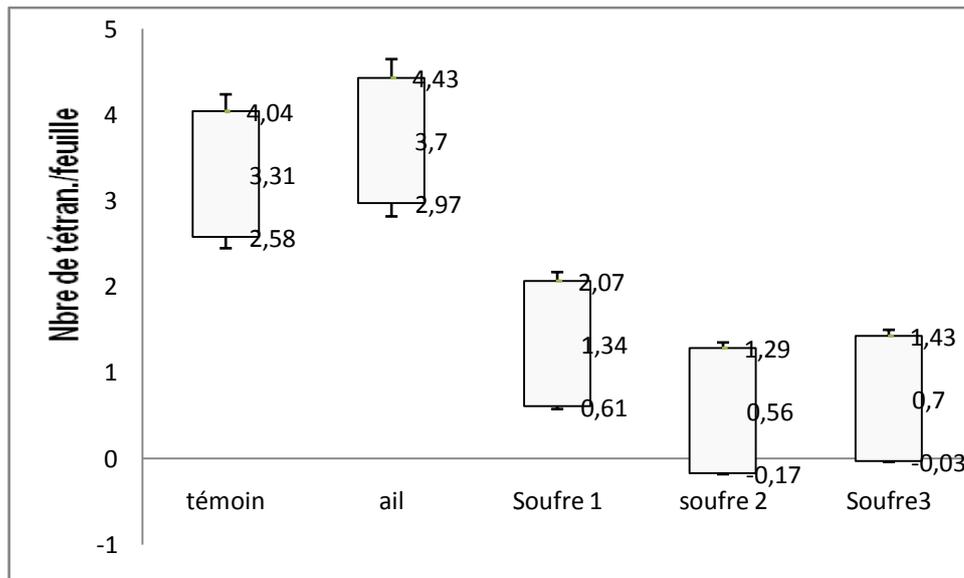


Figure 9: Effets des traitements sur les tétranyques à KBD en 2011

La plus faible dose de soufre (2 g/l) testée est très insuffisante (tableau 13) contre les tétranyques. Cette dose ne présente aucune différence significative avec le témoin et est très proche de l'ail qui cependant est un peu meilleur.

La dose moyenne du soufre (3,5 g/l) est légèrement meilleure que la forte dose.

Les phytoséiides ne sont pas apparus sur les cultures d'essais ; pourtant sur les arbres comme l'anacardier subsistent des phytoséiides c'est le cas d'espèce *Euseius nyalensis* (KADE et al 2011) et sur adventices existent en abondance *Phytoseius amba* sur *Urena lobata*, *Chrosophora senegalensis*, *centaurea perrotettii* et *Waltheria indica* (KADE et al 2011). En raison de la distance, ces derniers phytoséiides ne se sont pas déplacés sur les cultures et n'interviennent pas sur le contrôle des tétranyques. Selon FURTADO (2007), ce sont des prédateurs qui se nourrissent de pollen des végétaux.

Conclusion :

- Les fortes populations de tétranyques compromettent l'efficacité des produits de traitement.
- Il est conseillé de faire un suivi régulier et précis des cultures quelques jours avant le début des essais.
- La dose inférieure de soufre (2 g/l) est très peu efficace sur ces fortes populations
- Aucune brûlure n'a été constatée sur feuille même avec les doses plus élevées de soufre.

➤ 3.5.3.2. Traitements et résultats Niayes

Cette étude a la particularité d'être menée dans des périmètres maraîchers où est fréquente la présence de prédateurs qui cohabitent avec les tétranyques sur cultures maraîchères. Les espèces *Amblyseius swirskii* et *Neoseiulus californicus* sont fréquentes sur les adventices (*Passiflora foetida*) et se déplacent sur les solanacées lorsqu'elles sont présentes et attaquées par les acariens en particuliers les tétranyques. Parmi ceux-ci, l'espèce *Tetranychus urticae* (Koch) était plus représentée. Le microclimat de la région est peu favorable au développement de *T. evansi*.

L'objectif de cet essai était d'évaluer l'effet des produits sur les populations de tétranyques certes mais aussi leur effet sur les auxiliaires

Tableau n°14 : Doses des produits appliqués dans les Niayes en 2011

PRODUITS DE TRAITEMENT	DOSES APPLIQUEES
AIL (2)	A l'application diluer dans un rapport de 1/20 avec de l'eau
SOUFRE 1 (2,5g/l) (3)	2,5g/l soit 12,5g pour 5 litres pour la surface (20,25 m ²)
SOUFRE 2 (3g/l) (4)	3g/l soit 15g pour 5 l d'eau pour une surface de 20.25 m ²
SOUFRE 3 (5g/l) (5)	5g/l soit 25g pour 5l d'eau pour une surface de 20,25 m ²

Nous avons effectué trois traitements les 25-05 ; 01-06 et le 08-06- 2011. Les contrôles au binoculaire ont eu lieu les 25-05 ; 01-06 ; 08-06 ; 15-06 et le 20-06-2011.

.5.3.2.1. Effets des traitements sur les tétranyques :

La tomate a été exclue des analyses parce que les tétranyques brillaient par leur absence.

Les moyennes avant traitement (tableau 15) sont relativement faibles comparées à celles des années précédentes.

Tableau n°15 : Moyennes des tétranyques avant traitement sur Aubergine et Jaxatu

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>Soufre 1</i>	<i>soufre 2</i>	<i>Soufre3</i>
Moyennes avant traitement	5,93	11,84	6,02	3,98	4,72

L'analyse statistique au niveau 3 montre une très haute significativité entre les produits (< 0,001)

Le tableau 16 montre les moyennes des populations des tétranyques après l'application des traitements.

Tableau n° 16 : Moyennes des tétranyques après traitement sur Aubergine et Jaxatu (relevés 2 à 5)

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>Soufre 1</i>	<i>soufre 2</i>	<i>Soufre3</i>
Moyennes après traitement	3,31^b	3,7^b	1,34^a	0,56^a	0,7^a

Les moyennes accompagnées de lettres diverses sont significativement différentes (p. 5%).

Il ressort de cette analyse que les doses de soufre (2,5 g/l ; 3,0 g/l et 5 g/l) sont significativement différentes de celles de l'ail et du témoin.

Les populations sont plus élevées pour l'ail dont l'efficacité s'est révélée inférieure à l'année précédente. Serait-ce explicable par la plus forte population du départ ?

La figure suivante (fig.10) illustre l'efficacité des différentes doses de soufre sur les tétranyques dans les Niayes de Dakar. La faible dose (soufre 1) se trouve moins efficace au départ mais rejoint ensuite l'efficacité des autres doses Ce qui infirme le résultat de Keur Babou Diouf.; en effet la moyenne obtenue avec cette dose (2 g/l) était de 36,00 acariens, plus proche du témoin que des autres traitements. La deuxième dose (3,0 g/l) est légèrement meilleure que la forte dose mais toutes deux ont assuré un contrôle efficace des tétranyques dans cette zone.

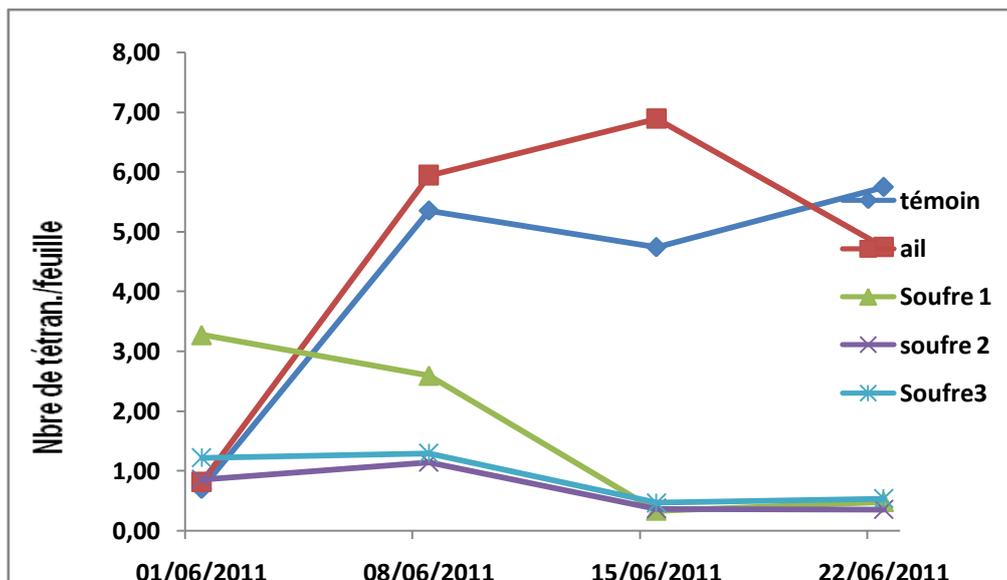


Figure 10: Effet des produits sur les tétranyques (Malika 2011)

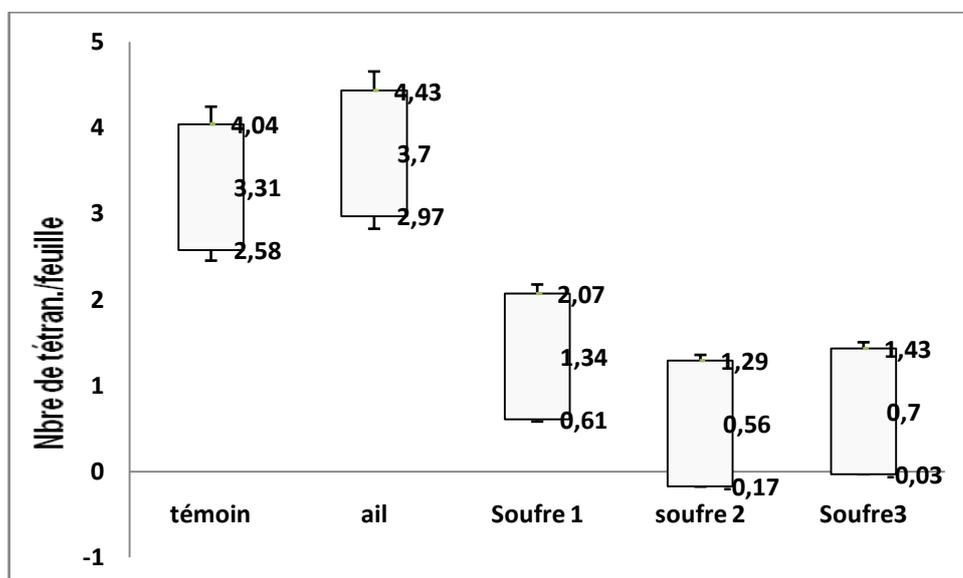


Figure 11 : Résultats de 2011 dans les Niayes à Malika

Conclusions

Les produits de traitement à base de soufre sont efficaces pour une gestion intégrée des acariens phytophages dans les Niayes.

La dose optimale semble être de 3,0 g/l

L'ail ne manifeste ici aucune efficacité et reste au niveau du témoin.

3.5.3.2.2. Effet des traitements sur les Phytoséiides :

Les phytoséiides comme agents de lutte se sont signalés très tôt en 2011. Ils ont pu s'installer malgré l'application des trois séries de traitements.

Un contrôle rapide de quelques échantillons a permis de confirmer une abondance de *N. californicus*. La population d'*A. swirskii* a beaucoup baissé depuis l'arrivée de *N. californicus* en 2010 (KADE et al., 2011)

Tableau N° 17 : Moyennes des phytoséiides après traitement sur Aubergine et Jaxatu (relevés 2 à 5)

<i>traitements</i>	<i>témoin</i>	<i>ail</i>	<i>Soufre 1</i>	<i>soufre 2</i>	<i>Soufre3</i>
Moyennes	4,13^b	4,6^b	1,67^{ab}	0,68^a	0,88^a

Les moyennes accompagnées de lettres diverses sont significativement différentes (p. 5%). L'analyse statistique au niveau 3 montre une haute significativité entre les différents produits (< 0,001).

Parmi les différents produits appliqués l'ail conserve un nombre plus important de phytoséiides, nombre supérieur même au témoin comme le montrent le tableau 17 et la figure 10. Celle-ci montre la dynamique de la population de tétranyques lorsque celle des phytoséiides augmente en fonction du temps.

Cette étude confirme les résultats de KADE et al. (2011) et les études de laboratoire de FURTADO 2006), à savoir que *N. californicus* est un prédateur qui préfère *T. urticae* comme nourriture.

Les phytoséiides étaient plus fréquents sur les plantes de Jaxatu et d'Aubergine les plus attaquées.

Par des études ultérieures il sera important de multiplier la souche de *N. californicus* pour des tests de laboratoire afin de confirmer ou infirmer l'acceptation de *T. urticae* comme proie pour ce prédateur. Le tableau et les figures suivants nous montrent la dynamique des tétranyques et des phytoséiides en fonction du temps.

Tableau n°18 : Dynamique des tétranyques et des phytoséiides en fonction du temps

Dates	Moyennes Tétranyques	Moyennes Phytoséiides
25/05/2011	5,93	0,515
01/06/2011	11,63	0,705
08/06/2011	9,17	5,35
15/06/2011	4,24	4,74
22/06/2011	1,36	5,75
04/07/2011	0	0

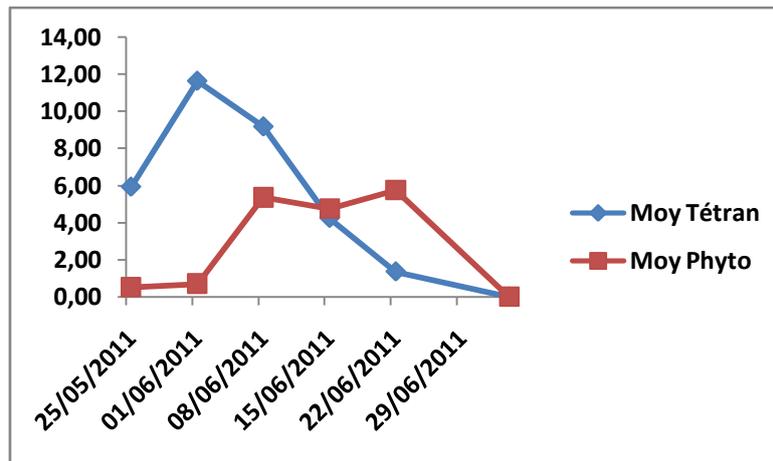


Figure 12: Dynamique des tétranyques et phytoséiides

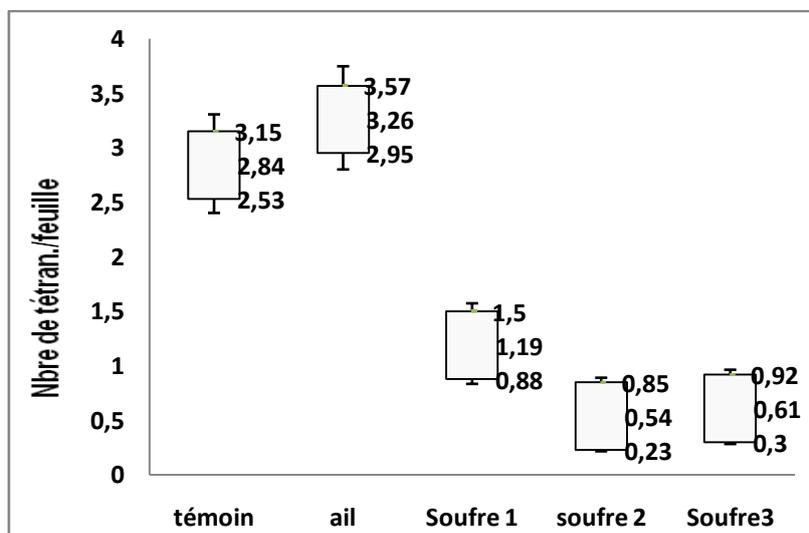


Figure 13: Impact des phytoséiides sur les tétranyques (Malika 2011)

Conclusion

- Dans les Niayes de Dakar sont présentes deux espèces de tétranyques : *T. evansi* et *T. urticae*.
- *T. urticae* est beaucoup plus fréquent.
- Deux prédateurs sont très fréquents sur les cultures des solanacées et les adventices des périmètres maraîchers
- *N. californicus* est le phytoséiide qui est beaucoup plus fréquent sur les cultures associées aux tétranyques.
- Des études dans le futur devront être orientées sur l'élevage de cette espèce pour son introduction dans le Sine Saloum.
- Il sera important aussi d'évaluer son impact sur les tétranyques au champ et son impact sur l'espèce *A. swirskii* avec qui il cohabite dans les Niayes de Dakar.

CONCLUSION GENERALE

Les interactions qui se produisent entre la plante, le parasite et son ennemi naturel déterminent la structure de la chaîne alimentaire qui se forme dans un écosystème (PRICE *et al.*, 1980). Cet aspect écologique et en particulier l'étude du comportement et des interactions de ces organismes avec les autres individus existant dans le système méritent d'être considérés dans les programmes de lutte biologique.

Selon JANSSEN *et al.*, (1998), l'observation des interactions entre la plante, le phytophage et le prédateur doit occuper une première place dans les projets de lutte biologique afin d'élucider la dynamique des systèmes écologiques naturels ou artificiels.

Le présent travail, objet de la thèse, concerne la lutte contre les tétranyques (acariens phytophages) en particuliers les araignées rouges, sur les solanacées maraîchères (Aubergine, Jaxatu et Tomate) au Sénégal. Dans sa première partie, une recherche sur les acariens phytophages et les prédateurs a été faite (KADE *et al.*, 2011) ANNEXE 3.

Les acariens du genre *Tetranychus* (*T. evansi* et *T. urticae*) sont actuellement les ravageurs-clés des solanacées des périmètres maraîchers au Sénégal. Jusqu'à aujourd'hui, il n'existe pas au Sénégal d'études publiées sur leur impact économique et sur l'efficacité des acaricides biologiques pour les contrôler. Il y a eu seulement des tentatives de lutte qui consistaient en l'usage fréquent et non raisonné d'acaricides ; ceci pouvait impliquer la présence de résidus chimiques sur et dans les produits commercialisés, des déséquilibres biologiques, des contaminations de l'environnement, l'intoxication des personnes avec en premier lieu des maraîchers et des animaux, ainsi que l'apparition de populations de ravageurs résistantes aux acaricides,

. Une faible quantité de prédateurs a été notée au Sénégal (KADE *et al.*, 2011) en association avec des tétranyques notamment les deux espèces répertoriées, *A. swirskii* et *N. californicus* qui peuvent être testés pour la lutte biologique contre les tétranyques.

Les espèces du genre *Euseius* ont été considérées par McMURTRY & CROFT (1997) comme des prédateurs généralistes polliniphages (Types IV). Tandis que celles du genre *Neoseiulus* ont été considérées comme des espèces de type II par ces mêmes auteurs, c'est-à-dire sélectifs d'acariens tétranyques, fréquemment associés à des espèces de ravageurs de cultures qui produisent des toiles importantes, en particuliers les *Tetranychus*. Selon McMURTRY & CROFT (1997), les acariens du genre *Phytoseiulus* restent les vrais prédateurs spécialistes des acariens du genre *Tetranychus*. L'espèce *P. longipes* rencontrée au Brésil (pays d'origine de *T. evansi*) et associée avec cette dernière (FURTADO 2006) reste jusqu'ici l'espèce la plus prometteuse comme prédatrice de *T. evansi*. L'espèce *N. californicus* trouvée au Sénégal au cours de cette étude est prometteuse pour un contrôle des

tétranyques au Sénégal. Toutefois une étude de sa biologie et de son comportement dans les écosystèmes mérite des recherches approfondies car dans la littérature, ce prédateur bien que considéré comme Type II par McMURTRY & CROFT (1997) a été observé attaquant des thrips (SABELIS & Van RIJN, 1997) et d'autres phytoséiides (WALSER & SCHAUSBERGER, 1999). Et selon KROPCZYNSKA (2002), ce prédateur a été capable d'éliminer en laboratoire des populations entières d'*Euseius finlandicus* (Oudmans) et de *Neoseiulella tiliarum* (Oudmans), après une période de 6 semaines et ce, même lorsque sa proie est abondante. Face à ce constat, il est nécessaire de mener une étude supplémentaire sur les possibles effets négatifs de sa présence au Sénégal dans les Niayes de Dakar en particulier sur la population autochtone d'*A. swirskii*. et de manière générale sur les espèces exotiques avant son introduction dans le Sine Saloum.

Dans sa deuxième partie, cette thèse préconise une lutte biologique comme alternative à l'application non raisonnée de la lutte chimique contre les tétranyques au Sénégal. Les produits de traitement biologiques testés au cours de cette étude peuvent être une alternative à la lutte chimique pratiquée jusque là sans grand succès ; en effet, ils ont tous montré une certaine efficacité dans le contrôle des populations de tétranyques, par rapport au témoin non traité, bien que l'ail et le neem semblent moins efficaces.

Les différentes doses de soufre testées sont significativement différentes du témoin et de l'ail mais ont un effet négatif sur les phytoséiides pour les fortes doses. Les doses de 5 g/l sont à déconseiller surtout dans Sine Saloum où les températures sont très élevées durant la saison sèche. Les doses de 3 g à 3,5 g/l, testées dans cette étude sont prometteuses pour la lutte intégrée des tétranyques au Sénégal. Elles sont efficaces contre les tétranyques et moins toxiques contre les phytoséiides. Quant aux faibles doses de 2 à 2,5 g/l, elles sont insuffisantes pour un contrôle des tétranyques, particulièrement pour les fortes populations.

Les formules conseillées ne sont pas coûteuses et sont disponibles localement pour les horticulteurs qui peuvent les préparer eux-mêmes, après sensibilisation et formation au niveau de leurs groupements respectifs. Les traitements devront être faits très tôt, et plusieurs fois, en pulvérisant bien le dessous des feuilles.

Recommandations et Perspectives

Les trois solanacées objet de cette étude ne doivent pas être cultivées les unes à côté des autres, car les ravageurs Tetranychidae, passent de l'une à l'autre et prolifèrent très vite surtout à ces températures élevées pouvant dépasser 40 ° C (BONATO 1999) ; il faut intercaler entre les parcelles, des cultures autres que des Solanacées, et favoriser la présence des quatre espèces de plantes adventices : *Centaurea perrottetii* ; *Chrozophora senegalensis* ; *Urena lobata* et *Waltheria indica*, répertoriées dans l'étude comme réservoirs de Phytoseiidae, agents auxiliaires dans la lutte biologique contre les Tetranychidae.

Sur le plan de la recherche, les pistes suivantes mériteraient d'être explorées :

- voir en dehors des Solanacées, les autres plantes cibles que *T. evansi* et *T. urticae* attaquent au Sénégal ;
- évaluer l'impact réel des acariens rouges des cultures et de leurs répercussions économiques pour plusieurs localités du Sénégal ;
- étudier la distribution géographique des espèces de Tetranychidae déjà signalées dans le pays et la dynamique des populations ;
- élever *N. californicus* au laboratoire pour l'introduire dans le Sine Saloum. Il sera important de mener des essais pour étudier son efficacité sur la souche du Sénégal de *T. evansi*.
- tester les produits naturels utilisés ici à des doses différentes, faire un suivi plus long au niveau des périmètres maraîchers et augmenter la fréquence des traitements afin d'évaluer leur impact sur les phytoséiides.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADKISSON P. L., DYCK V. A. 1990.** Resistant varieties in pest management systems, 233-251. In: MAXWELL F. G., JENNINGS P. R. Breeding plants resistant to insects. John Wiley & Sons, New York, 683p.
- AGRA M. F. 1999.** New Species of *Solanum* subgenus *Leptostemonum* (Solanaceae) from Chapada da diamantine, Bahia, brasil; Novon, 9: 292-295.
- ATHIAS-HENRIOT C. 1962** — *Amblyseius swirskii*, un nouveau phytoséiide voisin d'*A. andersoni* (Acariens anactinotriches) — Ann. Ec. Nat. Agric. Alger, Algeria, 3: 1-7.
- BADII M. H., McMURTRY J. A. 1983.** Effect of different foods on development, reproduction and survival of *Phytoseiulus longipes* (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga, 28; 167-178.
- BADII M. H., McMURTRY J. A. 1984.** Life history of and life table parameters for *Phytoseiulus longipes* with comparative studies on *P. persimilis* and *Typhlodromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). Acarologia, 25: 111-123.
- BADII M. H., McMURTRY J. A. 1988a.** Reponse of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* Evans to spatial variation bin the density of female prey *Tetranychus pacificus* McGregor (Acarr: Phytoseiidae, Tetranychidae). International Journal of Acarology;14: 57-60.
- BADII M. H., McMURTRY J. A. 1988b.** Effect of prey density on functional and reproductive reponses of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology;14: 61-68.
- BADII M. H., McMURTRY J. A., FLORES A. E. 1999.** Rates of development, survival and predation of immature stages of *Phytoseiulus longipes* (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology, 23: 611-621.
- BAKER, A.S. (1990)** A new species of the mite genus *Mesoseiulus* (Parasitiformes: Phytoseiidae) associated with thrips (Insecta: Thysanoptera). *Journal of Zoology*, London, 222, 617-622.
- BAKER E. W., PRITCHHARD A. E. 1960.** The Tetranychoid mites of Africa. Hilgardia, 29: 455- 574.
- BARBOSA P., GROSS P., KEMPER J. 1991.** Influence of plant allelochemicals on the tobacco hornworm and its parasitoid. *Cotesia congregata*. Ecology, 72: 1567-1575.
- BEARD J. J., WALTER D. E. 1996.** Australian mites of the genera *Paraphytoseius* and *Paraamblyseius* (Acarina: Phytoseiidae). Australian Journal of Entomology, 34: 235-241.
- BLAIR B.W. 1983.** *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae); A vew pest of tobacco in Zimbabwe. Coresta Phytopathology and Agronomy Study Groups Bergerac, 1-6.

- BLAIR, B.W. 1989.** Laboratory screening of acaricides against *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. *Crop Protection* 8: 212-216.
- BOLLAND HR, GUTIERREZ J, FLECHTMANN CHW (1998)** World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Brill, Leiden, Ko"ln.
- BONATO O (1999).** The effect of temperature on life history parameters of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Exp Appl Acarol* 23:11–19
- BOTTRELL D. G., BARBOSA P., GOULD F. 1998.** Manipulating naturel enemies by plant variety selection and modification a realistic strategy? *Annual Review of Entolomology*, 43: 347-367.
- BOURDOUXHE L., & COLLINGWOOD E F., (1982)** Efficacité de trois pyréthrinoides phostostables à l'égard des principaux ordres d'insectes et des acariens nuisibles aux cultures mara"chères au Sénégal
- BOURDOUXHE L., (1983)** Dynamique des populations des principaux ravageurs nuisibles aux cultures mara"chères au Sénégal ; CDH/ISRA, BP 154, Dakar Sénégal.
- BOURDOUXHE L., (1986)** Problème entomologiques des cultures mara"chères au Sénégal : situation actuelle et Recommandation. Rapport final CDH projet GCP/SEN/0133/Bel.
- BUGEME, D. M., MANIANIA. N. K., KNAPP M., HAMADI I. B., 2008.** Effect of temperature on virulence of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to *Tetranychus evansi* . *Exp Appl Acarol*.
- CAMPBELL B. C., DUFFEY S. S., 1981.** Alleviation of a-tomatine-induced toxicity to the parasitoid *Hyposoter exigua*, by phytosterols in the diet of the host, *Heliotis zea*. *Journal of Chemical Ecology*, 7: 927-946.
- CHANT, D.D. & McMURTRY, J.A. 2007.** *Illustrated Keys and Diagnosis for the Genera and Subgenera of the Phytoseiidae of the World (Acari: Mesostigmata)*. Indira Publishing House, West Bloomfield.
- CHANT, D.A. & McMURTRY, J.A. (2004)** A Review of Subfamily Amblyseiinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part III. The tribe Amblyseiini Wainstein, subtribe Amblyseiina n. subtribe. *International Journal of Acarology*, USA, 30(3), 171–228.
- CHANT, D.A. & McMURTRY, J.A. (2003a)** A review of the subfamily Amblyseiinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part I. Neoseiulini new tribe. *International Journal of Acarology*, USA, 29(1), 3–46.
- CHANT, D.A. & McMURTRY, J.A. (2003b)** A review of the subfamily Amblyseiinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part II. The tribe Kampimodromini Kolodochka. *International Journal of Acarology*, USA, 29(3), 179–224.

- CHANT.D.A AND McMURTRY.J.A., (1994)** A review of the Subfamilies Phytoseiidae and Typhlodromineae (acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 20: 223-310.
- CHANT D. A., YOSHIDA-SHAUL E. 1989.** Adult dorsal setal patterns in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina). *International Journal of Acarology*, 15: 219-233.
- CHANT, D.A. (1957)** Descriptions of two new phytoseiid genera (Acarina: Phytoseiidae), with a note on *Phytoseius* Ribaga, 1902. *The Canadian Entomologist*, 89(8), 357-363.
- CHANT, D.A. (1959)** Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). Part I. Bionomics of seven species in Southeastern England. Part II. A taxonomic review of the family Phytoseiidae, with descriptions of thirty-eight new species. *The Canadian Entomologist*, Supplement 12, 166 pp.
- CHATZIVASILEIADIS E. A., SABELIS M. W 1997.** Toxicity of methyl ketones from tomato trichomes to *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology*, 21: 473-484.
- COLL M. 1996.** Feeding and ovipositing on plants by an omnivorous insect predator. *Oecologia*. 105; 214-220.
- COLLIER K. S., ALBUQUERQUE G. S., EIRAS A. E., BLAHMER J. L., ARAUJO M. C., MONTEIRO L. B. 2001.** Estimulos olfativos na localização de presas pelo acaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) em macieiras e plantas hospedeiras alternativas. *Neotropical Entomology*, 30: 631-639.
- COLLINGWOOD E F., BOURDOUXHE L., DE FRANCO M.; (1981)** Les principaux ennemis des cultures maraichères au Sénégal. (95 pages).
- COLLIER F. S. ALBUQUERQUE G. S., EIRAS A. E., BLACKMER J. L., ARAUJO M. C., MONTEIRO L. B. 2001.** Estimulos olfativos na localização de presas pelo acaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) em macieiras e plantas hospedeiras alternativas. *Neotropical Entomology*, 30: 631-639.
- COLY V E. (2000)** Données sur les produits phytosanitaires disponibles dans les pays du Réseau africain pour le développement de l'Horticulture. Fichier Bibliothèque ISRA
- CRANHAM, J.C. ; HELLE, W., 1985.-** Pesticide resistance in Tetranychidae. *In* : Spider mites, their biology, natural enemies and control, *W. Helle and M. W. Sabelis, Elsevier, Amsterdam*, 1, B, 405-421.
- DeBACH P., ROSEN D. 1991.** Biological control by natural enemies, Cambridge University Press, new York, 440 p.
- DELOBEL A., TRAN M., 1993.** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. CTA et ORSTOM, 424 pp.

- DEMITE, P.R., FERES, R.J.F., GUANILO, A.D. & MORAES, G.J. DE 2008a.** Rediscovery and redescription of *Silvaseius barretoae* (Yoshida-Shaul and Chant) (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology* 34, 273–276.
- DEMITE, P.R., LOFEGO, A.C. & FERES, R.J.F. 2008b.** A new species of *Galendromus* (Acari: Phytoseiidae): a case of intraspecific variation and redefinition of *carinulatus* species group. *Annals of the Entomological Society of America* 101, 804–807.
- DEMITE, P.R., LOFEGO, A.C. & FERES, R.J.F. 2008c.** Three new species of *Phytoseius* Ribaga (Acari: Phytoseiidae), and a new record from Brazil. *Zootaxa* 1909, 16–26.
- DEMITE, P.R., LOFEGO, A.C. & FERES, R.J.F. 2007.** A new species of *Amblyseius* Berlese (Acari: Phytoseiidae) from Brazil. *Zootaxa* 1445, 65–68.
- DENMARK H.A., MUMA M. H. 1972.** Some Phytoseiidae of Colombia (Acarina: Phytoseiidae). *The Florida Entomologist*. 55: 19-29.
- DENMARK H.A., MUMA M. H. 1973.** Phytoseiid mites of Brasil (Acarina: Phytoseiidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 33: 235-276.
- DENMARK, H.A. (1982)** Revision of *Galendromus* Muma, 1961. (Acarina: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 8, 133-167.
- DIOUF M (1994) :** Etude des mécanismes des résistances aux Acariens du Jaxatu (*Solanum aethiopicum* L.) et d'autres espèces du genre *Solanum* non tubérifères – Mémoire de titularisation. CDH. 66 pages + Annexes. Fichier Bibliothèque ISRA
- DUPONT, L.M., 1979.-** On gene flow between *Tetranychus urticae* Koch, 1836 and *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) Boudreaux, 1956 (Acari: Tetranychidae): synonymy between the two species. *Entomol. exp. appl.*, 25,297-303.
- DUVERNEY C, KADE N, GUËYE –NDIAYE A (2005).** Essai préliminaires pour limiter les dégâts de Tetranychidae sur les cultures maraichères dans le Sine Saloum (Senegal). In : Comptes rendus de deuxième colloque international sur les acariens des cultures de l'AFPP. Agro-montpellier (France), 24-25 Octobre 2005. Annales AFPP, 32.
- EL-BADRY E.A. 1968** — Three new species of phytoseiid mites from western Sudan — *Rev. Zool. Bot. Afric.*, 77: 321-328.
- EL-BANHAWY, E.M. & ABOU-AWAD, B.A. (1989)** New predatory mites [sic] species of the genus *Phytoseius* Ribaga from Tanzania (Acarina, Phytoseiidae). *Zoologische Jahrbucher*, 116, 373-377.
- EL-BANHAWY, E.M. & ABOU-AWAD, B.A. (1990)** Records of the genus *Amblyseius* Berlese from Tanzania with a description of a new species (Acari: Mesostigmata). *Insect Science and its Application.*, 11(6), 899-901.
- EL-BANHAWY, E.M. & ABOU-AWAD, B.A. (1991)** Descriptions of some *Typhlodromus* species from Tanzania (Mesostigmata: Phytoseiidae). *Acarologia*, 32(3), 217-221.

- EL-JAOUANI N (1988)** Contribution à la connaissance des acariens phytophages au Maroc et étude bio-écologique de *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard (Acarina: Tetranychidae). Thesis, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat
- ESCUDERO L. A., FERRAGUT F. 2005.** Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biological control*, 32: 378-384.
- EVANS, G.O. (1954)** The genus *Iphiseius* Berl. (Acarina: Laelaptidae). *Proceedings of the Zoological Society*, London, 124, 517-526.
- EVANS, G.O. (1958a)** Some mesostigmatid mites from a nest of social spiders in Uganda. *Annals of Magazine of Natural History*, Ser. 13, 1, 580-590.
- EVANS, G.O. (1958b)** A new mite of the genus *Phytoseiulus* Evans (Acarina: phytoseiidae) from southern Rhodesia. *Journal of the Entomological Society of South Africa*, 21, 306-308.
- FAIN, A. & KRANTZ, G.W. (1990)** Notes on the genus *Asperoseius* Chant, 1957 (Acari, Phytoseiidae), with descriptions of two new species. *Journal of African Zoology*, 104, 213-220.
- FAO. 2005 – FAOSTAT – Agriculture.** <http://faostat.fao.org>- Août 2012
- FERLA, N.J. & SILVA, G.L. 2008.** New species of *Transeius* Chant and McMurtry (Acari: Phytoseiidae) from Brazil. *International Journal of Acarology* 34, 143–146.
- FERRAGUT F., ESCUDERO L. A. 2002.** La araña roja del tomate *Tetranychus evansi* (Acari, Tetranychidae) en España: distribución, biología y control. *Phytoma*, 135: 111-113.
- FERRAGUT F., ESCUDERO L. A. 1999.** *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari, Tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas*, 25: 157-164.
- FERREIRA M. A., CARMONA M. M. 1995.** Acarofauna do tomateiro em Portugal. *Avances em Entomologia Ibérica*, 385-392.
- FIABOE, K.K.M., MORAES, G.J. DE & GONDIM JR., M.G.C. 2004.** A new genus and a new species of phytoseiid mite (Acari: Phytoseiidae) from northeastern Brazil. *Zootaxa* 599, 1–4.
- FLECHTMANN, C.H.W., EVANS G. O., McMURTRY J. A. 1994.** Some noteworthy features of the chelicerae and subcapitulum of *Phytoseiulus longipes* Evans (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae). With observation on the preoral channel in the Phytoseiidae. *Experimental and Applied Acarology*, 18: 293-299.

- FLECHTMANN, C.H.W. & J. A. McMURTRY, 1992.** Studies of cheliceral and deutosternal morphology of some Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) by scanning electron microscopy. *International Journal of Acarology*, 18(3):163-169.
- FLECHTMANN, C.H.W. & E.W. BAKER. 1970.** A preliminary report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. *Annals of the Entomological Society of America*, 63(1): 156-163.
- FLECHTMANN, C.H.W. & BASTOS J. A. M. 1972.** Acaros Tetranychoida do Ceara, Brasil. *Ciencia Agronomica*, 2: 83-90.
- FLECHTMANN, C.H.W. & E.W. BAKER. 1975.** A report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 19(3): 111-122.
- FURTADO I.P., TOLEDO S. E., MORAES G.J. de, KREITER S., KNAPP M. 2007—** Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northwest Argentina — *Exp. Appl. Acarol.*, 43: 121-127.
- FURTADO I. P., MORAES G.J. de, KREITER S., KNAPP M. (2006)** Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* in south and southeast Brazil. *Exp Appl Acarol.* 2006; 40(3-4):157-74. Pub 2007 Jan 19
- FURTADO, I.P., 2006.** Sélection d'ennemis naturels pour la lutte biologique contre l'acarier rouge de la tomate, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae), en Afrique. Doctoral Thesis, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier and Universidade de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- FURTADO I. P., KREITER S., MORAES G. J. de, TIXIER M., FLECHTMANN C. H. W., KNAPP M. 2005.** Plant mites (Acari) from Northeastern Brazil, with descriptions of two new species of the family Phytoseiidae (Mesostigmata). *Acarologia*, 45: 131-143.
- GAMARRA D. C., BUENO V. H. P., MORAES J. C., AUAD A. M. 1998.** Influência de tricomas glandular de *Solanum berthaultii* na predação de *Scymnus (Pullus) argentinicus* (Weise) (Col: Coccinellidae) em *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Anais da Sociedade Entomologia do Brasil*, 27: 59-65.
- GERSON U., SMILEY R. L., OCHOA R. 2003.** Mites (Acari) for Pest Control Blackwell Science Ltd., UK, 539 p.
- GONZALEZ G. H., SCHUSTER R. O. 1962.** Especies de la familia Phytoseiidae en Chile I. (Acarina : Mesostigmata). *Boletim Tecnico Estacion Experimental Agronomica*, 16 : 1-35.
- GROUT, T.G. (1994).** The distribution and abundance of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus in southern Africa and their possible value as predators of citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Experimental & Applied Acarology*, 18(2), 61-71.

- GUANILO A.D., MORAES G.J. de, KNAPP M. 2008** — Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from Peru, with descriptions of four new species — *Zootaxa*, 1880: 1-47.
- GUÈYE M. T., BADIANE M., NDIAYE A. B., MBAYE I., DIOUF M., NDIAYE S., 2008.** La protection des stocks de maïs au Sénégal : enquêtes sur les pratiques d'utilisation des pesticides et plantes à effet insecticide en milieu paysan. *ITA Echos*, N°3, 12 pp.
- GUNASENA G. H., VINSON S. B., WILLIAMS H. J. 1990.** Effects of nicotine on growth, development, and survival of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) and the parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Icheumonidae). *Journal of Economic Entomology*, 83: 1777-1782.
- GUTIERREZ J ; J ETIENNE (1981a)** – Une nouvelle espèce du genre *Oligonychus* (Acariens Tetranychidae) attaquant le riz au Sénégal. *L'agronomie tropicale*. 36, 4 389-390
- GUTIERREZ J ; J ETIENNE (1981b)** Quelques données sur les acariens Tetranychidae attaquant les plantes cultivés au Sénégal. *Agronomie tropicale* 36, 4, 391- 394.
- GUTIERREZ & ETIENNE 1986.** Les Tetranychidae de l'île de la Réunion et quelques-uns de leurs prédateurs. *L'Agronomie Tropicale*, 41 : 84-91.
- HELLE, W. & M.W. SABELIS. 1985.** Spider mites: their biology, natural enemies and control. Volume 1B. Elsevier Amsterdam. 458 pp.
- HERNON, G., V. Edge & J. ROPHALIA. 1993.** Clofentezine and hexythiazox resistance in *Tetranychus urticae* Koch in Australia. *Exp. Appl. Acarol.* 17: 433-440.
- HERRERO A. P. J., FERNANDEZ R. V., ESCUDERO L. A. 1990.** *Mesoseiulus longipes* (Evans) (Acari-Phytoseiidae) un nuevo acaro benefico en el agroecosistema citrico de Tucuman (1989-1990). *Revista Agronomica del Noroeste Argentino*, 25: 49-61.
- HOWARD L. 1930.** A History of Applied Entomology (Somewhat Anecdotal). Smithsonian Institution, Micellaneous Collections, Washington, 564 p.
- HOY M. A. 1982.** Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae Berkeley, Division of Agricultural Sciences. University of California, California, 92 p.
- HOY M. A., CUNNINGHAM G. L., KNUTSON L. 1982.** Biological Control of Pest by Mites. Berkeley, Division of Agricultural and Natural Resources. University of California, California, 185 p.
- HUGHES A. M. 1948** — The mites associated with stored food products. London: Ministry of Agriculture and Fisheries, H. M. Stationary Office, pp. 168.
- HUMBER, R.A., MORAES, G.J.de. and SANTOS, J.M.dos. (1981).** Natural infection of *Tetranychus evansi* (Acarina: Tetranychidae) by a *Triplosporium* sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) in northeastern Brazil. *Entomophaga*, 26: 421-425.

- HUNTER W. D., HINDS W. E. 1904.** The Mexican cotton boll weevil. U. S. Department of Agriculture, Bulletin, 45.
- JANSSEN A., PALLINI A., VENZON M., SABELIS M. W. 1998.** Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. *Experimental and Applied Acarology*, 22: 497-521;
- KADE N., GUEYE-NDIAYE A., DUVERNEY C. AND DE MORAES G. J., 2011.** Phytoseiid mites (acari: Phytoseiidae) from Senegal *Acarologia* 51(1): 133–138.
- KNAPP M, WAGENER B, NAVAJAS M (2003)** Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Prichard, an important pest of tomatoes in southern Africa, and the closely related species *T. urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Afr Entomol* 11:300–304.
- KNAPP, M., SAUNYAMA, I.G.M., SARR, I. AND MORAES, G.J.D. (2003).** *Tetranychus evansi* in Africa - Status, distribution, damage and control options. *Deutcher Tropentag International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, Göttingen.*
- KOSTIANEN T. S., HOY M. A. 1996.** The Phytoseiidae as biological control agents of pest mites and Insects : A bibliography. University of Florida, Florida, 355 p.
- KREITER S, AUGER P, LEBDI GRISSA K, TIXIER M-S, CHERMITI B, DALI M (2002)** Plant inhabiting mites Acari: Prostigmata & Mesostigmata) of some northern Tunisian crops. *Acarologia* 42:389–402
- KREITER S., SENTENAC G. (1995)** Gestion des populations d'auxiliaires : recolonisation naturelles ou introduction de phytoseiides en vignobles. *In* : Comptes rendus de la "Journée d'informations sur les auxiliaires entomophages". Frances, 15 novembre 1995, Annales, 49-48.
- KREITER S., BRIANT F. 1986.** Possibilités offertes par la lutte biologique contre les acarins phytophages en viticulture en France : résultats préliminaires et perspectives de travaux *In* : Comptes rendus de quatrième Incontra su " La difesa integrate della vite in Europa. Aspetti Pratici". Italie, 10-11 octobre 1986. Annales, 111-118.
- KROP CZYNSKA D. 2002.** The impact of the exotic predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) on native phytoseiid species. *Bulletin OILB/SROP*. 25: 131-134.
- LOFEGO, A.C. & FERES, R.J.F. 2006.** A new species of *Typhlodromus* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) from Brazil. *Zootaxa* 1221, 25–28.
- MALLAMAIRE A., (1965)** Les acarins nuisibles aux cultures au Sénégal et en Mauritanie. Congrès de la protection des cultures Tropicales compte rendu des travaux. Extrait de la chambre de commerce et d'industrie de Marseille. Internet 6 pages – Rapport déposé le 25 Mars 1965.

- MALUF W. R., CAMPOS G. A., CARDOSO M. das G. 2001.** Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. *Euphytica*, 121: 73-80.
- MATTHYSSE, J.G. & DENMARK, H.A. (1981)** Some phytoseiids of Nigeria (Acarina: Mesostigmata). *Florida Entomologist*, 64(2), 340-357.
- McGREGOR E.A. 1954** — Two new mites in the genus *Typhlodromus* (Acarina: Phytoseiidae) — South. Calif. Acad. Sci. Bull., 53: 89-92.
- McMURTRY, J.A. (1980)** Biosystematics of three taxa in the *Amblyseius finlandicus* group from South Africa, with comparative life history studies (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 6(2), 147-156.
- McMURTRY, J.A. (1991).** Augmentative releases to control mites in agriculture, p. 151-157. In: DUSBABEK F., BUKVA V. Modern acrology. The Hague, SPB Academic Publishing, v. 1.
- McMURTRY J. A., & CROFT A. B. 1997.** Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control Annual Review of Entomology, 42; 291-321.
- McMURTRY, J.A. & MORAES, G.J. de (1991)** Two new Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) from Zimbabwe with new records of other species. *International Journal of Acarology*, 17(1), 21-27.
- McMURTRY J. A., HUFFAKER C. B., VAN DE VRIE M. 1970.** Ecology of tetranychid mite and their naturel enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40: 331-390.
- MEYER, M.K.P. (1981)** Mite pests of crops in southern Africa. *Science Bulletin* No. 397, Plant Protection Research Institute, South Africa, 1-92.
- MEYER J. S., INGERSOL C. G., McDONALD L. L., BOYCE M. S. 1986.** Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknif vs. Bootstrap techniques. *Ecology*, 67: 1156-1166.
- MEYER, M.K.P. & UECKERMANN, E.A. (1988)** South African Acari. III. On the mites of the Mountain ZOOTAXA Zebra National Park. *Koedoe*, 31, 1-29.
- MEYER, M.K.P. & UECKERMANN, E.A. (1989)** South African Acari. V. Some mites of the Kalahari Gemsbok National Park. *Koedoe*, 32(1), 1-24.
- MEYER, M.K.P. 1996.** Mites pest and their predators on cultivated plants in southern Africa. Vegetables and berries. Plants protection Research Institute Handbook N° 6. ACR-plant Protection Research Institute Handbook N° 6.
- MIGEON A. 2005.** Un nouvel acarien ravageur en France: *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. *Phytoma*, 579 : 38-42.

- MINEIRO, J.L. DE C., LOFEGO, A.C., RAGA, A. & MORAES, G.J. de 2005.** Primeiros registros dos ácaros *Amblyseiella setosa* Muma (Phytoseiidae) e *Tuckerella pavoniformis* (Ewing) (Tuckerellidae) no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico* 72, 395–396.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage 2000.** Répertoire des zones et sites de production horticole périurbains d'après le pré-recensement horticole 1999-2000. *In: Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage 2001 Recensement National de l'Agriculture 1998-99.* Vol.5. 126pp. (CDROM).
- MITCHELL, R. 1973.** Growth and population dynamics of a spider mite (*Tetranychus urticae* K., Acarina: Tetranychidae). *Ecology* 54: 1349-1355.
- MONTEIRO L. B 2002.** Criação de ácaros fitófagos e predadores: um caso de produção de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. 351-362. *In: PARRA J. R. P., BOTELHO P. S. M., CORREA-FERREIRA B. S., BENTO J. M. S. Controle Biológico no Brasil, Manole, Sao Paulo, 609p.*
- MORAES G.J. de, ZANNOU I.D., UECKERMANN E.A., OLIVEIRA A.R., YANINEK J.S., HANNA R. 2007** — Phytoseiid mites of the tribes Afroseiulini, Kampimodromini and Phytoseiulini, and complementary notes on mites of the tribes Euseiini and Neoseiulini (Acari: Phytoseiidae) from sub-Saharan Africa — *Zootaxa*, 1628: 1-22.
- MORAES, G.J. de, MCMURTRY, J.A. & LOPES, P.C. 2006.** Redefinition of *Metaseiulus* Muma (Acari: Phytoseiidae) and description of a new species from Brazil. *International Journal of Acarology* 32, 351–354.
- MORAES G. J. de, McMURTRY J. A., DENMARK H. A., CAMPOS C. B. 2004.** A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa*, 434. Auckland, 494 p.
- MORAES, G.J. de, MCMURTRY, J.A. & MINEIRO, J.L. DE C. 2003.** A new genus and species of phytoseiid mite (Acari: Phytoseiidae) from Brazil. *International Journal of Acarology* 29, 47–54.
- MORAES G. J. de. 2002.** O controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores 225-232. *In: PARRA J. R. P., BOTELHO P. S. M., CORREA-FERREIRA B. S., BENTO J. M. S. Controle Biológico no Brasil, Manole, Sao Paulo, 609 p.*
- MORAES G.J. de, UECKERMANN E.A. OLIVEIRA A.R., YANINEK J.S. 2001** — Phytoseiidae mites of the genus *Euseius* (Acari: Phytoseiidae) from sub-Saharan Africa— *Zootaxa*, 3: 1-70.
- MORAES G. J. de. 1991.** Controle biológico de ácaros fitófagos. *Informe Agropecuário*.15: 55-62.
- MORAES C. M. de., LEWIS W. J., PARE P. W., ALBORN H. T., TUMLINSON J. H., 1998.** Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, 393; 570-573.

- MORAES, G.J. de, MCMURTRY, J.A. & YANINEK, J.S. (1989a)** Some phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from tropical Africa with description of a new species. *International Journal of Acarology*, 15(2), 95-102.
- MORAES, G.J. de, MCMURTRY, J.A., VAN DEN BERG, H. & YANINEK, J.S. (1989b)** Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of Kenya, with descriptions of five new species and complementary descriptions of eight species. *International Journal of Acarology*, 15(2), 79-93.
- MORAES, G.J. de & MCMURTRY, J.A. (1988)** Some phytoseiid mites from Kenya, with description of three new species. *Acarologia*, 29(1), 13-18.
- MORAES G. J. de, McMURTRY J. A., BAKER E. W. 1987.** Redescription and Distribution of spider mites *Tetranychus evansi* and *T. marianae*. *Acarologia*, 28: 333-343.
- MORAES, G.J.de. AND MCMURTRY, J.A. (1987).** Effect of temperature and sperm supply on the reproductive potential of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Experimental & Applied Acarology*, 3: 95-107.
- MORAES G. J. de & McMURTRY J. A., DENMARK H. A. 1986.** A catalog of the mite family Phytoseiidae: reference to taxonomy, synonymy, distribution and habitat Embrapa, Brasilia, 353 p.
- MORAES G. J. de & McMURTRY J. A. 1985 a.** Comparison of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) as prey for eight species of phytoseiid mites. *Entomophaga*, 30: 393-397.
- MORAES G. J. de & McMURTRY J. A. 1985b.** Chemically mediated arresment of the predaceous mite *Phytoseiulus persimilis* by extracts of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae*. *Experimental & Applied Acarology*, 30: 127-138.
- MORAES G. J. de, LIMA H. C. 1983.** Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina : Phytoseiidae) a predator of the tomato russet mites. *Acarologia*, 24: 251-255.
- MORAES G. J. de, LEITE FILHO A. S. 1981.** Aspectos biológicos do acaró vermelho do tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 16: 309-311.
- MORAES, G.J. de & C.H.W. FLECHTMANN. 1981.** Ácaros fitófagos do Nordeste do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 16: 177-186
- MORAES, G.J.de., SANTOS, J.M.dos. AND HUMBER, R.A. (1980).** Natural infection of *Tetranychus evansi* (Acarina: Tetranychidae) by *Triplosporium* sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) in the North-East. *Pesquisa em Andamento, EMBRAPA*, 6: 2.
- MOUTIA L. A. 1958.** Contribution to the study of some phytophagous. Acarina and their predators in Mauritius *Bulletin of Entomological Research*, 49. 59-75.
- NESBITT H. H. J. 1951.** A taxonomic study of the Phytoseiidae (Family Laelaptidae) predaceous upon Tetranychidae of economic importance. *Zoologische Verhandelingen*, 12, 64p.

- NDAO, T. 2009.** Projet de contribution à la réduction des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires en cultures maraîchères dans les Niayes. 37pp.
- PARROTT P. J., HODGKISS H. E., SCHOENE W. J. 1906.** The apple and pear mites. New York Agricultural Experiment Station Bulletin N° 283: 281-314.
- PEMBERTON R. W., VANDERBERG N. J. 1993.** Extrafloral nectar feeding by ladybird beetles (Coleoptera : Coccinellidae). Proceedings of the Entomological society of Washington, 95; 139-151.
- PERON J. Y. 1999.** Productions légumières. Synthèse Agricole, Paris, 575 p.
- PRICE P. W., 1986.** Ecological aspects of host plant resistance and biological control Interaction among three trophic levels. 11-36. *In:* BOETHEL D. J & EIKENBARY R. D. Interaction of plant resistance and parasitoids and predators of insects, John Wiley & sons, New York, 224p.
- PRICE P. W., BOUTON C. E., GROSS P., McPHERON B. A., THOMPSON J. N., WEIS A. E. 1980.** Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology, Evolution and systematics, 11; 41- 65.
- PRITCHARD, A.E. & BAKER, E.W. (1962)** Mites of the family Phytoseiidae from Central Africa, with remarks on genera of the world. *Hilgardia*, 33(7), 205-309.
- PRITCHARD, A.E., BAKER, E.W., 1955.** A revision of the spider mite family Tetranychidae. *Pac. Coast entomol. Soc.*, San-Franc., Mem. Ser., 2, 1-472.
- QURESHI, S.A., OATMAN, E.R. AND FLECHNER, C.A. (1969).** Biology of the spider mite, *Tetranychus evansi*. *Annals of the Entomological Society of America*, 62: 898-903.
- RAGUSA E., FERRAGUT F. 2005.** Host plant suitability of the invasive spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in Spain. *In:* Comptes rendus de deuxième colloque international sur les acariens des cultures de l'AFPP. Agro-montpellier (France), 24-25 Octobre 2005. *Annales AFPP*, 32.
- RAMALHO F. S., FLECHTMANN C. H. W. 1979.** Níveis de infestação de *Tetranychus* (T.) *evansi* Baker & Pritchard, 1960 em diferentes fases de desenvolvimento do tomateiro. *Revista de Agricultura de Piracicaba*, 54: 51-56.
- RESENDE J. T. V., MALUF W. R., CARDOSO M. das G., NELSON D. L., FARIAS M. V. 2002.** Inheritance of acyl sugar contents in tomatoes derived from an interspecific cross with the wild tomato *Lycopersicon pennellii* and their effect on spider mite repellence. *Genetic and Molecular research*, 1: 106-116.
- ROSA, A.A., GONDIM, M.G.C., JR., FIABOE, K.K.M., MORAES, G.J.de. AND KNAPP, M. (2005).** Predatory mites associated with *Tetranychus evansi* Baker &

- Pritchard (Acari: Tetranychidae) on native solanaceous plants of coastal Pernambuco State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 34: 689-692.
- ROWELL, H.J., CHANT, D.A. & HANSELL, I.C. (1978)** The determination of setal homologies and setal patterns on the dorsal shield in the family Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata). *The Canadian Entomologist*, 110, 859-876.
- RYKE, P.A.J. & MEYER, M.K.P. (1958)** Spider mites and false spider mites with notes on South African species and the basic concepts regarding their biological control. *South African Journal of Agricultural Science*, 1(4), 357-373.
- SABELIS M. W., Van RIJN P. C. J. 1997.** Predation by insects and mites. In: LEWIS. T. Thrips as Crops pest. CAB International, Wallingford, 259-354.
- SANTIS L. 1945.** El bicho de cesto. Universidad National de la Plata, Facultad de Agronomia, Boletin, 8: 1-15.
- SARR, I. ET DIOP, A. 2011.** Rapport sur les enquêtes de caractérisation de la situation phytosanitaire au niveau des exploitations maraîchères dans les Niayes. 16pp.
- SARR I., KNAPP M., OGOL C. K. P., BAUMGARTNER J. 2002.** Impact of predator on *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard population and damage on tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Kenya. In: Abstract of 11 congress International of Acarology. Merida (Mexico), 8-13 september. Abstract Book, 271.
- SCHIPPER R. R., (2004)** Légumes Africains Indigènes : Présentation des espèces cultivée. Margraf Publishers/CTA 482 pages.
- SCHULTZ F. W. 1974.** Some aspects of the ecology of (*Amblyseius*) *teke* Pritchard and Baker and A (*Mesoseiulus*) *longipes* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae). *Phytophylactica*, 6: 1-10.
- SCHULTZ, F.W. (1972)** Three new species of the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) from South Africa. *Phytophylactica*, 4, 13-18.
- SCHUSTER R.O., PRITCHARD A.E. 1963** — Phytoseiid mites of California — *Hilgardia*, 34: 191-285.
- SECK A., 1984 :** Contribution à l'amélioration génétique du Jaxatu (*Solanum aethiopicum* L) pour la culture en saison chaude et Humide. 48 pages
- SHAH M. A. 1982.** The influence of plant surface on the searching behavior of coccid larvae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31; 377-380.
- SHIMER H. 1868.** The apple bark-louse in 1866. Birds vindicated from the charge preferred against them by the State Entomologist. *Trans Illinois State Horticultural Society*, 2: 227-233.

- SIBANDA T., DOBASON H. M., COOPER J. F., MANYANGARIRIWA W., CHIMBA W. 2000.** Pest management challenges for small holder vegetable farmers in Zimbabwe. *Crop Protection*, 19: 807-815.
- SILVA C. A. da, LOURENCAO A. L., MORAES G. J. de. 1992.** Resistencia de tomateiro ao acaro vermelho *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 21: 147-156.
- SILVA P. 1954.** Um novo acaro nocivo ao tomateiro na Bahia (*Tetranychus marianae* Mcgregor, 1950 - Acarina). *Boletim do Instituto Biologico da Bahia*, 1: 18- 37.
- SMITH L. B., DOWNS R. J. 1966.** Solanaceas, 160-163; *In*: REITZ R. R. *Flora ilustrada Catarinense* Ied, Florianopolis, 408 p.
- STOLL, G. (2002)** *Protection naturelle des végétaux en Zones tropicale*. Margraf Verlag 2002. Deuxièmes édition revue et augmentée 387 pages.
- TAKAHASHI F., CHANT D. A. 1992.** Adaptive strategies in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). I. Developmental times. *International Journal of Acarology*, 18: 171-176.
- TAKAHASHI F., CHANT D. A. 1993a.** Phylogenetic relationship in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). I. Geographic distribution. *International Journal of Acarology*, 19: 15-22.
- TAKAHASHI F., CHANT D. A. 1993b.** Phylogenetic relationship in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). II. Taxonomic review. *International Journal of Acarology*, 19: 23-37.
- TAKAHASHI F., CHANT D. A. 1993c.** Phylogenetic relationship in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). III Cladistic analysis. *International Journal of Acarology*, 19: 233-241.
- TAKAHASHI F., CHANT D. A. 1994.** Adaptive strategies in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). II. Survivorship and reproduction. *International Journal of Acarology*, 20: 87-97.
- THORPE K. W., BARBOSA P. 1986.** Effects of consumption of high and low nicotine tobacco by *Manduca sexta* on survival of gregarious endoparasitoid *Cotesia congregata*. *Journal of Chemical Ecology*, 12: 1329-1337.
- TRUMBLE, J.T. & J.P. MORSE. 1993.** Economics of integrating the predaceous mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with pesticides in strawberries. *J. Econ. Entomol.* 86: 879-885.
- TSENG Y. H. 1976.** Systematics of the mite family Phytoseiidae from Taiwan with a revised key to the genera of the world (II). *Journal of Agricultural Association of China*, new series, 94: 85-128.

- TUTTLE D. M., BAKER E. W., SALES F. M. 1977.** Spider mites (Tetranychidae: Acarina) of the State of Ceara, Brazil. *Fitossanidade*, 2: 1-6.
- UECKERMANN E.A., ZANNOU I.D., MORAES G.J. DE, OLIVEIRA A.R., HANNA R., YANINEK J.S. 2007** — Phytoseiid mites of the subfamily Phytoseiinae (Acari: Phytoseiidae) from sub-Saharan Africa — *Zootaxa*, 1658: 1-20.
- UECKERMANN, E.A. (1991-1992)** Notes on the genus *Platyseiella* Muma (Acari: Phytoseiidae) with a description of a new species, *P. eliahui*, from South Africa. *Israel Journal of Entomology*, 25- 26, 19-22.
- UECKERMANN, E.A. (1992)** Some Phytoseiidae of the Cape Vere [sic] Islands (Acari: Mesostigmata). *Phytophylactica*, 24, 145-155.
- UECKERMANN, E.A. (1990)** A new species of the genus *Platyseiella* Muma, 1961 from South Africa (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 16(1), 17-21.
- UECKERMANN, E.A. (1988)** A new species and species group of *Typhlodromus* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) from Namibia. *Phytophylactica*, 20, 125-127.
- UECKERMANN, E.A. & LOOTS, G.C. (1987)** Two species of *Amblyseius* (*Paraphytoseius*) Swirski & Shechter from Africa (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia*, 28(3), 221-226.
- UECKERMANN, E.A. & LOOTS, G.C. (1985a)** A review of the Afrotropical species of the genus *Phytoseius* Ribaga, 1902 (Acari: Phytoseiidae). *Phytophylactica*, 17, 31-39.
- UECKERMANN, E.A. & LOOTS, G. C. (1985b)** *Trochoseius* Pritchard & Baker, a new subgenus [sic] of *Amblyseius* Berlese with notes on its former genus *Iphiseius* Berlese (Acari: Phytoseiidae). *Phytophylactica*, 17, 129-137.
- UECKERMANN, E. A. & LOOTS, G.C. (1985c)** The African species of the subgenus *Kampimodromus* Nesbitt (Acarina: Phytoseiidae). *Phytophylactica*, 17, 195-200.
- UECKERMANN, E.A. & LOOTS, G.C. (1984a)** South African species of the subgenus *Meyeri* Van der Merwe, 1968 (Acari: Phytoseiidae). *Phytophylactica*, 16, 1-13.
- UECKERMANN, E.A. & LOOTS, G.C. (1984b)** African species of the subgenus *Seiulus* Berlese, 1887 (Acari: Phytoseiidae). *Phytophylactica*, 16, 307-311.
- Van der MERWE, G.G. (1965)** South African Phytoseiidae (Acarina). I. Nine new species of the genus *Amblyseius* Berlese. *Journal of the Entomological Society of South Africa*, 28(1), 57-76.
- Van der MERWE, G.G. (1968)** A taxonomic study of the family Phytoseiidae (Acari) in South Africa with contributions to the biology of two species. *Entomology Memoirs*, Department of Agricultural Technical Services, Republic of South Africa, 18, 1-198.

- Van der MERWE, G.G. & RYKE, P.A.J. (1964)** The subgenus *Typhlodromalus* Muma of the genus *Amblyseius* Berlese in South Africa (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of the Entomological Society of South Africa*, 26(2), 263-289.
- Van de VRIE M., PRICE J. F. 1994.** Manuel for biological control two spotted spider mites on strawberry in Florida. University of Florida, Florida, 9p.
- Van DRIESCHE R. G., BELLOWS T. S. 1996** Biological control. Chapman & Hall, New York, 539;
- VENDRAMIM J. D. 2002.** O controle biológico e a resistência de plantas. 511-528. In PARRA J. R. P., BOTELHO P. S. M., CORREA-FERREIRA B. S., BENTO J. M. S. Controle Biológico no Brasil, Manole, Sao Paulo, 609p.
- VINSON S. B., BIN F., VET L. M. 1998.** Critical issues in host selectio by insect parasitoids. *Biological Control*, 11: 77-78.
- WALTER D. E., 1996.** Living on leaves: mites, tomenta, and leaf domatia. *Annual Review of Entomology*, 41; 101-104.
- WALZER A. & SCHAUSBERGER P. 1999.** Predation preference and discrimination between com-and heterospecific prey by the phytoseiid mite *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Biocontrol*; 43: 469-478.
- WATANABE M. A., MORAES G. J. de, GASTALD Jr. I. 1994.** Controle biológico do acaros rajado com caros predadores fitoseideos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. *Scientia Agricola*, 51: 75-81.
- WEBSTER F. M. 1910.** A predaceous and supposedly beneficial mite, *Pediculoides*, becomes noxious to man. *Annals of the Entomological Society of America*, 3: 15-39.
- WEKESA V. W., MANIANIA N. K., KNAPP M., BOGA H. I. 2005.** Pathogenicity of *beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the tobacco spider mite *Tetranychus evansi*. *Experimental and Applied Acarology*, 36: 41-50.
- YANINEK J.S. & R. HANNA. 2003.** Cassava green mite in Africa - a unique example of successful classical biological control of a mite pest on a continental scale. In: P. NEUENSCHWANDER, C. BORGEMEISTER & L. LANGEWALD (orgs.), *Biological control in IPM systems in Africa* CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 61-75.
- YOSHIDA-SHAUL, E. & CHANT, D.A. (1988)** Descriptions of two unusual new species in the genus *Amblyseius* Berlese (Acari: Phytoseiidae). *Canadian Journal of Zoology*, 66(9), 2053-2056.
- ZANNOU I.D., MORAES G.J. de, UECKERMANN E.A., OLIVEIRA A.R., YANINEK J.S., HANNA R. 2007** — Phytoseiid mites of the subtribe Amblyseiina (Acari: Phytoseiidae: Amblyseiini) from sub-Saharan Africa — *Zootaxa*, 1550: 1-47.

ZANNOU I.D., MORAES G.J. DE, UECKERMANN E.A., OLIVEIRA A.R., YANINEK J.S., HANNA R. 2006 — Phytoseiid mites of the genus *Neoseiulus* Hugues (Acari: Phytoseiidae) from sub-Saharan Africa—*Int. J. Acarol.*, 32: 241-276.

ZHANG, Z. 2003. *Mites of Greenhouses: identification, biology and control.* CABI Publishing, 244 p.



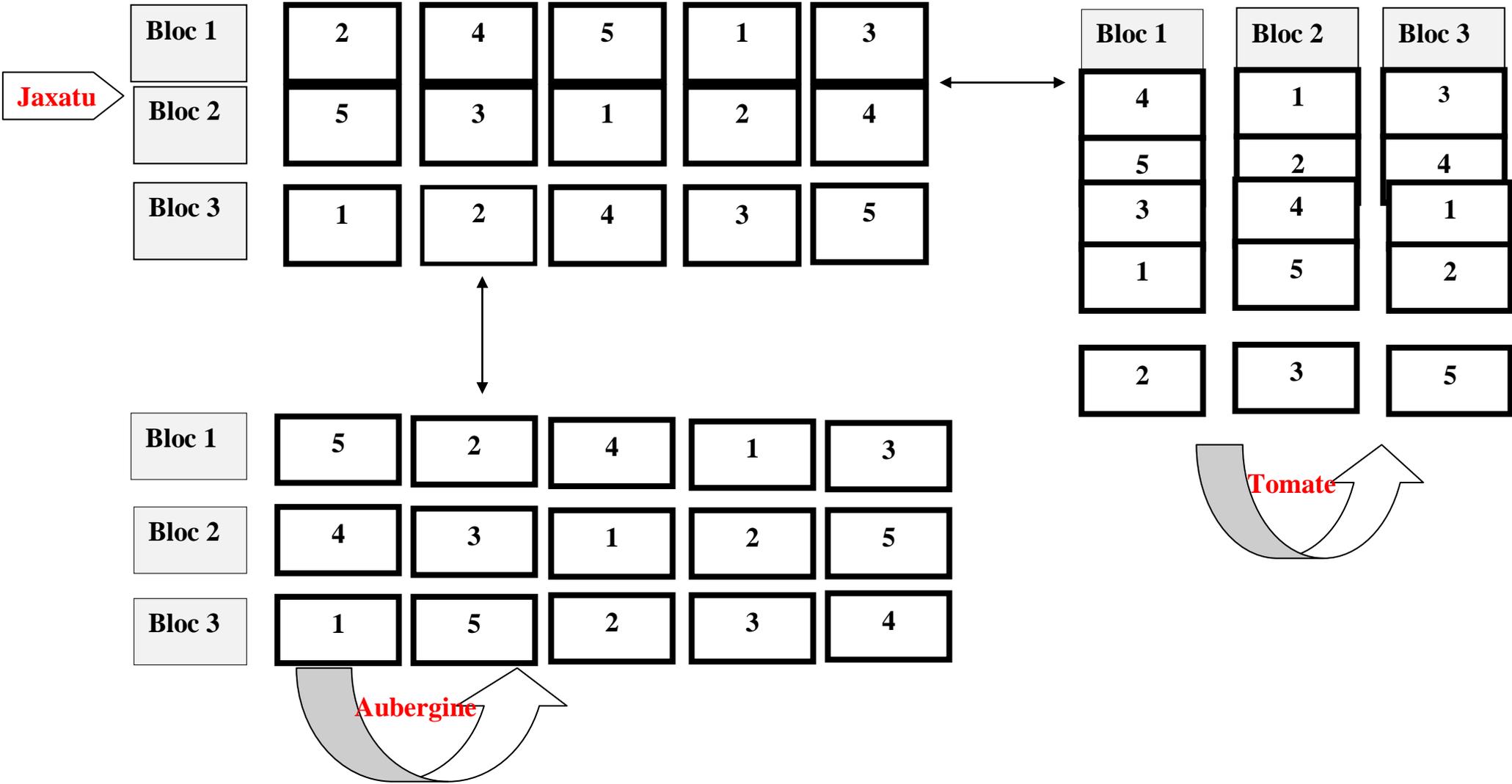
ANNEXES

Famille	Sous Familles	Espèces	Plantes associées	Sites de collection	Dates de collection
Phytoseiidae	Amblyseiinae	<i>Amblyseius herbicolus</i> (Chant)	<i>Urena lobata</i>	Université Cheikh Anta Diop	Juin 2006.
		<i>Amblyseius swirskii</i> Athias-Henriot	<i>Passiflora foetida</i> <i>Solanum aethiopicum</i>	Malika.	Juin 2009 Mai 2009
		<i>Euseius nyalensis</i> (El-Badry, 1968)	<i>Urena lobata</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Ficus sycomor</i> is,	University Cheikh Anta Diop Keur Babou Diouf	Août 2006 Février 2009
		<i>Neoseiulus barkeri</i> Hughes	<i>Solanum aethiopicum</i>	Malika	Mars 2007
		<i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	<i>Solanum aethiopicum</i> <i>S. melongena</i> ,	Malika	Mars et Juin 2010

Famille	Sous Familles	Espèces	Plantes associées	Sites de collection	Dates de collection
Phytoseiidae	Amblyseiinae	<i>Paraphytoseius horrifera</i> (Pritchard & Baker)	<i>Centaurea perrottetii</i> , <i>Chrosophora senegalensis</i> et <i>Urena lobata</i> ,	Keur Babou Diouf	Novembre 2009.
	Phytoseiinae	<i>Phytoseius amba</i> Pritchard & Baker	<i>Centaurea perrottetii</i> , <i>Chrosophora senegalensis</i> , <i>Urena lobata</i> et <i>Waltheria indica</i> , <i>U. lobata</i> et <i>W. indica</i>	Keur Babou Diouf Malika	Entre 2005 et 2010 entre 2006 et 2009.

Phytoséiides répertoriés dans ces localités du Sénégal

Dispositif expérimental en blocs randomisés avec trois répétitions pour les trois cultures



**ANNEXE 3: PHYTOSEIID MITES (ACARI: PHYTOSEIIDAE) FROM
SENEGAL**

ANNEXE 4 : Acaricidal effects of botanical extracts on *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on vegetables in Senegal. (En cours)

Acaricidal effects of botanical extracts on *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on vegetables in Senegal.

N. KADE*, A. GUEYE-NDIAYE*, I. SARR** & C. DUVERNEY***,

*Laboratoires d'Entomologie et d'Acarologie du Département de Biologie animale de l'Université Cheikh Anta Diop - DAKAR - Sénégal

**Centre National de Recherche Agronomique de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, BP : 53 Bambey - Sénégal

*** Caritas-Kaolack, B.P. 482, - KAOLACK – Sénégal

Résumé

Tetranychus evansi Pritchard & Baker (Acari: Tetranychidae) est un ravageur important des solanacées. Il est originaire de l'Amérique où il a été répertorié depuis 1954 au nord du Brésil. Accidentellement introduit en Afrique australe en 1980, il se trouve maintenant dans plusieurs pays africains. Au Sénégal, il est répertorié depuis presque dix ans sous le nom de *Tetranychus* sp. ou acarien rouge à côté de *Tetranychus urticae*. Les études antérieures entreprises en 2004-2005 dans des cultures maraîchères situées à Sokone ainsi que les prospections effectuées à Yeumbeul et Malika près de Dakar ont confirmé la présence de *T. evansi* qui est très dommageable à l'aubergine amère ou jaxatu (*Solanum aethiopicum*), l'aubergine ou mélongène (*Solanum melongena*) et la tomate (*Lycopersicum esculentum*), en dépit des traitements chimiques. Les acariens Phytoseiidae prédateurs ont été également trouvés sur les plantes adventices à proximité de Sokone. Le but de ce travail était d'évaluer l'effet acaricide des extraits de plantes de neem (*Azadirachta indica*), de tabac (*Nicotiana tabacum*) et d'ail (*Allium sativum*) sur *T. evansi* à l'aide de la méthode de pulvérisation au champ.

Les résultats ont montré que la maîtrise des populations de *T. evansi* sur *S. aethiopicum* et *S. melongena* nécessite un deuxième traitement avec les extraits des plantes. Le cultivar de tomate utilisé a subi moins de dégâts comparativement aux autres solanacées. Tous les trois extraits botaniques étaient toxiques pour les acariens rouges comparativement au témoin non traité avec une plus grande efficacité des extraits d'ail suivi des extraits de tabac et de neem. Aucune toxicité due aux extraits de plantes sur les acariens prédateurs ne semble survenir. Par conséquent, ces extraits botaniques sont prometteurs pour une adaptation dans système de gestion intégré des acariens phytophage en cultures maraîchères au Sénégal.

Mots clé : *T. evansi*, extrait de plantes, test d'efficacité, cultures maraichères, Sénégal.

Abstract

Tetranychus evansi Pritchard & Baker (Acari: Tetranychidae) is an important pest of the Solanaceous crops. It is originated from America where it is found since 1954 in the Northern part of Brazil. Introduced accidentally in Southern Africa in 1980, it is now found in several African countries. In Senegal, it is cited since nearly ten years under the name of *Tetranychus* sp. or red spider mite beside *T. urticae*. Previous studies undertaken in 2004-2005 in farms located in Sokone as well as the survey carried out in Yeumbeul and Malika near Dakar confirmed the presence of the species *T. evansi* which is very damaging to the african scarlet eggplant or jaxatu (*S. aethiopicum*), the eggplant or brinjal (*S. melongena*) and the tomato (*Lycopersicum esculentum*), in spite the chemical treatments. Phytoseiidae predatory mites were also found on adventitious plants in the vicinity of Sokone. The aim of this work was to evaluate the acaricidal effect of botanical extracts from neem (*Azadirachta indica*), tobacco (*Nicotiana tabacum*) and garlic (*Allium sativum*) on *T. evansi* using the field spraying application method.

The results showed the control of *T. evansi* on *S. aethiopicum* and *S. melongena* required a second spraying. The tomato cultivar used was damaged compared to other solanaceous plants. All the three botanical extracts were toxic to the mites compared to the untreated control with a greater efficacy of the garlic extracts followed the extracts of tabaco and neem without harm to the predatory mites. Hence, these botanical extracts are promising to be fitted in an integrated mite's pest management in vegetable growing areas of Senegal.

Key words: *T. evansi*, botanicals, efficacy test, vegetables, Senegal.

Introduction

A survey carried out in 2003 in Senegal in most of the vegetable farms of Saloum (Kaolack & Fatick provinces), showed an extensive damage on brinjal (*Solanum aethiopicum* L.), eggplants (*Solanum melongena* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). With the invaluable collaboration of Philippe Auger of the laboratory of the ENSAM-INRA of Montpellier, the phytophagous species could be identified as being *Tetranychus evansi* (Baker and Pritchard) which originated from America and announced for the first time in Africa in Zimbabwe in 1979 Knapp et al. (2003) [1]. Its description is done again by Moraes et al. (1987) [2]. It is only in the eighties, it was introduced accidentally in West Africa for reasons of biological control purposes to feed the predators according to Furtado et al. (2007) [3].

Agronomic methods (complete ploughing of the field to eliminate the infestation areas, isolation of the susceptible crops from resistant ones) especially tested in Batamar (Fatick) made it possible for tomatoes to go from 20% collected fruits in 2004 up to 100% in 2007.

Following the intensive surveys conducted in various Niayes areas where the most susceptible crops are found in fields, it was noted the presence of these mites in Cambérène, the Horticultural Development center (CDH) and Malika. Taking into account the availability and the generally low cost of the biological products, it was estimated that a study on the efficacy of some of them in controlling mites would be very important as these mites not only

develop resistance to chemical but they are very detrimental to solanaceous plants specially eggplants and tomatoes in particular.

Studies conducted in 2006 and 2007 for the control red spider mites specially *T. evansi*, have been undertaken in the Niayes of Dakar (Malika) with botanicals (Garlic, Neem and Tabacco) as an alternative to the chemical control which seems to reach its limits due to the easy abilities for the development resistance against most of these acaricides which are the most used by farmers (Dicofol, Diméthoate). In the non cultivated low lands of the area are generally found weeds (*Centaurea perrottetii* DC. ; *Chrozophora senegalensis* (Lam.) A. Juss. ; *Passiflora foetida*; *Urena lobata* and *Waltheria indica* L.) which hosted Phytoseiidae populations including in particular species of the genera of Phytoseilus (Phytoseiidae) Duverney et al.(2005) [4], Amblyseuis and Neoseuilus Ignace Zannou et al. (2006) [5], (Amblyseiinae).

Material and Methods

This study on the efficacy of the three above mentioned botanicals was evaluated by treatments carried out in the field, in the area of the Niayes, in Malika not far from Dakar, in completely randomized block design on three Solanaceous vegetables: brinjal (var. keur bir daw), the eggplant (var. black body), and the Tomato (var. Xina), infested with *T. evansi*. Each variety appeared in the three blocks of four plots of six feet each.

Each bloc received a treatment with extracts of neem, Tabacco, garlic and an untreated control.

These botanical extracts were tested at a fix dose on each of these three solanaceous mentioned above. The biological formulations used were prepared according to **Stoll. (2002)** [6]

Neem oil emulsion

A 30 ml of neem oil (from the project "micro jardin of the Horticultural Development Center - CDH) was mixed with 10g of ordinary soap in one liter of water. This basic solution was diluted in four liters of water and it was enough to spraying all three replicates of the three crops.

Tabacco mixture

The mixture was obtained by grinding 250 g of Tabacco and mixing with 30 g of ordinary soap in 4 liters of water. It was then heated slightly up to about 30 mn before filtering it and diluting it according to 1 part of the tabacco mixture for 4 parts of water.

Garlic extract

A 100g of garlic was crashed using a garlic grinder. It was then mixed with 10g of ordinary soap in 0.5 liter of water. The mixture was left to macerate 24h before filtering and preserving it in an opaque container placed in a refrigerator. To spray all replicates a dilution of 1 par of the raw garlic extract and 10 parts of water was used instead of 1:20 dilution for exp

In this study the threshold for spraying brinjals and eggplants which have wide leaves was 5 to 6 mites/leaves and for the tomato it was 1 to 2 mites per leaflet.

The first spraying was carried out when the populations of mites per leave had largely exceeded the threshold. However it should be specified that with little information on these thresholds with these species, the

selected threshold is arbitrary for experimental purposes.

The first spraying was carried out five weeks after planting due to the humid and wet microclimate of Niayes (area of Dakar) and late the infestation was late. At the 7th day after the first spraying, the populations continued increasing and required a second spraying.

For the tomato in the Niayes, in constrast to what occurred in the area of Niombato (Sine Saloum), it is much less susceptible to the mites. In fact, plants started bearing fruit before the presence of the mites could be detected leading to delaying the spraying until May 1st and then only three samplings could be made.

Sampling

For the brinjal and eggplant, the sampling consisted of collecting six leaves per plot where one leaf was taken at the two third of the plant. For the tomato, thirty leaflets located at the two third of the plant per plot were taken. The leaves were checked under binocular microscope to estimate the level of infestation (counting of the motile mites) considering motile stages only and putting them altogether.

The first sampling took place two days before the first treatment and the second was carried out eight days after this later.

The other following samplings were done one week, two weeks, and three weeks to four weeks after second the spraying. The aim in the last sampling was to find out whether or not the botanical extracts have any impact on non-targets (Phytoseiidae).

For tomato, the first sampling took place two days before the first treatment which was done after seven weeks and then the second and the third respectively on May 8th and 15th.

Data analysis

Analysis of variance was carried out to compare the means in the different treatments and crops using Genstat software. The data on the African scarlet eggplant or brinjal (*S. aethiopicum*) and of the eggplant or brinjal (*S. melongena*) were analyzed together as the two crops are very comparable considering the size of the leaves which harbor the mites. That is not the case for the tomato leaves versus eggplants for instance. Additionally, the tomato was

considered separately because it was infested much later by the mites.

Results and discussion

The statistical analysis of these results on *S. aethiopicum* and *S. melongena* shows significant differences between botanical extracts and the control as well as between the eggplant and the brinjal (table1). As for the tomato, the same trend is noted but in contrast, a significant difference was noticed between blocks (table2).

Table 1 : Compared effect of botanicals on mites density per leaflet on brinjal and eggplants plots

Factors	Treatments	Mean per leaflet
Botanicals	Neem	15.95a
	Tabacco	13.69a
	garlic	13.56a
	Control	25.40b
Blocks	Block1	16.72a
	Block2	17.02a
	Block3	17.72a
Crops	Brinjal	10.97a
	Eggplant	23.33b

Note : Means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

Tableau 2 : Compared effect of botanicals on mites density per leaflet in tomato plots

Factors	Treatments	Mean per leaflet
Botanicals	Neem	1.10bc
	Tabacco	0.68a
	Garlic	0.75ab
	Control	1.42c
Blocks	Block1	0.97ab
	Block2	1.23b
	Block3	0.76a

Note : Means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

The first sampling in April 17th, the mite populations kept on increasing slightly in the treated plots but lesser than in the control plot in spite of the botanical spraying were carried out on April 22nd and on May 1st. The increase continued slightly until May 22nd to reach a maximum infestation level of 21 mites/leaf, followed by an important reduction in May 29th (figure 1).

The mite population slight increase or reduction is likely due to many factors including a high number of mites at the initial infestation which botanical extracts progressively maintained low especially for the last spraying dates. The population of mite collapse at the end the sampling period denoted the senescence of the plants or the

high number of dead leaves effects with these later falling down from the plant especially those located at the bottom which harbor most of the mites. In fact, two weeks after the treatments, the plants lost gradually their old leaves which were being replaced by young new leaves which are less attacked as noted in the various plots of brinjal. The reduction can also be explained by the establishment of the beneficial the predatory mite (Phytoseidae) starting from May 15th on some leaves could be another important explanatory factor as they were more abundant at the beginning in plots of brinjal, and in the eggplant plots thereafter.

May 15th and blocked the increase in the population of red spider mites on brinjal and eggplant (fig.1 & table 2). Between formulations, the difference is not significant but the extracts of garlic initially recorded the strongest decrease of the pest populations (table3).

For the tomato, the evolution of the red spider mite populations in the leaves showed a significant difference between the control and the three extract (table3). This confirmed the results obtained on brinjal and eggplant indicating a positive effect of these extract in being toxic the spider mites and hence reducing their populations (table2 & fig.2).

The botanical extracts tested are all statistically different from the control until

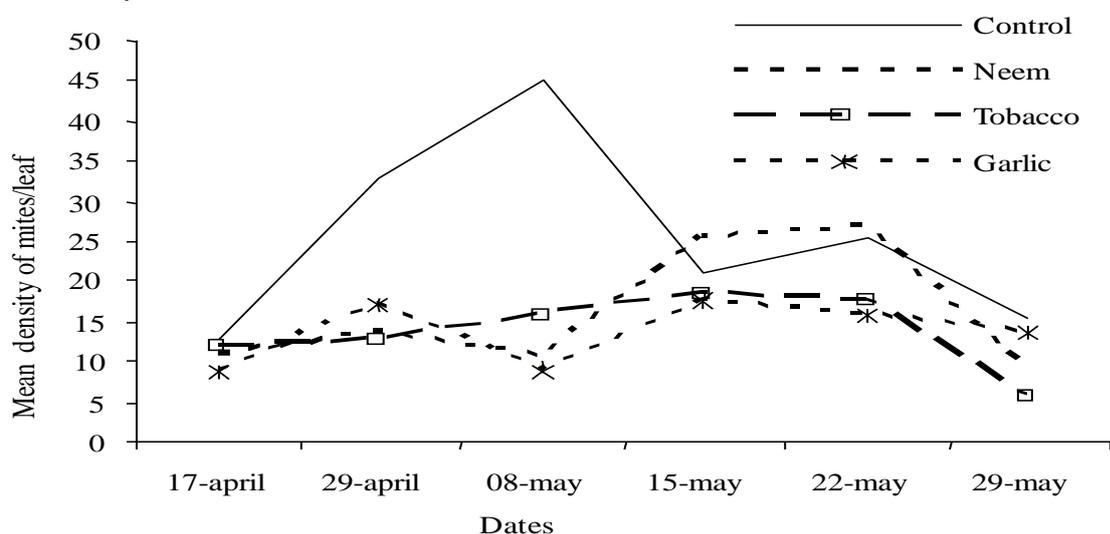


Figure 1 : Red spider mites population fluctuation according to treatments over time in brinjal and eggplant plots

Table 3 : Comparison of red spider mite mean density by crop over time in the different treatments

Crops	Dates	Treatment	Mean per leaf
brinjal & eggplant	29/04	Neem	13.56 a
		Tabac	13.56 a
		Ail	13.56 a
		Control	13.56 a
	08/05	Neem	10.50 a
		Tabac	10.50 a
		Ail	10.50 a
		Control	10.50 a
Tomato	08/05	Neem	0.87a
		Tabac	0.87a
		Ail	0.87a
		Control	0.87a

Note : Means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

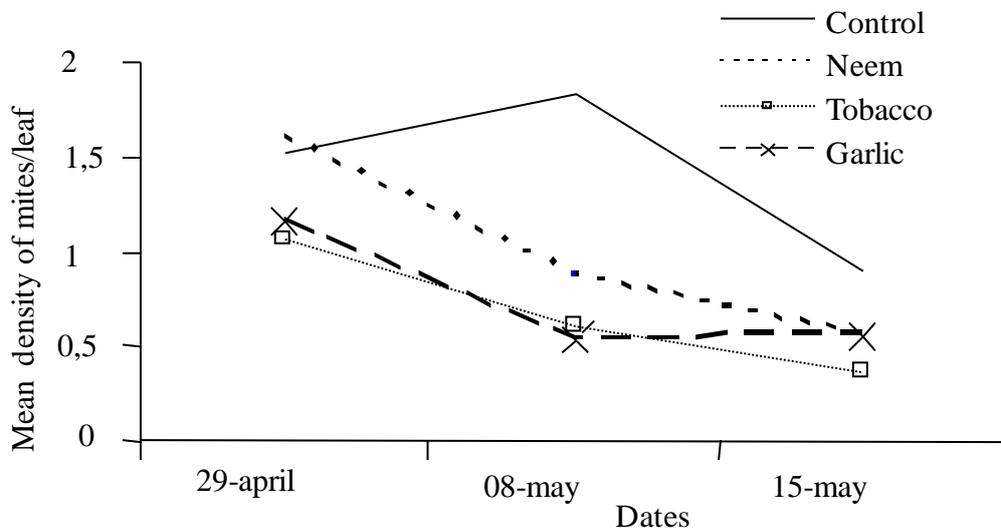


Figure 2 : Red spider mites population fluctuation according to treatments over time in tomato plots

Prospects for use of Phytoseiidae predatory mites

The most predatory mites used in biocontrol of red spider mites are generally from the family of phytoseiidae (Cochereau (1972) [8] & (1973) [9]); Kreiter *et al.* (2003) [10]. In that respect, Phytoseiidae, (Acari: Mesostigmata) well know and efficient predator of red spider mites (Tetranychidae, Eriophyidae) (McMurtry & Croft 1997) [7] is of particular interest. Excepted in some cases, they are generalist predators which can stand with or without the prey without any bad effect on their efficacy (McMurtry & Croft 1997) [7].

These predatory mites are naturally present in the perennial agricultural systems, as well as in the cultivated plots and the non cultivated fallows. In the same way, the dispersal between the various compartments of the agricultural systems were observed. These various elements make an hypothesis of possible biological control with conservation of the biodiversity and effectiveness to mites pests. However, in the long term of using them as biological agent will require studying the structures of the communities of Phytoseiidae within the

agricultural systems and to determine all factors affecting this structure.

The principle is simple, the release is done as soon as the first damages are noted on the leaves at a rate of an individual per seedling or even of an individual per leaf when the infestation is very serious. The introduction of the predator is done on a weekly basis, until the population is well established (generally after 2 or 3 releases)

The species collected from Malika belongs to the *Phytoseius* sp. De Moraes *et al.* (1989) [11]. It is confirmed as being *Phytoseius amba* (Eddie *et al.*, 2007) [12]. A species which is commonly seen in sample from Sine Saloum on crops and the weeds like *Chrosophora senegalensis* especially. It is known that several species in the genus are currently indexed as natural predator of *T. evansi* in Brazil (Furtado *et al.*, 2006) [13]. In non infested plots, It was noted in several occasions the presence of *Amblyseius swirskii* (Zannou *et al.*, 2007) [14] on the leaves of brinjal with treatment limited or treated with biological products (Garlic; Neem). This species also is involved in the biological control of the green mites of the manioc to Benin, Congo etc. Moreover, the predation of red spider mites under the

binocular microscope by Phytoseiidae was noted.

These botanical extracts have a positive effect as they do not prevent the establishment of Phytoseiidae in the crops in contrast to the majority of the chemicals. Between crops, Phytoseiidae appeared initially on *S. aethiopicum* then probably infested *S. melongena* (fig.3 & Fig.4) more damaged by tetranychids. They move fast and more to search for their preys especially over the renewal of the leaves by brinjal with low population of Tétranychids mites on the young leaves.

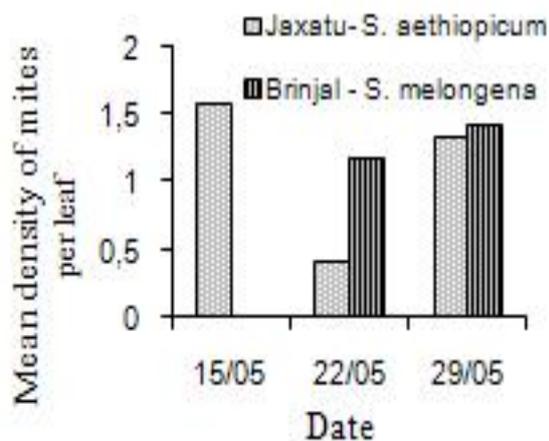


Figure 3 : Phytoseiidae population fluctuation over time in brinjal and eggplant plots.

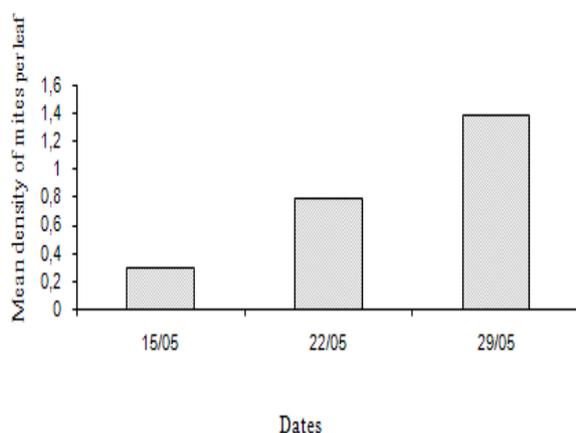


Figure 4 : Overall Phytoseiidae population over time.

It is difficult to correlate reduction of the tetranychid populations to the increase of phytoseiides due to the late appearance of the latter and their median numbers per leaf were

not very high. This have to led in sorting the the red spider mite means in ones in order to compare the mean of tetranychids on the leaves with phytoseiids and the means of tetranychids on the leaves without phytoseiids. Furthermore, the comparison made on the raw data, if one makes these comparison, a difference of more than 8 red spider mites per leaf and less than one with phytoseiidae (10,19 vs. 18,22).

Weeds

The conservation and the rearing of population of Phytoseiidae could be tried on the weeds listed like plants hosts of these beneficials (Duverney *et al.*, 2005) [4] such as *Chrozophora senegalensis*, *Urena lobata*, *Passiflora foetida* and *Waltheria indica*.

Larvae of Thrips

The appearance of Thrips, insects of the order Thysanoptera) noted in 2005 in a plot in Sokone area of Mboul Diame is likely a predator of the red spider mites in an eggplant. In fact, the larvae of this unidentified species prey on tetranychids, and are also like Phytoseiidae, of the potential biological control agents.

Conclusion

At the end of this preliminary study, the botanical extracts have shown promising prospects for the management of red spider mites in Senegal specially the association women of Niombato who may try these botanicals in order (1) to improve their incomes by controlling more effectively *Tetranychus evansi*, the most devastating mite on solanaceous and then (2) draw area of future research. The botanical extract are the potential (3) alternative to the chemicals.

All the three have shown (4) efficacy in controlling the populations of tetranychids compared to the untreated control, although garlic and the tobacco seem to be most efficient. They are likely (5)harmless to Phytoseiidae and thrip larvae.

The treatments should be made (6) very early and for several times, (7) applying extracts at the lower side of the leaves. The (8) three solanaceous crop in this study should not be grown next to each other or follow one another in the same crop rotation to avoid sourcing of infestation. Possibly, intercrop with others non solanaceous crops, and promote the presence of the compatible and non invasive weeds.

Further investigations should address the host range for *T. evansi* in Senegal; its distribution compared to the other species of Tetranychidae already found in the country as well as the population dynamics, a more complete inventory of beneficials

(Phytoseiidae mites, larvae of thrips) and the remanence of the plant extracts in the field.

Références Bibliographiques

- [1] **Markus Knapp, Ivy G. M. Saunyama, Ibrahima Sarr, Gilberto J. de Moraes. 2003.** *Tetranychus evansi* in Africa — Status, Distribution, Damage and Control Options. Abstract Deutscher Tropentag, October 8-10, 2003, Göttingen (1 page)
- [2] **De Moraes GJ, McMurtry JA, Baker EW. 1987.** Redescription and distribution of the spider mites *Tetranychus evansi* and *Tetranychus marianae*. *Acarologia* **28** (4), 333-344.
- [3] **Imeuda P. Furtado, Gilberto J de Moraes, Serge Kreiter, Markus Knapp. (2007).** Search for effective naturel enemies of *Tetranychus evansi* in south and southeast Brazil. *Experimental & applied acarology* 2007; 43(2) :121-7.
- [4] **Duverney C, Kade N, Guèye –Ndiaye A (2005)** Essai préliminaires pour limiter les dégâts de Tetranychidae sur les cultures maraichères dans le Sine Saloum (Senegal). Poster au 2^{ième} colloque international sur les acariens des cultures de l'AFPP.
- [5] **Ignace D. Zannou, Gilberto J. de Moraes, Eddie A. Ueckermann, Anibal R. Oliveiral, John S. Yaninek and Rachid Hanna (2006)** *Internat. J. Acarol.* 32(3): 241-276.
- [6] **Stoll, G. (2002)** Protection naturelle des végétaux en Zones tropicale. Margraf Verlag 2002. Deuxièmes édition revue et augmentée 387 pages
- [7] **McMurtry J. A., Croft B. A., 1997** Life-styles of Phytoseiidae mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291- 321
- [8] **Cochereau P. (1972)** Essai de lutte biologique contre *Tetranychus urticae* koch acarien ravageur des cultures maraichères en Nouvelle Calédonie ; au moyen de l'acarien prédateur *Phytosiulus persimilis* Athias Henriot. Nouméa : ORSTOM, 1972, 2 p. multigr.
- [9] **Cochereau P. (1973)** Lutte biologique contre *Tetranychus urticae* koch au moyen de *Phytoseiulus persimilis* Athias – Henriot sur cultures maraichères. Nouméa: ORSTOM, 1973, 37 p. multigr.
- [10] **Kreiter S, Garcin Tixier M. S, Bonafos.R, Auger P, Guichou S, Cheval B, Bourgeois. TH, Laporte.M, & Caumette.St, Avril (2003)** Les acariens ravageurs et auxiliaires des plantes. *Journée « Formation- Information »* 160 pages
- [11] **De Moraes G. J., McMurtry J. A., Van den Berg H., Yaninek and J. S., (1989)** Phytoseiid mites(acari: Phytiaeiidae) of Kenya, with descriptions of five new species and complementary descriptions of eight species. *Internat . J. Acarol.* Vol. 15, N^o 2. p 79-93.
- [12] **Eddie A . Eckermann, Ignace D. Zannou, Gilberto J. De Moraes, Anibal R. Oliveirai, Rachid Hanna & John S. Yaninek. 2007.** Phytoseiid mites of the subfamily Phytoseiinae (Acari:

Phytoseiidae) from sub-Saharan Africa.
Zootaxa 1658: 1-20 (2007)

[13] Ignace D. Zannou, Gilberto J. De Moraes, Eddie A . Eckermann, Anibal R. Oliveirai, John S. Yaninek & Rachid Hanna (2007). Phytoseiid mites of the subtribe Amblyseiina (Acari: Phytoseiidae: Amblyseiini) from sub-Saharan Africa.
Zootaxa 1550: 1–47 (2007)

RESUME

L'acarien rouge de la tomate *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard est un ravageur important des Solanaceae dans divers pays du monde. Il a été introduit accidentellement en Afrique sans ses ennemis naturels. Actuellement, on le trouve dans plusieurs pays africains dont le Sénégal, où il cohabite avec *T. urticae*. Ces derniers sont considérés comme des ravageurs clés dans les différents pôles maraîchers du Sénégal (Niayes de Dakar et Keur Babou Diouf à Fatick). L'origine supposée de *T. evansi* est l'Amérique du Sud. Quelques espèces de prédateurs ont été rapportées en association avec *T. evansi*. Cependant, différents tests réalisés en laboratoire ont pu démontrer l'inefficacité de ces prédateurs contre ce ravageur. L'objectif de la présente étude menée au Sénégal de Janvier 2009 à Juin 2011, est de chercher des agents de contrôle et des produits biologiques efficaces pour lutter contre les tétraniques en plein champ. Des prédateurs de la famille des Phytoseiidae ont été trouvés en association avec des tétraniques sur des cultures maraîchères et sur des adventices. Parmi ces prédateurs *Neoseiulus californicus* et *Amblyseius swirski* ont été les espèces les plus prometteuses comme agents de lutte biologique contre les tétraniques. Ces prédateurs ont été trouvés à Malika dans les Niayes de Dakar. Dans une étude expérimentale menée à Malika (Zone des Niayes, région de Dakar) et à Keur Babou Diouf (région de Fatick) du Sénégal, une alternative à la lutte chimique a été envisagée. Des extraits de plantes ont été testés au champ sur des espèces maraîchères sensibles aux acariens en particulier l'Aubergine (*Solanum melongena* L.), le Jaxatu (*S. aethiopicum* L.) et la Tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) en blocs randomisés. L'ail (*Allium sativum*), le neem (*Azadirachta indica*), le soufre et le dicofol ont été testés aux doses respectives de 5 kg/ha, 2 à 2,5 l/ha, 2 à 2,5 kg/ha et 2 l/ha. L'échantillonnage des populations d'acariens a été fait avant le traitement puis à la fréquence de sept jours. Les résultats obtenus, ont montré que : les traitements à base d'ail et de soufre sont efficaces contre les acariens rouges contrairement à la dose 2 g/l du soufre qui est moins efficace pour les fortes populations. Les acariens prédateurs de la famille des Phytoseiidae semblent épargnés par les produits de traitement utilisés, en particulier le soufre. Au terme de ce travail, nous proposons une séparation des cultures sensibles aux tétraniques et une utilisation des produits biologiques pour la lutte contre les tétraniques afin de préserver les prédateurs dans les périmètres maraîchers et dégageons quelques pistes de recherche à explorer dans le futur.

Mots clés : *Tetranychus evansi*, Tetranychidae, Solanaceae, lutte biologique, prédateurs, Phytoseiidae, *Neoseiulus californicus*, Sénégal.

Sélection d'ennemis et de produits naturels pour la lutte biologique contre *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard et *T. urticae* Koch (Acari : Tetranychidae), dans les Niayes (région de Dakar) et à Keur Babou Diouf (région de Fatick) au Sénégal.

ABSTRACT

The tomato red spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard is an important pest of Solanaceae in various countries of the world. It was accidentally introduced into Africa without its natural enemies. Currently, it is found in several African countries including Senegal, where he cohabits with *T. urticae*. They are considered key pests in different vegetable areas of Senegal (Niayes Dakar and Keur Babou Diouf Fatick) Senegal. The supposed origin of *T. evansi* is South America. Some species of predators have been reported in association with *T. evansi*. However, different laboratory tests have demonstrated the ineffectiveness of these predators against this pest. The aim of the present study in Senegal from January 2009 to June 2011 was to search control agents and organic products effective against spider mites in the field. Phytoseiid (Acari: Phytoseiidae) were found in association with mites on vegetable crops and weeds. Among these predators *Neoseiulus californicus* and *Amblyseius swirski* species were the most promising control agent of spider mites. These predators were found in the Niayes Malika Dakar. In an experimental study in Malika (Zone Niayes Dakar region) and Keur Babou Diouf (KBD Fatick) in Senegal we seek an alternative to chemical control. Biological herbal extracts were tested on field vegetable crops susceptible to mites especially eggplant (*Solanum melongena* L.), Jaxatu (*S. aethiopicum* L.) and Tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) in blocks randomized. Different products in various doses were tested: Garlic (*Allium sativum*), neem (*Azadirachta indica*), sulfur and dicofol were tested respectably at 5 kg/ha, 2 to 2,5 l/ha, 2 to 2,5 kg/ha et 2 l/ha with three replicates for every vegetable. Sampling and counting mite populations were made before treatment, then respectively: 7 days, 14 days and 21 days after. - All treatment products can control significantly Tetranychidae populations, garlic and sulfur (doses of 3 g/L and 3.5 g/l) appearing the most efficient. Dose 2 g/l of sulfur is less effective for large populations. - The phytoseiid mite predators of spider mites seem only partly affected by the treatment products used, particularly sulfur. At the end of this work, we propose a separation of the cultures sensitive to spider mites and a use of the biological products for the fight against the spider mite ones in order to preserve the predatory ones in vegetable gardens, and bring out some research ways to explore in the future.

Keywords: *Tetranychus evansi*, Tetranychidae, Solanaceae, biological control, predators Phytoseiidae, *Neoseiulus californicus*, Senegal.