

**SOME FACTORS AFFECTING THE ESTABLISHMENT OF
EXOTIC PHYTOSEIIDS IN A NEW ENVIRONMENT**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by

Benoît Mégevand
dipl. Ing. Agr. ETH
born August 1st, 1955
citizen of Plan-les-Ouates (Geneva)

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. M.S. Wolfe, examiner
Prof. Dr. V. Delucchi, co-examiner
Dr. J. Baumgärtner, co-examiner

2 SUMMARY

In the early 1970s, the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) was accidentally introduced from South America to Africa, causing an average of 30% reduction in cassava root yields. In 1980, the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) launched a classical biological control programme against *M. tanajoa* using exotic predatory mites of the family Phytoseiidae. Eleven phytoseiid species, each including several strains, were released in Africa over the years with only few successful establishments. One species, *Typhlodromalus aripo* DeLeon, got established in almost every release field, after rearing problems were overcome. For two other species, *Neoseiulus idaeus* Denmark and Muma, and *Typhlodromalus manihoti* Moraes, establishments were scarce for unknown reasons. In this thesis, we studied some factors that influence the establishment of these phytoseiids.

Classical biological control programmes consist of a number of well defined steps, among which rearing is often a major bottleneck in the success of these programmes. In chapters 4 and 5, the different rearing systems developed to produce sufficient numbers of phytoseiids needed for the biological control campaign, are described and discussed. A mother culture system provided pure and high quality colonies serving as inoculum to start mass production. Twenty phytoseiid strains were reared separately and no contamination ever occurred in the cultures. Oligophagous species were reared in the insectary on artificial substrate using an alternative prey, *Tetranychus urticae* Koch, as a food source. For phytoseiid species specific to *M. tanajoa*, an "on plant" rearing system was used in a greenhouse. A weekly production of over 60.000 phytoseiids could be maintained year-round. Advantages and disadvantages of the two different systems are described, as well as general requirements and constraints in rearing phytoseiids. Issues of quality control and measures taken to maintain the quality during rearing are also discussed.

The first factor to be considered when introducing a natural enemy into a new environment is its climatic adaptation. Air humidity can be a limiting factor in the establishment of phytoseiids, which are usually very sensitive to low air humidity. In chapter 6, the effect of air humidity, expressed as

water vapour pressure deficit (VPD), on egg hatchability of eight populations of three phytoseiid species with different ecological origins was investigated. Large differences in humidity response were found between species, with 50% of eggs hatching at a VPD of 23.19 hPa (i.e., 31% RH at 26°C) for *N. idaeus* and of 5.04 hPa (i.e., 85% RH at 26°C) for *T. manihoti*. *Euseius fustis* (Pritchard and Baker), a species indigenous to Africa, showed an intermediate response with 50% of eggs hatching at 11.76 hPa VPD (i.e., 65% RH at 26°C). Humidity response was found to be a species-specific trait, the variation of which can be large enough to differentiate strains within a species. These inter- and intraspecific differences could not be satisfactorily explained by geographic or climatic characteristics of the area of origin of the species/strains, but rather by the humidity regime experienced during their last 30 generations. The use of average meteorological data to define a climatic zone that makes biological sense with respect to small arthropods, is questioned. Extrapolation to field situation of the results obtained for the egg stage and under constant laboratory conditions is discussed.

For phytoseiids to persist in the field, they must be able to survive periods of low prey density. Phytoseiids that can feed on food sources other than *M. tanajoa* and that can adjust their metabolism to withstand such periods of prey scarcity have a better chance to establish and persist in the field. In chapter 7, the effect of prey deprivation and availability of plant exudate on oviposition and survival of phytoseiid females was investigated. Reproductive responses of ovipositing females of *N. idaeus* were measured under three dietary regimes consisting of *M. tanajoa* or *Oligonychus gossypii* (Zacher) combined with specific periods (24, 48, 72 and 96 hours) of starvation or periods of the same duration in which only cassava exudate was provided. These periods were applied after the females had laid at least one egg. The control treatments consisted of predators supplied with a continuous diet of either *M. tanajoa* or *O. gossypii*. It was found that ovipositional period and survival were prolonged with prey-deprivation. Following a period of prey-deprivation, ovipositional rates recovered to the same or higher level than those of the control. Depending on the regime, females could withstand periods of 24 to 72 h prey-deprivation without reduction in their reproductive potential. Exudate feeding helped females to withstand periods of prey-deprivation by sustaining their maintenance metabolism, and allowed for a high reproductive potential to be maintained for extended periods. It was shown that oviposition was not dependent on chronological age but on physiological age (measured as past egg

production). During periods of food shortage, resources were allocated primarily to maintenance at the expense of reproduction. Neither the sex ratio nor the hatching success of the progeny were affected by starvation.

3 RESUME FRANÇAIS

Au début des années 1970, l'acarien vert du manioc *Mononychellus tanajoa* (Bondar) a été introduit accidentellement depuis l'Amérique du Sud en Afrique. Il occasionne en moyenne 30% de perte de rendement en racines de manioc. En 1980, l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) a mis sur pied un programme de lutte biologique classique contre *M. tanajoa* en utilisant des acariens prédateurs exotiques appartenant à la famille des Phytoseiidae. Onze espèces de Phytoséides, chacune comprenant plusieurs souches, ont été lâchées en Afrique. Ces lâchers n'ont abouti qu'à un nombre restreint d'établissements. Une espèce, *Typhlodromalus aripo* DeLeon, s'est établie dans presque tous les champs où elle a été lâchée. Mais les lâchers n'ont été possibles qu'une fois les problèmes d'élevage résolus. Pour deux autres espèces, *Neoseiulus idaeus* Denmark et Muma et *Typhlodromalus manihoti* Moraes, les nombreux lâchers effectués n'ont été suivis que de très peu d'établissements. Les raisons en restent inexplicables. Cette thèse étudie quelques facteurs influençant l'établissement de ces phytoséides.

L'élevage est souvent une pierre d'achoppement pour le succès des programmes de lutte biologique classique. Dans les chapitres 4 et 5, nous décrivons les différents systèmes d'élevage mis au point pour produire les quantités de phytoséides nécessaires à la campagne de lutte biologique. Un système de cultures-mères fournit des colonies pures de bonne qualité, servant d'inoculum pour la production en masse. Vingt souches de phytoséides sont élevées simultanément sans qu'aucune contamination n'ait eu lieu. Les espèces de phytoséides oligophages sont élevées en laboratoire sur des supports artificiels et nourries de proies alternatives, *Tetranychus urticae* Koch. Pour les espèces spécifiques à *M. tanajoa*, on utilise un système d'élevage sur plantes en serre. Une production hebdomadaire de plus de 60.000 phytoséides peut être maintenue tout au long de l'année. Les conditions générales et les contraintes de l'élevage en masse de phytoséides sont décrites, ainsi que les avantages et les désavantages des deux modes d'élevage utilisés. Les problèmes de qualité des élevages et les mesures prises pour maintenir cette qualité sont également discutés.

Le premier facteur à considérer lors de l'introduction d'un ennemi naturel dans un nouvel environnement est son adaptation climatique. L'humidité de l'air peut être un facteur limitant pour l'établissement des phytoséides, car ceux-ci sont généralement très sensibles à un faible taux d'humidité de l'air. Dans le chapitre 6, nous étudions l'effet de l'humidité, exprimée en déficit de pression de vapeur d'eau (VPD), sur l'éclosion des oeufs de huit populations appartenant à trois espèces de phytoséides ayant différentes origines écologiques. On observe de grandes différences dans la réponse à l'humidité entre les espèces, avec 50% d'éclosion à un VPD de 23,19 hPa (= 31% HR à 26°C) pour *N. idaeus* et de 5,04 hPa (= 85% HR à 26°C) pour *T. manihoti*. *Euseius fustis* (Pritchard and Baker), une espèce indigène en Afrique montre une réponse intermédiaire avec 50% d'éclosion à 11,76 hPa VPD (= 65% HR à 26°C). La réponse à l'humidité est un caractère typique de l'espèce, dont la variation peut être suffisamment grande pour différencier des souches à l'intérieur d'une espèce. Ces différences inter- et intraspécifiques ne peuvent être expliquées par les caractéristiques géographiques ou climatiques de la région d'origine de ces espèces/souches, mais plutôt par le régime d'humidité subi pendant leur 30 dernières générations. L'utilisation de données météorologiques moyennes pour définir des zones climatiques ayant un sens biologique pour de petits arthropodes est remise en question. L'extrapolation à une situation au champ de résultats obtenus sur des oeufs et dans des conditions de laboratoire constantes est discutée.

Pour que des phytoséides puissent persister au champ, ils doivent être capables de survivre lors des périodes de faible densité de proies. Les phytoséides qui peuvent exploiter d'autres sources de nourriture que *M. tanajoa*, et qui peuvent ajuster leur métabolisme pour résister à de telles périodes, ont de meilleures chances de s'établir et de persister au champ. Dans le chapitre 7, nous étudions l'effet de la privation de proies et de la disponibilité d'exsudat de plantes sur l'oviposition et la survie de phytoséides femelles. La reproduction de femelles de *N. idaeus* est mesurée sous trois régimes alimentaires constitués de *M. tanajoa* ou de *Oligonychus gossypii* (Zacher) combinés avec des périodes (24, 48, 72 et 96 heures) de jeûne ou durant lesquelles de l'exsudat de manioc leur était offert. Ces périodes sont appliquées après que les femelles ont pondu au moins un oeuf. Les traitements témoins sont constitués de femelles nourries continuellement de *M. tanajoa* ou de *O. gossypii*. On observe que la durée d'oviposition ainsi que la survie sont prolongées par la privation de proies,

et qu'après une période sans proie, les taux d'oviposition retrouvent le même niveau, ou un niveau supérieur à ceux des témoins. Les femelles résistent sans diminution de leur potentiel de reproduction à des périodes sans proie allant de 24 à 72 heures, suivant le régime. La disponibilité d'exsudat aide les femelles à résister à des périodes sans proie, en contribuant au métabolisme de maintien et permet aux femelles de garder leur potentiel de reproduction plus longtemps. L'oviposition n'est pas dépendante de l'âge chronologique des femelles, mais plutôt de l'âge physiologique, mesuré en termes d'oviposition passée. Pendant les périodes de manque de nourriture, les ressources sont allouées en priorité au métabolisme de maintien aux dépens de la reproduction. Ni l'éclosion des oeufs, ni le sex-ratio des descendants de femelles privées de nourriture ne sont affectés.