



National Library  
of Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street  
Ottawa, Ontario  
K1A 0N4

Bibliothèque nationale  
du Canada

Direction des acquisitions et  
des services bibliographiques

395, rue Wellington  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0N4

*Your file    Votre référence*

*Our file    Notre référence*

## NOTICE

The quality of this microform is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us an inferior photocopy.

Reproduction in full or in part of this microform is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30, and subsequent amendments.

## AVIS

La qualité de cette microforme dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de qualité inférieure.

La reproduction, même partielle, de cette microforme est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30, et ses amendements subséquents.

Canada

La lutte intégrée contre l'acarien vert (*Mononychellus tanajoa*  
(Bondar)) du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) au Burundi.

par

Pascal NDAYIRAGIJE

Thèse présentée à l'école des études supérieures pour l'obtention  
du grade de maîtrise en Sciences

à l'université d' Ottawa.



Pascal Ndayiragije, Ottawa, Canada, 1992



National Library  
of Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street  
Ottawa, Ontario  
K1A 0N4

Bibliothèque nationale  
du Canada

Direction des acquisitions et  
des services bibliographiques

395, rue Wellington  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0N4

*Your file* *Votre référence*

*Our file* *Notre référence*

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

The author retains ownership of the copyright in his/her thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her permission.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-80066-6

Canada



UNIVERSITÉ D'OTTAWA  
UNIVERSITY OF OTTAWA

## **Résumé**

L'acarien vert, Mononychellus tanajoa (Bondar) est l'un des plus importants ravageurs du manioc au Burundi. Au cours de cette étude, cet acarien a été observé toute l'année, dans les plantations de manioc où il atteint son niveau maximal de population en saison sèche. La saison pluvieuse coïncide à de faibles densités de ce déprédateur. Sa distribution verticale sur la plante est concentrée au sommet sur les jeunes feuilles, surtout sur les 3<sup>ième</sup>, 4<sup>ième</sup> et 5<sup>ième</sup> feuilles. Lors de fortes infestations, la plante perd prématurément ses jeunes feuilles.

L'étude de l'impact de ces attaques sur la production du manioc a été réalisée en utilisant trois variétés, dont les chutes de rendement en tubercules frais s'élèvent à 21,5% pour la Nakasi, 12,8% pour la Criolinha et 9,7% pour la Mpambayabashengera. Les pertes de feuilles de ces trois variétés sont 30,7% pour la première, 19,5% pour la deuxième et 13% pour la troisième. La réduction de la croissance a été évaluée, en terme de pertes de boutures qui sont énumérées selon l'ordre précédent: 27,7%, 22,3% et 13,1%. Ces estimations ont été réalisées en comparant les productions des parcelles non protégées et celles des parcelles protégées avec un acaricide, le Curacron E.C. 40% (O-4-bromo-2-Chlorophenyl O-ethyl S-propyl phosphorothioate) à la dose de 200g m.a./ha. Les parcelles

ont été récoltées 12 mois après les dates de plantation. Les investigations sur les meilleures dates de plantation utilisant deux variétés, la Nakarasi et la Criolinha, en plantant tous les mois, à partir de mi-novembre jusqu'à la mi-avril et en adoptant le système de parcelles non protégées et protégées avec le même acaricide que l'expérimentation précédente, ont montré que les productions en tubercules les plus élevées ont été obtenues à la mi-février alors, que les productions les moins élevées ont coïncidé avec la mi-avril. En comparant ces dates de plantations, il y a une différence de 47% de production. Aucune différence significative n'a été enregistrée pour les 5 premières dates alors qu'il y a une différence très hautement significative entre les 5 premières dates et la 6ième date de plantation ( $P < 0,001$ ).

L'inventaire des ennemis naturels locaux a mis en évidence 40 phytoseiidés parmi lesquels une seule espèce, Euseius fustis, est régulièrement observée sur le manioc. Iphiseius depenerans manifeste une distribution sporadique sur le manioc. Deux espèces, Euseius talinga et Euseius bwende sont rarement trouvées sur cette culture.

Parmi les insectes prédateurs, Holobus fageli, H. pallidicornis, Stethorus aethiops et S. fujumus étaient régulièrement observés sur le manioc lorsqu'il y avait de fortes pullulations du ravageur.

Deux phytoseiidés exotiques, Neoseiulus idaeus et Typhlodromalus limonicus, originaires du Brésil ont été introduits et lâchés sur le manioc. Seul T. limonicus a été retrouvé sur les plantes où il a été lâché et s'est dispersé à travers tout le champ. Ce phytoseiidé a une distribution verticale sur la plante qui est similaire à celle de sa proie.

L'évaluation de la résistance des 20 variétés de manioc a montré une corrélation négative significative entre la pilosité et les dégâts foliaires ( $r=-0,46$ ;  $P<0,05$ ) causés par l'acarien vert alors que la résistance biochimique basée sur la concentration des cyanures dans les feuilles de manioc ne semble pas être évidente.

Les prospections réalisées sur les différentes plantes, et sur 35 espèces appartenant à la famille des Euphorbiaceae, permettent de conclure que l'acarien vert, M. tanajoa, est inféodé au genre Manihot, et que c'est donc un ravageur monophage.

### Abstract

The Cassava green mite, Mononychellus tanajoa (BONDAR), (CGM) is a serious pest of cassava throughout the growing season in Burundi. It was found most frequently on the upper growing portion of the plant (3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> stage leaves).

Heavy infestation occurs during the dry season, coinciding with the time of maximum population increase, whereas lower infestation occurs in the wet season.

Significant yield losses of fresh root, cuttings and leaf weight occurred for all varieties (Nakarasi, Crolinha, Mpambayabashengera) due to CGM infestation.

Two varieties (Nakarasi and Mpambayabashengera) were planted each month from mid-November to mid-April. Planting in mid-April yielded significantly less fresh tuber than all other planting dates ( $P < 0.001$ ).

Of 40 identified phytoseiid mites which occur in Burundi, only Eseius fustis was regularly observed on cassava, whereas E. talinga and E. bwende were rarely present. Iphiseius degenerans was also observed but not as frequently as E. fustis.

Predatory insects (Holobus fageli, H. pallidicornis, Stethorus aethiops, S. fujunus and some families like Chrysopidae, Hemerobiidae and Anhocoridae) were recorded on cassava during CGM outbreaks.

Of two predatory phytoseiids introduced (Typhlodromalus limonicus and Neoseiulus idaeus) and released twice during the

study period on two varieties of cassava (Nakarasi and Mpambayabashengera), only one was recovered in the rainy season when the CGM population is normally low. This may indicate its potential use as a biological control agent.

Mean mite densities, leaf damage, pubescence and leaf cyanide content of twenty cassava varieties were evaluated for resistance. Pubescence was negatively correlated with leaf damage ( $r = -0,46$ ;  $p < 0.05$ ) whereas no relation was found between cyanide and leaf damage.

A systematic sampling of 35 species of potential alternate host plants in the Euphorbiaceae for CGM did not result in recovery of this species, which may indicate that CGM is a monophagous herbivore on Manihot in Burundi.

### Remerciements

Au terme de cette étude, je voudrais formuler mes sincères remerciements au Professeur B.J.R.Philogène pour avoir inspiré cette thèse et avoir accepté de la diriger.

Durant tout le travail, j'ai hautement apprécié la valeur de son soutien scientifique, intellectuel et moral, ainsi que matériel et parfois financier.

Je souhaiterais également adresser mes sentiments de grande reconnaissance au Professeur J.T.Arnason dont les recommandations et suggestions éclairées ont beaucoup contribué à la réalisation de ce travail.

J'aimerais également exprimer mes profondes gratitudes à tous les professeurs des Universités d'Ottawa et de Carleton qui ont assuré avec bienveillance ma formation scientifique.

En ce moment solennel, je saisis cette occasion de renouveler mes remerciements au Dr H.Herren, Directeur du centre de lutte biologique pour l'Afrique. C'est grâce à l'intérêt constant qu'il a manifesté pour ce projet que la recherche a pu aboutir.

Qu'il me soit permis de présenter mes vives sympathies à mes collègues de laboratoire, avec qui je viens de passer un agréable séjour. Tous ont su maintenir une atmosphère favorable à la réalisation de mon travail par leur franche amitié, et je tiens à relever ici l'aide efficace que Natalie et France m'ont réservée. J'ai particulièrement à coeur de souligner l'accueil chaleureux de Cliff Binninger au sein de sa famille.

Enfin, je ne voudrais pas terminer sans remercier très sincèrement Dr J.Ndikumana, ancien Directeur général de l'ISABU pour sa franche collaboration et l'efficacité de son soutien constant.

A ma chère épouse, Thérèse,

A mes enfants:

Elida

Fernand

Clémentine

Je dédie ce travail en hommage à leur amour, leur soutien constant,  
et à leur longue attente.

# Table des matières

ix

|                                                     | page      |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Résumé.....                                         | i         |
| Abstract.....                                       | iv        |
| Remerciements.....                                  | vi        |
| Table des Matières.....                             | ix        |
| Liste des Figures.....                              | xii       |
| Liste des Tableaux .....                            | xv        |
| Liste des Abréviations.....                         | xvi       |
| <b>Chapitre I. INTRODUCTION .....</b>               | <b>1</b>  |
| 1.1. Le manioc et son ravageur, l'acarien vert..... | 1         |
| 1.2. Hypothèse .....                                | 12        |
| 1.3. Revue de littérature .....                     | 13        |
| 1.3.1. Acarien vert du manioc.....                  | 13        |
| 1.3.1.1. Origine et dispersion .....                | 13        |
| 1.3.1.2. Systématique .....                         | 13        |
| 1.3.1.3. Bioécologie .....                          | 15        |
| 1.3.1.4. Dégâts.....                                | 21        |
| 1.3.2. Méthodes de lutte .....                      | 25        |
| 1.3.2.1. Lutte chimique .....                       | 25        |
| 1.3.2.2. Lutte culturale .....                      | 28        |
| 1.3.2.3. Résistance variétale .....                 | 33        |
| 1.3.2.4. Lutte biologique .....                     | 37        |
| 1.3.2.5. Biologie des phytoseiidés .....            | 40        |
| <b>Chapitre II. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....</b>     | <b>45</b> |
| 2.1. Conditions écologiques des champs              |           |
| d'expérimentation .....                             | 45        |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2.2. Dispersion verticale de l'acarien                         |    |
| vert sur la plante .....                                       | 46 |
| 2.3. Dispositifs expérimentaux .....                           | 47 |
| 2.4. Lâchers des phytoseiidés exotiques .....                  | 51 |
| 2.5. Inventaire des ennemis naturels locaux .....              | 53 |
| 2.6. Montage et identification des phytoseiidés .....          | 56 |
| <b>Chapitre III. RESULTATS</b> .....                           | 57 |
| 3.1. Importance économique de l'acarien                        |    |
| vert du manioc .....                                           | 57 |
| 3.1.1. Distribution de l'acarien                               |    |
| vert sur la plante de manioc .....                             | 57 |
| 3.1.2. Dynamique des populations de                            |    |
| l'acarien vert sur trois variétés de manioc .....              | 68 |
| 3.1.3. Estimation des pertes de rendement .....                | 75 |
| 3.1.4. Incidence agronomique de l'acarien vert sur             |    |
| les performances du manioc en relation avec                    |    |
| la variété et la période de plantation .....                   | 81 |
| 3.2. Lutte biologique .....                                    | 86 |
| 3.2.1. Inventaire des ennemis naturels dans                    |    |
| la région de l'Imbo .....                                      | 86 |
| 3.2.2. Dispersion horizontale de <u>Typhlodromalus</u>         |    |
| <u>limonicus</u> dans le champ de manioc .....                 | 90 |
| 3.2.3. Étude de la population des Phytoseiidés:                |    |
| répartition verticale de <u>T. limonicus</u> et <u>Euseius</u> |    |
| <u>fustis</u> sur la plante de manioc .....                    | 93 |
| 3.2.4. Étude comparée de la dynamique des populations          |    |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| du ravageur dans les parcelles de lâchers                  |     |
| et témoins .....                                           | 98  |
| 3.3. Résistance variétale .....                            | 103 |
| 3.4. Spectre des plantes hôtes .....                       | 115 |
| <b>Chapitre IV. DISCUSSION</b> .....                       | 120 |
| 4.1. Introduction .....                                    | 120 |
| 4.2. Distribution de <u>M. tanajoa</u> sur la plante ..... | 121 |
| 4.3. Dynamique des populations du ravageur .....           | 122 |
| 4.4. Dégâts .....                                          | 125 |
| 4.5. Lutte culturale .....                                 | 127 |
| 4.6. Lutte biologique .....                                | 129 |
| 4.7. Résistance variétale .....                            | 134 |
| 4.8. Plantes hôtes alternatives .....                      | 137 |
| 4.9. Conclusions et Recommandations .....                  | 141 |
| 5. Références bibliographiques .....                       | 143 |

## Liste des Figures

## Page

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Carte du Burundi montrant la région de l'Imbo .....                                                                                                                         | 3  |
| 2. Superficie occupée par le manioc par habitant<br>et par région naturelle.....                                                                                               | 6  |
| 3. Cycle de développement de <u>M. tanaioa</u> à 27°C<br>et 70% H.R. ....                                                                                                      | 18 |
| 4. Disposition des plantes pour l'étude de la dispersion<br>horizontale de <u>T. limonicus</u> .....                                                                           | 54 |
| 5. Feuille de manioc .....                                                                                                                                                     | 58 |
| 6. Distribution verticale de l'acarien vert sur<br>trois variétés de manioc .....                                                                                              | 60 |
| 7. Comparaison des populations de l'acarien vert<br>par rang de la feuille sur la plante de manioc .....                                                                       | 62 |
| 8. Distribution verticale de l'acarien vert<br>sur la feuille de manioc .....                                                                                                  | 64 |
| 9. Comparaison des populations de l'acarien vert<br>sur trois parties de la feuille .....                                                                                      | 66 |
| 10. Dynamique des populations de l'acarien vert<br>sur trois variétés de manioc en fonction de<br>la pluviométrie dans les parcelles non traitées<br>avec de l'acaricide ..... | 69 |
| 11. Evolution des coefficients d'attaques<br>en fonction de la pluviométrie dans<br>les parcelles non traitées avec acaricide .....                                            | 73 |

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12. Dynamique des populations de l'acarien vert<br>sur la variété sensible à l'acariose dans<br>les parcelles protégées avec acaricide..... | 76  |
| 13. Évolution des pertes de rendement en fonction<br>de la variété et de la date de plantation du manioc ...                                | 82  |
| 14. Comparaison des productions en tubercules frais<br>pour six dates de plantation du manioc .....                                         | 84  |
| 15. Dispersion horizontale de <u>Typhlodromalus</u><br><u>limonicus</u> dans le champ de manioc .....                                       | 91  |
| 16. Dispersion verticale de <u>Typhlodromalus</u><br><u>limonicus</u> et <u>Euseius fustis</u> sur la variété Nakarasi ...                  | 94  |
| 17. Distribution verticale de <u>Typhlodromalus</u><br><u>limonicus</u> et <u>Euseius fustis</u> sur la variété<br>Mpambayabashengera ..... | 96  |
| 18. Dynamique des populations de l'acarien vert dans<br>les parcelles des lâchers et témoins: variété Nakarasi .                            | 99  |
| 19. Dynamique des populations de l'acarien vert dans<br>les parcelles des lâchers et témoins:<br>variété Mpambayabashengera .....           | 101 |
| 20. Coefficients d'attaques et nombres d'acariens verts<br>correspondants des 20 variétés .....                                             | 105 |
| 21. Corrélation entre les coefficients d'attaques et<br>les nombres d'acariens verts des 20 variétés .....                                  | 107 |
| 22. Les coefficients d'attaques et la pilosité<br>des 20 variétés .....                                                                     | 110 |
| 23. Corrélation entre les coefficients d'attaques et<br>la pilosité .....                                                                   | 112 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 24.Relation entre les coefficients d'attaques et<br>les concentrations en cyanures ..... | 116 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Liste des Tableaux

## Page

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Production vivrière du Burundi: année 1989 .....                            | 9   |
| 2. Différentes formes de la consommation du manioc<br>au Burundi .....         | 10  |
| 3. Pertes de rendement des trois variétés de manioc dues à<br>l'acariose ..... | 79  |
| 4. Production du manioc .....                                                  | 80  |
| 5. Phytoseiidés récoltés au Burundi .....                                      | 87  |
| 6. Dégâts foliaires en fonction des cyanures .....                             | 114 |
| 7. Noms des variétés de manioc .....                                           | 104 |
| 8. Plantes appartenant à la famille des Euphorbiaceae ....                     | 118 |

**Liste des Abréviations**

|        |   |                                                |
|--------|---|------------------------------------------------|
| AC.    | : | acariens                                       |
| ATT.   | : | attaque                                        |
| A.V.   | : | acarien vert                                   |
| COEFF. | : | coefficient                                    |
| D.L.   | : | degré de liberté                               |
| G.     | : | gramme                                         |
| HCN    | : | acide cyanhydrique                             |
| IITA   | : | Institut international d'agriculture tropicale |
| ISABU  | : | Institut des sciences agronomiques du Burundi  |
| NB.    | : | nombre                                         |
| PPM    | : | partie par million                             |
| S.E.   | : | erreur standard                                |
| SNS    | : | service national des statistiques du Burundi.  |

## CHAPITRE I: Introduction

### 1.1. Le Manioc et son ravageur, l'acarien vert

Le manioc, plante vasculaire, fait partie des Phanérogames Angiospermes Dicotylédones. Il appartient à la famille des Euphorbiacées, genre Manihot appartenant à l'espèce esculenta (Silvestre et al., 1983).

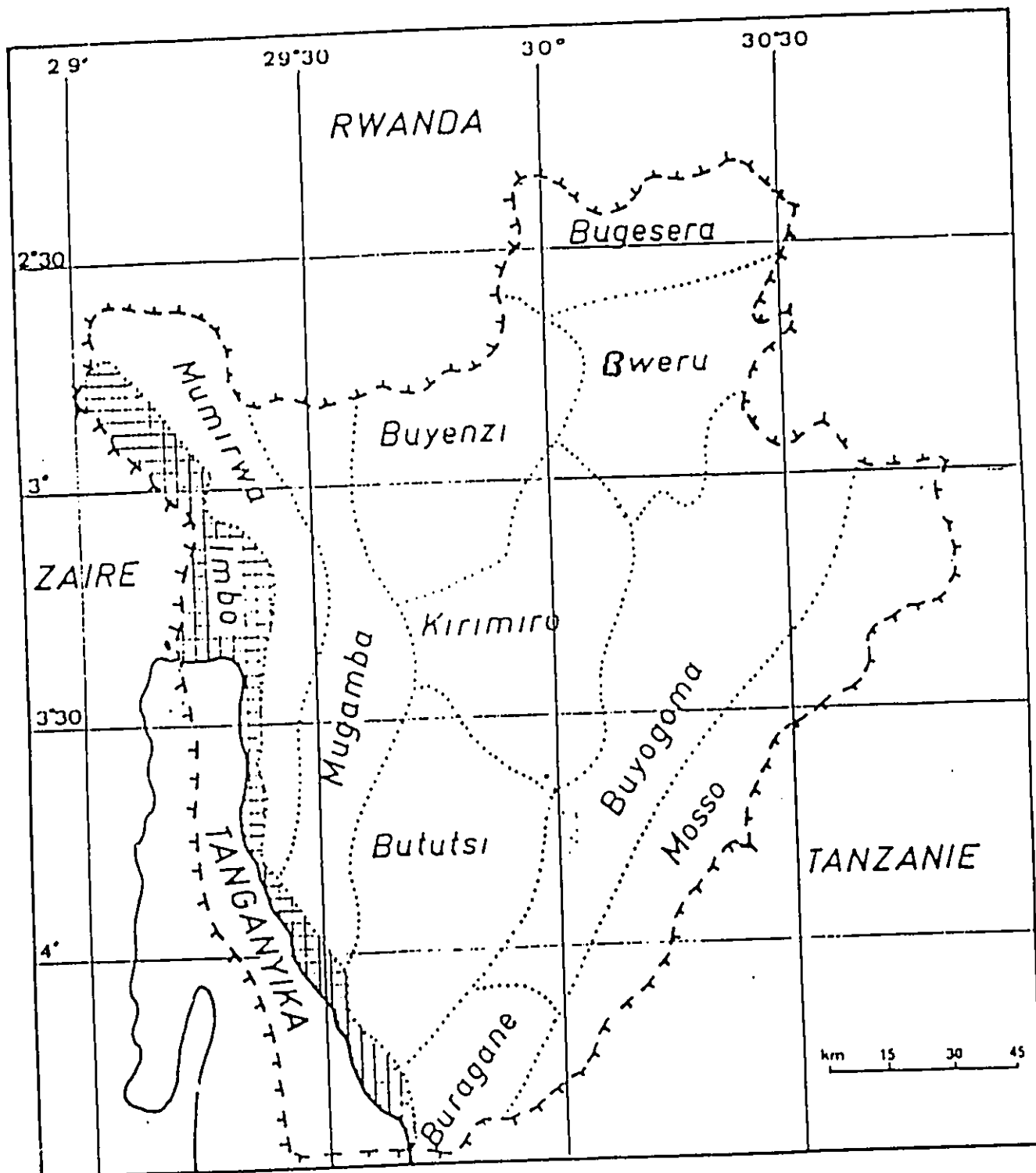
Cette Euphorbiacée se présente sous forme d'un arbrisseau, mesurant, suivant les variétés et les sols sur lesquels pousse la plante, 1 à 4m de hauteur. La ramification est en général trichotomique et les ports peuvent être en boule, rampant, étalé, dressé, érigé ou cylindrique. La tige a un diamètre ne dépassant pas 2-3cm et est en grande partie remplie de moelle. Les feuilles, portées par de longs pétioles, sont alternées, à multiples lobes foliaires de formes variées et sont en spirales sur la tige selon une phyllotaxie 2/5 (Silvestre et al., 1983). Certaines variétés de manioc fleurissent, par contre d'autres ne fleurissent pas.

La propagation de cette culture est réalisée par voie végétative au moyen de boutures et produit en moyenne 5 à 10 racines tubéreuses (Théberge, 1985). Une bouture peut donner trois tiges, le nombre de tiges formées dépendant à la fois du nombre de noeuds portés par la bouture et de la position de la bouture, les boutures plantées horizontalement donnent plus de tiges par rapport à d'autres dispositions (Silvestre et al., 1983).

Le manioc est une plante rustique présentant de grandes facultés d'adaptation à des situations écologiques variées et sous des conditions défavorables à d'autres cultures. Les températures moyennes favorables à sa croissance se situent entre 23°C et 25°C (Silvestre et al., 1983). Bien que cette plante s'accommode de toute espèce de sols, sa production est fonction de la qualité du sol. Elle préfère des terrains sablo-argileux profonds, meubles et bien drainés (Van Den Abeele et al., 1956). Selon Silvestre et al., (1983), la croissance de la culture est stoppée à des températures inférieures à 10°C. C'est une plante héliophile qui nécessite une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 1000 mm et 1200 mm. Toutefois, il est possible de développer des cultures de manioc sous des climats arides aux précipitations réduites pouvant atteindre 500 mm réparties sur 4 mois. Les sols acides jusqu'à pH 4, ou neutres à légèrement alcalins jusqu'à pH 7,5 sont bien tolérés; l'optimum paraît se situer à pH 5,5.

Le manioc est originaire de l'Amérique latine (Silvestre et al., 1983) où il est cultivé depuis le niveau de la mer jusqu'à 2000 m d'altitude (Bellotti et al., 1978). Cette culture a été introduite en Afrique par les navigateurs portugais vers le milieu du seizième siècle (Glass, 1988) et s'est directement adaptée aux systèmes cultureux traditionnels.

FIGURE 1: Carte du Burundi montrant la région de l'Imbo:  
Localité des expérimentations.

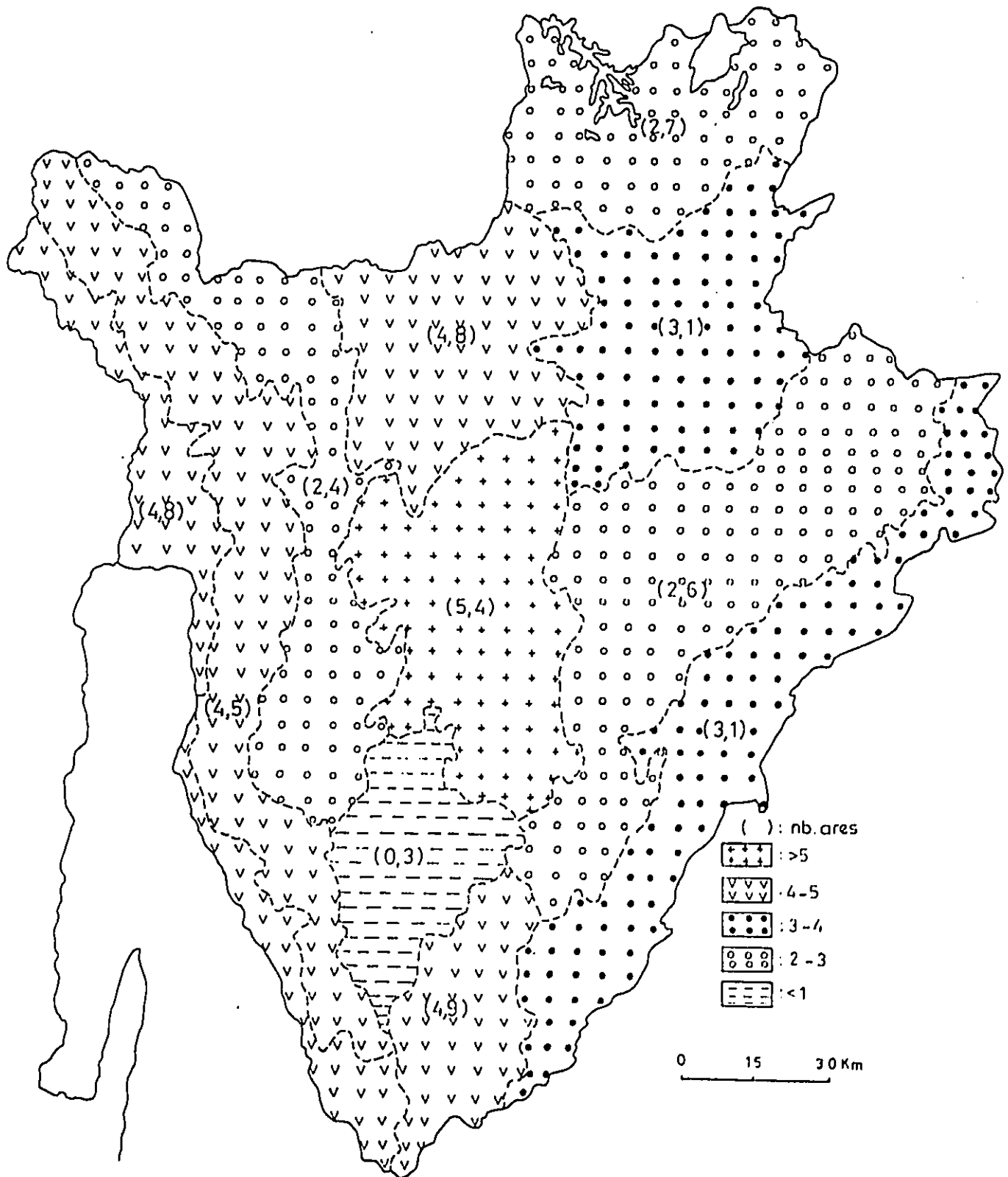


Aujourd'hui le manioc est cultivé dans 34 pays africains qui forment une ceinture qui part du Sénégal jusqu'au Mozambique.

Au Burundi, le manioc est cultivé en milieu paysan presque à travers tout le pays (Fig.: 2) et les parcelles sont très petites (<6 ares). L'installation des champs se fait par boutures posées obliquement par rapport au sol, sur billons ou buttes suivant les régions. Les dates de plantation peuvent être étalées sur toute l'année, mais les semis les plus importants sont ceux de juin-juillet (saison sèche) et de septembre-octobre (début de la reprise des pluies). Le système de monoculture prédomine en général, mais on trouve des associations culturales comme: Manioc-banane, Manioc-patate douce, manioc-maïs, Manioc-bananes-Colocases, Manioc-haricot, etc. Toutefois, il est regrettable que ces associations culturales ne reposent sur aucune étude préalable; tout se fait au hasard.

La détermination exacte de la période de récolte n'a toutefois pas, pour le manioc, l'importance qu'elle revêt pour les autres cultures. La récolte peut débuter à partir du neuvième ou douzième mois après les plantations pour les variétés dites précoces, tant amères que douces, alors qu'il faut attendre au moins quinze à dix-huit mois pour les variétés dites tardives. La précocité des variétés est plus prononcée en basse altitude qu'ailleurs

FIGURE 2: Superficie occupée par le manioc par habitant et par région naturelle. Notez: Le nombre d'ares de manioc cultivé par habitant dans chaque région naturelle est indiqué dans la légende.



(La culture du manioc au Burundi couvre une altitude qui va de 800 m à 1700 m). Lors de la récolte, l'agriculteur prélève la quantité dont il a besoin pour la consommation ou la vente le même jour, le reste étant conservé sur la plante dans le sol et les tubercules peuvent continuer à se développer.

La production annuelle s'élève à 642.300 tonnes de tubercules frais dont le rendement fluctue autour de 9t/ha et occupe, selon la production vivrière totale annuelle, le troisième rang après la banane à bière et la patate douce (Tableau 1). Le manioc est consommé sous diverses formes au Burundi. Les feuilles des variétés tant amères que douces sont consommées comme légumes après les avoir cuites à l'eau. Les tubercules des variétés douces sont directement consommés après simple cuisson alors que ceux des variétés amères subissent des transformations pour diminuer la concentration de l'acide cyanhydrique (Tableau 2).

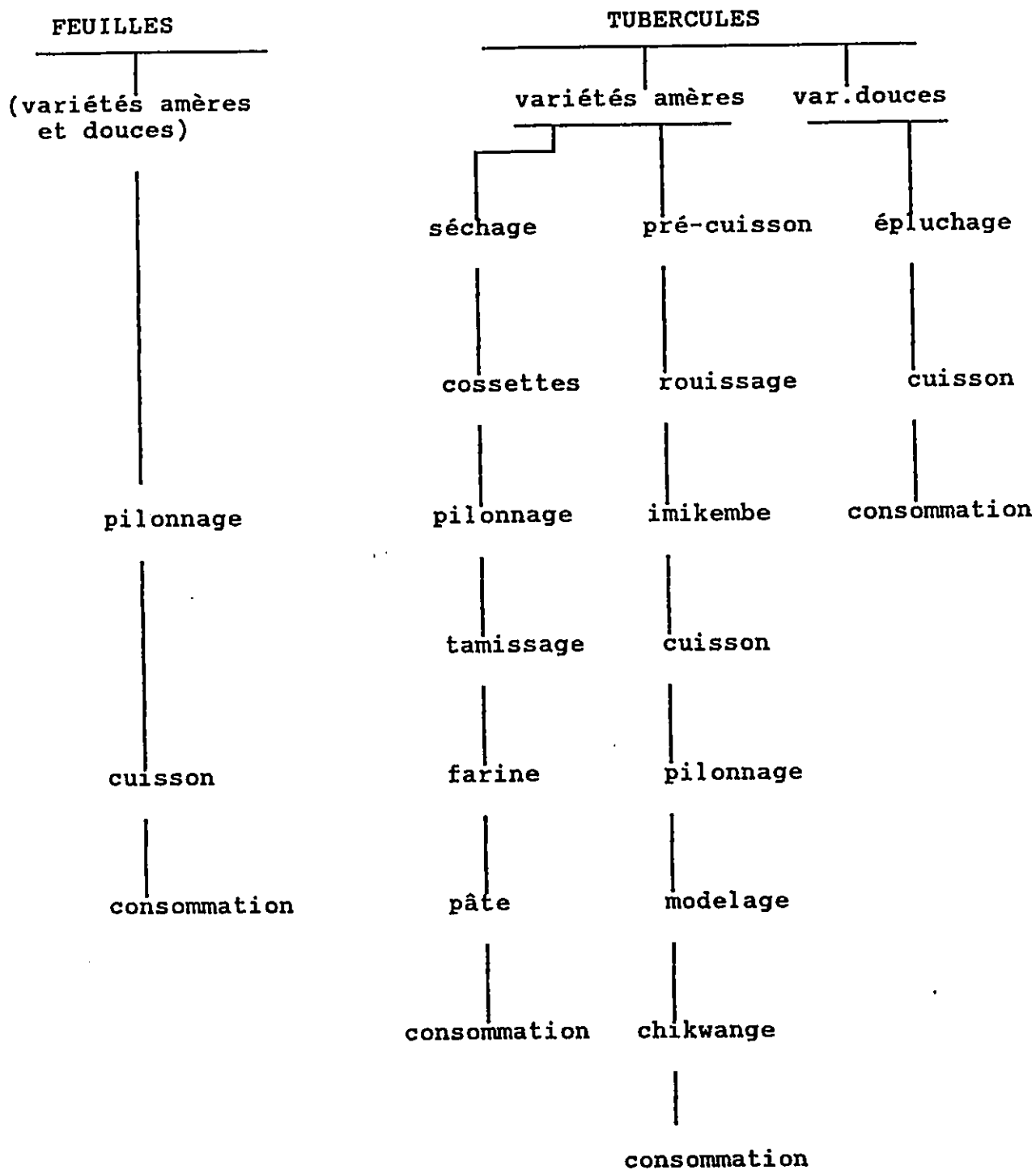
Au Burundi, les principaux ravageurs du manioc se limitent au criquet puant, Zonocerus variégatus L., à l'aleurode, Bémisia tabaci Genn., à la Cochenille farineuse, Phenacoccus manihoti Mat-Ferr. et l'acarier vert, Mononychellus tanajoa (Bondar). Le criquet puant cause des dégâts localisés, surtout lors des saisons sèches prolongées et, dans ce cas, on peut observer de fortes défoliations des champs surtout ceux situés à

TABLEAU 1. PRODUCTION VIVRIÈRE du Burundi : Année 1989

9

| CULTURE           | PRODUCTION<br>unité: Tonne | Pourcentage<br>de la production totale |
|-------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| mais              | 135400                     | 3,6                                    |
| riz               | 28000                      | 0,7                                    |
| blé               | 9300                       | 0,2                                    |
| sorgho            | 68700                      | 1,8                                    |
| eleusine          | 13600                      | 0,3                                    |
| haricot           | 220900                     | 5,8                                    |
| petits pois       | 29300                      | 0,8                                    |
| palmiers          | 10300                      | 0,3                                    |
| arachides         | 49000                      | 1,3                                    |
| soja              | 10500                      | 0,3                                    |
| fruits            | 28800                      | 0,8                                    |
| légumes           | 16900                      | 0,4                                    |
| manioc            | 642300                     | 1 7                                    |
| patates           | 661800                     | 1 7,5                                  |
| p.d.t.            | 32000                      | 0,8                                    |
| colocases         | 82400                      | 2,2                                    |
| ignames           | 4800                       | 0,1                                    |
| bananes légumes   | 607200                     | 1 6,0                                  |
| bananes bières    | 1030500                    | 2 7,2                                  |
| feuilles manioc   | 34100                      | 0,9                                    |
| courges           | 54800                      | 1,4                                    |
| canne a sucre     | 8000                       | 0,2                                    |
| tabac             | 4000                       | 0,1                                    |
| <b>TOTAL</b>      | <b>3782600</b>             | <b>100</b>                             |
| Source: SNS, 1989 |                            |                                        |

TABLEAU 2. DIFFÉRENTES FORMES DE LA CONSOMMATION DU MANIOC AU BURUNDI.



proximité de la brousse. Pour ce ravageur saisonnier, on préconise une lutte mécanique qui consiste à ramasser les insectes très tôt le matin lorsqu'ils sont encore engourdis par la fraîcheur de l'aube et les jeter au feu ou les enterrer.

Quant à la mouche blanche, cet insecte piqueur-suceur aspire la sève des plantes de manioc, mais ses principaux dégâts sont dûs à la transmission d'une maladie virale la mosaïque du manioc. Le système de lutte s'oriente vers l'utilisation des boutures provenant des plantes saines, des variétés résistantes et les plantations précoces au début des pluies.

La Cochenille farineuse du manioc, apparue au Burundi fin 1987, est originaire de l'Amérique du sud comme l'acarien vert. Les méthodes de lutte développées sont la lutte biologique utilisant un microphyménoptère parasitoïde introduit de l'Amérique du sud et on préconise des plantations précoces (au début de la saison des pluies).

Le dernier ravageur, Mononychellus tanajoa, appelé communément, acarien vert du manioc a été signalé au Burundi, en 1974 (Autrique, 1975). Cet acarien est originaire des Néotropiques où il est contrôlé par un système de lutte intégrée basé sur l'utilisation des variétés adaptées au système cultural traditionnel, l'action d'un complexe d'ennemis naturels

dont notamment les phytoseiidés et enfin l'action du climat (Bellotti et al., 1978; Bellotti et al., 1979).

La lutte chimique contre ce ravageur a été étudiée sur le continent africain et les résultats ont été jugés économiquement et écologiquement inefficaces (Nyiira, 1980). Des variétés résistantes sont déjà signalées sur ce continent (Nyiira, 1972; Shukla, 1976). Selon ces mêmes auteurs les pertes de rendement en tubercules frais peuvent atteindre 80% sur le continent africain. Au Burundi, le système lutte contre M. Tanajoa, n'est pas encore défini et c'est l'objet de notre étude. Pour cette raison la présente hypothèse a été proposée pour cette thèse.

## **1.2. Hypothèse**

L'utilisation des variétés résistantes, la connaissance des meilleures dates de plantations et l'amélioration de la régulation naturelle des populations du ravageur par l'introduction des Phytoseiidés du milieu d'origine de M. tanajoa, devraient contribuer à limiter les dégâts causés par l'acarien vert (Mononychellus tanajoa (Bondar)) dans le cadre d'un système de lutte intégrée contre l'acariose du manioc au Burundi. Nous tenterons donc d'établir comment chacun de ces éléments peut influencer l'établissement de l'acarien vert sur le manioc et le développement des infestations de cet important ravageur.

### **1.3. Revue de littérature**

#### **1.3.1. Acarien vert du manioc**

##### **1.3.1.1. Origine et dispersion**

L'acarien vert du manioc, M. tanajoa, originaire de l'Amérique latine, a été signalé pour la première fois sur le continent Africain (Ouganda) en 1971 (Nyiira, 1972; Lyon, 1973; Lyon, 1974).

La dispersion de cet acarien en Afrique a été décrite par Yaninek (1988). Les modes évoqués de dispersion sur le continent sont le transport éolien, phénomène couramment observé chez les Tétranychidés (Fleschner et al., 1956; Brandenburg et al., 1982; Boykin et al., 1984) et le transport au moyen du matériel végétal. L'acarien se déplace sur la plante en marchant. À partir de l'Ouganda, M. tanajoa a envahi 27 pays africains de la ceinture du manioc dans l'intervalle de 15 ans.

Cet acarien a été observé au Burundi fin 1974, (Autrique, 1975) et s'est directement répandu dans toutes les régions où l'on cultive le manioc.

##### **1.3.1.2. Systématique**

Un groupe de 23 espèces d'acariens appartenant à la famille des Tétranychidae a été identifié sur le manioc (Bellotti et al., 1978).

L'acarien vert du manioc appartient à l'embranchement des

Arthropodes, au sous-embranchement des Chélicérates, à la classe des Arachnides, à la sous-classe des Acariens, à l'ordre des Acariformes, au sous-ordre des Actinedida, à la famille des Tétranychidae, au genre Mononychellus, et à l'espèce tanajoa (Yaninek et al., 1990).

Cet acarien a été décrit pour la première fois au Brésil sous le nom de Tétranychus tanajoa (Bondar 1938 cité par Yaninek et al., 1990.) Fletchtmann et Baker (cité par Lyon, 1974) ont donné une nouvelle description de l'espèce et l'ont placée dans le genre Mononychus. Comme l'appellation Mononychus était déjà employée, Wainstein, en 1971, (cité par Yaninek et al., 1990) a proposé Mononychellus pour remplacer Mononychus, proposition qui a été acceptée.

L'identification de Mononychellus tanajoa, a été mise en cause, et Gutierrez (1987) a proposé que Mononychellus progressivus devrait remplacer M. tanajoa. Pour l'instant, l'acarien vert du manioc en Afrique doit être désigné par Mononychellus tanajoa (Bondar) (sensu lato) en attendant qu'une étude biotaxonomique détaillée apporte des précisions (Yaninek et al., 1990).

M. tanajoa est un acarien de couleur verte à vert-jaune couvert de soies, et dont la taille peut atteindre 0,2mm pour le mâle dont l'abdomen est effilé en forme de v, et 0,3mm pour la femelle dont le corps est plus

ovale. Les oeufs pondus isoléments sont ronds, de couleur jaunâtre à translucide, et leur diamètre peut atteindre 0,12mm.

#### **1.3.1.3. Bioécologie**

La biologie des tétranychidés a été révisée par Boudreaux (1963) et Van de Vrie et al. (1972). La reproduction en général est à la fois sexuée et parthénogénétique arrhénotoque, les oeufs fécondés donnant naissance aux femelles et les non fécondés produisant des mâles.

Le cycle de vie passe par différents stades: oeuf, larve à six pattes, protonympe, deutonympe et adulte. Les trois stades immatures passent par un état de quiescence appelé respectivement nymphochrysalide, deutochrysalide et télïochrysalide. Il y a une différence entre la durée de développement du mâle et celle de la femelle. Les mâles émergent les premiers et découvrent les télïochrysalides femelles et restent à côté d'eux pour qu'ils s'accouplent aussitôt que les jeunes femelles sortent de leur télïochrysalides. La femelle s'accouple une seule fois, les copulations subséquentes n'ont pas d'effets (Krainackel et al., 1991).

Le cycle de développement dépend de la température, de l'humidité et de la qualité de la nourriture (Van de Vrie et al., 1972). Il est intéressant de noter que, selon les mêmes auteurs, la résistance de Tétranychus urticae au déméton est négativement corrélée avec la fécondité.

Congdon et al. (1983) signalent que le cycle de vie de Oligonychus parensis étudié aux différentes températures, soit 19°C, 25°C et 31°C, avait une durée de développement respectivement de 18 jours, 8 jours et 6 jours à une humidité relative variant de 40 à 65% avec une photopériode de 14:10. Boudreaux (1958) mentionne qu'une humidité relative élevée est défavorable au potentiel biotique des Tétranychidés.

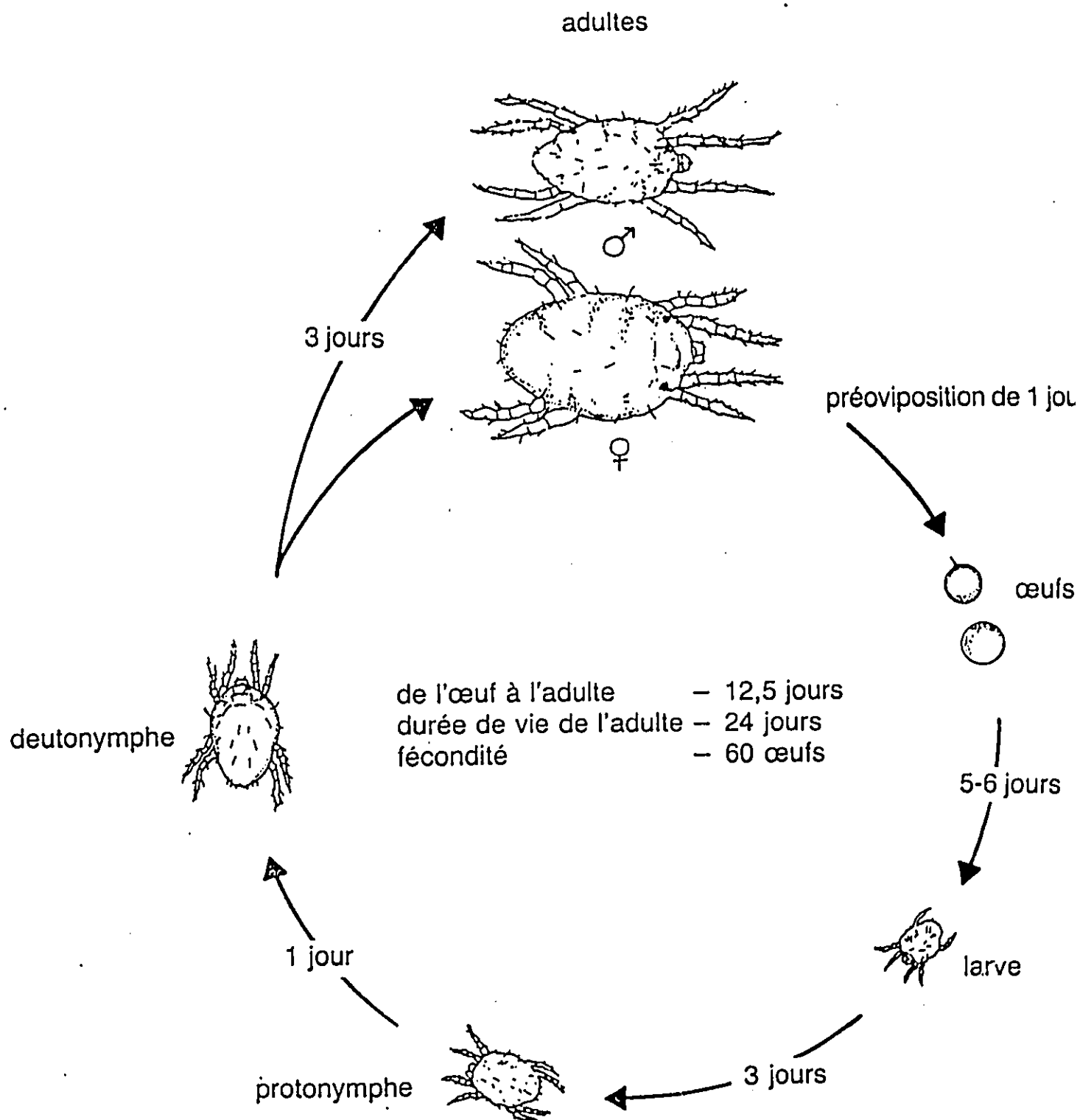
Les données disponibles sur le cycle de vie de M. tanajoa, sont celles obtenues au laboratoire. Yaseen et al. (1977) ont étudié la biologie de ce ravageur dans des conditions de  $26.8 \pm 2.2^\circ\text{C}$  en alternant l'humidité relative 82% le matin et 55% l'après-midi. Ils ont constaté les intervalles suivant: la précopulation durait 1-2 jours, 3-4 jours pour le développement larvaire, 1-2 jours pour le protonymphé et 2-3 jours pour le deutonymphé. La durée du développement de l'oeuf à l'adulte était de 11 à 13 jours. Les mâles émergent les premiers et restent à côté des téliochrysalides et la copulation a lieu dès que les femelles apparaissent. Les femelles produisent 21-65 oeufs pendant 8-14 jours et peuvent vivre pendant 18 jours.

Les mêmes études ont été réalisées par Nyiira (1978) au laboratoire à une température de  $22,9 \pm 8,6^\circ\text{C}$ . Il a observé que le préoviposition durait 1-2 jours, 2-3 jours pour le développement des larves, 3 jours pour les

protonymphes et 3 jours pour les deutonymphes. La durée de développement de l'acarien à partir de l'oeuf à l'adulte a été de 8-13 jours. Les conditions optimales de température pour la ponte était 32°C. Les températures de 14°C et 35°C sont respectivement, d'après le même auteur, des seuils inférieur et supérieur de développement du ravageur. Au cours de ces études, l'influence de la température sur l'incubation des oeufs a été démontrée entre 22.5°C et 28°C, l'incubation durait 5 jours alors qu'à 32°C, la durée n'était que de 4 jours, aucune éclosion d'oeuf n'a été relevée à 35°C. Les pontes ont été relevées entre 10 et 100% d'humidité relative, cependant, le maximum de ponte était observé entre 50 et 70%. La période de ponte variait de 12 à 23 jours et le nombre d'oeufs allait de 35 à 117. La longévité de la femelle était de 60 jours et la diminution de la ponte se manifestait durant les 5-10 derniers jours. Le taux moyen d'éclosion des oeufs était de 54.4% variant entre 25 et 100%. D'autres études ont été réalisées par Mwaka-Toko (1981), Yaninek et al. (1989b), ces chercheurs ont trouvé des résultats semblables à ceux des auteurs précédents. M. tanajoa est un ravageur monophage, parasitant uniquement le genre Manihot (Nyiira, 1978) et préférant les jeunes feuilles aux feuilles âgées. Ce ravageur s'installe sur la face inférieure du feuillage du sommet de la plante; on peut le trouver aussi

FIGURE 3: Cycle de développement de *M . tanajoa* à 27°C et 70 % H.R.

Source: Yaninek et al. (1990).



occasionnellement sur les fleurs et les pétioles des jeunes feuilles (Nyiira, 1972, 1977). En se nourrissant sur les feuilles, M. tanajoa perce avec sa paire de stylets, les cellules et suce le contenu fluide, provoquant une chlorose foliaire formée de petites taches sur la surface supérieure de la feuille (Yaninek et al., 1988). Les jeunes feuilles et les jeunes plantes hébergent un nombre plus important d'acariens verts que les plantes et feuilles âgées (Yaseen 1977; Yaninek et al., 1989a).

Une corrélation positive entre les populations de M. tanajoa et la concentration d'azote, de phosphore et parfois de potassium dans les feuilles a été notée (Nyiira 1977; Yaseen et al., 1977; Rodriguez, 1978). Une surexploitation de la plante par le ravageur oblige ce dernier à migrer vers d'autres plantes encore favorables à son alimentation.

Leuschener (1980) décrit la dispersion aérienne de cet arthropode. Le matin, les femelles adultes descendent des feuilles le long de fils soyeux qu'elles tissent. Des courants aériens peuvent alors les enlever et les emporter, parfois sur de grandes distances. Yaseen et al. (1977) notent qu'ils ont observé une dispersion couvrant 200m en trois semaines. L'autre mode de dispersion est celui qui se fait au moyen des boutures de manioc qui passent d'une région à une autre (Leuschener, 1980, Yaninek, 1988).

La dynamique de population de l'acarien vert se caractérise par une forte population en saison sèche, avec deux pics, le premier en saison sèche et le deuxième, moins important que le premier, au début de la saison des pluies (Yaseen, 1977; Samways, 1979; Luschner, 1980 et Akinlosotu, 1982).

La chute des populations de l'acarien vert coïncide avec la saison des pluies et certains auteurs parlent d'une action défavorable sur ces prédateurs. Toutefois, la façon dont la pluie agirait sur ces organismes n'est pas encore démontrée (Yaseen, 1977, Samways; 1979; Byrne et al. 1983; Yaninek et al. 1989a). Cette dynamique des populations peut être influencée par l'âge de la plante (Yaseen et al. 1977, Yaninek, 1989), la qualité nutritionnelle de la feuille (Nyiira, 1978) et la variété (Shukla 1976, Byrne et al. ; 1982; Byrne et al., 1983). Nyiira (1976) suppose que les pluies, pourraient être défavorables à la physiologie de l'acarien, et par conséquent provoqueraient la chute des populations de ce ravageur.

Il y a très peu d'études sur la biologie de M. tanajoa en fonction de la plante-hôte (Yaninek et al. 1988).

#### **1.3.1.4. Dégâts**

Les Tétranychidés phytophages se nourrissent sur leurs plantes hôtes en piquant les feuilles avec leurs deux stylets chélicéraux qui

forment par coaptation, une seringue de 100  $\mu\text{m}$  de long, et en suçant le contenu fluide des cellules à l'aide d'une pompe pharyngienne (André et al., 1984). Ces piqûres des cellules provoquent des pertes d'eau et la dégradation des chloroplastes, ce qui peut entraîner une diminution importante de la quantité de chlorophylle et par conséquent une réduction de la photosynthèse de la plante (Tomczyk et al., 1985). Les mêmes observations ont été faites par Rodriguez, 1978 et Mothes et al., 1981. Heilkiewicz (1985) a noté la déformation des parois cellulaires du mésophylle spongieux des fraisiers attaqués par Tétranychus urticae (Koch). Ces attaques peuvent entraîner des modifications biochimiques dans les feuilles des plantes endommagées.

Rasmy (1979) confirme que Eutetranychus orientalis (Banks), acarien brun des agrumes, provoque des chutes de concentrations de l'azote, du phosphore et du potassium dans les feuilles attaquées. T. urticae occasionne les mêmes dégâts sur les jeunes feuilles de chrysanthème et, en plus, il réduit la capacité photosynthétique de la plante (Kolodziej, 1974) et celles des fraisiers (Sances et al. 1982). Sur les concombres, le même parasite cause la réduction des sucres dans les feuilles.

M. tanajoa se nourrit, à tous les stades actifs, sur la face ventrale des jeunes feuilles situées à proximité des pousses terminales dont les

attaques engendrent une chlorose foliaire (Bellotti et al., 1978) qui se manifeste par des taches jaunâtres ayant la forme d'une tête d'épingle situées sur la face supérieure des feuilles endommagées (Théberge, 1985). Les symptômes des attaques de l'acarien vert peuvent être confondus avec ceux dûs à la mosaïque (maladie virale du manioc). La plage chlorotique due à la mosaïque est plus large que dans le cas de l'acariose.

Lors de fortes infestations, les feuilles du sommet sont rabougries, déformées et prennent une forme de griffes et finalement tombent prématurément (Nyiira, 1972). Au cours de la période de graves infestations, la croissance de la plante est ralentie, donnant naissance à des entre-nœuds courts (Autrique, 1975).

La réduction de la surface foliaire peut atteindre 95% (Hahn et al. 1980) et les chutes de concentration en chlorophylle peuvent varier de 23,7 à 60,6% pour la chlorophylle a et de 45,9 à 89,5% pour la chlorophylle b.

Les répercussions de ces attaques se manifestent sur la production du manioc. Nyiira (1972) signale des pertes de feuilles pouvant atteindre 75% et celles des boutures peuvent varier de 19 à 67% (Byrne et al., 1982b). Les plantes fortement attaquées produisent parfois des tubercules très sensibles aux pourritures (Shukla, 1976). Les chutes de rendement pour les tubercules se trouvent dans l'intervalle de 13 à 80%

sur le continent africain (Nyiira, 1972; 1976, Shukla, 1976; Ndayiragije, 1984). Sur le continent américain, les attaques du manioc par le complexe de Tétranychidés peuvent avoir une incidence économique dans les régions de basse altitude qui connaissent une sécheresse prolongée, lorsque le manioc est cultivé à grande échelle en monoculture (Braun et al. 1989). Dans ces conditions les productions de tubercules peuvent chuter de 8 à 73% (Doreste et al. cités par Yaninek et al., 1988; Byrne et al., 1982b, 1983).

En faisant l'analyse de l'impact des attaques de l'acarien vert sur le manioc, pour les différents paramètres cités ci-haut, aussi bien en Afrique qu'en Amérique du sud, on constate que les différentes variétés de manioc manifestent des niveaux de sensibilité à l'acariose qui varient dans un intervalle assez large.

Ceci mène à penser qu'il existerait des variétés plus résistantes que les autres. L'inventaire de ces variétés et l'identification de leurs mécanismes de résistance serait un point de départ pour définir un programme de lutte intégrée incluant la résistance du manioc au ravageur.

### 1.3.2.1. Lutte chimique

Les Tétranychidés ont pris une grande importance en agriculture quand on a commencé d'utiliser les pesticides de synthèse (Jeppson et al., 1975). L'application des acaricides sur les plantes peut modifier l'état biochimique de la plante-hôte en faveur du régime nutritionnel du ravageur. Cette situation est bien expliquée par Chaboussou (1965, 1980) en évoquant le phénomène de la trophobiose qu'il définit comme étant tout processus d'ordre trophique, susceptible d'entraîner l'exacerbation de la vitalité d'un animal et cette vitalité peut se traduire par plusieurs des phénomènes comme la fécondité, la longévité, la rapidité du cycle, le sex-ratio en faveur des femelles, etc. . .

Chaboussou (1965) a démontré que les pesticides comme le DDT, le carbaryl et le parathion appliqués sur le feuillage de la vigne peuvent conduire à des bouleversements biochimiques de la plante qui répondent aux exigences nutritionnelles de Tétranychus telarius, Eotetranychus carpini vitis et Tétranychus urticae.

Dans ces conditions, on peut avoir un développement brutal des populations de ces acariens phytophages. Suite à ces pullulations des Tétranyques induites par les traitements des pesticides, bien que n'étant

parfois que peu ou pas décimé, le prédateur se trouve impuissant à enrayer les massives multiplications d'origine trophique de ses proies.

Ainsi on comprend toute l'importance que revêt l'étude systématique des répercussions profondes des produits antiparasitaires sur la biochimie de la plante.

D'autres auteurs confirment le développement des pululations des acariens suite aux pulvérisations des acaricides et ces pululations peuvent être dues à l'exacerbation de la fécondité (Dittrich et al., 1974; Leigh et al., 1980; Boykin et al., 1982), au développement de la résistance (Hansen, 1965; Jeppson, 1965a; Dittrich, 1975; Gould et al., 1982; Fergusson-K, 1991), à l'élimination des ennemis naturels, soit directement (Bartellett, 1964; Newsom, 1974; Macphhee et al., 1971; Abou-A, 1985; Gerson et al., 1989; De Bach, 1991) soit indirectement suite à l'accumulation de ces pesticides dans le corps de leurs proies (McClanahan, 1967). Des cas d'irritation ou de répulsion des acaricides sur les phytoseiides sont déjà connus (Penman et al., 1988).

Par ailleurs, chez les Tétranychidés, leur reproduction arrhénotoque a une action déterminante qui contribue à développer rapidement la résistance (Croft et al., 1988).

Byrne et al. (1983) dans leur synthèse de la littérature sur les acariens

ravageurs du manioc, citent une quinzaine d'acaricides recommandés dans le cadre de la lutte chimique. Aucun d'entre eux n'a cependant été vulgarisé en Afrique.

Nyiira (1980) indique que le Diméthoate, le Chlorobenzilate et le Kelthane ont montré une action acaricide efficace dans les essais de lutte chimique contre M. tanajoa. En plus, ils ont éliminé les ennemis naturels comme Oligota minuta, Stethorus spp, et Typhlodromus spp.

L'utilisation de ces produits agropharmaceutiques contre l'acariose du manioc exigerait un changement régulier des produits pour contourner le problème de la résistance (Bellotti et al., 1978). Les fréquences des traitements acaricides contre cet acarien seraient très élevées comme on le constate dans les essais relatifs aux pertes de rendement dues à l'acariose et ceci gonflerait davantage le coût phytosanitaire de la culture.

La lutte chimique contre M. tanajoa n'est pas économiquement et écologiquement justifiée en Afrique et au Burundi en l'occurrence où tous les pesticides utilisés sont importés, et de plus les champs de manioc ont des dimensions très petites (<6 ares) et sont éparpillés en milieu rural où la population humaine consomme les feuilles de manioc comme légumes.

Le manioc est aussi attaqué par un insecte piqueur-suceur, la cochenille

farineuse du manioc (Phenacoccus manihoti) et ce ravageur phytophage est efficacement régulé par un microhyménoptère (Epidinocarsis lopezi De Santis) introduit de l'Amérique du sud; l'application d'acaricides sur les feuilles de manioc compromettrait l'efficacité de ce parasitoïde qui a déjà donné des résultats spectaculaires.

#### **1.3.2.2. Lutte culturelle**

L'aménagement des techniques culturelles conçu dans le cadre de la lutte intégrée contre les organismes nuisibles des cultures a déjà prouvé son efficacité dans l'amélioration de la production agricole. Parmi ces techniques culturelles, le choix des meilleures dates de plantation et l'association culturale peuvent contribuer au maintien des populations des organismes visés à des niveaux acceptables.

Le choix judicieux de la période d'installation des champs au début de la saison des pluies permettrait de limiter les dégâts causés par M. tanajoa au manioc (Byrne et al. 1982b; Yames, 1988; Yaninek et al. 1990). Il est généralement reconnu qu'en évitant la coïncidence entre le stade phénologique le plus vulnérable de la plante-hôte et la période où les populations du ravageur atteignent les niveaux les plus contaminants, il est possible de réduire sensiblement les pertes occasionnées aux cultures et cette technique est plus facile d'emploi dans les régions tropicales que

dans les régions tempérées par suite de la flexibilité des saisons (Riba et al., 1989).

Les fortes populations de l'acarien vert du manioc sont observées pendant la saison sèche (Yaninek et al., 1989a; Yaseen et al. 1977) et le stade phénologique le plus vulnérable de la plante est de 2 à 9 mois (Nyiira, 1977; Yaninek, 1989a).

Les plantations précoces du manioc sont d'autant plus efficaces que les agrosystèmes connaissent une courte saison sèche et une période pluvieuse plus longue que possible. Cette pratique culturale permet déjà de limiter l'incidence des autres ravageurs de cette culture comme la cochenille du manioc (Emehute, 1986), la mouche blanche (Otim-Nape, 1986) etc . . . .

Le manioc est considéré comme une plante tolérante à beaucoup de ravageurs et de maladies grâce à sa capacité de pouvoir récupérer vite après ces attaques (Fresco, 1986). Cette particularité physiologique de la plante fait que certains agriculteurs africains ne lui accordent pas la priorité dans le calendrier agricole de plantation en faveur des autres cultures. De plus le problème de l'indisponibilité de la main-d'oeuvre justifie les plantations tardives du manioc sur ce continent (Fresco, 1986; Emuhute, 1987).

Au Burundi, les plantations précoces sont réservées aux cultures plus fragiles que le manioc aux ravageurs et aux maladies ainsi qu'aux aléas climatiques (Maïs, Haricot, Arachide, Sorgho, etc. . . .). L'agriculteur burundais n'est pas capable d'associer les dégâts à leurs causes et ceci est dû au manque d'assises solides des services de vulgarisations agricoles. La pratique culturale qui consiste à planter le manioc pendant toute l'année relève des traditions culturelles ancestrales. Le manioc est une plante vivrière par excellence qui procure une alimentation substantielle toute l'année, et qui permet aux populations de faire face aux périodes de sécheresse ou s'assurer un complément nutritionnel entre deux récoltes.

L'agrosystème est l'unité de base pour une approche de lutte intégrée (Teetes; 1985) dont l'étude minutieuse de son aménagement permettrait d'atteindre une production optimale. Dans cette optique l'association culturale permettrait d'accomplir cet objectif (Mereno, 1979; Lambert et al., 1987; Martin et al., 1989; Hammond et al., 1990).

Pimentel (1961) et Nickel (1973) mentionnent que les populations du ravageur peuvent être favorisées par des systèmes monocultureaux pratiqués à grande échelle. Les tentatives d'explication de ce phénomène sont données par Risch et al. (1983) et Russell (1989). Ces auteurs

avancent deux hypothèses:

- la première, celle du rôle des ennemis naturels. Dans ce cas, les auxiliaires sont plus abondants dans les agrosystèmes polycultureux que dans les monocultures et le taux de mortalité dû à ces organismes bénéfiques est plus élevé dans le premier système que dans le second.

- la seconde, celle de la disponibilité des ressources alimentaires où les herbivores spécialisés sont concentrés dans les systèmes monocultureux.

Il existe beaucoup d'études qui appuient les deux hypothèses citées ci-haut. Congdon et al. (1983) indiquent que Oligonychus pratensis (Banks) qui se nourrit sur l'herbe Bouteloua gracilis (H.B.N.) Griffiths, ne cause jamais des dommages importants à cette plante, dans son milieu naturel, alors qu'il est considéré comme un acarien nuisible du maïs et du blé. Ces cultures constitueraient une source de nourriture favorable au développement de fortes populations du ravageur qui franchissent le seuil économiquement acceptable.

Altieri et al. (1978) en se penchant sur les pratiques monoculturelles (maïs ou haricot) et polyculturelles (maïs et haricot) des agrosystèmes tropicaux, ont trouvé 26% d'Empoasca peraei Ross et Moore plus élevés

sur le haricot en monoculture que sur cette culture associé au maïs. De la même façon, il y avait 45% de différence de Diabrotica balteata Le compte en faveur de la polyculture et une réduction de 14% de Spodoptera frugiperda sur le maïs cultivé en association culturale. Toutes ces différences de densités des populations de ces ravageurs étaient corrélées avec l'abondance des auxiliaires en faveur des systèmes polycultureaux. L'association des plantes cultivées avec des plantes spontanées (plantes qui croissent sans l'intervention de l'homme) peut jouer un rôle déterminant dans l'utilisation efficace des ennemis naturels.

Selon Qiu Shi - Bang (1986), Ageratum conyzoides, plante de couverture du sol des vergers de mandariniers, non seulement elle lutte contre la sécheresse, mais favorise également la pullulation de l'acarien, Amblyseius newsami, prédateur de Panonychus citri, acarien phytophage des mandariniers. Le même auteur ajoute que la luzerne est recommandée dans les vergers de pommiers, à la fois pour couvrir le sol et pour offrir un refuge aux auxiliaires tels que Coccinelles, Syrphes et Chrysopes.

La manipulation de l'agrosystème orientée vers la mise en place de la lutte intégrée exige des connaissances approfondies des interactions entre les différentes composantes de l'agrobiocoenose.

Alteri et al. (1981) cités par Rich et al. (1983) ont démontré que les

extraits d'une plante adventice, Amaranthus sp, pulvérisés sur le soja, le coton, le pois cajan et la tomate, ont augmenté le taux de parasitisme d'Heliothis zea attaqué par Trichogramma spp.

Samways (1979) et Braun et al. (1989) rapportent que le manioc cultivé en monoculture à grande échelle souffre d'attaques importantes d'insectes et d'acariens alors que dans les champs de petite dimension entourés par une végétation naturelle, les populations des ravageurs causent rarement des dégâts économiques.

Aucune évaluation de la polyculture du manioc sur l'importance des dommages causés par les ravageurs n'a été réalisée jusqu'à aujourd'hui au Burundi, bien que cette pratique culturale y soit courante.

#### **1.3.2.3. La résistance variétale**

La résistance des plantes aux herbivores est devenue aujourd'hui un phénomène indiscutable qui explique la coexistence des plantes avec leurs ennemis dans la nature.

Cette faculté de défense, développée par les végétaux au cours de leur évolution, a créé un intérêt particulier chez les sélectionneurs des plantes qui l'exploitent comme mesure complémentaire d'intervention phytosanitaire. Les mécanismes impliqués dans cette stratégie de protection sont déjà élucidés et on note notamment les facteurs physiques

et les facteurs biochimiques. Selon Smith (1989), ces deux types de résistance entraîneraient soit une réduction de la ponte, soit un allongement du cycle de développement, soit la mort par intoxication.

Une autre forme de résistance dite tolérance, est observée chez certaines variétés de plantes (Riba et al. 1989) et est définie comme la capacité de maintenir un rendement élevé en présence d'un niveau de population du ravageur responsable des dégâts économiques pour une variété sensible (Horber, 1980).

La résistance variétale offre beaucoup d'avantages dans la lutte contre les acariens phytophages du manioc, surtout lorsqu'elle est compatible avec d'autres méthodes de lutte comme la lutte biologique, particulièrement dans les exploitations traditionnelles de cette culture qui sont généralement pratiquées par des agriculteurs à faible revenu (Bellotti, 1987).

Plusieurs plantes résistantes aux acariens sont déjà connues (Dabrowski et al., 1978; Johnson et al., 1982; Karban et al., 1984; Craing et al., 1986; Mansour et al., 1990) et les mécanismes de cette résistance sont attribués à plusieurs facteurs parmi lesquels les mieux connus sont d'ordre chimique (substances toxiques) et physique dont la pilosité, la dimension de la cellule, l'épaisseur de la paroi cellulaire ainsi que celle de

la couche épidermique (Van de Vrie et al., 1972).

Des variétés de manioc résistantes à M. tanajoa pour lesquelles la résistance est positivement corrélée avec la pilosité ont été signalées par Shukla (1976), Hahn et al. (1980), Byrne et al. (1982b) et IITA (1981).

La pilosité constitue peut-être une barrière protectrice des jeunes feuilles contre les attaques du ravageur. Une distance de 0,3mm au moins entre les poils gêne l'acarien quand il est au repos le long de la veine principale de la feuille et une distance inférieure à 0,2mm le gêne lors de son alimentation (IITA, 1981).

Cette résistance mécanique a été rapportée également pour d'autres ravageurs du manioc comme la cochenille farineuse (Kasu et al., 1989) et les thrips (Schoonhoven, 1974).

Les phénomènes d'antibiose et de non-préférence, traduits par la faible fécondité, l'augmentation de la période de développement, la forte mortalité des larves et des nymphes, la courte longévité des femelles, ont été observés en comparant les variétés de manioc sensibles et résistantes à M. tanajoa (Byrne et al., 1982b).

Toutefois les substances chimiques qui seraient responsables de ces perturbations biologiques du ravageur, n'ont pas été identifiées.

Une corrélation significative négative entre les cyanures et les dégâts

foliaires dûs aux insectes ravageurs du manioc (Bernays et al., 1977), de la fougère (Pteridium raquilinum) (Cooper-Duver, 1976) et du Sorgho (Woodhead et al., 1977) a été démontrée.

Bellotti (1987) a montré l'action protectrice des cyanures pour les tubercules de manioc contre les attaques d'un Hémiptère (C. bergi).

D'autre part, ces substances jouissent d'une propriété phagostimulante pour Spodoptera eridenia (Brattsten et al., 1983) qui se nourrit sur la fève (Phaseolus lunatus).

On remarque que les substances chimiques responsables de la résistance chez les plantes aux attaques des herbivores agissent différemment selon la nature du ravageur. Des variétés de manioc résistantes qui limiteraient la croissance des populations de l'acarien vert à un certain niveau constitueraient une stratégie de lutte complémentaire à la lutte biologique utilisant des ennemis naturels comme les phytoseiidés dont l'efficacité de leur capacité régulatrice du ravageur se manifeste, comme on le sait, déjà, lorsque les populations du prédateur sont encore limitées à de faibles niveaux.

#### **1.3.2.4. Lutte biologique**

Depuis la deuxième guerre mondiale, l'utilisation des pesticides organiques synthétiques est apparue comme le moyen le plus efficace et le moins coûteux pour contrôler les organismes nuisibles. L'utilisation intensive et unilatérale de ces pesticides chimiques a débouché à des problèmes inattendus comme les catastrophes écologiques, et surtout l'exacerbation des dégâts causés par ces organismes nuisibles.

Suite à ces résultats inattendus, l'homme a pu réaliser que la lutte chimique n'était pas la panacée, qu'il croyait, et a été obligé de s'orienter vers d'autres méthodes de lutte, parfois pouvant même être associées à la lutte chimique pour mieux contrôler les nuisibles tout en sauvegardant la qualité de l'environnement, et parmi ces différentes méthodes on peut citer notamment la lutte biologique.

Selon Coderre et al. (1992), la lutte biologique peut recevoir plusieurs définitions. Elle peut être considérée, dans son sens strict, comme l'utilisation d'organismes vivants pour en contrôler d'autres dits nuisibles. Ce concept fait également référence à toute modification de l'environnement dans le respect des règles écologiques de stabilité et d'équilibre qui mène au maintien des organismes nuisibles sous un seuil économiquement tolérable.

Le seuil de tolérance économique correspond au niveau de population au-dessus duquel le coût des dégâts causés par le ravageur est supérieur à celui des traitements phytosanitaires (Riba et al., 1989).

DeBach et al. (1991) évoque deux concepts de lutte qui utilisent les ennemis naturels, la lutte naturelle et la lutte biologique classique. Dans le premier cas on manipule l'écosystème en faveur de la conservation et l'augmentation des agents biologiques. Dans le deuxième cas, on enrichit le complexe parasitaire par l'introduction des ennemis naturels à partir de leurs milieux d'origine. La lutte contre M. tanajoa, ravageur exotique introduit accidentellement en Afrique (Nyiira, 1972) à partir de l'Amérique du sud, s'inscrit dans le cadre de la lutte biologique classique (Lyon, 1974). Cet acarien phytophage est associé avec des ennemis naturels, dans son milieu d'origine qui, avec l'action combinée de l'utilisation des variétés adaptées et du climat, contrôlent efficacement les populations de ce ravageur en les gardant sous un seuil de tolérance économique (Nyiira, 1976; Bellotti, et al., 1987). Le complexe parasitaire associé à ce ravageur a été inventorié en Amérique latine. Les agents biologiques les plus communs appartiennent aux familles des Chorysopidae, Cecidomyiidae, Syrphidae, Anthocoridae, Lygaeidae, Staphilinidae, Coccinellidae et Phytoseiidae (Yaseen, 1977;

Byrne et al., 1983). Les ennemis naturels appartenant aux thrips, araignées, autres familles d'acariens et les entomopathogènes, sont mal connus (Byrne et al., 1983).

La plupart de ces insectes prédateurs deviennent efficaces lorsque M. tanajoa a déjà atteint de fortes populations (Yaseen et al., 1977). Par contre les phytoseiidés manifestent une plus grande spécificité pour leurs proies que les autres insectes prédateurs et sont considérés sous les Néotropiques, comme les prédateurs les plus efficaces, surtout lorsque les populations de M. tanajoa sont encore faibles (Byrne et al., 1983; Huffaker et al., 1970).

L'acarien vert du manioc a été introduit en Afrique sans son cortège parasite de son milieu d'origine, il a trouvé dans ce nouvel environnement une faune auxiliaire inadaptée à son contrôle et par conséquent ce déprédateur exotique développe régulièrement des pullulations surtout en saison sèche (Nyiira et al., 1977; Byrne et al., 1983).

Les premières tentatives d'introduction des prédateurs exotiques datent de 1977 et où on a introduit un Coléoptère (Oligota minutus (Coléoptère)) et deux espèces de Phytoseiidés appartenant aux genre Typhlodromalus. Ces ennemis naturels ne s'y sont pas établis (Girling et

al., 1978). Plus tard, d'autres introductions ont été réalisées par l'IITA en lâchant 7 espèces prédatrices de phyloseiidés dans plusieurs pays africains (Herren et al., 1991). Apparemment ces phytoseiidés d'origine Colombienne n'ont pas réussi à s'établir (Yaninek et al., 1988).

Des lâchers ultérieurs de Phytoseiidés, mais cette fois-ci en introduisant des souches brésiliennes, ont été effectués dans des agrosystèmes du manioc en Afrique. Leur établissement commence à être signalé sur le continent africain (Yaninek et al., 1992, Yaninek: Communication personnelle).

#### **1.3.2.5. Biologie des Phytoseiidés**

Le développement des Phytoseiidés est en général plus court que celui de leurs proies Tétranychidés, comparé dans les mêmes conditions (Jeppson et al., 1975). La reproduction des Phytoseiidés est à la fois sexuée et parthénogénétique pseudo-arrhénotoque, (Sabelis 1985; Sabelis et al., 1988). Chez ces acariens, l'accouplement est indispensable pour que la ponte ait lieu (Hagen et al., 1976). Toutefois il existe quelques cas de reproduction Télytoque où les oeufs habituellement diploïdes, sont donc non fécondés et produisent des femelles identiques à la mère, les mâles n'existant pas (Hoy, 1985; Bostanian, 1992). Nelson-Rees et al. cités par Bostanian (1992) décrivent la reproduction pseudo-arrhénotoque.

Chez les deux sexes, le développement commence comme embryon diploïde. Les femelles restent diploïdes, tandis qu'on observe chez les embryons mâles un appariement des chromosomes somatiques avant ou après l'agrégation des chromosomes en configuration métaphasique. Cet appariement somatique se produit au début d'une division réductionnelle, 24 à 48 heures après la ponte des oeufs, ce qui produit deux séries de chromosomes. L'une de celles-ci est inactivée puis expulsée du noyau.

L'analyse génétique de la résistance aux acaricides chez Phytoseiulus persimilis suggère que le patrimoine paternel est perdu et que les rejetons mâles héritent du caractère de résistance de leur mère (Helle et al. cité par Bostanian, 1992).

Selon Hagen (1976), leur cycle biologique passe par l'oeuf, la larve (3 paires de pattes), la protonympe, la deutonympe et l'adulte (nymphes et adultes ont 4 paires de pattes).

À la température de 25°C, l'incubation des oeufs dure en moyenne 2 jours, le développement larvaire est de 1 jour et chaque stade nymphal couvre 1.5 jours. Chaque stade est séparé par une période de quiescence: la Proto-Deuto et Télío-chrysalide (Sabelis, 1985).

L'accouplement a lieu aussitôt que l'adulte femelle émerge. Une génération se complète en 8 jours. La femelle peut pondre en

moyenne entre 40 à 60 oeufs avec un taux de fécondité de 1 à 2 oeufs par jour sous des températures chaudes. Ce taux de fécondité est inférieur à celui de leurs proies, les tétranychidés.

Les phytoseiidés se caractérisent par une nutrition très diversifiée. Certains sont strictement carnivores, d'autres préfèrent les plantes ou produits végétaux comme le pollen, le nectar ou les exudats (Jeppson et al., 1975).

Parmi les prédateurs carnivores, certaines espèces s'attaquent uniquement à un seul genre, c'est le cas de Phytoseiulus persimilis qui est considéré comme un excellent agent biologique des Tétranychus spp. (McMurtry, 1982). Selon le même auteur, certains autres phytoseiidés s'attaquent à plusieurs familles d'acariens et d'insectes, ainsi Typhlodromus occidentalis se nourrit des Tétranychidae, des Eriophyidae, des Tydeidae, des Thripidae et des nymphes des Coccidae.

Une autre catégorie d'acariens Phytoseiidés est celle qui est à la fois carnivore et herbivore. Euseius sembrinus (Dean) peut se développer et se reproduire sur le pollen de la plante, Bidens pilosa L.,. On observe la même chose chez les Tétranychidae comme Tétranychus urticae Koch (Abou-setta, 1987).

Amblyseius limonicus peut se nourrir et se reproduire sur le pollen,

le miellat des pucerons en plus des Tétranychidés (Chant et al., 1960).

McMurtry et al. (1966) rapportent que A. hibisci (Chant) se multiplie plus rapidement lorsqu'il se nourrit sur le pollen que sur les Tétranychidés.

Les ennemis naturels qui seraient performants sont ceux qui, en plus de leurs proies préférées, sont capables de trouver une autre source de nourriture lorsque leurs proies préférées deviennent rares dans leurs milieux (Huffaker et al., 1970). Ceci s'applique parfaitement aux agents biologiques qui seraient utilisés pour améliorer la régulation naturelle des populations de M. tanajoa, car pendant la saison pluvieuse, les populations de ce ravageur deviennent faibles.

Comme chez les parasitoïdes où la localisation des proies peut se faire par l'attraction des substances émises par ces dernières (Kairomones) (Nordlund et al., 1981; Nordlund, 1981; Nordlund et al., 1985), la présence des kairomones chez les Tétranychidés, qui attirent les Phytoseiidés, a déjà été démontrée (Hislop et al., 1981; Dicke, 1988; Rasmy et al., 1991).

Sabelis et al. (1983) indiquent que ces kairomones ne sont associées ni avec les toiles protectrices d'acariens, ni avec leurs exuvies, mais se trouvent dans les excréments et sur les oeufs et en plus on peut les

trouver sur la face foliaire que le ravageur a visitée.

Rasmy et al. (1991) ont constaté une autre catégorie de substances (allomones) émises par les Tétranychidés et repoussant les Phytoseiidés.

## **CHAPITRE II    Matériels et méthodes**

### **2.1. Conditions écologiques des champs d'expérimentation**

Tous les travaux d'expérimentation ont été menés dans une station de recherche de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU), située dans la plaine de l'Imbo à 22km de Bujumbura. Le site des essais expérimentaux était localisé à une altitude de 850 m. Le sol est un solenetz caractérisé par une teneur élevée en éléments minéraux comme le  $\text{Ca}^{2+}$ , le  $\text{Na}^{+}$ , le  $\text{Mg}^{2+}$  et le  $\text{K}^{+}$ , et avec une faible teneur en colloïdes humiques; le pH est compris entre 8 et 9. La saison sèche y dure 3 mois. La température moyenne annuelle est de l'ordre de  $24^{\circ}\text{C}$  et les précipitations annuelles peuvent varier de 850 à 1000mm. On observe une petite saison sèche en janvier - février qui correspond à une période de moindre pluviosité. Des vents violents du sud balaient la région de l'Imbo pendant la majeure partie de l'année. Ils résultent de la déviation de l'Alizé vers le couloir du fossé du Lac Tanganyika où il s'engouffre. Le voisinage du lac et la présence proche du haut pays (Zaïre) font de plus apparaître toute une série de vents locaux notamment une brise du lac qui souffle surtout pendant la saison sèche vers les terres et une brise de terre qui souffle la nuit vers le lac.

## **2.2. Dispersion verticale de l'acarien vert sur la plante**

L'étude de la dispersion verticale de l'acarien vert a été effectuée en utilisant trois variétés: Nakarasi, variété amère à cycle court très sensible à l'acariose, Criolinha, variété amère à cycle court, tolérante, Mpambayabashengera, variété douce à cycle long, tolérante aux attaques du ravageur. Chaque variété constituait un champ individuel de 100 plantes ayant un stade phénologique de 3 mois. Ces champs appartenaient au programme de sélection du manioc. Dix plantes de chaque variété ont été choisies au hasard en comptant le nombre d'acariens verts, à partir de la première feuille la plus développée du sommet jusqu'à la dixième feuille, en utilisant une loupe de poche. L'analyse statistique des résultats a été réalisée en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA) avec le test de Tukey; aucune transformation des données n'a été faite.

Une étude complémentaire a été menée pour connaître la distribution de ce ravageur sur la feuille de manioc en utilisant les variétés Nakarasi, variété glabre, Criolinha, variété faiblement poilue et la variété Mupfasoni, variété très poilue. Dix plantes par variété ont été choisies au hasard dans un champ de 100 plantes, en prélevant, pour chaque plante, la première feuille la plus développée à partir du sommet et en la mettant dans un sachet en papier qu'on fermait avec agrafeuse après avoir indiqué

le nom de la variété et le numéro de la plante sur ce sachet. Le comptage des acariens verts a été effectué au microscope binoculaire du laboratoire d'entomologie après avoir divisé chaque foliole en trois parties égales: base, milieu et sommet (la base prend origine au point d'insertion de la feuille et le pétiole). Les résultats ont été analysés statistiquement en utilisant le même type d'analyse que pour l'expérimentation précédente.

### **2.3. Dispositifs expérimentaux**

#### **a. Évaluation des pertes de rendement**

Trois variétés ont été utilisées (Nakarasi, Criolinha et Mpambayabaskengera) et chaque variété constituait une parcelle élémentaire de 5x5 plantes avec un écartement de 1x1m. Le dispositif expérimental adopté était un "split plot" comportant 4 répétitions, chacune constituée d'un bloc non protégé avec acaricide et d'un bloc protégé.

L'acaricide utilisé était le Curacron (O-4-bromo-2-Chlorophenyl O-ethyl S-Propyl Phosphorothioate) E.C. 40% (Ciba Geigy) à une dose de 200g m.a./ha. en effectuant des pulvérisations bimensuelles en saison sèche et mensuelles pendant la saison des pluies. Les observations de l'acariose ont été réalisées deux fois par mois en saison sèche et une fois par mois en saison des pluies en dénombrant les acariens verts au moyen d'une

loupe de poche, sur la troisième feuille à partir du sommet de 5 plantes par parcelle et par variété. En plus de ce comptage d'acariens, on attribuait une échelle de cotation, à chaque feuille qui variait de 1 à 5

1= pas de symptômes caractéristique de l'acariose,

2= la feuille présentait quelques taches dues aux piqûres d'acariens,

3= nombreuses taches avec un jaunissement important de la feuille,

4= dégâts importants, déformation des jeunes feuilles en forme de griffe,

5= la troisième feuille est tombée laissant une cicatrice sur la plante.

Après 12 mois de plantation, 9 plantes centrales, par parcelle et par variété, ont été récoltées en notant, pour chaque parcelle, le nombre de boutures, (chaque tige était coupée en plusieurs morceaux de 4 noeuds chacun), le poids de feuilles et le poids des tubercules pour chaque parcelle. Les analyses statistiques sont les mêmes que celles faites dans l'étude précédente.

#### b. Dates de plantations

Le dispositif expérimental utilisé était un "split-split plot" dont le traitement acaricide constituait le principal facteur, la variété étant considérée comme facteur secondaire et le troisième facteur étant la date de plantation. Deux variétés ont été utilisées: Nakarasi et Criolinha dont la parcelle élémentaire était constituée de 7x7 plantes avec un

écartement de 1x1m, en plantant mensuellement à partir de mi-novembre jusqu'à mi-avril et en adoptant 4 répétitions, chacune constituée d'un bloc protégé avec acaricide et d'un bloc non protégé. L'acaricide utilisé, la dose, la fréquence de pulvérisation et celle des observations des dégâts dus à l'acariose étaient identiques à ceux du dispositif expérimental précédent. Après 12 mois de plantation, 25 plantes par parcelle ont été récoltées en notant le poids moyen des tubercules frais. Le même type d'analyse statistique identique au précédent a été réalisé.

### c. Résistance variétale

20 variétés reçues du programme manioc de l'ISABU ont été utilisées pour l'évaluation de la résistance variétale à l'acariose. Le dispositif expérimental était un bloc aléatoire complet comportant 4 répétitions dont chacune était constituée d'un bloc de 20 parcelles. Chaque parcelle était représentée par une seule variété ayant 16 plantes avec un écartement de 1x1m. Chaque parcelle élémentaire était encadrée par une ligne infestante, de la variété Nakarasi et une infestation artificielle a été effectuée au début de la saison sèche en déposant sur 4 plantes de la ligne infestante, des feuilles de manioc fortement infestées ayant le coefficient 3.

Au début de la saison sèche (6 juin), un prélèvement, par variété et par répétition, de 20g de feuilles au niveau de la troisième feuille de la plante, a été réalisé pour l'analyse de la concentration des cyanures dans les feuilles.

Ces feuilles étaient mises dans des sachets en papier en indiquant sur chaque sachet le nom de la variété et la répétition. Tous les sachets étaient placés dans une glacière fraîche et transportés immédiatement au laboratoire de chimie agricole de l'ISABU où les analyses étaient effectuées dès la réception des échantillons. La méthode utilisée était la titration basique décrite par Sylvestre et al., (1983).

Le 15 juin 1990, on a récolté la 3<sup>ème</sup> feuille sur toutes les plantes de chaque parcelle et ces feuilles ont été amenées au laboratoire pour le comptage de la pilosité. À la base de chaque feuille on a prélevé un disque foliaire au moyen d'une tige en verre de 15mm de section et ce disque était placé sous binoculaire pour le comptage des poils pour chaque variété et chaque répétition.

Au cours de la saison sèche, le 22 juin, le dénombrement des acariens verts a été réalisé au champ au moyen d'une loupe de poche en notant aussi les dégâts foliaires avec une échelle de cotation variant de 1 à 5 telle que décrite précédemment.

Ces observations étaient effectuées sur la 3<sup>ème</sup> feuille à partir du sommet de la plante appartenant aux 4 plantes centrales par variété et par répétition. L'étude de la corrélation simple entre ces différents paramètres a été effectuée (Statistix 3.5).

#### **2.4 Lâchers des phytoseiidés exotiques**

Deux variétés de manioc, Nakarasi et Mpambayabaskengera, ont été utilisées pour les lâchers de deux phytoséiidés exotiques, Typhlodromalus limonicus (Garman et McGregor) et Néoseiulus idaeus (Denmark et McGregor), originaires du Brésil. Chaque champ était constitué de 10x10 plantes, avec un écartement de 1x1m et les lâchers ont été effectués sur 4 plantes centrales à raison d'une espèce par champ et par variété.

Deux champs témoins constitués par les variétés Nakarasi et Mpambayabaskengera ont été installés. Ces phytoseiidés prédateurs ont été envoyés au Burundi par le centre panafricain de lutte biologique basé au Bénin, dans une glacière pour maintenir la fraîcheur dans une enceinte et réduire le métabolisme de ces acariens au cours du voyage.

Les phytoseiidés étaient enfermés dans des cartouches contenant, chacune, 10 phytoseiidés. Les lâchers ont été effectués en déposant 4 cartouches par plante dont deux étaient collés avec du papier collant sur le pétiole de la troisième feuille à partir du sommet et deux

autres sur celui de la quatrième feuille de la même plante.

Deux lâchers ont été réalisés le 7 juin et le 22 octobre 1990 respectivement. L'étude de l'évolution des populations de l'acarien vert a débuté au mois de mars 1990, jusqu'à la fin de l'expérimentation, en comptant mensuellement à l'aide d'une loupe de poche, le nombre d'individus sur les 4 plantes centrales. Celle des phytoseiidés a commencé le 26 novembre 1990, date où on a observé pour la première fois T. limonicus sur les plantes.

L'étude de la dispersion verticale de M. tanajoa et T. limonicus a été réalisée sur les dix premières feuilles à partir du sommet, des quatre plantes centrales. Chaque feuille était mise séparément dans un sachet dûment identifié. Les sachets étaient placés dans une glacière pour réduire le métabolisme avant de les examiner au laboratoire d'entomologie. Les acariens verts étaient dénombrés directement au binoculaire alors que les phytoseiidés étaient triés et montés sur lames pour être identifiés au microscope à contraste de phase en indiquant sur chaque lame les mêmes informations du sachet correspondant.

L'étude de la dispersion horizontale a été effectuée dès l'apparition des phytoseiidés dans les champs de lâchers.

Les récoltes des phytoseiidés ont été faites sur la troisième feuille à partir du sommet des 32 plantes disposées suivant le schéma de la figure 4 chaque feuille correspondait à un tube muni de l'alcool éthylique 70% pour la conservation des phytoseiidés prélevés avant de les analyser au laboratoire.

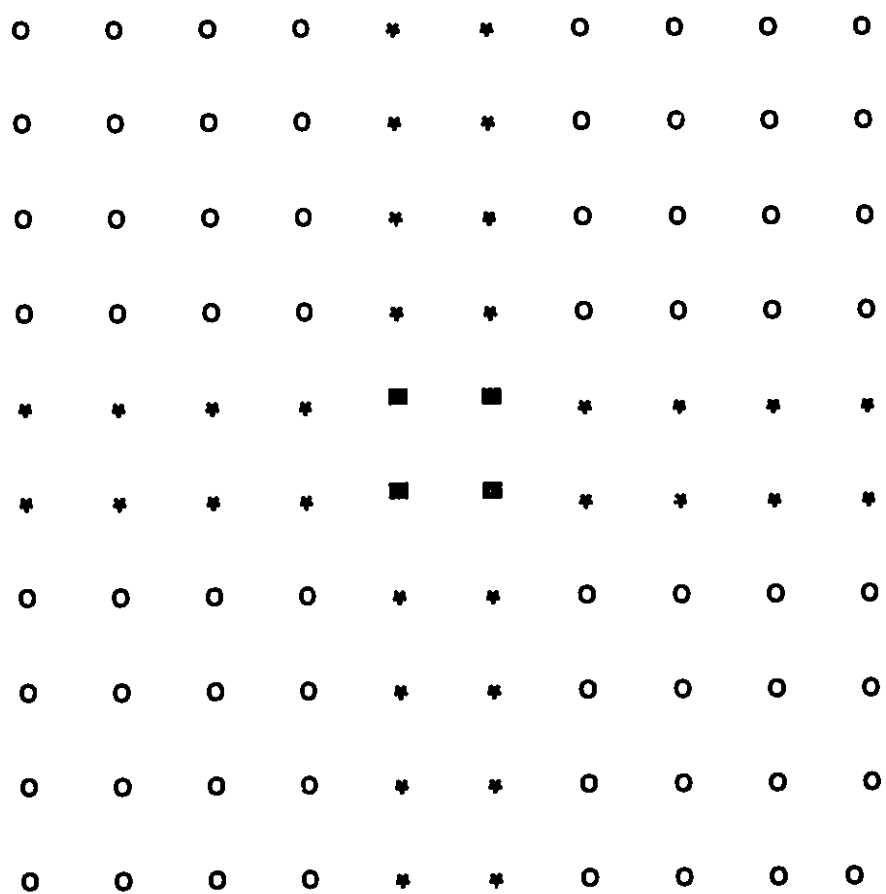
Ce dénombrement a été réalisé au laboratoire après avoir monté les phytoseiidés sur les lames pour les identifier au microscope à contraste de phase. Chaque lame portait les mêmes informations que le tube correspondant (date d'observation, numéro du plant, phytoseiidé lâché et le nom de la variété).

## **2.5. Inventaire des ennemis naturels locaux**

L'inventaire des ennemis naturels locaux a été réalisé sur le manioc, ses adventices et sur la végétation avoisinante. Chaque plante était prise au hasard en échantillonnant une feuille du sommet et une feuille du feuillage inférieur de la plante. Les spécimens étaient mis dans des tubes contenant de l'alcool éthylique à 70%. Chaque tube était étiqueté en marquant la date d'observation, le nom de la plante et de la localité.

**FIGURE 4. DISPOSITION DES PLANTES POUR L'ÉTUDE DE LA DISPERSION  
HORIZONTALE DE T. LIMONICUS**

- Plantes sur lesquelles on a lâché les phytoseiidés.
- \* 32 plantes adjacentes mises en observation.
- Autres plantes.



## **2.6. Montage et identification des phytoseiidés**

Les phytoseiidés récoltés et conservés dans de l'éthanol à 70% ont été montés suivant le protocole de montage décrit par Yaninek et al., (1990). L'identification des spécimens a été faite en utilisant le manuel de l'acarien vert du manioc (Mononychellus tanajoa) en Afrique (Yaninek et al., 1990) et la clé des phytoseiidés de l'Afrique centrale (Pritchard et al., 1962); des spécimens non identifiés ont été envoyés à l'IITA et au laboratoire de la biosystématique de l'Agriculture Canada.

## **CHAPITRE III Résultats**

### **3.1 L'importance économique de l'acarien vert du Manioc**

#### **3.1.1 Distribution de l'acarien vert sur le manioc**

La distribution des populations de l'acarien vert du manioc sur la plante se caractérise par une dispersion verticale décroissante à partir du sommet de la plante (Fig.6). L'analyse de variance révèle que la strate foliaire supérieure est un paramètre indépendant qui explique la variation dans la population de l'acarien vert ( $P < 0,001$ ). Le test de Tukey confirme que les densités respectives d'acariens sur les trois premières feuilles les plus développées du sommet de la plante ne sont pas statistiquement différentes (Fig.7; Tukey;  $P=0,05$ ) mais sont plus élevées que les feuilles 4 à 10. Il y a une différence significative entre le nombre d'acariens trouvés sur la Nakarasi et ceux des autres variétés dont la différence n'est pas significative (Tukey;  $P=0,05$ ). On constate alors qu'en échantillonnant sur l'une des trois premières feuilles les plus développées du sommet de la plante, on a une idée exacte des niveaux de densités d'acariens les plus élevés qui parasitent les feuilles du manioc.

L'étude de la répartition du ravageur sur la première feuille la plus développée du sommet démontre que cette distribution se fait suivant un gradient décroissant de bas en haut de la feuille (Fig.8 et 9; Tukey:

FIGURE 5: Feuille de manioc montrant les régions d'échantillonnage:  
Le Sommet (III), Le Milieu ( II) et La Base (I).



FIGURE 6: Distribution verticale de l'acarien vert sur les trois variétés de manioc. Feuille n° 1 est la première feuille la plus développée à partir du sommet. (S.E.:erreur standard)

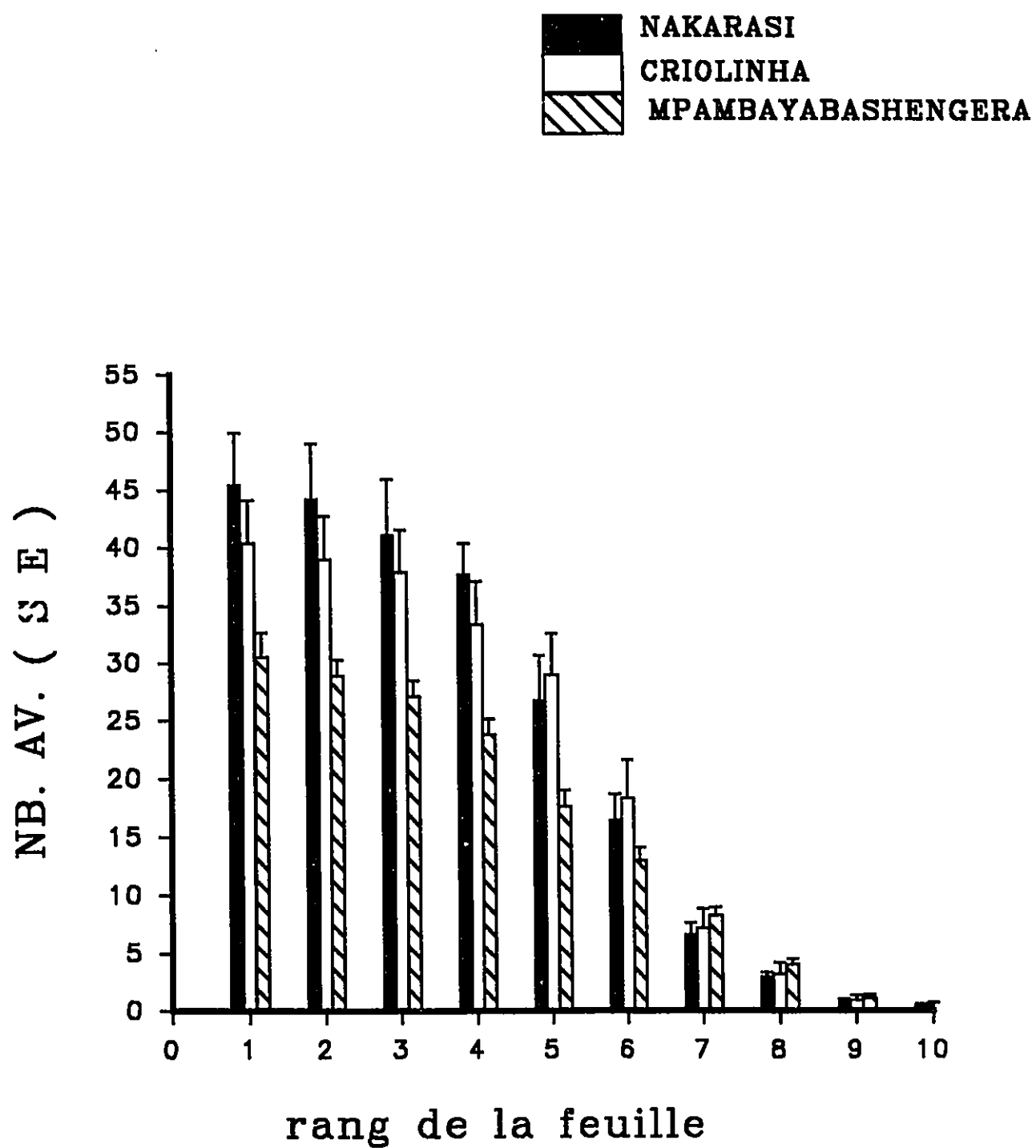


FIGURE 7: Comparaison des populations de l'acarien vert par rang de la feuille sur la plante de manioc. Moyennes des trois variétés. Les moyennes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes. (Test de Tukey:  $P=0,05$ )

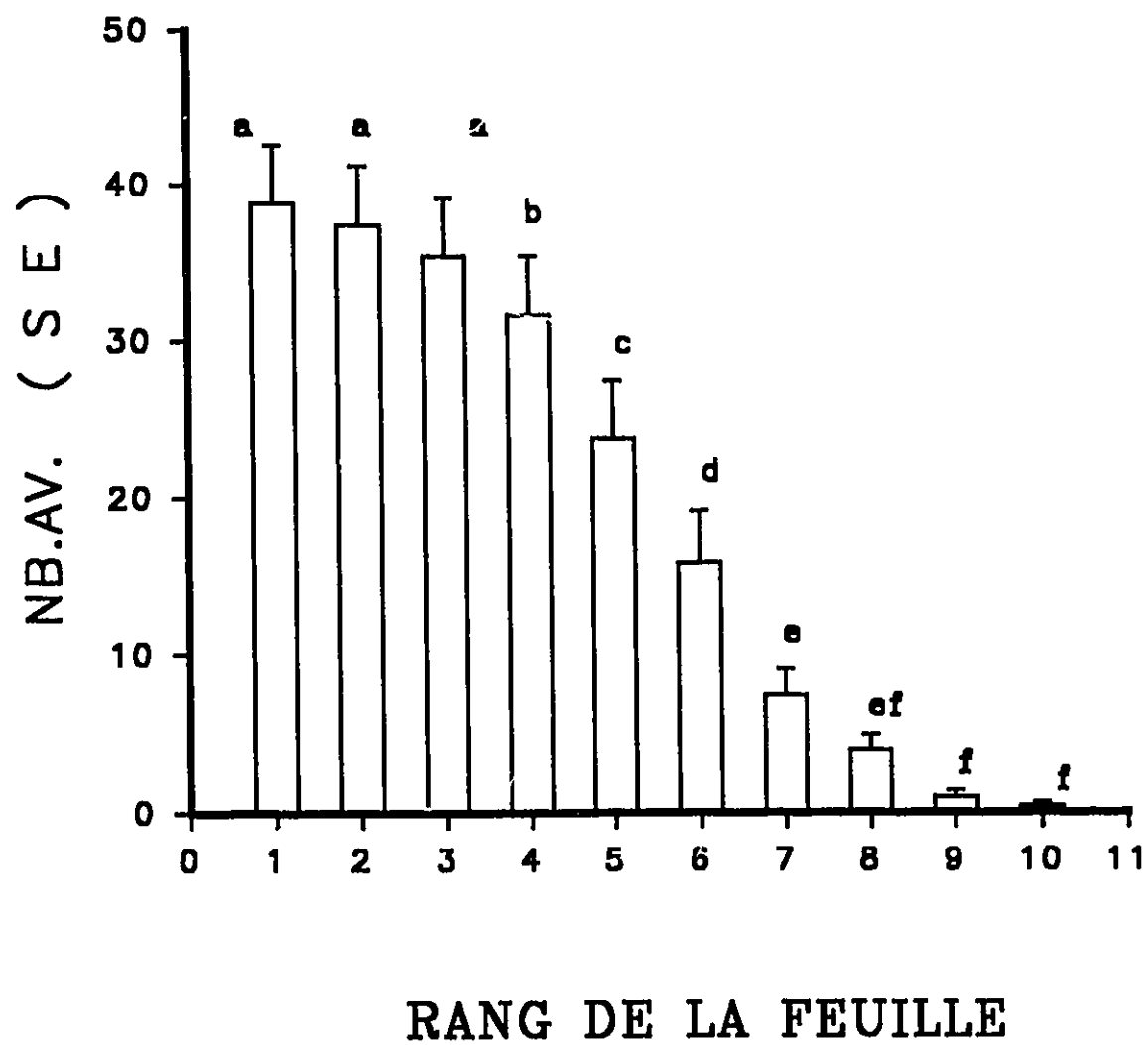


FIGURE 8: Distribution verticale de l'acarien vert sur la feuille  
de manioc.

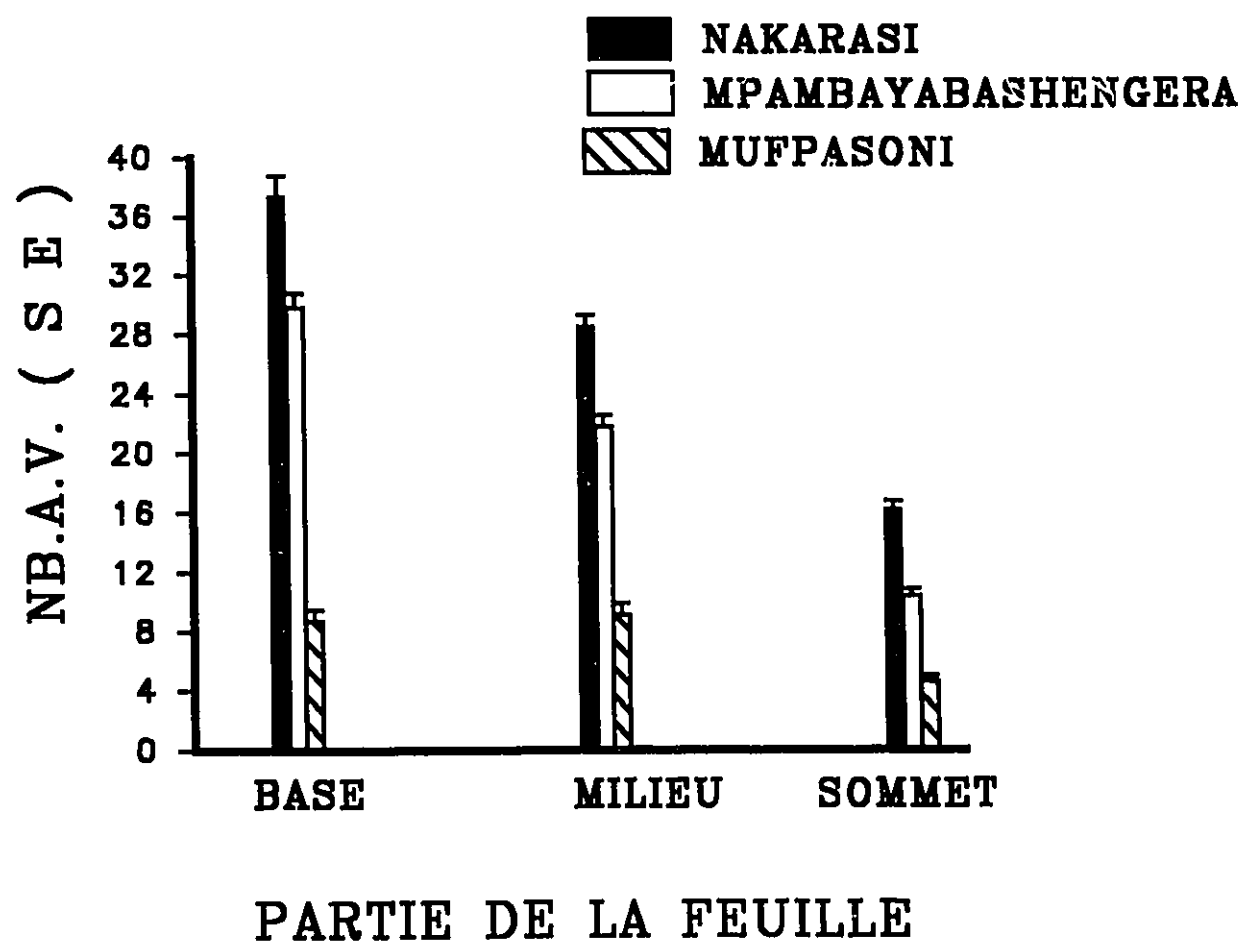
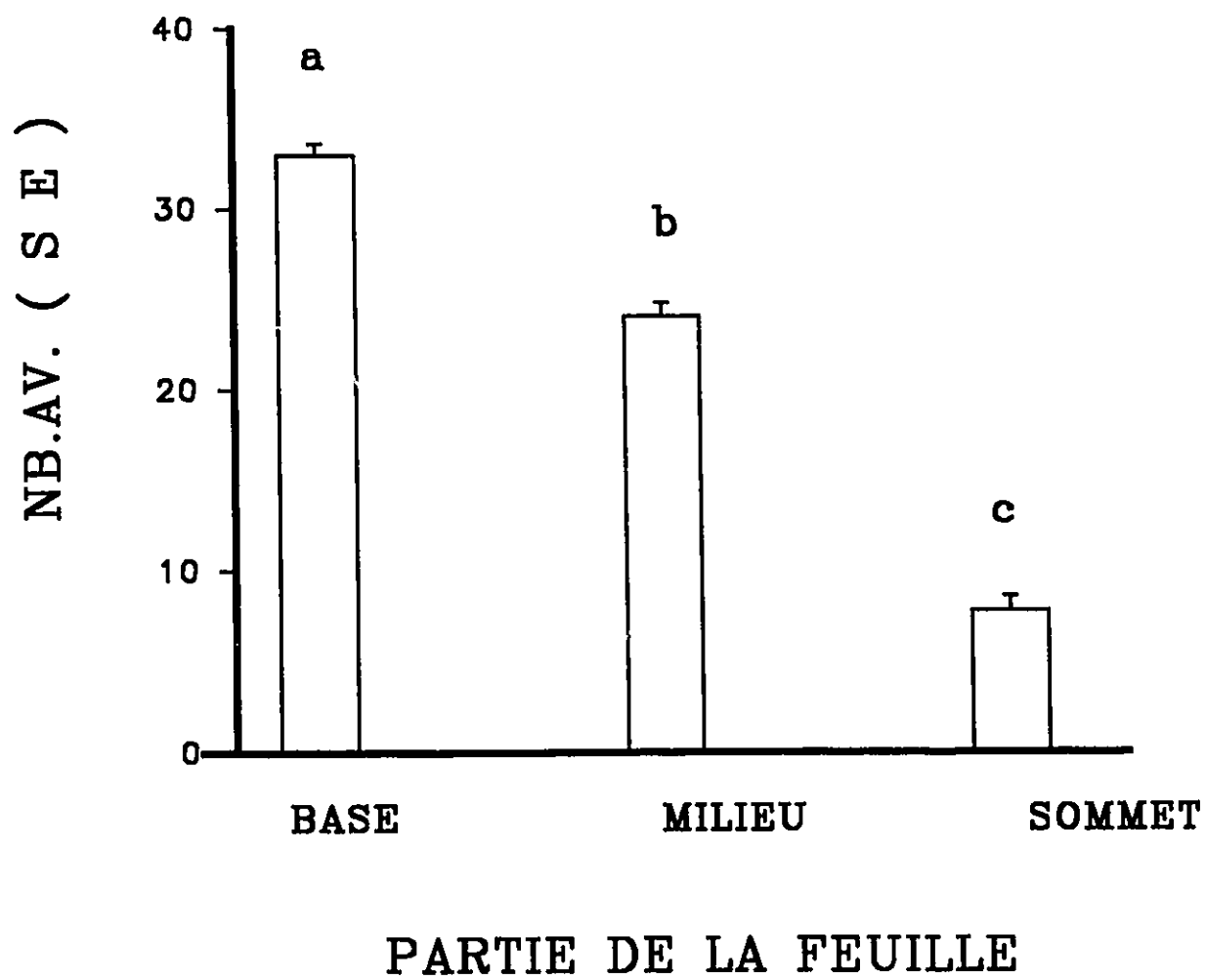


FIGURE 9: Comparaison des populations de l'acarien vert sur trois parties de la feuille. Moyennes des trois variétés. Les moyennes portant la même lettre sont significativement différentes. (Test de Tukey:  $P=0,05$ )



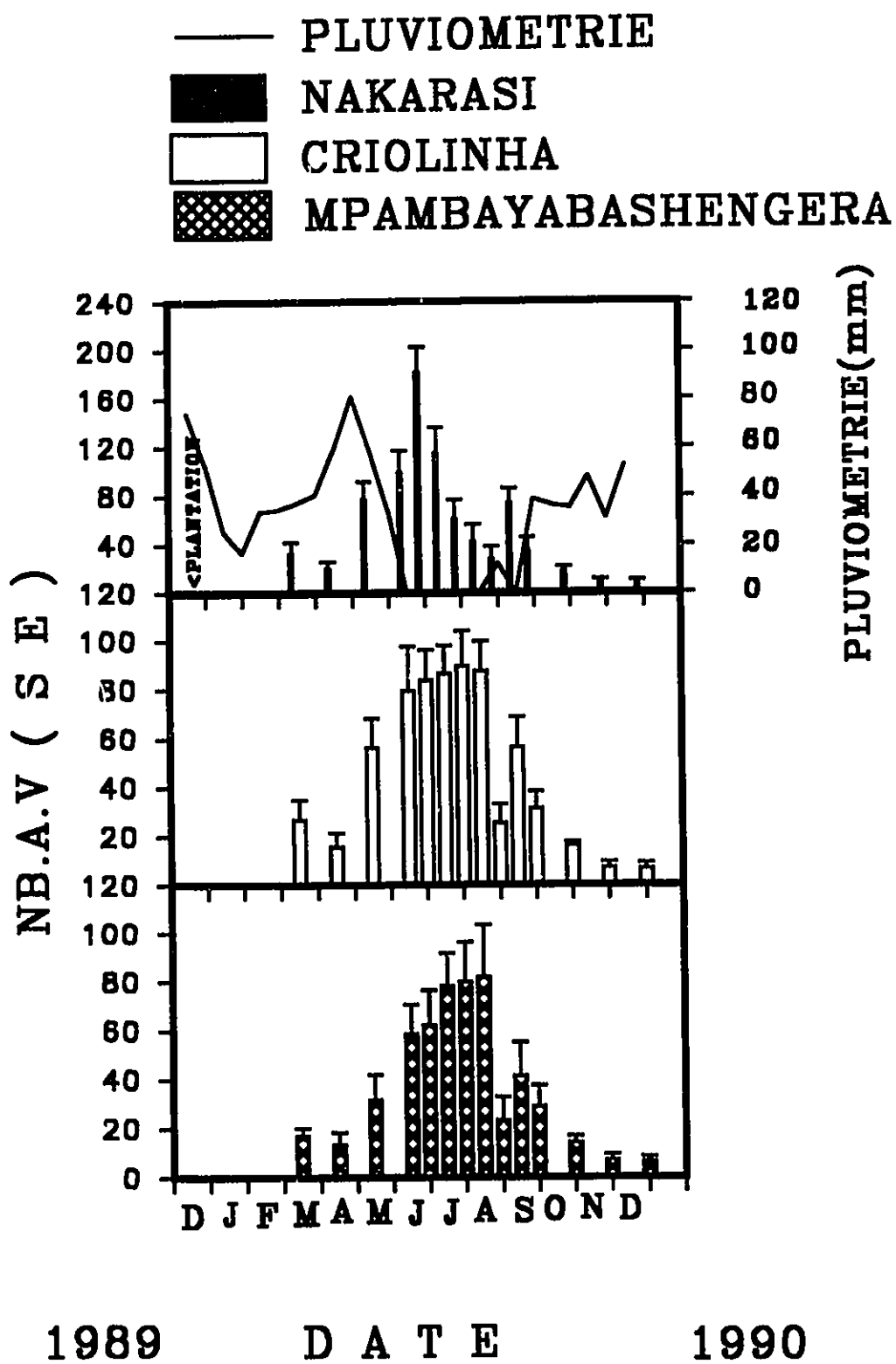
$P=0,05$ ).

Le criblage variétal pour la résistance du manioc à l'acariose basé sur l'étude de la pilosité devrait s'intéresser à la partie basale de la feuille, lieu de concentration des populations du ravageur.

### **3.1.2. Dynamique des populations d'acariens vert sur trois variétés de Manioc**

La figure 10 montre l'évaluation des populations du parasite en fonction de la pluviométrie et de la phénologie de la plante dans les parcelles non protégées avec acaricide pour les trois variétés. Les attaques d'acariens ont commencé au début du troisième mois après la plantation du manioc. Au cours de la première observation, les niveaux (moyenne  $\pm$  s.e.) des populations étaient de  $34,05 \pm 7,9$  acariens pour la Nakarasi,  $26,9 \pm 8,1$  acariens pour la Criolinha et  $17,15 \pm 3,2$  acariens pour la Mpambayabaskengera. Les pluies intenses et régulières du mois d'avril ont provoqué une décroissance de la densité des populations du ravageur. Chez les trois variétés, à partir du mois de mai, la diminution progressive des pluies a apparemment induit une pullulation des acariens et on observe, chez la variété Nakarasi, une croissance rapide des populations du ravageur atteignant un maximum de  $182,6 \pm 19,5$  acariens vers la fin du mois de juin où s'amorce, contrairement aux deux autres variétés, une

FIGURE 10: Dynamique des populations de l'acarien vert sur trois variétés de manioc en fonction de la pluviométrie dans les parcelles non protégées avec de l'acaricide.

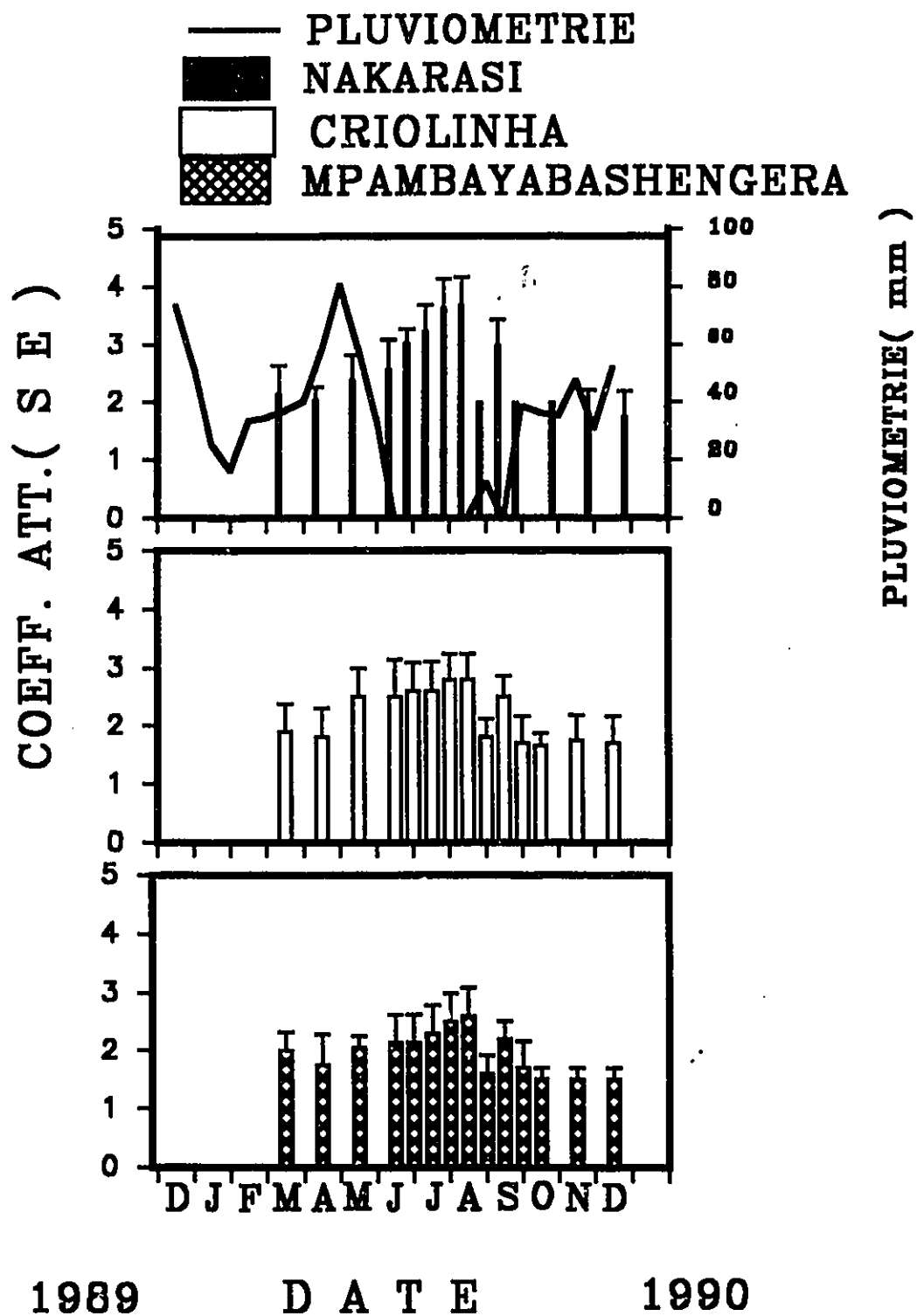


chute progressive des populations d'acariens durant toute la période de la saison sèche. Un minimum de  $43,05 \pm 13,3$  acariens est atteint au début du mois d'août. Chez les autres variétés, on note, à partir du mois de mai, une croissance des niveaux de densité d'acariens dont les pics respectifs sont situés à la fin du mois de juillet pour la Criolinha ( $89,36 \pm 14,3$  acariens) et au début du mois d'août pour la Mpambayabaskengera ( $81,6 \pm 21,6$  acariens).

Plus une variété est sensible à l'acarbose, plus tôt elle atteint le niveau maximal d'attaques tôt pendant la saison sèche, période favorable pour le développement des tétranychidés. Les acariens, en se nourrissant sur les feuilles de manioc, tuent les cellules foliaires et réduisent la surface de la feuille en amenuisant ainsi leurs sources de nourriture sur la plante parasitée, ce qui les oblige à migrer vers d'autres plantes de manioc dont les feuilles sont encore favorables à leur alimentation. Il s'ensuit alors qu'une variété sensible comme la Nakarasi, étant un hôte favorable au développement explosif du ravageur, dès que les conditions météorologiques le permettent, constitue une source d'infestation pour les autres champs de manioc, surtout ceux qui sont nouvellement installés dont les feuilles sont encore jeunes et par conséquent réceptives pour l'installation des colonies d'acariens verts.

Le mois d'août se caractérise par une pénurie alimentaire qui peut être la cause de la chute des populations de l'acarien vert sur les trois variétés. Toutefois, les quelques pluies de ce même mois, favorisent la reprise de la croissance végétale, offrant de nouvelles jeunes feuilles aux populations du ravageur, et qui aurait permis de nouvelles pululations au mois de septembre mais moins importantes que celles observées pendant la saison sèche précédente. A partir de la dernière quinzaine de ce mois, les fortes précipitations ont réduit les populations de cet arthropode phyllophage et les ont maintenues à de faibles niveaux de populations (<20 acariens/feuille) durant le reste de cycle végétatif de la culture. Les dégâts foliaires exprimés au moyen des coefficients d'attaques sont illustrés à la figure 11. On remarque que l'évolution des dégâts est étroitement liée à celle de la pluviométrie. En effet, pendant la période pluvieuse les coefficients d'attaques sont relativement faibles ( $<2,4 \pm 0,41$ ). Leurs pics respectifs sont observés pendant la saison sèche où la variété Nakarasi atteint  $3,7 \pm 0,46$  vers le début du mois d'août alors que la Criolinha a eu son coefficient d'attaques le plus élevé:  $2,8 \pm 0,44$  vers la fin du mois de juillet. La Mpambayabashengera a connu son coefficient maximal de  $2,6 \pm 0,49$  vers le début du mois d'août.

FIGURE 11: Évolution des coefficients d'attaques en fonction de la pluviométrie dans les parcelles non protégées avec de l'acaricide.



La saison pluvieuse correspond à une période défavorable pour le développement des populations d'acariens verts du manioc. Ceci laisse envisager une méthode de lutte basée sur la connaissance des meilleures dates de plantation du manioc qui contribuerait à limiter les dégâts infligés par ce ravageur à la culture du manioc. Dans le cas du Burundi, on remarque que la saison sèche est relativement courte (3 mois), du moins dans la plaine de l'Imbo, où les travaux d'expérimentation ont été menés. On a alors une grande période pluvieuse dans laquelle on peut choisir les meilleures dates d'installation des champs de manioc.

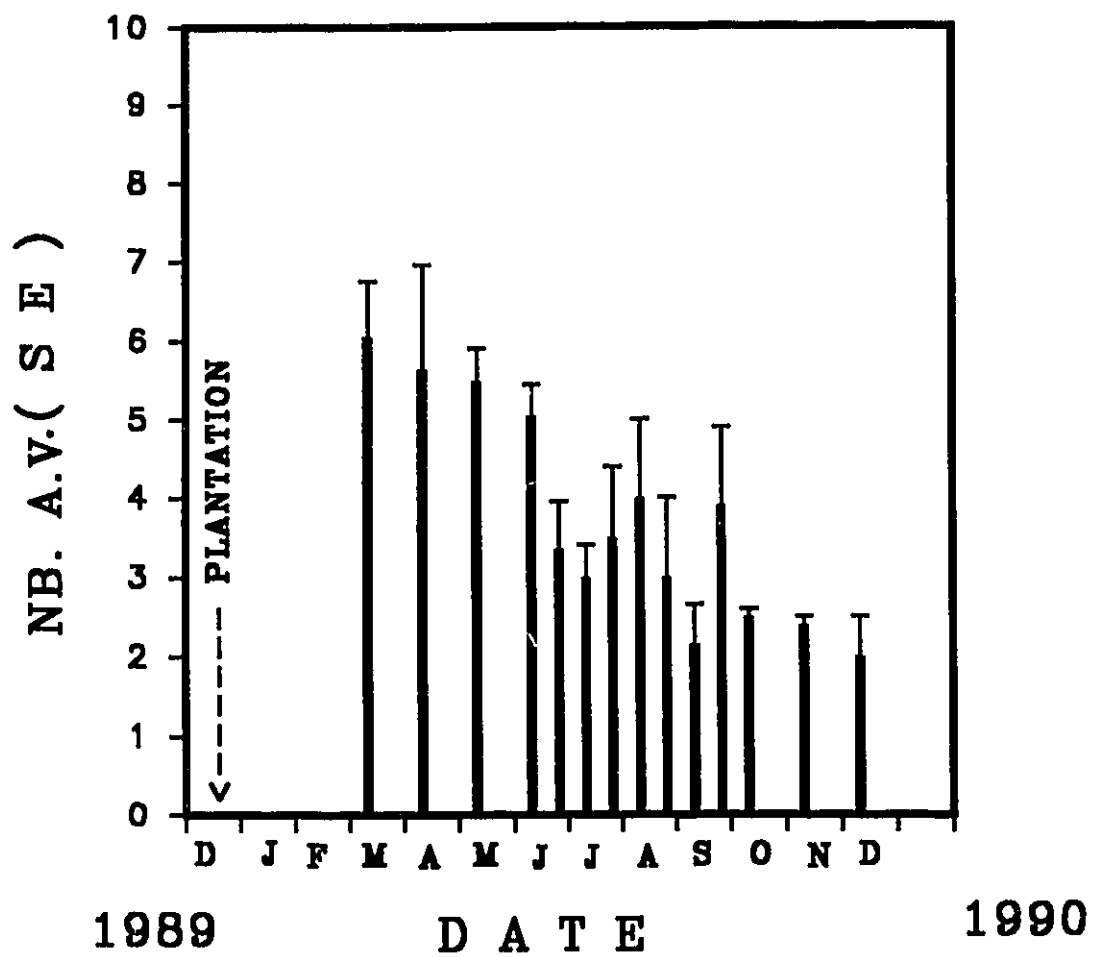
Les parcelles protégées avec acaricide ont été à l'abri de fortes attaques durant toute l'année. La figure 12 qui représente les fluctuations saisonnières des populations d'acariens sur la variété la plus sensible, Nakarasi, indique que les populations du ravageur sont restées inférieures à 7 acariens par feuille durant tout le cycle végétatif de la plante dont l'effectif le plus élevé est de  $6,05 \pm 0,7$  acariens par feuille.

### **3.1.3. Estimation des pertes de rendement**

L'impact de l'acariose sur la culture du manioc a été évalué en étudiant la production de la plante pour les tubercules frais, les feuilles et les boutures.

On remarque que la Nakarasi a subi des pertes plus élevées que la

FIGURE 12: Dynamique des populations de l'acarien vert sur la variété sensible à l'acarbose dans les parcelles protégées avec de l'acaricide.



Criolinha alors que la Mpambayabaskengera a connu une réduction de la production la plus faible pour tous les paramètres étudiés (Tableau 3). L'analyse de variance montre que les variables dépendantes (tubercule, bouture, feuille) sont significativement influencées par les facteurs acaricide et variété ( $P < 0,001$ ), aucune interaction entre ces deux facteurs n'ayant été observée. La variété Criolinha est plus productive que les deux autres variétés pour les tubercules frais et c'est la Mpambaskengera qui a eu la plus faible production bien qu'elle soit moins sensible à l'acariose pour les dégâts foliaires que les deux premières variétés. La Criolinha et la Nakarasi atteignent leur tubérisation maximale à 12 mois, après la plantation alors que la troisième variété l'est à 15 mois. En terme de la production des boutures, Mpambayabaskera est la variété la plus performante suivie par la Criolinha et en dernier lieu la Nakarasi. On observe le même classement variétal pour le poids des feuilles (Tableau 4).

**Tableau 3: Pertes de rendement dues à l'acariose**

| VARIÉTÉ             | NOMBRE BOUTURES | POIDS FEUILLES | POIDS TUBERCULES |
|---------------------|-----------------|----------------|------------------|
| NAKARASI            | 27,7%           | 30,7%          | 21,5%            |
| CRIOLINHA           | 22,3%           | 19,5%          | 12,8%            |
| MPAMBAYABA-SHENGERA | 13,1%           | 13%            | 9,7%             |
|                     |                 |                |                  |
| P(acaricide)        | < 0,001         | <0,001         | <0,001           |
| F =                 | 112,7           | 134,1          | 41,4             |
| D.L.=               | 1               | 1              | 1                |
|                     |                 |                |                  |
| P(variété)          | < 0,001         | <0,001         | <0,001           |
| F =                 | 28,9            | 1080,4         | 34,3             |
| D.L.=               | 2               | 2              | 2                |

**Analyse statistique: Analyse de la variance ( ANOVA.)**

Tableau 4: Production du manioc

| paramètre                                                                         | V A R I É T É      |                    |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                                                                   | Nakarasi           | Criolinha          | Mpambayabashengera |
| <b>poids frais des tubercules par plante ( G. ) <math>\pm</math> s.e.</b>         |                    |                    |                    |
| protégé                                                                           | 3846,3 $\pm$ 137,4 | 4109,6 $\pm$ 200,8 | 3123,8 $\pm$ 71,3  |
| non protégé                                                                       | 3016,2 $\pm$ 76,3  | 3580,4 $\pm$ 85,4  | 2819,1 $\pm$ 155,4 |
| <b>poids frais des feuilles par plante ( G. ) <math>\pm</math> s.e.</b>           |                    |                    |                    |
| protégé                                                                           | 241,6 $\pm$ 13,5   | 542,9 $\pm$ 27,5   | 684,1 $\pm$ 14,2   |
| non protégé                                                                       | 167,2 $\pm$ 3,4    | 436,6 $\pm$ 15,7   | 595 $\pm$ 25,1     |
| <b>nombre de bouture par plante ( morceau de 4 noeuds ) <math>\pm</math> s.e.</b> |                    |                    |                    |
| protégé                                                                           | 10,2 $\pm$ 0,7     | 11,2 $\pm$ 0,3     | 11,4 $\pm$ 0,1     |
| non protégé                                                                       | 7,3 $\pm$ 0,8      | 8,7 $\pm$ 0,3      | 9,9 $\pm$ 0,4      |

**Protégé:** parcelles protégées avec l'acaricide

**Non Protégé:** parcelles non protégées avec l'acaricide

**s.e.:** erreur standard

#### **3.1.4. Incidence agronomique de l'acarien vert sur les performances du manioc en relation avec la variété et la période de plantation**

La figure 13 met en évidence les pertes de rendement en tubercules frais des variétés Nakarasi et Criolinha pour les six dates de plantation. L'analyse de variance montre que la date de plantation est très hautement significative ( $P < 0,001$ ). On constate par ailleurs que les pertes de rendement augmentent progressivement à partir du mois de décembre et atteignent le maximum en février pour la Criolinha (16,8%) alors que pour la Nakarasi, ces réductions de rendement s'accroissent progressivement jusqu'au mois d'avril où elles arrivent à 26,6%. C'est en plantant au mois de janvier (4000g/plant) et de février (4500g/plant) que la production du manioc est la plus élevée même si le test de Tukey ne montre aucune différence significative entre les cinq premières dates de plantation (Novembre, décembre, janvier, février et mars). Par contre, en plantant au mois d'avril on a obtenu la plus belle production significative. (Tukey;  $P = 0,010$ ) (Fig.14).

Bien qu'on ait une gamme assez relativement large des meilleures dates de plantation, les pertes de rendement en tubercules frais enregistrées au cours des mois de janvier et de février sont déjà

FIGURE 13: Évolution des pertes de rendement (RDT) en fonction de la variété et de la date de plantation.

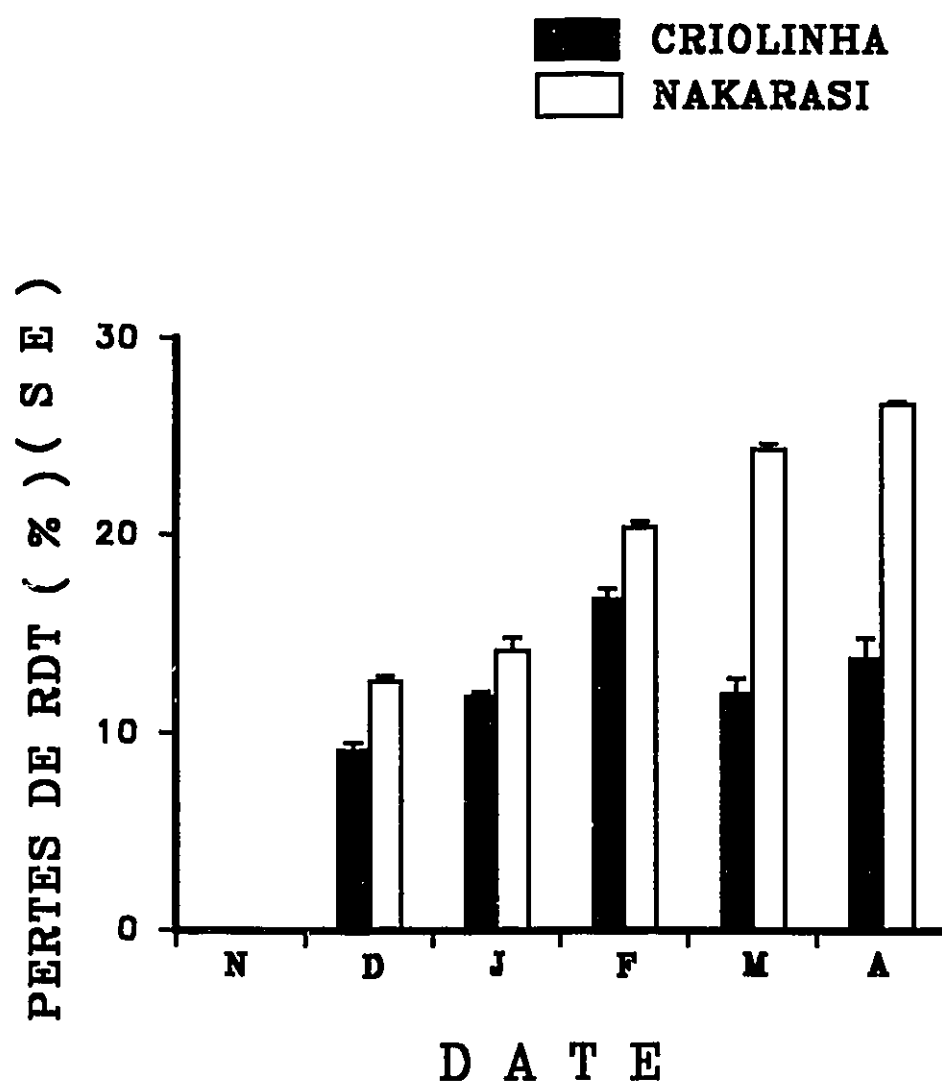
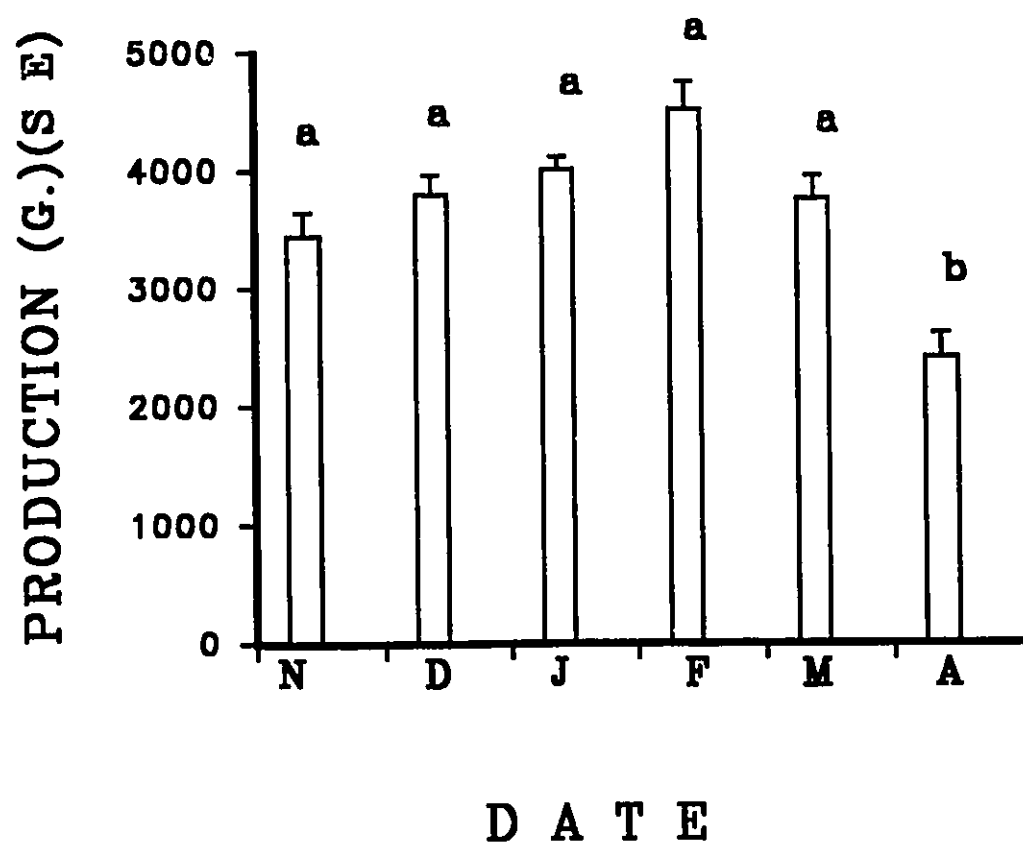


FIGURE 14: Comparaison des rendements en tubercules frais pour les six dates de plantation du manioc dans les parcelles non protégées avec de l'acaricide. Les moyennes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de Tukey;  $P=0,010$ .



relativement élevées, le facteur acaricide étant hautement significatif ( $P < 0,01$ ).

On comprend alors que la connaissance des meilleures dates de plantation, quoique cette technique culturale permette d'améliorer la production du manioc, ne suffit pas pour que cette culture puisse atteindre son rendement potentiel là où l'acariose constitue une menace importante pour cette denrée. Il faut qu'elle soit couplée avec d'autres méthodes de lutte susceptibles de la compléter en vue de réduire l'incidence de l'acariose sur la production du manioc.

### **3.2. La lutte biologique**

#### **3.2.1. Inventaire des ennemis naturels dans la région de l'Imbo**

La liste des phytoseiidés récoltés sur le manioc, les plantes adventices et sur la végétation avoisinante des champs de manioc est reprise dans le tableau 5. 40 espèces de phytoseiidés ont été récoltées dans la région de l'Imbo, localité où on a mené les expérimentations relatives à la lutte intégrée contre l'acariose du manioc. Parmi ces acariens prédateurs, seule l'espèce Euseius fustis a été récoltée dans tous les champs de manioc qu'on a régulièrement échantillonnés. Une autre espèce prédatrice observée sur la culture est Iphiseius degenerans. Sur

TABLEAU 5. PHYTOSEIIDES RECOLTES AU BURUNDI.

*Amblydromela*(=Typhlodromus) *gutierrezi* (Blommers)  
*Amblydromela*(=Typhlodromus) *kikuensis* (Swirski & Ragusa)  
*Amblydromela* sp.  
*Amblyseiella*(=Amblyseius) *athiasae* (Pritchard & Baker)  
*Amblyseius spinosis* Meyer & Rodriguez  
*Amblyseius*(=Typhlodromus) *herbicolus* (Chant)  
*Amblyseius*(=Typhlodromips) *shi* (Pritchard & Baker)  
*Amblyseius sundi* Pritchard & Baker  
*Amblyseius*(=Typhlodromips) *rykei* (Pritchard & Baker)  
*Amblyseius tamatavensis* Blommers  
*Amblyseius* sp.  
*Euseius africanus* (Evans)  
*Euseius*(=Amblyseius) *bwende* (Pritchard & Baker)  
*Euseius*(=Amblyseius) *dossei* (Pritchard & Baker)  
*Euseius*(=Amblyseius) *fustis* (Pritchard & Baker)  
*Euseius*(=Amblyseius) *hutu* (Pritchard & Baker)  
*Euseius*(=Amblyseius) *lokele* (Pritchard & Baker)  
*Euseius*(=Amblyseius) *plebeius* (Van der Merwe)  
*Euseius*(=Amblyseius) *talinga* (Pritchard & Baker)  
*Euseius*(=Amblyseius) *tutsi* (Pritchard & Baker)  
*Euseius* sp.  
*Galendromus* sp.  
*Iphiseius degenerans* (Berlese)  
*Neoseiulus barkeri* (Hughes)

## TABLEAU 5. (SUITE)

*Neoseiulus marginatus* (Wainstein)

*Neoseiulus*(=*Amblyseius*) *teke* (Pritchard & Baker)

*Neoseiulus* sp.

*Paraphytoseius multidentatus* Swirski & Shechter

*phytoseius ferox* Pritchard & Baker

*Paraseiulus* sp.

Phytoseiidae

*Phytoseius amba* Pritchard & Baker

*Phytoseius crinitus* Swirski & Shechter

*Phytoseius hongkongensis* Swirsiki & Shechter

*Phytoseius intermedius* Evans & Macfarlane

*Phytoseius yira* Pritchard & Baker

*Typhlodromalus*(=*Euseius*) *saltus* (Denmark & Matthysse)

*Typhlodromalus*(=*Amblyseius*) *havu* (Pritchard & Baker)

*Typhlodromus magdalenea* Pritchard & Baker

*Typhlodromus neososaltus*

30 récoltes réalisées durant toute la période d'échantillonnage, cet acarien a été retrouvé 18 fois soit 60% du nombre total de récoltes.

Euseius bwende n'a été collectée que 3 fois soit 10%. Cette espèce est apparue sur le manioc pendant la saison sèche alors que les deux premières étaient observées sur la plante quelle que soit la saison.

Typhodromalus saltus se caractérise par une fréquence de récolte de 0,33% durant toute l'investigation, la même fréquence est rapportée pour Euseius talinga et Euseius dossei.

Les insectes prédateurs recensés sur le manioc appartiennent aux Coléoptères, aux Neuroptères, aux Diptères, aux Thysanoptères et aux Hétéroptères.

Parmi ces arthropodes prédateurs, quelques spécimens ont été identifiés jusqu'aux taxa inférieurs. Dans les Coléoptères, on a identifié Holobus fageli, H. pallidicornis, Stethorus aethiops et S. fujunus. Pour les Neuroptères, on note des Chrysopidae et des Hemerobiidae. Quant aux Hétéroptères, une anthocoridae a été récoltée.

Tous ces insectes apparaissent sur le manioc pendant la saison sèche au moment où les populations d'acariens verts ont déjà atteint des niveaux de densités élevés.

### 3.2.2. Dispersion Horizontale de *Typhlodromalus limonicus* dans le champ de manioc

L'étude de la dispersion de *T. limonicus* a été entreprise à partir du mois de novembre 1990.

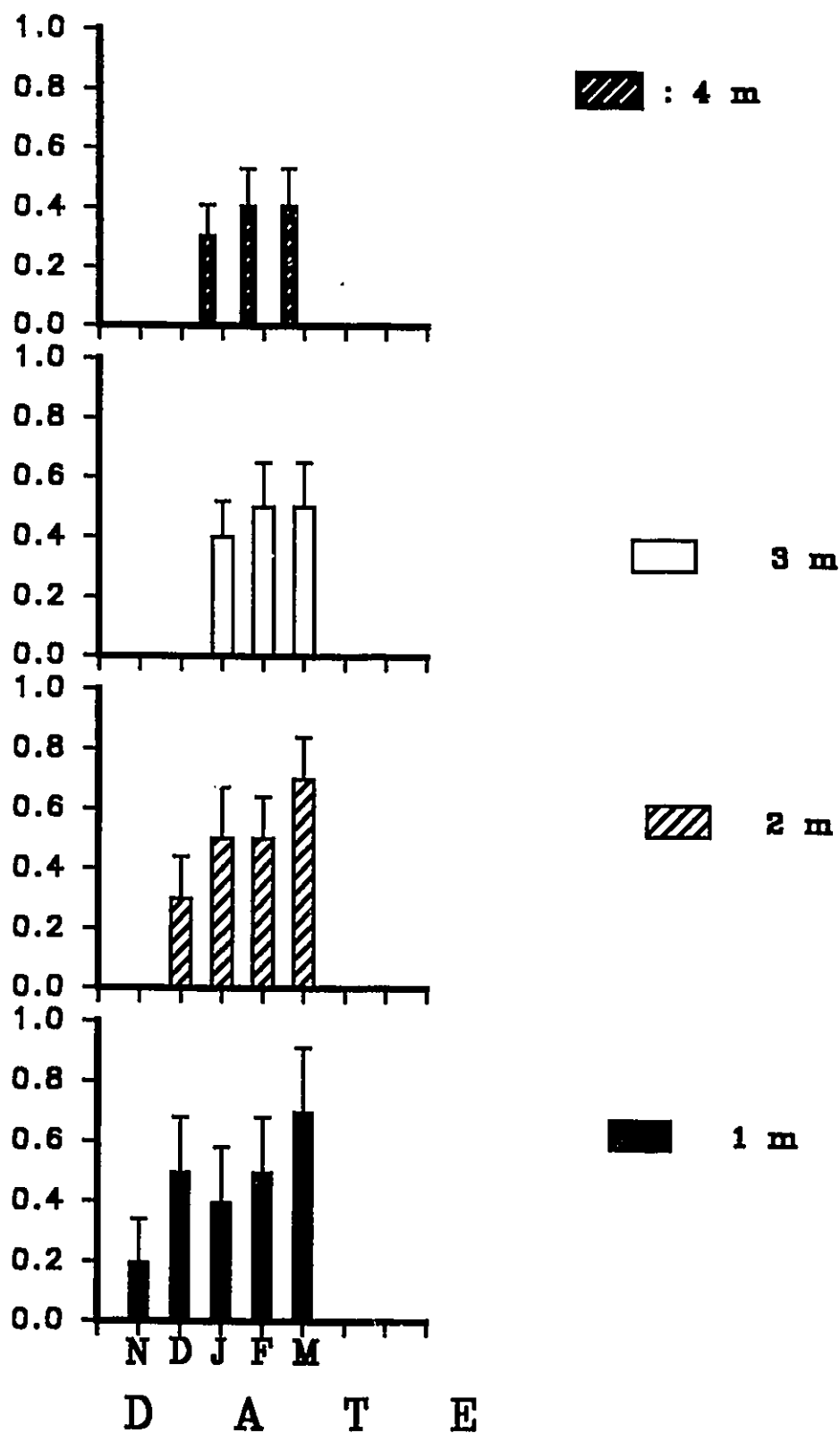
La figure 15 montre que cet arthropode prédateur s'est multiplié et progressivement dispersé sur les plantes avoisinantes dans tout le champ de manioc. On note qu'à 1m du point de lâcher, le prédateur a une population de  $0,2 \pm 0,15$  acariens au mois de novembre avant d'atteindre  $0,7 \pm 0,21$  acariens au mois de mars sur les mêmes plantes. On remarque en outre qu'à 2m du point de lâcher, aucun prédateur n'a été relevé au mois de novembre.

Par contre on a dénombré  $0,3 \pm 0,14$  individus à la même distance au mois de décembre et  $0,71 \pm 0,14$  individus au mois de mars. Durant les périodes de novembre et décembre, les phytoseiidés introduits étaient encore absents sur les plantes localisée à 3m et 4m du point de lâcher. Ce n'est qu'au cours du mois de janvier qu'on a observé l'arrivée de cet ennemi naturel à 3m et 4m avec des effectifs respectifs de  $0,4 \pm 0,12$  et  $0,3 \pm 0,11$  acariens.

Durant toutes les périodes d'observations, les fortes densités de populations de *T. limonicus* ont été enregistrées à des distances de 1m et

FIGURE 15: Dispersion horizontale de *T.limonicus* dans le champ de manioc.

N B . A C . ( S E )



2m au mois de mars atteignant les effectifs de  $0,7 \pm 0,21$ .

### 3.2.3. Étude de la répartition verticale des populations des Phytoseiidés: T. limonicus et E. fustis sur la plante du manioc

Les populations d'acariens verts sont plus nombreuses sur la strate foliaire supérieure qu'à celle du feuillage inférieur de la plante et ceci est bien illustré à la figure 6 relativement à la distribution verticale des populations du ravageur sur la plante du manioc.

Il ressort de l'analyse graphique (figure 16) que la distribution verticale de T. limonicus a la même tendance de répartition sur la plante que celle de sa proie, M. tanajoa, alors que celle d'E. fustis est plutôt orientée vers la partie inférieure de la culture où on enregistre un faible niveau numérique du ravageur. On note, pour la Nakarasi  $0,8 \pm 0,36$  T. limonicus et 0 pour E. fustis sur la première feuille la plus développée du sommet. Une répartition semblable à la précédente, des deux prédateurs sur la Mpambashengera, est observée, on a  $0,6 \pm 0,28$  T. limonicus et 0 E. fustis (Fig. 17).

Au fur et à mesure qu'on progresse vers le feuillage inférieur, T. limonicus devient rare alors qu'E. fustis voit ses populations augmentées progressivement.

FIGURE 16: Distribution verticale de *T.limonicus* et *E.fustis* sur la variété Nakarasi.

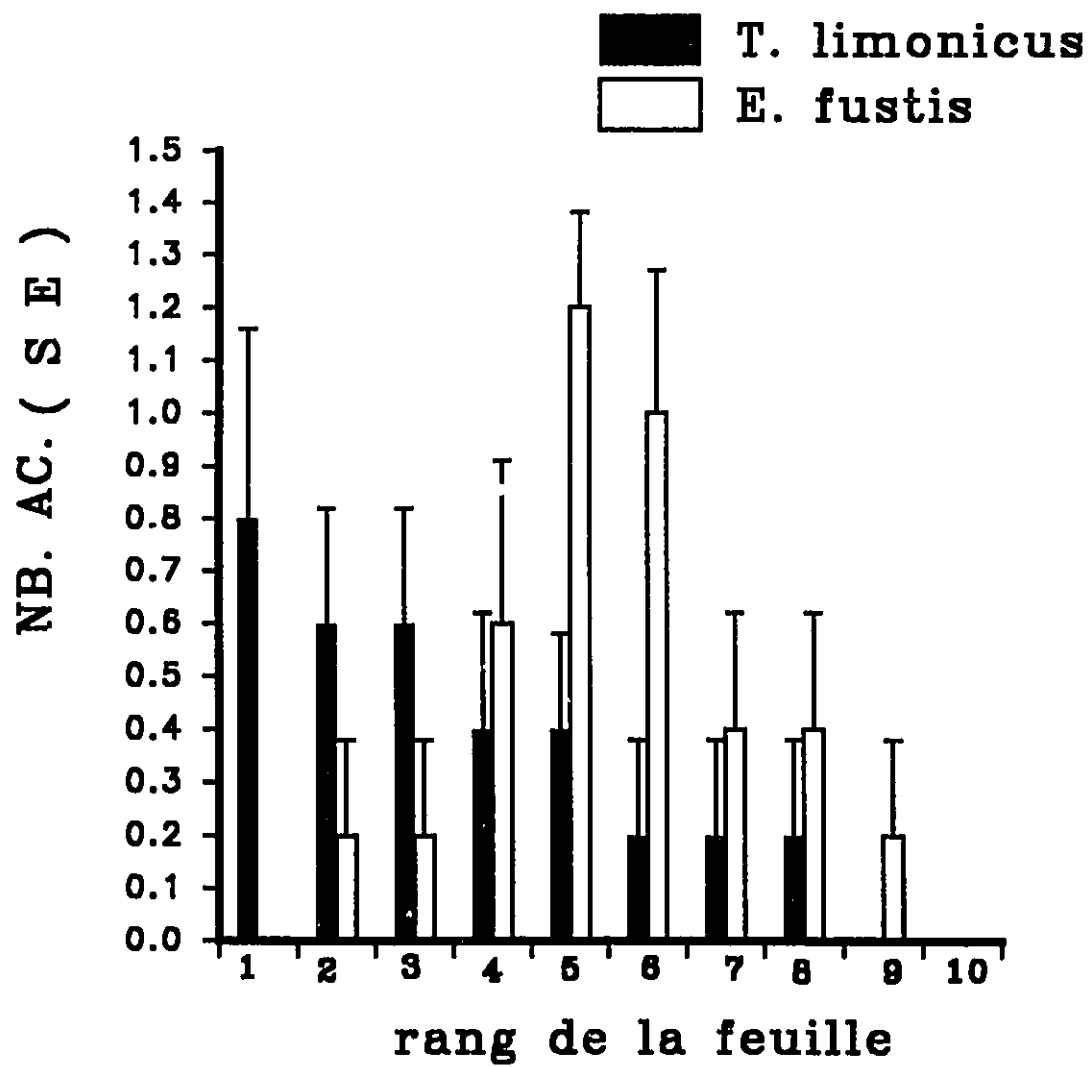
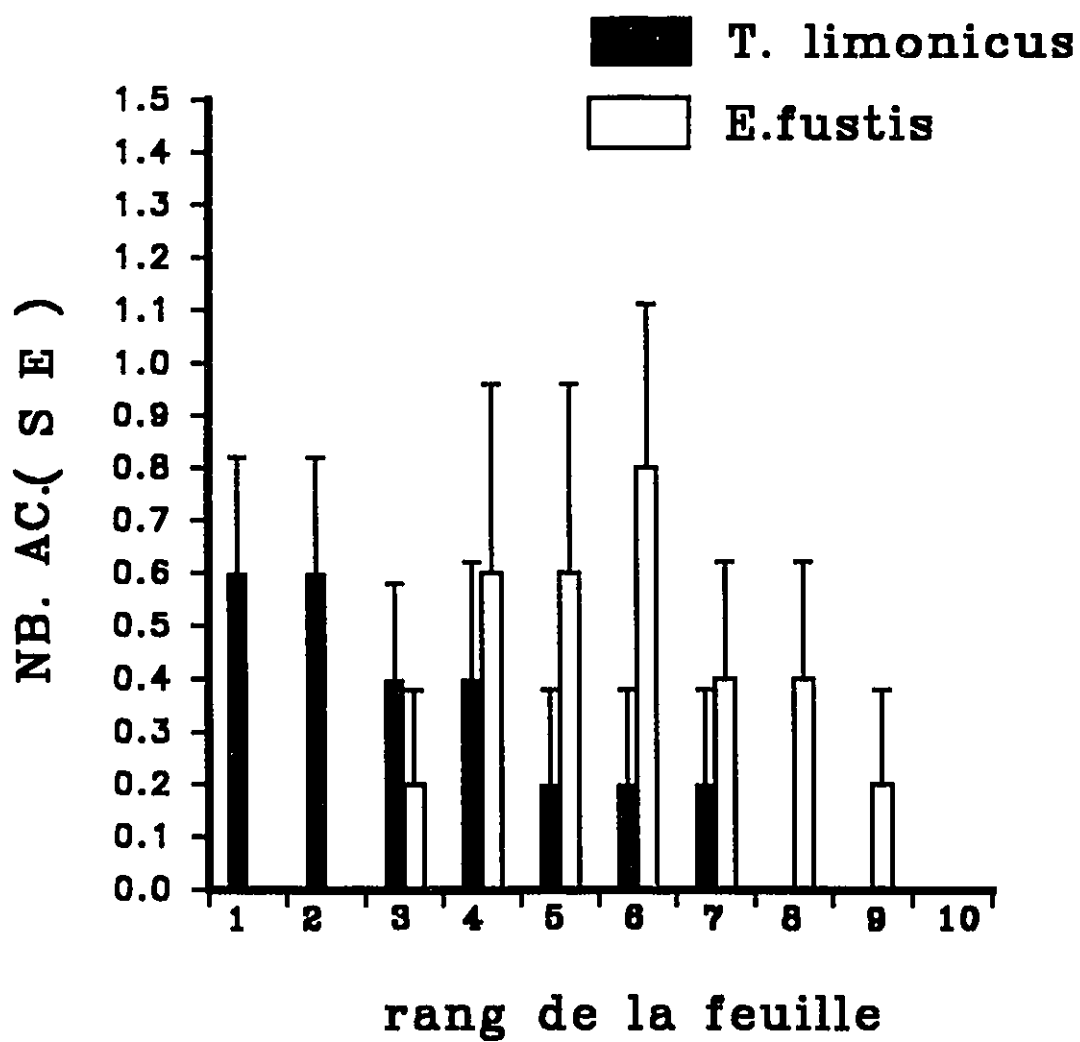


FIGURE 17: Distribution verticale de *T.limonicus* et *E.fustis* sur la variété Mpambayabashengera.



En effet, à partir du cinquième niveau sur le graphique de la figure 16, on constate qu'il y a  $1,2 \pm 0,18$  *E. fustis* contre  $0,4 \pm 0,18$  *T. limonicus* sur la Nakarasi et  $0,6 \pm 0,36$  pour le phytoseiidé local contre  $0,2 \pm 0,18$  pour le phytoseiidé exotique sur la variété Mpambayabashengera (Figure 17).

À partir du 8ième niveau, seul *E. fustis* est présent sur la Mpambayabasengera et on relève la même chose sur la Nakarasi à partir de la 9ième position. Plus on monte vers le sommet de la plante, plus on dénombre de phytoseiidés exotiques et moins on enregistre de phytoseiidés locaux.

#### **3.2.4. Étude comparée de la dynamique des populations du ravageur dans les parcelles de lâcher et témoins.**

Les figures 18 et 19 mettent en évidence les fluctuations saisonnières de l'acarien vert. Les niveaux de densités du ravageur évoluent naturellement dans une gamme de densités relativement faibles durant la période pluvieuse (nombre d'acariens/feuille  $< 20$ ) quelque soit la parcelle. Par contre, pendant la saison sèche, les populations du ravageur sont numériquement très importantes avec des pics respectifs, observés au début du mois de juillet dans toutes les parcelles, de  $168,25 \pm 41,18$  acariens et  $159,25 \pm 21,25$  acariens sur la Nakarasi respectivement, dans les parcelles de lâcher et témoins. Il en est de

FIGURE 18: Dynamique des populations de l'acarien vert dans  
les parcelles des lâchers et témoins: variété Nakarasi.

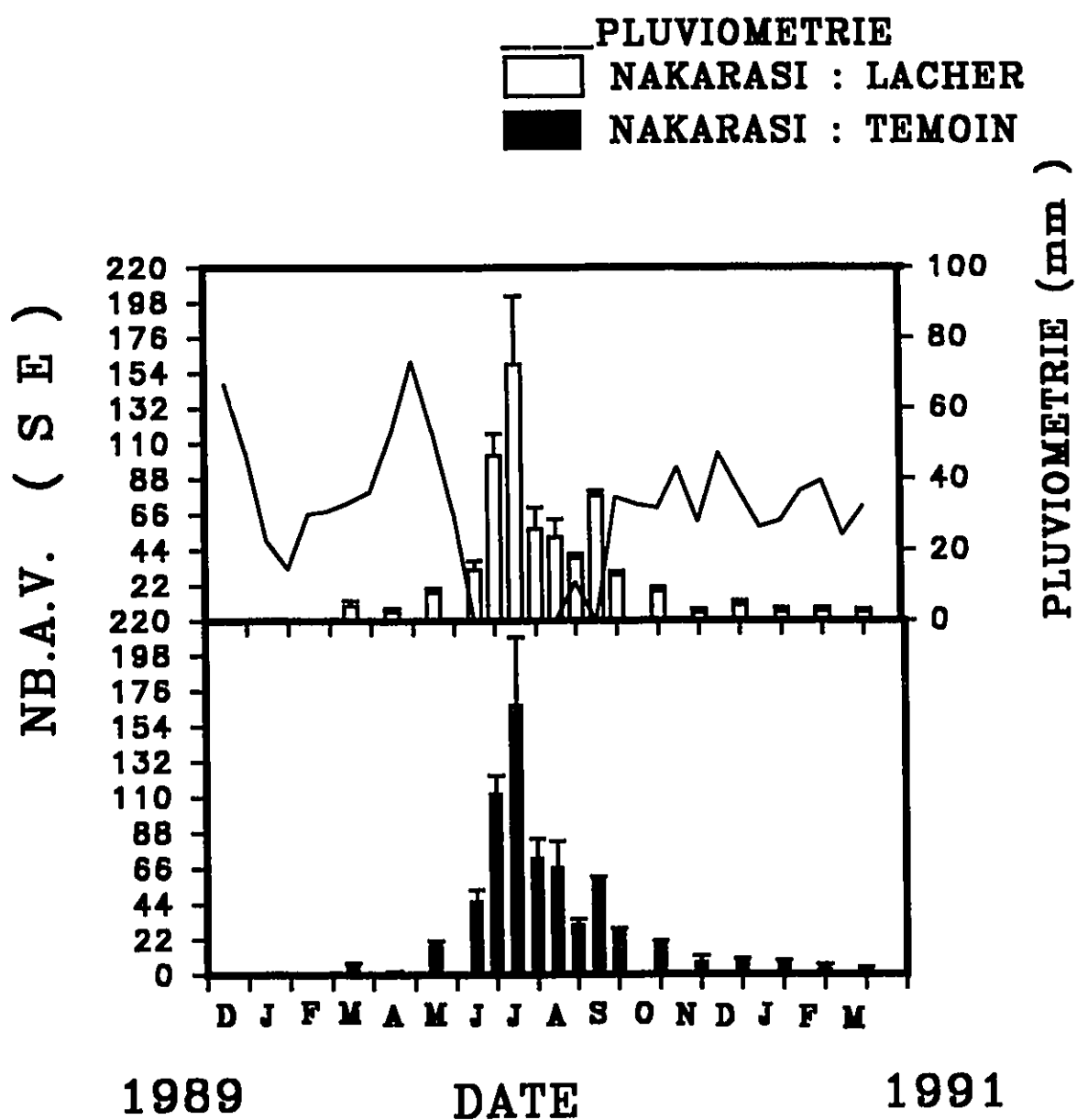
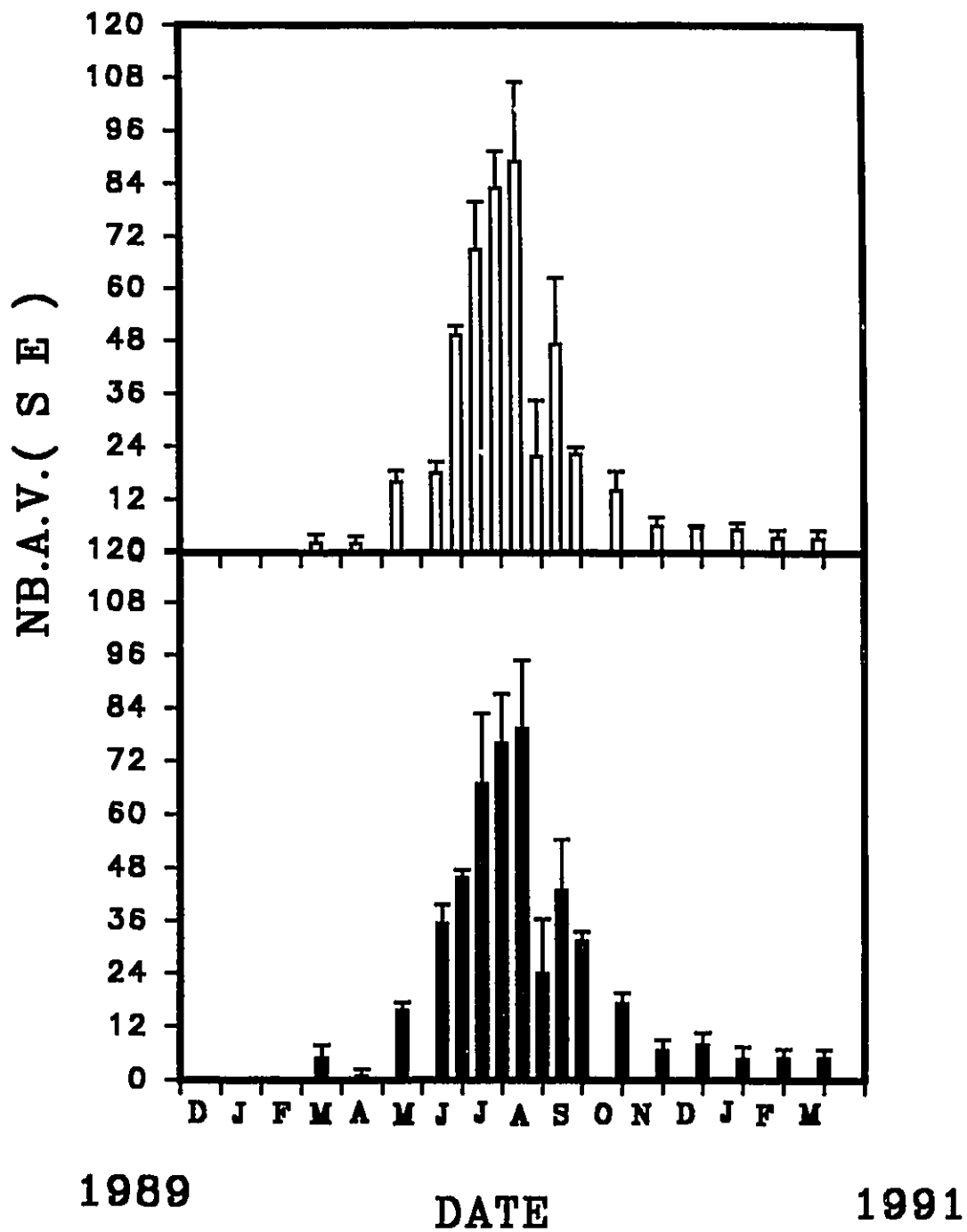


FIGURE 19: Dynamique des populations de l'acarien vert dans les parcelles des lâchers et témoins: variété Mpambayabashengera.

MPAMBAYABASHENGERA  
LACHER  
MPAMBAYABASHENGERA  
TEMOIN



même pour la Mpambayaskengera pour laquelle on dénombre  $79,75 \pm 15,43$  acariens correspondant aux parcelles témoins et  $89,5 \pm 18,0$  pour l'autre catégorie de parcelles.

La comparaison, des densités de populations du parasite dans les parcelles de lâcher et témoins au moyen du test  $t$  et après avoir fait une transformation  $\sqrt{x + 1}$  des effectifs d'acariens, permet de dire que les nombres moyens du ravageur ne sont pas statistiquement différents dans les deux catégories de parcelles quelque soit la variété ( $P=0,86$  pour la Nakarasi et  $P=0,50$  pour la Mpambayabaskengera).

### 3.3. Résistance variétale

Les coefficients d'attaques des 20 variétés étudiées varient de 1,25 à 4. La figure 20 indique que, dans l'intervalle des coefficients d'attaque de 1,25 à 3, le nombre d'acariens continue de s'accroître au fur et à mesure que les indices des dégâts foliaires correspondant augmentent. Au delà du coefficient 3, on note que plus le coefficient d'attaque est élevé, plus faible est le nombre d'acariens correspondant. Il existe une corrélation variétale hautement significative entre le nombre d'acariens et les coefficients d'attaques (figure 21;  $r = - 0,64$ ;  $P < 0,001$ ). L'analyse de la pilosité des variétés en relation avec les dégâts foliaires fait ressortir que les variétés relativement poilues ont de faibles

**TABLEAU 7. NOMS DES VARIÉTÉS DE MANIOC.**

- 1 MWARABU**
- 2 MUPFASONI**
- 3 NTEGAGASEKE**
- 4 TABIRA**
- 5 IBIGOROROKA**
- 6 BUKARASWA**
- 7 NABUKOROKA**
- 8 ZAYIMETI**
- 9 NAKARONDA**
- 10 BITAMISI**
- 11 CRIOLINHA**
- 12 MPAMBAYABASHENGERA**
- 13 TABIKA**
- 14 SOGOTA**
- 15 MUGURUKO**
- 16 MAGURUYINKWARE**
- 17 TMS3011/DB**
- 18 KABUMBE-KIGOMA**
- 19 NAKARASI**
- 20 YONGWE**

FIGURE 20: Coefficients d'attaques et nombres d'acariens verts  
correspondants des 20 variétés.

COEFFICIENTS D' ATTAQUES  
 NOMBRE D' ACARIENS VERTS

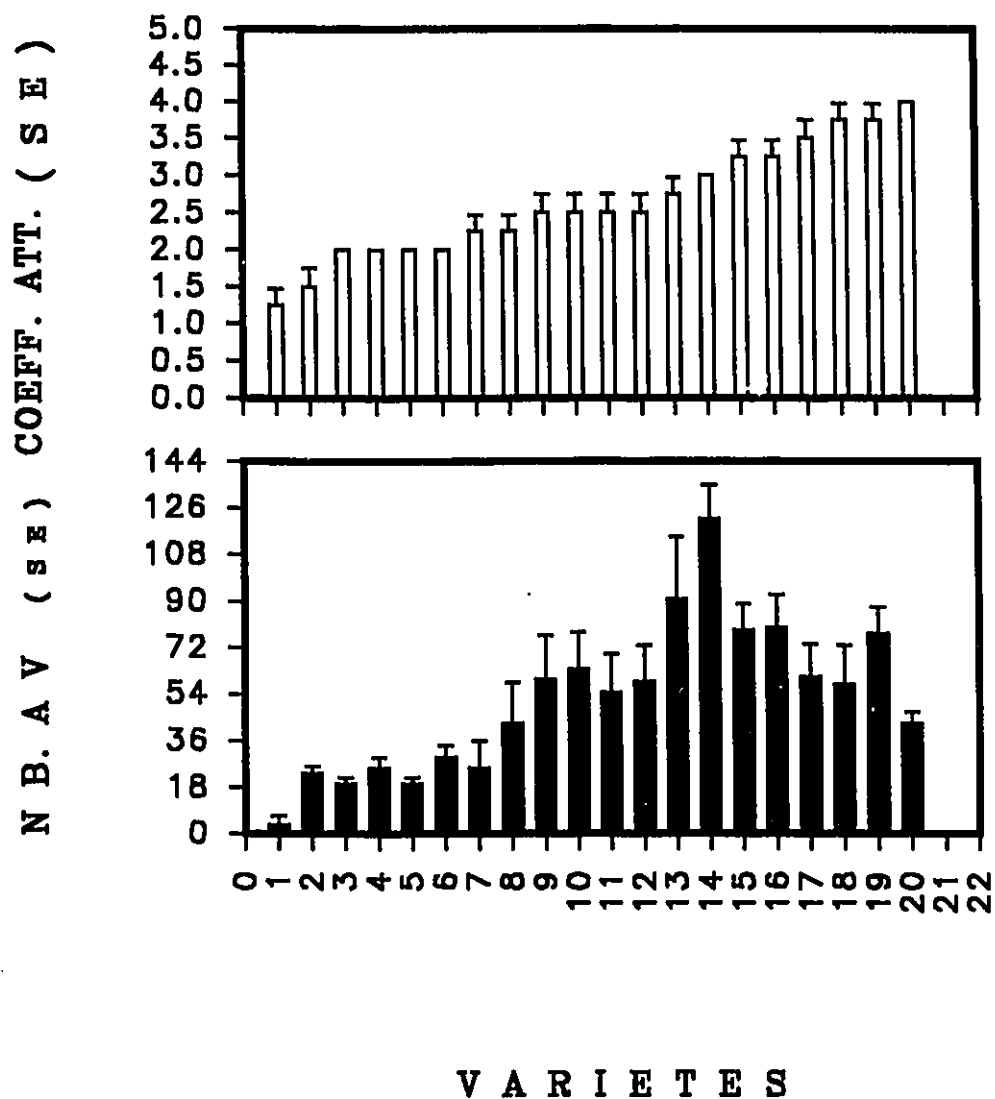
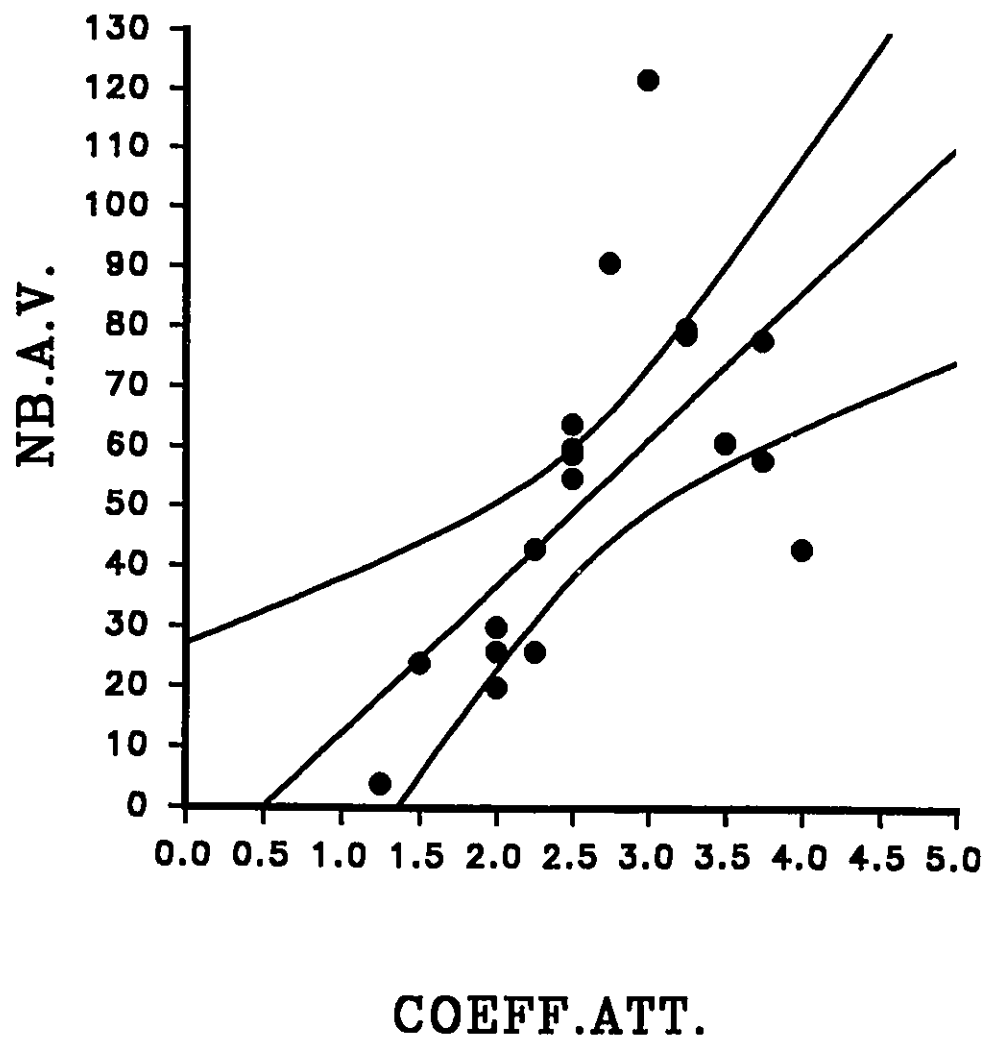


FIGURE 21: Corrélation entre les coefficients d'attaques et les nombres d'acariens verts sur 20 variétés.



coefficients d'attaques alors que les variétés faiblement poilues ou glabres ont en général des indices d'attaques relativement élevés. Toutefois on relève des variétés appartenant à cette dernière catégorie, dont les coefficients d'attaques sont faibles ( $< 2,25$ ; figure 22), c'est le cas de Mwarabu, Ntegagaseke, Bukaraswa, Nabukaroka et Zayimeti.

On observe une corrélation négativement significative entre la pilosité et les coefficients d'attaques ( $r=-0,46$ ;  $P<0,05$ ; figure: 23).

L'étude des concentrations des cyanures dans les différentes variétés montre que ces concentrations varient de  $160,75\pm 14,2$  ppm à  $541,5\pm 54,7$  ppm.

Le Tableau (6) donne les différentes valeurs des cyanures avec des coefficients d'attaques correspondant, on remarque que la variété Sogota qui a la concentration la plus élevée en cyanure a un coefficient d'attaque 3 et c'est la variété qui héberge le nombre moyen le plus élevé d'acariens par feuille (122 acariens).

Par contre il y a des variétés comme Ibigororoka Tabira et Mupfasoni qui ont les valeurs les plus basses de cyanures, mais dont les coefficients d'attaques sont faibles ( $<2,25$ ).

FIGURE 22: Les coefficients d'attaques et la pilosité  
des 20 variétés

 PILOSITE  
 COEFFICIENT D'ATTAQUES

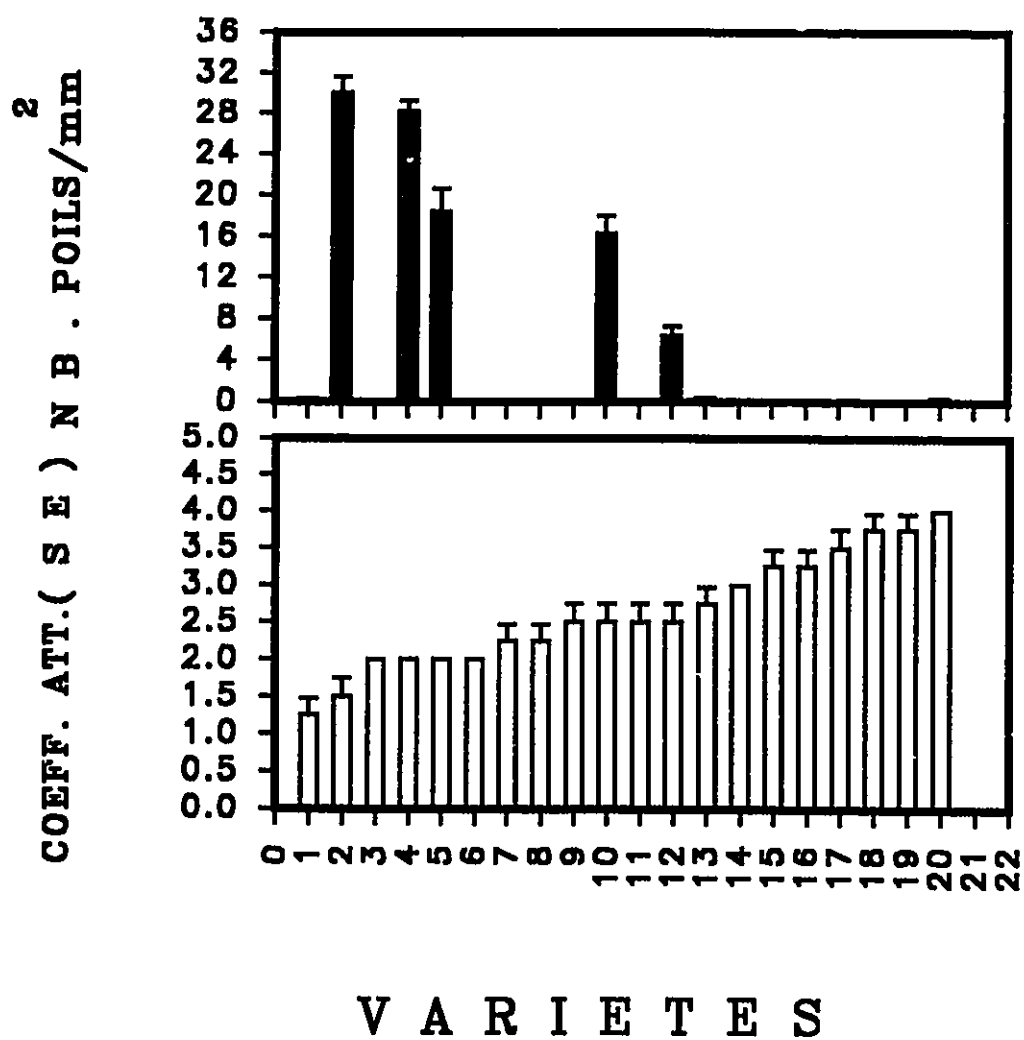


FIGURE 23: Corrélation entre les coefficients d'attaques et la pilosité.

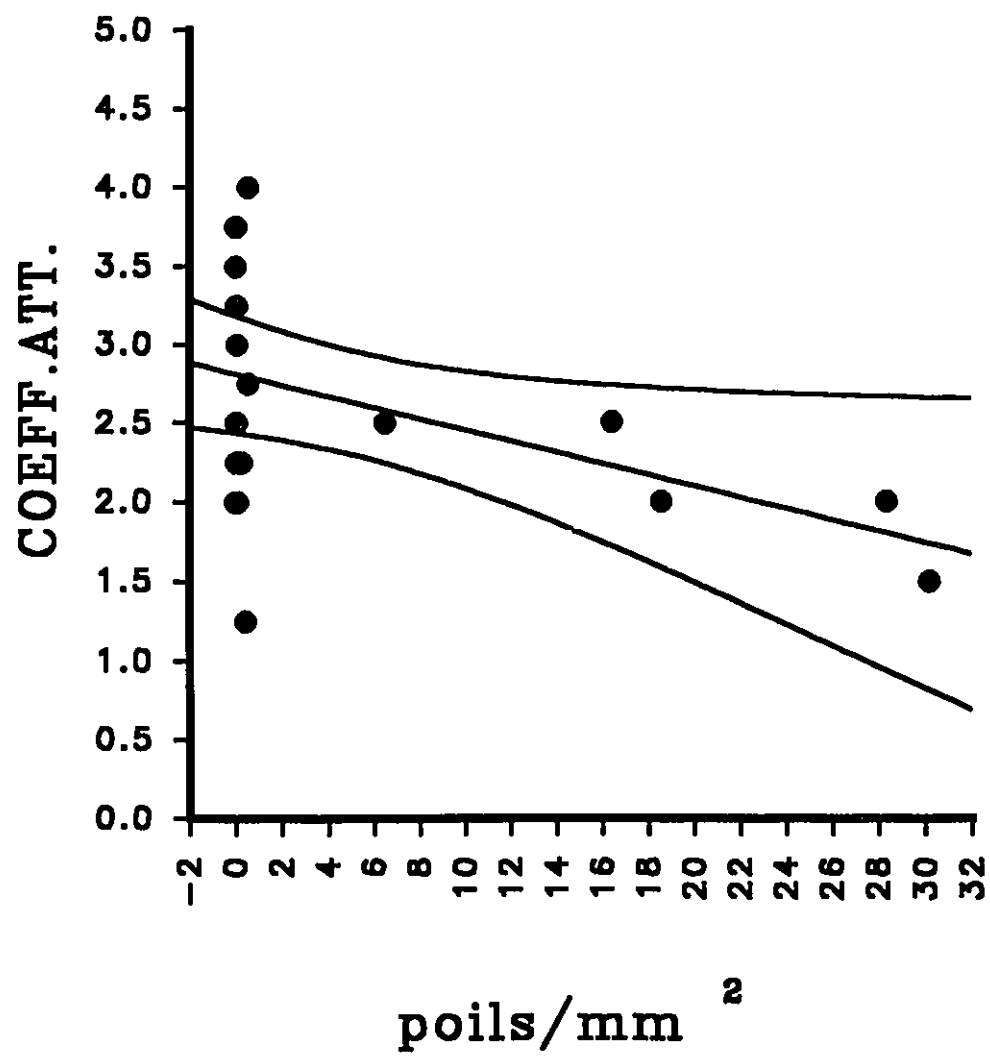


TABLEAU 6.DÉGÂTS FOLIAIRES EN FONCTION DES CYANURES.

| Noms des variétés  | coeff.att. | cyanures (ppm $\pm$ se) |
|--------------------|------------|-------------------------|
| Mwarabu            | 1.25       | 442.75 $\pm$ 48.9       |
| Mupfasoni          | 1.5        | 193.25 $\pm$ 14.9       |
| Ntegagaseke        | 2          | 491.75 $\pm$ 42.2       |
| Tabira             | 2          | 166.25 $\pm$ 25.6       |
| Ibigororoka        | 2          | 160.75 $\pm$ 14.2       |
| Bukaraswa          | 2          | 274.25 $\pm$ 34.2       |
| Nabukoroka         | 2.25       | 336.5 $\pm$ 29.5        |
| Zayimeti           | 2.25       | 307.75 $\pm$ 35         |
| Nakaronda          | 2.5        | 242 $\pm$ 11.1          |
| Bitamisi           | 2.5        | 219.5 $\pm$ 34.4        |
| Criolinha          | 2.5        | 458.75 $\pm$ 9.26       |
| Mpambayabashengera | 2.5        | 263.5 $\pm$ 18.1        |
| Tabika             | 2.75       | 236.25 $\pm$ 12.7       |
| Sogota             | 3          | 541.5 $\pm$ 54.7        |
| Muguruko           | 3.25       | 412.0 $\pm$ 34.7        |
| Maguruyinkware     | 3.25       | 331.5 $\pm$ 35.2        |
| TMS3011/DB         | 3.5        | 344.5 $\pm$ 12.5        |
| Kabumbekigoma      | 3.75       | 331.0 $\pm$ 26.5        |
| Nakarasi           | 3.75       | 254.0 $\pm$ 26.4        |
| Yongwe             | 4          | 339.25 $\pm$ 18.3       |

D'une manière générale la corrélation entre ces deux paramètres n'est pas significative (figure: 24).

#### **3.4. Spectre de plantes-hôtes (plantes hôtes alternatives)**

Le tableau 8 donne la liste des plantes appartenant à la famille des Euphorbiaceae. Ces plantes ont été trouvées soit dans l'agrosystème du manioc soit aux alentours des champs de manioc dans la région de l'Imbo. Aucun acarien vert n'a été récolté sur ces plantes durant toute la période de l'échantillonnage.

FIGURE 24: Relation entre les coefficients d'attaques et les concentrations en cyanures.

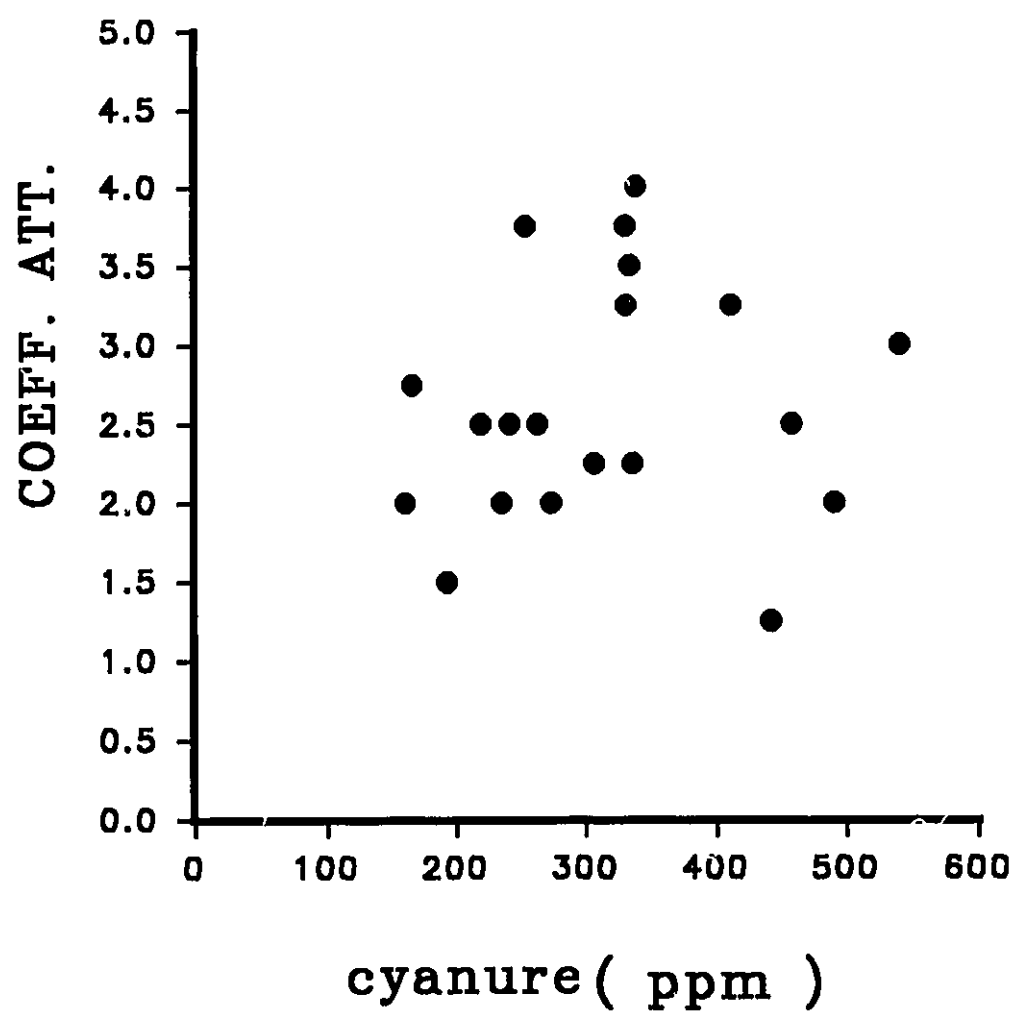


Tableau 8 : Plantes appartenant à la famille des Euphorbiaceae  
échantillonnées pour l'acarien vert.

*Acalypha bipartita* Muell. Argov.  
*Acalypha brachystachya* Hormen  
*Acalypha ciliata* Forsk  
*Antidesma membranaceum* Muell. Argov.  
*Antidesma microcarpum* J. Leon.  
*Antidesma venosum* E. Mey. Ex Tui.  
*Argomuellera macrophylla* Pax  
*Bridelia scleroneura* Muell.Argov.  
*Erythrococca atrovirens* (Pax) Prain  
*Erythrococca bongensis* Pax  
*Euphorbia candelabrum* Trem. Ex Kotschy  
*Euphorbia geniculata* Orteg.  
*Euphorbia hirta* L.  
*Jatropha curcas* L.  
*Macaranga spinosa* Muell.Argov.  
*Margaritaria obovata* (Baill.) Webster  
*Monadenium chevalieri* N. E. Br.  
*Monadenium* sp (Reek.)  
*Phyllanthus amarus* Schumach. et Thonn  
*Phyllanthus maderaspatensis* L.  
*Phyllanthus muelleranus* (O. Kuntze) Exell.  
*Phyllanthus niruri* L.  
*Phyllanthus nummulariifolius* Poir.

## Tableau 8: (suite)

*Phyllanthus odontadenius* Muell. Argov.

*Phyllanthus ovalifolius* Forsk

*Phyllanthus paxii* Hutch.

*Pseudolashnostylis maprouneifolia* Pax

*Racynodendron heudelotii* (Baill.) Pierre Ex Pax

*Ricinus communis* L.

*Securinega virosa* (Roxb. Ex Willd.) Baill.

*Synadenium grantii* Hook. f.

*Tragia brevipes* Pax

*Uapaca nitida* Muelll. Argov.

*Uapaca sansibarica* Pax

*Uapaca kirkiana* Muell. Argov.

## CHAPITRE IV Discussion

### 4.1. Introduction

Les résultats obtenus au cours de cette étude font ressortir les points saillants suivants:

1. L'importance économique de M. tanajoa a été mis en évidence par des pertes élevées de rendement qu'il provoque pour la production du manioc.
2. La saison pluvieuse coïncide avec de faibles populations du ravageur, on s'aperçoit alors que le paramètre "date de plantation" serait une option favorable pour limiter les dégâts causés par le ravageur à la culture.
3. Quant à la résistance variétale, la pilosité constitue un indice valide de défense mécanique du manioc contre l'acarien alors que la résistance biochimique basée sur la concentration des cyanures dans les feuilles de manioc ne semble pas être évidente.
4. L'utilisation de T. limonicus dans le cadre de la lutte biologique offre beaucoup d'espoirs. Ce prédateur a pu survivre pendant la saison pluvieuse, période où les populations du ravageur deviennent rares sur les plantes de manioc.
5. Mononychellus tanajoa est un ravageur monophage inféodé au genre Manihot.

#### 4.2. Distribution de M. tanajoa sur la plante

Les résultats obtenus à l'issue de la présente étude indiquent que les populations de l'acarien vert (Mononychellus tanajoa (Bondar)) sont plus élevées sur les jeunes feuilles que sur les feuilles sénescences. Cette observation est confirmée par celles des autres chercheurs qui se sont intéressés à l'écologie de ce ravageur.

Yaninek et al. (1989a) signalent que ce tetranychidé est plus abondant sur le feuillage du sommet de la plante que sur celui de la strate inférieure. Selon ces mêmes auteurs, la préférence des acarins verts des jeunes feuilles sur les feuilles âgées est liée à la meilleure qualité nutritive de ces premières. Les jeunes feuilles ont une plus grande teneur en azote que les feuilles âgées ce qui augmente la fécondité de ce prédateur. Le taux de croissance des populations du ravageur est inversement proportionnel à l'âge chronologique de la plante ainsi qu'à l'âge physiologique de la feuille.

Nos résultats concernant la répartition des populations du ravageur sur la plante concordent avec ceux de Yaseen et al. (1977) et Nyiira (1977). Yaninek (1991), en étudiant le système d'échantillonnage de M. tanajoa sur le manioc en fonction des différentes dates de plantation, a affirmé que le nombre d'individus de cet arthropode était plus élevé sur

les première et troisième feuilles les plus développées à partir du sommet de la plante hôte. Il a précisé que les populations d'acariens étaient stables sur la première feuille précitée, quelle que soit la date de plantation et l'âge de la plante; par conséquent, il a proposé que c'est à ce niveau que devrait se faire l'échantillonnage de cette peste et ceci confirme nos observations.

Leuschner (1980), après avoir compté ces acariens sur la plante dans le sens vertical, depuis l'extrémité des pousses jusqu'à la dixième feuille, a constaté que c'est à partir de la quatrième feuille qu'il est plus facile de procéder à l'échantillonnage de ce ravageur. La quatrième feuille à partir des pousses correspond généralement à la première feuille la plus développée de la plante.

La répartition des populations de cet arthropode sur la feuille du manioc se fait d'une façon irrégulière, il y a plus d'acariens sur la partie basale que sur la partie supérieure de la feuille quel que soit le niveau d'infestation de la plante (Nyiira, 1977).

#### **4.3. Dynamique des populations du ravageur**

Les populations de M. tanajoa sont plus abondantes pendant la saison sèche que pendant la saison pluvieuse. On remarque également que ce ravageur est présent dans les plantations du manioc durant toute l'année,

avec deux pics dont le premier est observé au cours de la saison sèche et le deuxième, moins important que le premier, est enregistré au début de la saison pluvieuse et chute immédiatement aussitôt que les pluies commencent à être régulières. Ces résultats sont conformes à ceux de Yaseen et al (1977), Nyiira (1977), Leuschner (1980), Akinlosotu (1982) et Yaninek et al (1989a).

Les pluies délogent les acariens sur les feuilles de manioc (Yaseen et al., 1977) surtout lors des pluies torrentielles (Yaninek et al., 1987; Yaninek et al., 1989a). Toutefois Nyiira (1977) signale avoir observé de fortes populations du ravageur sur quelques variétés de manioc dans une seule localité en Ouganda; il n'en explique cependant pas la cause.

Akinlosotu (1982) indique qu'il y a une relation linéaire négative entre les populations d'acariens verts et la pluviométrie et l'humidité et c'est pourquoi, ajoute-t-il, lorsque ces deux paramètres météorologiques augmentent, les densités du ravageur chutent. Cette observation confirme ce que nous avons observé en saison pluvieuse pour les populations d'acariens verts.

Le même auteur, en examinant l'eau de pluie puisée sous le feuillage du manioc, n'a observé aucun individu de M. tanajoa dans cette eau et ceci l'a amené à écarter l'effet mécanique de la pluie sur le ravageur. Cet

auteur partage le même avis que Nyiira (1972) qui suppose que la pluie affecte la physiologie de la plante et cette dernière devient défavorable au développement du ravageur. Les mécanismes d'action sont cependant inconnus.

Au cours de la saison sèche, lors de fortes infestations du ravageur, ce dernier quitte les plantes fortement endommagées et migre vers celles qui sont encore favorables à son alimentation (Yaseen et al, 1977; Nyiira, 1977; Samways, 1979; Leuschner 1980).

Ce phénomène est très courant chez les tétranychidés (Fleschner et al., 1956). Ceci expliquerait alors ce que nous avons observé sur la variété Nakarasi pendant la saison sèche où les populations du ravageur diminuent après avoir atteint le pic.

Lors de la migration, l'acarien s'orientera vers les jeunes plantes et cherchera à s'installer sur les jeunes feuilles de la plante, ce qui permettra le développement de nouvelles colonies du ravageur. Ceci est confirmé par Howeler (1985) qui dit qu'au fur et à mesure que les feuilles vieillissent, leur concentration en azote diminue. Wernelinger et al. (1985) précisent que la teneur en azote dans les feuilles influence les taux de développement et de fécondité des tétranychidés en général. On comprend alors pourquoi le ravageur est toujours présent dans les

plantations de manioc au cours de toute l'année.

#### 4.4. Dégâts

En se nourrissant sur la plante, les tétranychidés percent avec leur stylets les cellules foliaires, commencent à sucer leur contenu (Tomczyk et al., 1985) et causent ainsi la chlorose foliaire qui se traduit par de petites taches sur la surface supérieure de la feuille pouvant aller jusqu'à la perte totale du pigment et à la mort de la feuille (Rodriguez, 1978).

Rasmy et al., (1979) ont démontré que l'acarien brun, Eutetranychus orientalis (Banks), en s'alimentant sur les feuilles d'agrumes, provoque la diminution des concentrations des différentes substances dans les feuilles, comme de l'azote, du phosphore et du potassium. D'autre part, les concentrations foliaires de ces éléments biochimiques étaient négativement corrélées avec les populations du déprédateur. Les mêmes chercheurs ont constaté la chute des pourcentages des chlorophylles a et b dans les feuilles endommagées par le ravageur. Une étude similaire a été effectuée par Ayaru (1983) sur l'influence des attaques de M. tanajoa sur les feuilles de manioc. Il rapporte des réductions de chlorophylle qui varient de 21 à 37% selon la sensibilité des variétés étudiées. Ezulike et al. (1990) citent des chutes pouvant atteindre 60.6% et 82.5%

respectivement pour les chlorophylles a et b du manioc.

Byrne (1980) cité par Byrne et al. (1982b) rapporte une diminution du taux de la photosynthèse de 23% du manioc due aux attaques de M. tanajoa.

Les conséquences de ces dégâts se traduisent par l'arrêt de la croissance de la plante (Yaseen et al., 1977) et ceci est à l'origine de la réduction des boutures qu'on a observée en comparant les productions du manioc dans les parcelles traitées avec acaricide et celles non protégées contre les attaques de l'acarien. Les feuilles attaquées deviennent ratatinées avec une forte réduction de la surface foliaire pouvant atteindre 95% (Hahn et al., 1980). Les attaques du ravageur provoquent la chute prématurée des feuilles (Byrne et al., 1982 cités par Phiri, 1989) et ceci serait à l'origine des pertes en poids des feuilles enregistrées dans notre travail.

Des pertes de rendement en tubercules, qui varient entre 10 et 80% sont déjà enregistrées sur le continent africain et les pertes les plus élevées ont été enregistrées en Tanzanie sur des variétés très sensibles à l'acariose (Shukla, 1976 et Nyiira, 1977).

D'après nos résultats, Mpambayabaskengera est la variété la moins sensible à l'acariose pour les feuilles, mais sa production en tubercules

est moins performante que celle de Nakarasi, variété très sensible (en se basant sur les dégâts foliaires,) et celle de Criolinha, variété moyennement sensible.

Une observation similaire a été faite par Byrne et al. (1982b). Selon Cock (1978), les variétés qui investissent beaucoup d'énergie dans la production foliaire sont généralement moins productives en tubercules que les variétés moins feuillues.

Le seuil de nuisibilité pour M. tanajoa a été estimé par Ezulike et al. (1990) et serait fixé à huit acariens par feuille de manioc. Durant toute la période de nos observations sur les dégâts foliaires, les populations d'acariens verts sont restées inférieures à ce seuil de nuisibilité dans les parcelles protégées avec acaricide, alors qu'on observe le contraire dans les parcelles non pulvérisées.

#### **4.5. Lutte culturale**

La lutte culturale basée sur la connaissance de meilleures périodes de plantation du manioc est reconnue comme l'une des composantes de lutte intégrée pour limiter les dégâts infligés par l'acariose à la culture du manioc. Sa production pour la matière sèche des tubercules dépend des dates de plantation, de récolte et des densités cumulatives de M. tanajoa (Yaninek et al., 1990).

D'après ces études, le manioc planté tôt dans la saison pluvieuse, souffre de faibles attaques d'acariens verts et, par conséquent, les pertes de rendement dues à ce ravageur seront moins élevées.

En analysant nos résultats, il y a une différence de 47% en comparant les productions des tubercules frais pour les mois de février et avril. Les plantations précoces de cette culture permettraient de doubler environ la production en tubercules frais qu'on aurait en installant les champs de manioc tardivement vers la fin de la saison pluvieuse, mais il faut que la récolte soit réalisée 12 mois après les plantations pour les variétés étudiées.

Emyi (1972) signale que les plantations précoces de manioc correspondent à des productions relativement performantes en feuilles, en tubercules frais et en boutures.

La saison sèche correspond à une période de cessation de stockage de l'amidon dans les tubercules suite à la réduction de la surface foliaire totale de la plante. La proportion de la matière sèche, par rapport à la matière sèche produite, allant vers les tubercules au cours de la saison pluvieuse subséquente est en général inférieure à celle qu'elle était durant la saison pluvieuse précédente (Sylvestre et al., 1983).

Ainsi le manioc souffre alors d'une action combinée de la sécheresse et

des attaques de M. tanajoa. On comprend alors que les plantes qui traversent la période de sécheresse subissent des pertes additionnelles de la part des attaques des acariens et ceci est d'autant plus marqué que la sécheresse couvre une longue période du cycle végétatif de la culture, surtout si les attaques débutent au moment où les plantes sont encore jeunes (Youngman et al., 1986).

Les baisses de productions dues aux attaques de M. tanajoa au cours de la saison sèche, ne sont pas récupérées par le manioc pendant la saison pluvieuse suivante, même si les populations du ravageur ont été fortement réduite par la pluie, ces pertes persistent et parfois augmentent en fonction des demandes métaboliques de la plante (Yaninek et al., 1990).

Plus tôt les plantes traversent la saison sèche, plus élevées seront les chutes de rendement du manioc (Byrne et al., 1982b).

#### **4.6. Lutte biologique**

Une autre méthode de lutte qui contribuerait à améliorer le système de lutte intégrée contre l'acarien vert est la lutte biologique par introduction des ennemis naturels potentiellement efficaces, à partir du milieu d'origine du ravageur (Herren et al., 1987). L'inventaire des agents biologiques locaux participant à la régulation naturelle du ravageur constitue un travail préalable avant de démarrer le programme de lutte

biologique, pour mieux discerner l'entomocénose dans lequel seront intégrés les ennemis naturels introduits et surtout pour faciliter l'évaluation de ces derniers pour leur pouvoir régulateur de leur proie (Moraes, 1987).

Une quarantaine d'espèces de phytoseiidés sont déjà inventoriés au Burundi et on constate que Euseuis fustis et Iphiseius degenerans sont les deux acariens prédateurs régulièrement observés sur le manioc dans le pays. La même chose a été rapportée dans d'autres pays africains (Markham et al., 1987; Ezulike et al., 1985; Yaninek et al, 1990). Le complexe d'ennemis naturels associés à M. tanajoa sur le manioc en Afrique est homogène et inefficace pour le contrôle de ce ravageur (Nyiira et al, 1977).

Markham et al., (1987) ont parfois récolté Euseuis fustis sur des plantes de manioc indemnes d'acariens verts et ont conclu que ce phytoseiidé local doit avoir une autre source de nourriture en plus de M. tanajoa. Ceci a été confirmé par Ezulike et al. (1985) qui ont démontré que E. fustis préfère Oligonychus gossypii, acarien rouge du manioc, qu'à l'acarien vert.

Malgré la présence régulière de ces deux phytoseiidés locaux sur la culture, les populations de M. tanajoa atteignent toujours de fortes densités pendant la saison sèche et infligent des dégâts importants au

manioc.

Par contre, en Amérique du sud, le complexe d'acariens phytophages du manioc est efficacement contrôlé par l'action combinée des prédateurs et des conditions météorologiques, surtout là où le manioc est cultivé d'une manière traditionnelle (Yaseen et al., 1977; Bellotti et al., 1978; Samways, 1979). Selon les mêmes auteurs, ces ennemis naturels associés à M. tanajoa sur le manioc dans le nouveau monde, sont diversifiés et parfois localement très abondants.

Contrairement à l'extrême pauvreté de phytoseiidés associés à la culture du manioc au Burundi, Bellotti et al. (1987) signalent la présence de 46 phytoseiidés acariphages dont 38 ont été récoltés sur le manioc en Amérique du sud.

T. limonicus a été retrouvé au mois de novembre 1990 et s'est maintenu sur le manioc pendant la saison pluvieuse, période où les populations du ravageur étaient faibles. Ce phytoseiidé est toujours associé à M. tanajoa dans son milieu d'origine (Samways, 1979, Moraes, 1987) et son efficacité régulatrice des populations du ravageur, a été prouvée par Braun et al. (1989).

Une autre qualité de ce prédateur est qu'il est capable de survivre pendant la période où le ravageur devient rare sur les plantes, ce phytoseiidé peut

se rabattre sur les grains de pollen (McMurtry et al, 1965). Ceci expliquerait alors sa survie sur le manioc durant la saison pluvieuse.

Les résultats de nos observations révèlent que I. limonicus se concentrent sur la partie supérieure de la plante où les populations de M. tanajoa prédominent. Yaseen et al. (1977) et Rogg et al. (1990) sont arrivés aux mêmes conclusions que la nôtre.

Des proies alternatives de ce phytoseiidé exotique, comme la mouche blanche, les collemboles, la cochenille farineuse du manioc, les thrips et l'acarien rouge, sont rapportés sur le manioc par Oduor (1988) cité par Rogg (1990). Toutes ces proies existent dans les champs de manioc au Burundi, et constitueraient une source supplémentaire de nourriture pour le phytoseiidé.

Bien que Neoseiulus idaeus n'a pas encore été retrouvé dans le site de lâcher au Burundi, son établissement est déjà signalé dans certains pays africains où il a été introduit (Yaninek, 1992). Des observations régulières devraient être poursuivies dans la région de l'Imbo où il a été lâché car le temps d'apparition des auxiliaires introduits est variable selon les milieux de lâcher (DeBeach, 1991). D'autres introductions de ce phytoseiidé devraient être effectuées dans la même région, parce que cette dernière est écologiquement identique au milieu d'origine du

prédateur, en Amérique du sud (Dinh et al., 1988).

La dispersion des phytoseiidés peut se faire de trois façons:

- la marche, sur de courtes distances (Sabelis et al., 1985).
- la voie aérienne, par les vents, sur de longues distances (Hoy, 1982; Bernstein, 1983; Hoy et al., 1985).
- le matériel végétal, par les boutures ou les feuilles (Yaninek, 1988).

Dunley et al., (1990) ont montré que Metaseiulus occidentalis et Typhlodromus pyri ont pu parcourir, par voie aérienne, 10m en moins de deux semaines. Des distances importantes peuvent être faites, c'est le cas de M. occidentalis qui s'est dispersé en envahissant une plantation de 32 hectares en une année (Hoy, 1982). Le mode de dispersion de T. limonicus introduit au Burundi n'a pas été étudié au cours de notre expérimentation, et il se pourrait que son déplacement ait été assuré par le vent mais peut être aussi en marchant parce que les plantes de manioc s'entrecroisent par leurs feuilles. Il n'est pas impossible que ce prédateur ait atteint une vitesse de dispersion supérieure à celle qui apparaît dans nos résultats ( $4m:3=1,3m$ ) puisque aucune observation n'a été réalisée en dehors des champs où il a été introduit. Son apparition, sur les plantes où il a été lâché a été constatée pendant la saison pluvieuse, période où les ravageurs ont de faibles populations. Ceci ne permet pas de se prononcer

sur sa capacité régulatrice du ravageur parce que, lors des pluies régulières, les densités de l'acarien vert sont toujours faibles sur le manioc.

#### 4.7. Résistance variétale

L'acarien vert du manioc, M. tanajoa, qui se nourrit sur les feuilles de la plante provoque des troubles physiologiques de la culture (Cock, 1978). Les dégâts foliaires causés par ces déprédateurs sont proportionnels au nombre d'acariens par feuille (Byrne et al., 1982b). Ceci confirme la corrélation positive que nous avons observée entre les coefficients d'attaques et le nombre de M. tanajoa par feuille. Notre étude de la résistance du manioc à l'acariose en fonction de la pilosité des feuilles indique que ce paramètre est négativement corrélé avec les coefficients d'attaques foliaires et ces résultats sont concordants avec ceux de Shukla (1976), IITA (1980), Leuschner (1980) et IITA (1981). Ce paramètre a été considéré comme caractère conférant la résistance au manioc pour d'autres ravageurs à savoir, les thrips (Schoonhoven, 1974; Schoonhoven, 1979) et la cochenille du manioc (Kasu et al., 1989). Nos résultats indiquent que l'hypothèse de résistance biochimique liée à la concentration des cyanures dans les feuilles de manioc ne semble pas valide. Des conclusions similaires ont été tirées par Shukla (1976),

Samways (1979) et Ezulike et al. (1986). Kasu et al. (1979) ont abouti aux mêmes résultats en étudiant la résistance du manioc à la cochenille farineuse du manioc et Schoonhoven (1979) n'a pas trouvé le contraire en travaillant sur les thrips qui attaquent cette plante.

M. tanaioa s'attaque davantage au feuillage supérieur de la plante et c'est à ce niveau du manioc où on a de fortes teneurs en cyanures (Brujin, 1971). Shukla (1976) pense que cet acarien aurait développé des mécanismes de résistance qui détoxifient les cyanures. Des cas de détoxification des composés cyanogénétiques sous l'effet de l'enzyme Rhodanase ont été rapportés chez les animaux (Chew et al., 1972, cité par Nartey, 1973). Ces substances sont déjà reconnues comme facteurs de résistance des plantes attaquées par certains insectes. Bellotti (1987) a prouvé que des variétés de manioc ayant une haute concentration de HCN dans les tubercules, étaient résistantes aux attaques d'un hémiptère, (C. bergi). D'autres études ont confirmé l'action négative des cyanures sur la biologie des prédateurs. McCaffery (1982) mentionne que Zonocerus variegatus croît lentement et le développement des ovocytes est arrêté, en plus on enregistre une forte mortalité lorsqu'on enferme les femelles de cet insecte dans un sachet contenant des jeunes feuilles de manioc. Selon le même auteur, lorsque les femelles de ce même insecte

s'alimentent sur les feuilles de la même plante, mais coupées en petits morceaux, ces herbivores se développent normalement et leur fécondité n'est pas affectée. L'auteur précise que ce phénomène est dû à la perte de HCN suite au contact du complexe cyanogénétique avec l'enzyme qui l'hydrolyse dès qu'on commence à couper les feuilles.

L'action phagodissuasive des cyanures du manioc a été notée par Bernays et al. (1977) sur Locusta migratoria. Ces substances peuvent, par contre, jouer une action phagostimulante pour les autres ravageurs. Brattsen et al., (1983) ont prouvé que les larves des premier et deuxième stades de Spodoptera eridinia préfèrent s'alimenter sur les variétés de fève (Phaseolus lunatus) ayant une haute concentration d' HCN qu'aux variétés acyanogéniques. Les autres stades larvaires s'alimentent sur les deux catégories de variétés sans manifester aucune préférence et aucune action négative sur l'insecte n'a été observée.

Pour le cas de M. tanajoa, il n'est pas aisé de tirer des conclusions sur l'action des cyanures sur ce ravageur bien que la variété ayant la plus forte concentration en cyanures soit parmi les variétés les plus sensibles à l'acariose. Il en existe d'autres dont les concentrations de ces substances sont faibles et sont plus ou moins glabres. Parmi celles-ci, certaines sont parmi les plus attaquées et d'autres se classent parmi les

variétés résistantes. Des investigations plus poussées devraient être effectuées en essayant d'inventorier toutes les substances qui seraient à la base de la résistance du manioc à M. tanajoa. Certains composés phénoliques semblent avoir une action négative sur la fécondité des tétranychidés qui attaquent les fraisiers et les rosiers (Dabrowski et al., 1978).

#### **4.8. Plantes hôtes alternatives**

La connaissance des plantes-hôtes d'un ravageur permet de repérer les plantes refuges du déprédateur et ceci contribue à mieux définir les méthodes de lutte pour limiter les dégâts.

Les observations menées sur les différentes plantes échantillonnées au cours de cette étude montrent que M. tanajoa est inféodé au genre Manihot, donc c'est un herbivore monophage. Ce caractère monophagique évite le problème de plante-hôte, qui se pose, parfois avec acuité, chez les ravageurs polyphages. D'autres chercheurs qui ont travaillé sur le continent africain comme Nyiira (1978) et Mwaka-Toko (1981) ont conclu que cet acarien se nourrit uniquement sur le genre Manihot; le même phénomène a été observée en Amérique du sud, milieu d'origine du manioc et de son ravageur (Girling et al., 1978).

Le manioc est une culture de subsistance au Burundi, pour laquelle on n'applique pas d'engrais ou de pesticides.

Les ravageurs de cette culture, encore peu diversifiés, parmi lesquels, la mouche blanche et la cochenille farineuse, déprédateurs potentiellement importants pour le manioc, sont contrôlés dans le cadre de lutte intégrant la résistance variétale, les plantations précoces au début de la saison des pluies et la lutte biologique. Une telle stratégie de lutte intégrée peut être mise au point contre l'acarien vert.

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude montrent que M. tanajoa est un ravageur qui atteint de fortes populations en saison sèche où il exerce une action très dommageable au manioc. Dans la région de l'Imbo la saison sèche est relativement courte (3 mois) et ceci offre un grand avantage d'avoir une saison des pluies relativement longue dans laquelle on peut choisir des dates de plantations qui correspondent aux productions performantes du manioc. Le système de lutte contre l'acarien vert qui est à la portée de l'agriculteur burundais et qui est écologiquement sain, devrait inclure cette technique culturale basée sur les meilleures dates de plantation.

La saison pluvieuse, période qui coïncide avec de faibles populations d'acariens ainsi que l'association de la technique de plantations précoces et de la lutte biologique qui fait appel à l'utilisation des phytoseiidés, prédateurs généralement efficaces quand les niveaux des densités du ravageur sont encore faibles, contribueraient à garder les populations de M. tanajoa à des niveaux tolérables.

On constate que T. limonicus est capable de survivre pendant les périodes où les populations du ravageur sont déjà rares sur le manioc. On sait déjà que ce prédateur peut se rabattre à d'autres sources de nourriture parmi lesquelles on peut citer le pollen, l'exudat des plantes etc. Dans cette optique, un aménagement de l'agrosystème du manioc qui favorise la disponibilité de cette nourriture alternative permettrait d'améliorer l'efficacité de T. limonicus dans la régulation des populations du ravageur dans les champs de manioc. Cet aménagement de l'agrosystème peut être réalisé dans le cadre de l'association culturale ou même variétale et le maintien de certaines plantes spontanées au sein du champ du manioc ou aux alentours.

Les associations culturale et variétale sont courantes pour le manioc au Burundi. En plus, la plupart des agriculteurs ne sarclent pas

cette culture. Il s'agit alors d'améliorer ces pratiques culturales déjà établies, mais qui nécessitent une étude pour qu'elles soient rentables.

Toutefois il est impérieux de souligner ici qu'une association culturale mal étudiée peut avoir des conséquences contraires aux objectifs visés notamment l'accentuation de la concurrence des cultures pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs et également certaines cultures ou plantes spontanées peuvent être des hôtes alternatifs de maladie, d'insectes ravageurs, de nématodes etc. qui peuvent compromettre la production de l'agrosystème.

Enfin, pour exploiter à bon escient toutes les composantes de lutte intégrée susceptibles de réduire l'incidence de l'acariose sur la culture du manioc, l'intégration de la résistance variétale aux différentes méthodes déjà citées pour la répression de ce ravageur, constitue un système de lutte intégrée applicable à l'agrosystème burundais, étant donné que, d'après nos résultats il existe déjà des variétés qui présentent des sources de résistance à cet acarien phytophage.

Mais le problème qui se pose actuellement est la carence du personnel spécialisé qui peut développer toutes ces composantes de la lutte intégrée.

#### **4.9 Conclusions et recommandations**

L'acarien vert du manioc occasionne des pertes de rendement élevées à la culture du manioc au Burundi où la faune auxiliaire locale est pauvre et est incapable de garder les populations du ravageur sous un seuil économique. L'inefficacité de lutte chimique contre cet acarien est déjà rapportée sur le continent africain.

Le système de lutte efficace contre M. tanajoa peut être mis au point dans le cadre de la lutte intégrant les meilleures dates de plantation, la résistance variétale et la lutte biologique faisant appel à l'introduction des phytoseiidés à partir du milieu d'origine du ravageur.

Pour accomplir ce programme il faut:

- (1) Établir une collection de référence des ennemis naturels locaux de l'acarien vert.
- (2) Introduire de phytoseiidés à partir de l'Amérique du sud en collectant ces prédateurs dans des régions écologiquement homologues à celles du Burundi.
- (3) Étudier l'influence de la date de plantation et celle de la résistance variétale sur l'efficacité des phytoseiidés introduits.
- (4) Étudier les proies alternatives de phytoseiidés exotiques dans l'agroécosystème du manioc en vue de concevoir un aménagement de

cette unité de production qui peut améliorer l'efficacité des phytoseiidés exotiques.

- (5) Étudier les facteurs favorisant la dispersion des phytoseiidés introduits.
- (6) Étudier l'interaction éventuelle entre le manioc - acarien vert - phytoseiidés introduits pour mieux cerner l'adaptation de ces prédateurs et celle du ravageur qui se nourrit sur les parties du manioc qui contiennent des concentrations élevées des cyanures.
- (7) Inventorier les variétés de manioc résistantes en fonction des zones écologiques du pays et caractériser cette résistance en vue de l'utiliser comme telle ou l'amplifier comme mécanisme de défense de la plante dans le cadre d'un programme de sélection du manioc.
- (8) Prévoir la formation à tous les niveaux (chercheurs, vulgarisateurs, agriculteurs) pour réaliser ce programme de lutte intégrée contre l'acarien vert du manioc.

- Altieri, M.A., C.A. Francis, A.V. Schoonhoven and J.D. Doll. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. Field Crops Research, 1:33-49.
- Altieri, M.A., W.J. Lewis, D.A. Nodlund, R.C. Guedne, and J.W. Tood. 1981. Chemical interactions between plants and *Trichogramma* wasps in Georgia soybean fields. Prot. Ecol. 3:259-263.
- Abou-Awad, B.A. and E.M. El-Banhawy 1985. Comparaison between the toxicity of synthetic pyrethroids and other compounds to predaceous mite *Amblyseius gossipi* (Mesostigmata: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acar. 1:185-191.
- Abou-Setta, M.M. and C.C. Childers 1987. Biology of *Euseius mesembrinus* (Acari: Phytoseiidae) : Life tables on ice plant pollen at different temperature with notes on behavior and food range. Exp. Appl. Acar. 3:123-130.
- Akinlosotu, T.A., 1982 Seasonal trend of green spider mite *Mononychellus tanajoa* population on cassava, *Manihot esculenta* and its relationship with weather factor at Moor plantation. Insect sciences application .3(4):251-254.
- André, H.M. and C. Renacle. 1984. Comparative and functional morphology of gnathosoma of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Acarologia, 25(2): 179-190.
- Arder, E. 1980. Types and classification of resistance PP. 15-86. in Maxwell, F.G. and P.R. Jennings (Eds). Breeding plants to

insects.

Autrique, A. 1975. Apparition d'une acariose du manioc au Burundi.

Annexe I-R-A. Technique 1975. 4pp.

Ayaru, D.K.G. and V.C. Sharma, 1983. Chlorophyll depletion in leaves of field grown clones infested by spider mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar). (Acarina : Tetranychidae) . Trop. Agric. Trinidad 60:85-88.

Bartlett, B.R. 1964. The toxicity of some pesticide residues to adult *Amblyseius hibisci*, with a compilation of pesticides upon phytoseiid mites. J. Econ. Ent. 57(4):559-563.

Bellotti, A.C. 1978. An overview of cassava entomology. in proceedings of cassava protection workshop cali, Colombia, 7-12 november 1977, T. Brekebaum, A.C., Bellotti and J.C. Lozano (Eds) CIAT series CE-14:29-39 .

Bellotti, A.C. and A.V., Schoonhoven 1978. Mites and insect pests of cassava . Ann. Rev. Entom. 23:39-67.

Bellotti, A.C. and Byrne, D. 1979 Host plant resistance to mite pests of cassava . in recent advances in Acarology . 1:13-21.

Bellotti, A.C. 1987. A review of control strategies for four important cassava pests in the Americas PP 58-65. in Hahn, S.K. and F.E. Caveness (Eds). Integrated pest management for tropical root and tubers crops.

Bellotti, A.C., N., Mesa, M., Serrano, J.M., Guerrero and C.J., Herrera. 1987. Taxonomic inventory and survey activity for natural enemies of cassava green mite in the Americas. Insect Sci. Appl. 8(4-5-6): 845-849.

- Bernays, E.A. and R.f., Chapm 1977. Dettterent chemicals as a basis of oligophagy in *Locusta migratoria* (L.). Ecological Entomology. 2:1-18.
- Bernays, E.A., R.F., Chapman, E.M., Leather, A.R., McCaffery and W.W.D., Modder 1977. The relationship of *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pyrgomorphidae) with cassava (*Manihot esculenta*) Bull. Entomol. Res. 67:391-404.
- Berstein, C. 1983. Some aspects of *Phytoseiulus permisilis* (Acarina: Phytoseiidae) dispresal behaviour Entomophaga 28(2):185-198.
- Bernstein, C. 1984. Prey and predator emigration responses in the acarina system *Tetranychus urticae*-*Phytoseiulus persimilis*. Oecologia 61:134-142.
- Binns, E.S. 1982. Phoresy as migration. Some functional aspects of phoresy in mites. Biol. Rev. 57:571-620.
- Boudreaux, H.B. 1958. The effet of relative humidity on egg-laying, hatching, and survival in various spider mites. J. Ins. Physiol. 2:65-72.
- Boudreaux, H.B. 1963. Biological aspects of phytophagous mites. Ann. Rev. Entomol. 8:137-154.
- Boykin, L.S. and W.V. Campbell. 1982. Rate of population increase of the twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) on Peanut leaves treated with Pesticides. J. Econ. Entomol. 75:966-971.
- Boykin, L.S. and W.V. Campbell 1984. Wind dispersal of the twospotted spider mite (Acai: Tetranychidae) in North Carolina peanut fields. Environ. Entomol. 8:137-154.

- Boyle, W.W. 1957. The mode of dissemination of the twospotted mite *Tetranychus telarius* (L.) (Acarina: Tetranychidae) in Proceedings Hawai. Entomol. Soc. 16:261-268.
- Branderburg, R.L. and G.G. Kennedy 1982a. Relationship of *Neozygites floridana* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) to twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) populations in field corn. J. Econ. Entomol. 75:691-694.
- Brandenburg, R.L., and G.G. Kennedy 1982b. Intercrop relationships and spider mite dispersal in a corn/peanut Agro-Ecosystem. Entomol. Exp. Appl. 32:269-276.
- Bastanian, N.J. 1992. Découvertes récentes en génétique des Phytoseiidae. PP 167-193. in Vincent, C. et D. Coderre (Eds). La lutte biologique.
- Braum, A.R., J.M. Guerrero, A.C. Bellotti and L.T. Wilson 1987a. Relative toxicity of permethrin to *Mononychellus progressivus* Doreste and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and their predators *Amblyseius limonicus* Garman & McGregor (Acarina: Phytoseiidae) and *Oligota minuta* Cameron (Coleo-

ptera: Staphylinidae): Bioassays and field validation.

Environ. Entomol. 16:545-550.

Braum, A.R., J.M.Guerrero, A.C. Bellotti and L.T.Wilson 1987b.

Evaluation of possible Non lethal side effects of permethrin used in predator exclusion experiments to evaluate *Amblyseius limonicus* (Acari:Phytoseiidae ) in biological control of cassava mites (Acari:Tetranychidae).

Environ. Entomol. 16:1012-1018.

Braum, A.R., J.M.Guerrero, A.C. Bellotti and L.T.Wilson 1989.

Within-plant distribution of *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari:Tetranychidae) on cassava . Effect of clone and predation on aggregation. Bull. Entomol. Res. 79:235-249.

Braum, A.R., A.C.Bellotti, J.M.Guerrero and L.T.Wilson 1989.

Effect of predator exclusion on cassava infested with Tetranychid mites (Acari: Tetranychidae).

Environ. Entomol. 18(4):711-714.

Brattsten, L.B. , J.H.Samuelian , S.A.Long, C.K.Evans 1983.

Cynide as a feeding stimulant for the southern armyworm *Spodoptera eridania* . Ecol. entomol. 8: 125-132.

Bruijn, D.G.H. 1971. Etude du caractère cyanogénétique du

manioc. (*Manihot esculenta* Crantz).138pp.

Byrne ,D.H. ,Bellotti,A.C. and J.M.Guerrero 1983. The cassava mites. Tropical pest management .29(4).:378-394.

Byrne,D.H., J.M.Guerrero, A.C.Bellotti and V.C.Gracen 1982. Yield and plant growth responses of *Mononychellus* mites resistant and susceptible cassava cultivars under protected vs infested condition. Crop Science.22: 488-490.

Byrne, D.H., J.M.Guerrero, A.C.Bellotti and V.E.Gracen 1982a. Behaviour and development of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) on resistant and susceptible cultivars of cassava. J. Econ. Entomol. 75:924-927.

Chaboussou,F. 1965. La multiplication par voie trophique des tétranyques à la suite des traitements pesticides. Relations avec les phénomènes de résistance acquise.

Chaboussou,F. 1980. Les plantes malades des pesticides. Bases nouvelles d'une prévention contre les maladies et parasites. 269pp.

Chant,D.A.,C...Fleschener. 1960. Some observation on the ecology of phytoseiid mites(Acarina:Phytoseiidae) in California.

- Entomophaga. Tome 5(2):131-139.
- Cock, J.H. 1978. A physiological basis of yield loss in cassava due to pests. pp 9-16. Cassava workshop CIAT Colombia.
- Coderre, D. et C. Vincent. 1992. La lutte biologique: toile de fond de la situation. PP 3-16. in Vincent, C. et D. Coderre (Eds). La lutte biologique.
- Congdon, B.D. and J.A. Logan. 1983. Temperature effects on development and fecundity of *Oligonychus pratensis* (Acari: Tetranychidae). Env. Entom. 12:359-362.
- Cooper-Driver, G.A. and T. Swain 1976. Cyanogenic polymorphism in Bracken in relation to herbivore predation. Nature 260:604
- Craing, R., R.O. Mumma, D.L. Gerhold, B.L. Winner and R. Snetsinger 1986. Genetic control of biochemical mechanism for mite resistance in Geraniums. In Green, M.B. and P.A. Hedin (Eds.). Natural resistance of plants to pests roles of allelochemicals. ACS Symposium Series 296
- Croft, B.A. and H.E. Van De Baan 1988. Ecological and genetic of pesticide resistance in Tetranychid and phytoseiid mites. Exp. Appl. Acar. 4:277-300
- Dabrowski, Z.T. and J. Frank 1978. Effect of some plant chemical compounds on the behaviour and reproduction of spider mites (Acarina: Tetranychidae) Ent. Exp. Appl. 24:117-126.
- Dabrowski, Z.T., J.G. Rodriguez and C.E. Chaplin 1971. Studies on the resistance of strawberries to mites. J. Econ. Entom. 64:806-809.

- Dagnelie, p. 1981. Principes d'expérimentation. 182 P.
- DeBach, P. and D. Rosen. 1991. Biological control by natural enemies. 2<sup>nd</sup> edition.
- Dicke, M. 1983. Prey preference of the phytoseiid mite *Typhlodromus pyri* 1. Response to volatile Kairomones. Exp. Appl. Acarol. 4:1-13
- Dittrich, V. 1975. Acaricide resistance in mites. Z. Ang. Entomol. 78:28-45.
- Dittrich, V., P. Streibert and P. A. Bathe. 1974. An old case reopened: Mite stimulation by insecticide residues. Env. Entom. 3(3):534-540.
- Dunley, J. E. and B. A. Croft 1990. Dispersal between and colonization of apple by *Metaseiulus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acarina: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acar. 10:137-149.
- Emuhute, J. K. U. and R. I. Ekwuatu 1986. Effect of planting time on cassava yield and the populations of cassava mealybug (*Phenacoccus manihoti*) and associated parasitoids. PP 103-104. in Terry, E. R., M. O. Akaroda and O. B. Arene (Eds). Tropical root crops and the african food crisis.
- Emuhute, J. K. U. and R. I. Ekwuatu 1987. Prospects for integrated control of cassava Mealybug *Phenacoccus manihoti* Mat-Ferr. in Nigeria PP. 180-184. in Hahn, S. K. and F. E. Caveness (Eds). Integrated pest management for tropical root and tuber crops.
- Emyi, B. A. C. 1972. Effect of shoot number and time of planting on

- growth, development and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) J.Hort.Sci. 47:457-466.
- Ezulike, T.C. and R.I. Eguatu. 1986. Resistance of cassava cultivars to green spider mite (*Mononychellus tanajoa*) infestation. PP 118. in Terry, E.R., M.O. Akaroda and O.B. Arene (Eds). Tropical root crops and the african food crisis
- Ezulike, T.O. and R.I. Eguatu 1990a. Determination of damage threshold of green spider mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) on cassava. Insect Sci. Appl. 11(1): 43-45.
- Ezulike, T.O. and R.I. Eguatu 1990 b. The influence of green spider mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) infestation on some biochemical components of cassava leaves . Insect Sci. Appl. 11(1): 63-67.
- Fercusson-K., L.A., J.C. Ssott and T.J. Denny. 1991. Dicofol resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and pharmacokinetics. J. Econ. Entomol. 84(1): 41-48.
- Fleschner, C.A., M.E., Badgley, D.W. Richer and J.C. Hall 1956. Airdrigt on spider mites: J. Econ. Entom. 49: 624-627.
- Fresco, L.O. 1986. Cassava in shifting cultivation. 240 pp
- Glass, E. 1988. Biological control of cassava pests in Africa. Annual report reprint.
- Gerson, U. and E. Cohen 1989. Resurgences of spider mites (Acari: Tetranychidae) induced by Synthetic pyrethroids. Exp. Appl. Acar. 6: 29-46.
- Girling, D.J., F.D. Bennett and Yaseen 1979. Biological control of the

- green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar)  
(Acarina: Tetranychidae) in Africa. pp.165-170. In  
Brekelbaum, T., A. Bellotti and J.C. Lozano (Eds.).  
Proceed. cassava. protect. Workshop.
- Gould, F. 1979. Rapid host range evolution in a population of  
phytophagous mite *Tetranychus urticae* Koch .  
Evolution 33(3):791-802.
- Grafton, -Cardwell, E.E., J. Granett and S.M. Narmington 1991 .  
Influence of dispersal from almonds on the population dynamics  
and acaricide resistance frequencies of spider mites infesting  
neighboring cotton . Exp. Appl. Acar. 10:187-212 .
- Gutierrez, A.P., J.S. Yaninek, B. Wernelinger, H.R. Herren and  
C.K. Ellis 1988. Analysis of biological control of cassava  
pests in africa . III. Cassava green mite *Mononychellus tanajoa*  
J. Appl. Ecol. 25:941-950.
- Gutierrez, J. 1987. The cassava mite in Africa : one or two  
species ? (Acari: Tetranychidae). Exp. Appl. Acar. 3:163-168.
- Hagen, D.K. , S. Bombosh and J.A. McMurtry 1976. The Biology and  
impact of predators. In the Theory and practice of biological  
control. Huffaker, C.B. and P.S. Messenger (Eds.): 93-142.
- Hammond, R.B. and D.L. Jeffers 1990. Potato leafhopper (*Homoptera*:  
*Cicadellidae*) populations on soybean relay intercropped into  
winter wheat. Env. Entom. 19(6):1810-1819.
- Hahn, S.K., H. Leuschner, W. Ezeilo, A.J. Carpenter, A.I. Khatibu,  
and A.C. Constantin 1980. Resistance of cassava clones to

- cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*. Tropical Pest Management 26(3):265-267.
- Hall, F.R. and D.C. Ferree 1975. Influence of twospotted spider mite population on photosynthesis of apple leaves . J. Econ. Entom. 68(4): 517-520.
- Hansen, C.O., J.A. Neagle and H.E. Everett 1965. Cross resistance patterns in the twospotted spider mite. In Neagle, J.A. (Eds.). Advances in Acarology, Vol. II: 257-275. Cornell University Press.
- Herren, H.R. 1987. A review of objectives and achievements. Insect Sci. Appl. 8(4-5-6):837-840.
- Herren, H.R. and P. Neuenschwander 1991. Biological control of cassava pests in Africa. Ann. Rev. Entom. 36:257-283.
- Hislop, R.G. and R.J. Prokopy .1981. Mite predator responses to prey and predator-emitted stimuli . J. Chem. Ecol. 7(5):895-904.
- Hoy, M.A. 1982. Aerial dispersal and field efficacy of a genetically improved strain of the spider mite predator *Metaseiulus occidentalis*. Entomol. Exp. Appl. 32:205-212.
- Hoy, M.A. 1985. Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. Ann. Rev. Entom. 30:345-370
- Howeler, R.H. 1985. Mineral nutrition and fertilization of cassava. A review of recent research pp.249-320. in Cock, J.H. and J.A. Reyes (Eds). Cassava: Research, Production and Utilisation. CIAT.

- Huffaker, C.B., M. Van De Vrie and J.A. McMurtry 1969. The ecology of tetranychid mites and their natural control. *Ann. Rev. Entomol.* 14:125-176.
- Huffaker, C.B., M. Van de vrie and J.A. McMurtry 1970. II. Tetranychid populations and their possible control by predators: An Evaluation. *Hilgardia* 40(11):391-458.
- IITA(1980). International Institute of Tropical Agriculture Annual report for 1979. Ibadan, Nigeria.
- IITA(1981). International Institute of Tropical Agriculture Annual report for 1980. Ibadan, Nigeria.
- James, B.D. 1988. Tetranychid mites on cassava in Sierra Leone. *Insect Sci. Appl.* 9(2):243-247.
- Johnson, D.R., W.V. Caampbell, and J.C. Wynne 1982. Resistance of peanuts to the Twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entom.* 75:1045-1047.
- Joppson, L.R. 1965a. Cross resistance patterns in Acarina. pp 276-282. In Neagle, J.A. (Eds.), *Advances in Acarology*, Vol. II. Cornell Univ.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer and E.W. Baker. 1975. Mites injurious to economic plants. 614pp.
- Karban, R. and J. Carey 1984. Induced resistance of cotton seedlings to mite. *Sciences* 225:53-54.
- Kasu, T., J.A. Odebiyi and K.n. Lema 1989. Effects of cassava pubescence on the Behaviour, post-embryonic development and

- reproduction of the cassava mealybug ,*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrro ( *Homoptera*: *Pseudococcidae*).  
Insect.Sci.Appl.10(2):123-129.
- Keilkiewicz,M. 1985. Ultrastructure changes in strawberry leaves infested by two-spotted mites. *Entom.exp.appl.*37:49-54.
- Kolodziej,A.d.,D.Kropcznska and J.Poskuta 1974. Comparative study on carbon dioxide exchange rates of strawberry and *Chrysanthemum* plants infected with *Tetranychus urticae* Koch.  
*Proc.4th.intern.cong.Acar.*209-215.
- Krainacker,D.A. and J.C.Carey 1991. Sex ratio in a wild population of twospotted spider mites. *Holarctic Ecology* 14:97-103.
- Lambert,J.D.H.,J.T.Arnason,A.Serratos,B.J.R.Philogène, and M.A.Faris 1987. Role of intercropped red clover in inhibiting european corn borer (*Lepidoptera*: *Pyralidae*).  
*J.Econ.Entom.*1192-1196.
- Liegh,T.F. and P.F.Wynholds 1980. Insecticides enhance spider mite reproduction . *California Agriculture* oct.15.
- Lyon,W.F.1973. A ppant feeding mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acarina: Tetranychidae) new to the Africa continent threatens cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Uganda . East Africa. In *pest articles and news summaries* 19:36-37.
- Lyon,W.F. 1974. Découverte récente en Afrique d'un acarien vert du manioc. *Bull.Phyto.FAO.* 11-13.
- MacPhee,A.W. and C.R.MacLellan 1971. Cases of naturally occurring biological control in canada.PP.313-317.In Huffaker,C.B.(Ed.). *Biological control* Plenum Press.

- Mansour, F. and Z. Karchi 1990 . the evaluation of antibiosis of selected melon to the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae). Bull. Entomol. Res. 80:345-347.
- Markham, R.H., I.A.D. Robertson and R.A. Kirkby 1987. Cassava green mite in East Africa: A regional approach to research and control . Insect Sci. Appl. 8(4-5-6):909-914.
- Martin, R.C., J. Thor Arnason, J.D.H. Lambert, P. Isabelle, H.D. Voldeng, and D.L. Smith 1989. Reduction of corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage by intercropping corn with soybean. J. Econ. Entom. 82(2):1455-1459.
- McCaffrery, A.R. 1982. A difference in the acceptability of excised and growing cassava leaves to *Zonocerus variegatus*. Entomol. Exp. Appl. 32:111-115.
- McClanahan, R.J. 1967. Food chain toxicity of systematic acaricides to predaceous mites. Nature 215(36): 1001.
- McMurtry, A.J. 1965. Diaspidine scale insects as prey for certain phytoseiid mites. PP 151-154. In Naedle, J.A. (Eds.). Advances in Acarology. Vol. II. Cornell Univ.
- McMutry, J.A., and G.T. Scrven 1966. Studies predatory-prey interactions between *Amblyseius hibisci* and *Oligonychus punicae* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae) under greenhouse conditions. Ann. Entom. Soc. Am. 59(4):793-800.
- Mcmutry, J.A., C.B. Huffaker and M. Van de vrie 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural ennemies :

- A Review. I. Tetranychid enemies : Thier biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia 40: 331-390.
- McMutry, J.A. 1982. Phytoseiid predators in orchard systems: A classical biological control success story pp.21-26. In Hoy, M.A., G.L.Cunningham and L.Knutson (Eds). Biological control of pests by mites. Proceedings of a conference held April 5-7, 1982 at the university of California , Berkeley.
- Mereno, R.A. 1979. Crop protection implication of cassava intercropping. Costa Rica. 45PP.
- Mesa, N.C., A.r.Braun and A.C.Bellotti 1990. Comparison of *Mononychellus progressivus* and *Tetranychus urticae* as a prey for five species of Phytoseiid mites. Exp.Appl.Acar.9:159-168.
- Moraes, G.J.D. 1987. Importance of taxonomy in biological control. Insect Sci.Appl.8(4-5-6): 841-844.
- Mothes, U. and K.A.Seitz. 1981. Functional microscopic anotomy of the digestive system of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Acarologia 22:257-270.
- Mumma, R.C., D.L.Gerhold, B.L.Winner and R.Snetsinger 1986 . Genetic control of biochemical mechanism for mite resistance in Geranium p.148-176. In Green, M.B. And P.A.Hedin (Eds) 1986 Natural resistance of plants to pests . Role of allelochemicals. Acs Symposium Series 296.
- Mwaka-Toko. 1981. Aspects of the biology of *Mononychellus tanajoa* (Bondar) infesting *Manihot esculenta* Crantz in Southern Nigeria Msc.Thesis. 108pp.

- Nartey, F. 1973. Biosynthesis of cyanogenic glucosides in cassava ( *Manihot* spp. ) pp.73-83. In Nestel, B. and R. MacIntyre (Eds). Chronic cassava toxicity .
- Ndayiragije, P. 1984. Cassava green mite (*Mononychellus tanajoa* (Bondar)) in Burundi.-PP.67-73 in Greathead, A.H., Markham, R.H., Murphy, R.J., Murphy, S.T. & Robertson, I.A.D. (Eds). Integrated pest management of cassava green mite. Proceedings of a regional Training Workshop in East Africa, 30 April-4 May, 1984.
- Newson, L.D. 1974. Predator insecticide relationship. *Entomophaga* 7:13-23.
- Nickel, J.L. 1973. Pest situation in changing agricultural systems. A Review. *Bull. Entom. Soc. Am.* 18-19.
- Nordlund, D.A. and C. ED Sauls 1981. Kairomones and their use for management of entomophagous insects XI. Effects of plants on kairomonal activity of frass from *Heliothis*. *J. Chem. Ecol.* 7(6):1057-1061.
- Nordlum, D.A., W.J. Lewis, H.R. Gross, J.R. and M. Beevers 1981. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. XII. The stimulatory effects of hosts eggs and the importance of host-egg density to the effective use of kairomones for *Trichogramma pretiosum* Riley. *J. Chem. Ecol.* 7(6):909-917.
- Nyiira, Z.M. 1972. Report of investigation of cassava mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar).-14PP. Unpublished report,

Kawanda Research Station, Kampala, Uganda.

- Nyiira, Z.M. 1976. Advances in research on the economic significance of the green cassava mite (*Mononychellus tanajoa*) in Uganda. PP.27-29 in Terry, E. & MacIntyre, R. (Eds). The international exchange and testing of cassava germ plasma in Africa. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop held at IITA. Ibadan, Nigeria, 17-21 November 1975.
- Nyiira, Z.M. & Mutinga, M.J. 1977. Tetranychidae pest of cassava, *Manihot esculenta* Crantz, in Uganda and their natural enemies. E.Afr.agric.For.J. 43:1-4.
- Nyiira, Z.M. 1978. *Mononychellus tanajoa* (Bondar): biology, ecology and economic importance. PP.155-159 in Brekelbaum, T., Bellotti, A. & Lozano, J.C. (Eds). Proceedings, Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November, 1977.
- Nyiira, Z.M. 1979. *Mononychellus tanajoa* (Bondar) biology, ecology and economic importance. PP.155-159. In Brekelbaum, T., A. Bellotti and J.C. Lozano (Eds.). Proceed. cassava. protect. Workshop.
- Nyiira, Z.M. 1980. Cassava green mite. its distribution and possible control. PP.65-67. In IDRC (Ed). Root crop in Eastern Africa.
- Otim-Nape, G.W. and D. Ingoot. 1986. Effect of cultural practices on the african cassava mosaic disease and its vector, *Bemisia tabaci*.
- Patterson, C.G., D.E. Knavel, T.R. Kemp And J.G. Rodriguez 1975.

- Chemical basis for resistance to *Tetranychus urticae* Koch in tomatoes . *environ.entomol.*4(5):670-674.
- Patterson,C.G.,R.Thurson and J.G.Rodriguez 1974. Twospotted spider mite resistance in *Nicotiana* species.  
*J.Econ.Entom.*67(3):341-343.
- Penman,D.R. and R.B.Champan 1988. Pesticide-induced mite outbreaks: Pyrothroids and spider mites. *Exp.Appl.Acarol.* 4:265-276.
- Pimentel,D. 1961. Species diversity and insect populations outbreaks . *Ann.Entom.Soc.Amer.* 19:136-142.
- Pritchard,A.E. and E.W.Baker. 1962. The Tetranychoid mites of Africa. *Hilgardia* 29(1): 455-574.
- Puri,S.C. and K.Mullen. 1980. Applied statistics for food and agricultural scientists. 311pp.
- Rasmy,A.H. and E.M.Elbanhawy 1975. Biology and predatory efficiency of two phytoseiid mites as affected by Long-term pollen feeding. *Entomophaga* 20(1): 93-95.
- Rasmy,A.h.,H.A.Abdel-Rahman,N.M.Abdel-kader And H.E.hussein 1991.Different responses of three predators mite species to *Tetranychus urticae* ,*Eriophyes dioscoridis* and *Brevipalpus pulcher*:Evidence for the existence of kairomones and allomones. *Entomophaga* 36(1):131-137.
- Rasmy,A.H.,A.B.abouaziz and M.M.Eltanahy 1979. Effect of citrus brown mite *Eutetranychus orientalis* (Acarina:Tetranychidae) Infestation on the N,P,K and pigments of sour orange leaves. PP.221-225. *Proc. 4th.intern.cong.acar.*

- Riba,G.,C.Silvy. 1989. Combattre les ravageurs des cultures: enjeux et perspectives. INERA 230pp.
- Risch,S.J.,D.Andow and M.A.Altieri. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: Data, Tentative, Conclusions, and new research directions. Env.Entomol. 12: 625-629.
- Rodriguez,J.G. 1979. The biology and ecology of tetranychid mite complex in cassava in perspective. PP.171-175. In Brekelbaum,T., A.Bellotti and J.C.Loza (Eds.). Proceed.cassava protect.Workshop
- Rogg,H.W. and J.S.Yaninek 1990. Population dynamics of *Typhlodromalus limonicus* from Colombia, an introduced predator of the exotic cassava green mite in West Africa. Mitteilungen der schweizerischen entomologischen gesellschaft. Bulletin de la société entomologique suisse 63:389-398.
- Russel,E.P. 1982 .Enemies hypothesis. A Review of effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. Environ.Entomol. 18(4):590-599.
- QiuShi-Bang. 1986 . Utilisation des auxiliaires entomophages contre les ravageurs des cultures en Chine. Agronomie. 4(8): 773-778.
- Sabelis,M.W. and Nagelkerke 1988. Evolution of pseudo-arrhenotoky. Exp.Appl.Acarol. 4:301-318.
- Sabelis,M.W. and H.E.Van De Baan 1983. Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators :demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and

- Pononychus ulmi* .Entom.Exp.Appl. 33: 303-314.
- Sabelis,M.W. 1985. Development of Phytoseiidae. PP 43-53. in Helle,W. and M.W.Sabelis (Eds). Spider mites: Their biology, Natural enemies and Control. Vol.1 B.
- Sabelis,M.W. and M.Dicke. 1985. Long-range dispersal and searching behaviour of Phytoseiidae PP 141-160. in Helle,W. and M.W.Sabelis (Eds). Spider mites: Their biology, Natural enemies and Control. Vol.1 B.
- Samson,G.N.P. 1989. Population dynamics and aspects of the bionomics of cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) sensu lato (Acarina:Tetranychidae) on some I.I.T.A. improved resistant and susceptible varieties of cassava *Manihot esculenta* Crantz Msc. Thesis. University of Ibadan. 150 PP
- Samways,M.J. 1979. Immigration, population, growth and mortality of insects and mites on cassava in Brazil. Bull. Entomol. Res. 69:491-505.
- Sances,F.V.,N.C.Tascano,L.F.Lapre,E.R.Oatman and M.W.Johnson 1982. Spider mites can reduce strawberry yields. 1982 . California Agriculture January-February. 15-16.
- Schoonhoven,A.v. 1974. Resistance to thrips damage in cassava J.Econ.Entom.67:728-730.
- Schoonhoven,A.V. 1979. Thrips on cassava: Economic importance, sources and mechanisms of resistance.PP.177-180.In Brekelbaum,T.,A.Bellotti and J.C.Lozano(Eds.). Proceed.cassava protect. Workshop.

- Schoonhoven, A.V. and J.E. Pena 1976. Estimation of yield in cassava following attack from thrips. *J. Econ. Entomol.* 69(4):514-516.
- Schroder, R.F.W. 1982. The potential use of mites in biological control of field crop pests .pp 36-40. In Hoy, M.A., G.L. Cunningham and L. Knutson ( Eds.). Biological control of a conference held April 5-7, 1982 at the university of California , Berkeley.
- Shukla, P.T. 1976. Preliminary report on the green mite (*Mononychellus tanajoa*, Bondar ). Resistance in Tanzanian local cassava varieties. *E. Afr. Agr. For. J.* 42(1):55-59.
- Silvestre, P. & Arraudeau, M. 1983. Le manioc. 262 PP.
- Smith, C.M. 1989. Plant resistance to insects. A fundamental Approach. John Willey and Sons.
- SNS 1989. Rapport annuel 1989.
- Statistix user's Manual 1991.
- Teetes, G.L. 1985. Insect resistant sorghums in pest management. *Insect Sci. Appl.* 6(3): 443-451.
- Théberge, R.L. 1985. Les principaux ravageurs et maladies d'Afrique: Manioc, Igname, Patate douce et Aracées.
- Tomczyk, A. and D. Kropczynska 1982. Feeding effects of *Tetranychus urticae* Koch on the physiology of some plants. 740-747. In Griffiths, D.A. and C.E. Bowman (Eds). *Acarology VI. vol. 2.*
- Van Den Berg , H. and R.H. Markham 1987. Prey preference and reproductive success of the predatory mite *Neoseiulus idaeus*

- on the prey species *Mononychellus tanajoa* and *Tetranychus lombardinii*. Insect Sci.Appl.8(4-5-6):867-869.
- Van De Vrie,M.,J.A.McMurtay and C.B.Huffaker 1972. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies.  
A review III.Biology , ecology and pest status,and host plant relations of Tetranychids. Hilgardia 41(13):343-432.
- Van Den abeele,M. et R.Vandenput 1956. Les Principales cultures du Congo Belge.3e. Edition.
- Weemelinger,B.,J.J.Oert and V.Delucchi. 1985. The effects of host plant fertilization on the biology of the two-spotted mite,*Tetranychus urticae*. Entom.Exp.Appl. 38: 23-28.
- Woodhead,S. and E.Bernays.1977. Changes in release rates of cyanide in relation to palatability of sorghum to insects. Nature 270: 235-236.
- Yaninek,J.S.,H.R.Herren and A.P.Gutierrez. 1987. The biological basis for the seasonal outbreak of cassava green mite in Africa.Insect Sci.Appl. 8(4-5-6): 861-865.
- Yaninek,J.S. 1988. Continental dispersal of the cassava green mite, an exotic pest in Africa, and implications for biological control. Exp.Appl.Acar.4:211-224.
- Yaninek,J.S. and H.R.Herren 1988. Introduction and spread of the cassava green mite *Mononychellus tanajoa*(Bondar) (Acari:Tetranychidae), an exotic pest in Africa and the search for appropriate control methods . A review.  
Bull.Entom.Res.78:1-13.

- Yaninek, J.S., H.R. Herren and A.P. Gutierrez. 1989a. Dynamics of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) in Africa: seasonal factors affecting phenology and abundance. *Env. Entom.* 18:625-632.
- Yaninek, J.S., A.P. Gutierrez and H.R. Herren 1989b. Dynamics of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) in Africa : Experimental evidence of temperature and host plant effects on population growth rates . *Envir. Entom.* 18(4):633-640.
- Yaninek, J.S., A.P. Gutierrez and H.R. Herren. 1990. Dynamics of *Mononychellus tanajoa* (Acarina: Tetranychidae) in Africa: Effects on dry matter production and allocation in cassava. *Env. Entom.* 19(6): 1767-1772.
- Yaninek, J.S., G.J. Moraes et R.H. Markham. 1990. Manuel de l'acararien vert du manioc (*Mononychellus tanajoa*) en Afrique. 148pp.
- Yaninek, J., S., J. Baumgaertner, A.P. Gutierrez. 1991. Sampling *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) on cassava in Africa. *Bull. Entom. Res.* 81: 201-208.
- Yaninek, J.S., Mégevand, B, G.J. Moraes, F. Bakker, A. Braun and H.R. Herren 1992. Establishment of a neotropical predator *Amyloseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. in press.
- Yaseen, M. and F.D. Bennett 1977. Distribution, Biology and population dynamics of the green mite in Neotropics .

pp.197-202. In Symposium of the international society of tropical root crops, Cali,Colombia 1976.

Youngman,R.R. and M.M.Barnes. 1986. Interaction of spider mites (Acari: Tetranychidae) and water stress on gas-exchange rates and water potential of almond leaves. Env.Entom. 15:564-600.