

ETUDE DES RELATIONS PLANTE-INSECTE
POUR LA MISE AU POINT DE METHODE DE REGULATION DES
POPULATIONS DE LA COCHENILLE DU MANIOC

(Plant-insect relationships studies to improve
cassava mealybug regulation methods)

Gérard FABRES et Bruno LE RU

ORSTOM
Laboratoire d'entomologie
BP 181
BRAZZAVILLE, CONGO

RESUME

Après l'introduction accidentelle en Afrique Inter-tropicale d'un nouveau ravageur du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) les campagnes organisées pour la régulation des populations de ce déprédateur ont été essentiellement orientées vers l'utilisation d'entomophages exotiques (hyménoptères et *Coccinellidae*) en provenance du nouveau monde. Assez curieusement, une approche intégrée mettant à profit les mécanismes qui régissent les relations entre la plante et la phytophage, a été jusqu'ici totalement négligée. Les travaux qui se développent actuellement dans ce domaine au Congo ont pour but de combler cette lacune. Nous donnerons ici les résultats préliminaires de l'étude de l'influence de quelques paramètres de la physiologie du végétal sur le potentiel biotique du ravageur : influence de la variété, de l'âge des organes végétaux, de l'âge de la plantation, du stress hydrique. Ces résultats permettent de proposer des solutions de type agronomique, compatibles avec l'utilisation d'insectes entomophages, ou même complémentaires des opérations d'acclimatation des auxiliaires.

SUMMARY

Regulation campaign of the accidentally introduced *Phenacoccus manihoti* (Hym., *Pseudococcidae*) in tropical Africa have essentially used new-world entomophagous insects. Curiously, no integrated approach involving the insect-host plant relationships has been proposed until now. The impact of some physiological parameters of the vegetal on the pest's biotic potential are given ; vegetal variety, age of organs, age of plantation, hydric stress. These results allow the proposal of agronomic methods fitting with utilisation of entomophagous insects or even with their acclimatation procedures.

CADRE DE L'ETUDE

La cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, a été signalée pour la première fois en 1973 au Zaïre (HAHN & WILLIAMS, 1973) et au Congo (SILVESTRE, 1973). Depuis cette date elle a colonisé une grande partie de l'Afrique Centrale et de l'Ouest où elle cause de très importantes pertes à la récolte (NWANZE, 1982).

Lorsque la communauté scientifique pris conscience qu'il s'agissait de l'introduction accidentelle d'un nouveau ravageur en provenance de l'Amérique du Sud, des voies de recherche furent proposées pour la mise au point de méthodes de régulation des populations du phytophage. Une attention particulière fut portée sur la lutte biologique par acclimatation, en Afrique, d'auxiliaires entomophages en provenance du Nouveau Monde (BENNET & GREATHEAD, 1978 ; LEUSCHNER, 1978). Les projets qui se sont alors développés, sous l'impulsion d'organisations internationales, (CRDI Canada, CIBS Trinidad, CIAT Colombie, IITA Nigeria, FAO) ont conduit à la découverte de parasitoïdes et de prédateurs et à leur introduction dans quelques pays d'Afrique (HERREN & LEMA, 1984). Aujourd'hui on peut dire que si l'acclimatation de certains de ces auxiliaires est chose faite (pour *Epidinocarsis lopezi* (DE SANTIS) Hym. Encyrtidae par exemple), leur efficacité n'est pas encore démontrée (NENON, FABRES & BIASSANGAMA, 1985). Face à l'énorme pouvoir de multiplication de la cochenille (FABRES & BOUS-SIENGUE, 1981 ; IHEAGWAM, 1981) et à la rapidité des mécanismes de pullulation qui se développent sur 2 ou 3 générations (FABRES, 1982), on peut penser que l'acclimatation d'une espèce particulièrement performante ne suffira pas et qu'il faudra plutôt envisager de reconstituer un complexe entomophage et de recourir à d'autres méthodes complémentaires.

Concentrer ses efforts sur la seule utilisation d'auxiliaires exotiques, c'est postuler que la régulation naturelle des populations de la cochenille en Amérique du Sud est à mettre essentiellement à l'actif des entomophages. Pourtant aucune étude n'a été conduite dans les pays d'origine du ravageur pour vérifier cette hypothèse de travail. On peut penser, au contraire, en évoquant les longs processus coévolutifs qui ont dû se développer entre le manioc et la cochenille (qui semble lui être strictement inféodée) dans leurs communes contrées d'origine, à l'existence de mécanismes de défense de la plante, susceptible de limiter l'abondance de *P. manihoti*. La connaissance de ces mécanismes de type "relations plante-insecte" et qui sont habituellement regroupés sous le vocable de "résistance variétale", permettrait d'envisager la mise au point d'une grande variété de méthodes de régulation (PATHAK, 1975). C'est dans ce cadre, et selon une approche globale qui intègre, sans les connaître, les mécanismes de la résistance, que des programmes de sélection variétale sont actuellement en cours. Ces opérations sont de longue haleine et nécessitent une infrastructure agronomique lourde. Elles sont donc centralisées et destinées

à produire un nombre limité de variétés qui seront diffusées dans tous les pays intéressés. Les réserves à ce type de démarche sont classiques : la sélection se fait dans les conditions écologiques de la station agronomique et ne peut prendre en compte l'extrême diversité des agrosystèmes de l'Afrique intertropicale dans lesquelles les variétés devront faire leurs preuves ; quant il s'agit de cultures vivrières traditionnelles, il y a risque de rejet, par le paysan, de variétés qu'il intégrera difficilement dans son contexte culturel.

C'est pour proposer une alternative à ces voies de recherche que nous avons entrepris, au Congo, sur des variétés de manioc actuellement cultivées, et dans les conditions écologiques locales, la mise en évidence et l'analyse des relations qui se sont établies entre la plante et son nouveau consommateur. Le terme de résistance variétale regroupe des mécanismes aussi divers que la "non-préférence", la "tolérance" et l'"antibiose" (PAINTER, 1951). C'est ce dernier aspect qui a retenu notre attention et, tout particulièrement, les mécanismes biochimiques de l'antibiose qui peuvent réduire le potentiel biotique de la cochenille par le biais de déséquilibres ou de déficiences nutritionnelles. L'entreprise est bien sûr considérable et cette note n'est destinée qu'à la présentation de résultats préliminaires au développement d'une recherche plus systématique.

MATERIEL ET METHODES

Nous avons fait appel à deux méthodes différentes : une méthode descriptive pour l'étude des variations d'abondance de la cochenille et de la structure de ses populations et une méthode expérimentale pour l'étude de la capacité intrinsèque d'accroissement de *P. manihoti*.

Profil d'abondance et structure des populations

Nous avons travaillé dans des champs paysan (superficie moyenne de 2500m²) de la région de Kombé, proche de Brazzaville, dans lesquels la variété "m'pembé" est dominante. Au cours des années 1981 et 82, l'échantillonnage a porté sur 4 champs de 8 mois et 4 champs de 20 mois (à la date du début de la saison sèche, (juin). Ces champs sont contigus deux à deux (champs de l'année et champs de l'année précédente) et sont désignés dans les tableaux et graphiques par "champs de 1 an et de 2 ans". Chaque semaine, des apex et des feuilles sont prélevés dans chaque champs selon un protocole de repérage des pieds déjà décrit en détail (FABRES, 1982). Pour chaque catégorie de champs, 30 apex et 90 feuilles sont ramenés au laboratoire pour un dénombrement de toutes les cochenilles. Les feuilles sont regroupées en "feuilles jeunes" (3 premières feuilles épanouies à partir du sommet) et en "feuilles vieilles" (3 dernières à la base de la tige). Elles sont été également repérées en fonction de leur rang

sur la tige à partir du sommet (rang 1 à 6). Sur apex et sur tiges, tous les stades de développement de la cochenille sont dénombrés : L1, L2, L3, jeunes femelles et femelles avec ovisac. Les données de ces comptages permettent la représentation graphique des variations d'abondance de la cochenille en fonction du temps sur les différents organes de la plante. Elles permettent également d'étudier la structure de la population dans les différentes situations (en particulier le rapport entre le nombre de jeunes stades de développement et le nombre de femelles mûres à l'instant t).

Capacité intrinsèque d'accroissement

La cochenille est élevée au Laboratoire sur des plants de la variété "m'pembé", en pleine terre ou en pots, dans les conditions thermohygrométriques de la saison sèche de 1982. L'étude dont nous donnons ici les résultats, a porté sur la comparaison entre feuilles "jeunes" ou "vieilles" et entre plants soumis ou non à un stress hydrique. Le protocole expérimental est le suivant : des larves néonates sont placées à la face supérieures des feuilles choisies pour l'étude. Elles gagnent rapidement la surface inférieure où elles se fixent. Pour éviter une surexploitation de la feuille, seul un petit nombre de larves y est maintenu avec une répartition uniforme sur toute la surface. Un total de 250 larves est habituellement conservé sur 12 à 15 feuilles de chaque catégorie. Dès que les femelles commencent à pondre, la fécondité de 60 à 80 individus, ayant commencé à pondre le même jour, est minutieusement suivie à raison d'un comptage des oeufs tous les deux jours. Les données recueillies permettent d'établir des tables de vie et de fécondité et de calculer les paramètres du développement suivants : R_0 = taux net de reproduction = somme de $l_x m_x$ (avec l_x = probabilité pour une femelle d'être en vie à l'âge x et m_x = nombre d'oeufs pondus entre l'âge $x-1$ et l'âge x) ; T_c = âge des femelles à 50 pour cent de R_0 , (déterminé graphiquement) ; r_m = capacité d'accroissement de la population = $\text{Log } R_0 / T_c$ selon LAUGHLIN, 1965. Ce taux permet d'intégrer les différentes composantes du développement de la cochenille et sert à la comparaison du pouvoir d'expansion du ravageur dans les différentes situations expérimentales.

RESULTATS

Niveau d'abondance de la cochenille

Il a été suivi en 1981 et 82 sur des champs d'âge différent et en 1982 sur des feuilles de niveaux différents, portées par des plants de 2 ans.

Champs d'âge différent. Les profils d'abondance font l'objet de la figure 1. En 1982 on se trouve en présence d'une situation tout à fait classique, déjà observée en 1979 et 80 (FABRES, non publié) et confirmée par LE RU (1984) et

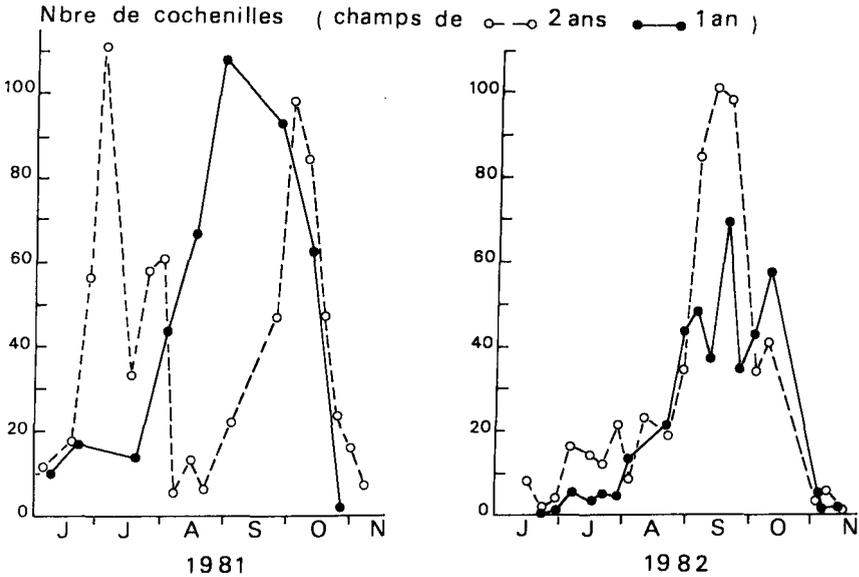


Figure 1 Variations chronologiques comparées de l'abondance de *P. manihoti* dans des champs de manioc âgés de 1 an et de 2 ans au cours des années 1981 et 82 (nombre moyen de cochenilles de tous stades par apex, comptage sur 30 apex).

BIASSANGAMA (1984) : tout au long de la saison sèche, et particulièrement au maximum de la pullulation, la densité des cochenilles est nettement plus importante sur les plants de 2 ans (qui ont déjà subi une première attaque de la cochenille) que sur les plants de l'année.

En 1981, nous avons pu observer et suivre un phénomène qui met en évidence une disparité, plus grande encore, entre les deux catégories de plants : du fait de conditions climatiques originales (précocité de la saison sèche), la pullulation du ravageur a débuté très tôt et de très fortes densités ont été atteintes dès le mois de juillet (120 cochenilles par apex, fig. 1). La surexploitation du végétal a ensuite provoqué un effondrement de la population en août (5 à 10 cochenilles par apex). Une nouvelle gradation est observée en septembre sur apex début octobre). Cette courbe de type bimodal n'est obtenue que sur les plants de 2 ans alors que sur les manioc de l'année, le profil d'abondance est de type classique.

De l'observation de ces phénomènes nous pouvons tirer des enseignements de deux ordres : dans le domaine des façons culturales on peut recommander la récolte des tuber-

cules avant l'arrivée de la saison sèche, pour les plantations de deux ans, avec arrachage des plants, particulièrement les années où la saison sécheresse est précoce. Ceci éviterait la coexistence entre des champs vieux très infestés et des champs jeunes encore indemnes. Dans le domaine, qui nous préoccupe, des relations entre la plante et le phytophage, il serait intéressant de connaître les mécanismes à l'origine de cette différence de "sensibilité" entre plants d'âge différent et qui sont certainement de nature trophique en relation avec l'état physiologique du végétal.

Feuilles d'âge différent. De manière générale, les feuilles jeunes sont plus abondamment colonisées que les feuilles âgées. Cette observation, précédemment notée par BOUSSIENGUE (1984) a été quantifiée en 1982 et les données obtenues reportées graphiquement fig. 2. C'est au moment où la densité de la cochenille est maximale (septembre) que la différence est la plus grande avec une moyenne de 15 à 17 cochenilles de tous stades par feuille jeune contre 25, au sommet de la gradation, pour les feuilles âgées.

Cette observation peut être précisée par l'étude de la relation entre le rang de la feuille sur un même plant et l'abondance de *P. manihoti* (Fig. 3). On met ainsi en évidence une étroite relation inverse, tout au long de la saison sèche, entre l'âge de la feuille et la densité de la cochenille.

Cette situation a été analysée expérimentalement et les résultats seront présentés plus loin.

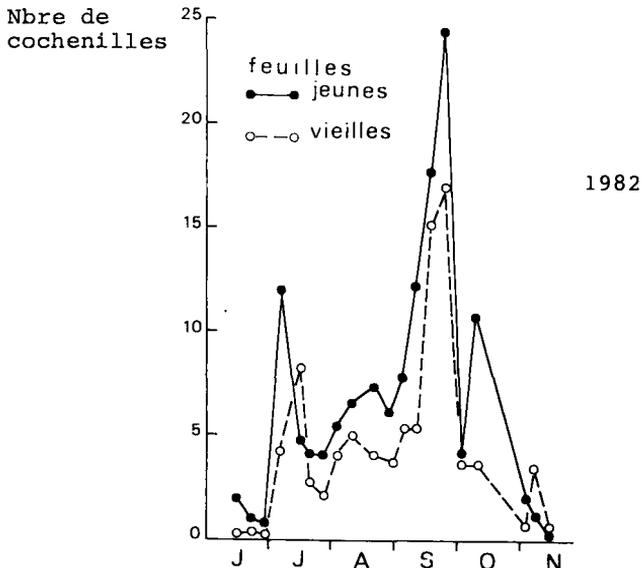


Figure 2 Variations chronologiques comparées de l'abondance de *P. manihoti* sur feuilles de manioc jeunes et vieilles au cours de l'année 1982 (nombre moyen de cochenilles de tous stades par feuille, comptage sur 90 feuilles de chaque catégorie d'âge).

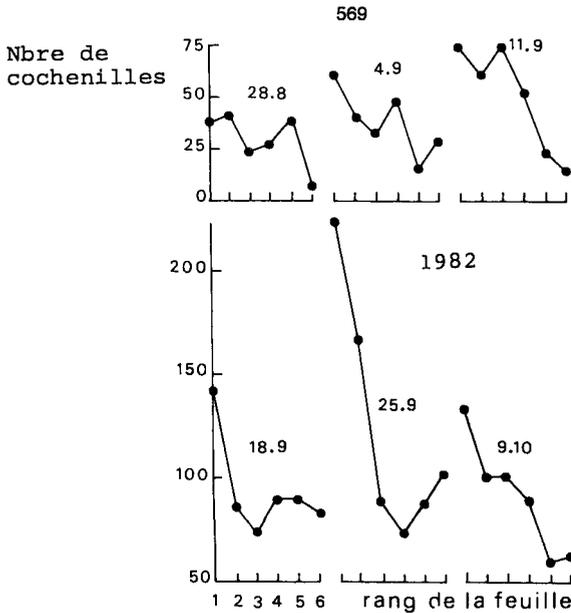


Figure 3 Abondance de la cochenille en fonction du rang de la feuille sur le pied de manioc, de la plus jeune (rang 1) à la plus âgée (rang 6). Nombre moyen de cochenilles de tous stades par feuille, comptage sur 15 feuilles par catégorie de rang.

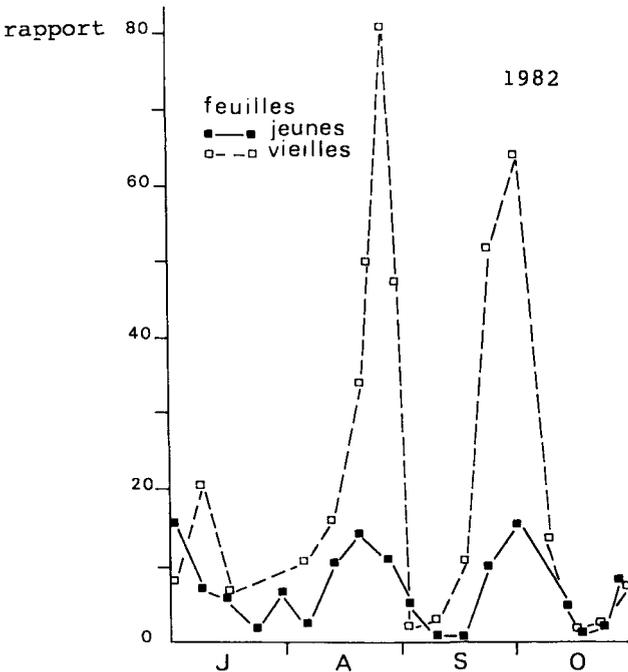


Figure 4 Variations chronologiques comparées du rapport nombre de larves sur nombre de femelles, sur feuilles jeunes et vieilles, au cours de l'année 1982. Comptage sur 90 feuilles de chaque catégorie d'âge.

Structure de la population

Une première analyse des phénomènes évoqués ci-dessus peut être faite en utilisant les données des dénombrements sur le terrain car celles-ci font apparaître les proportions des différents stades de développement au sein des colonies du ravageur. Ainsi, l'étude du rapport entre le nombre des jeunes stades et le nombre des femelles mûres, à un moment donné, et dans les différentes situations envisagées plus haut, peut nous apporter des informations sur le type d'influence exercée par le végétal sur l'insecte. On peut envisager, par exemple, une mortalité non sélective ou une stimulation de la fécondité, mécanismes qui se traduiront différemment sur la composition des populations.

Le tableau 1 nous montre que le rapport du nombre des L1 au nombre des femelles avec ovisac est systématiquement plus élevé sur les apex de 2 ans. De la même façon, l'étude du rapport jeunes stades / femelles mûres sur feuilles, montre que la structure des colonies est différente selon l'âge de la feuille (Fig. 4).

L'interprétation de ces résultats écarte donc l'intervention d'une mortalité non sélective et peut être formulée de la façon suivante :

Sur apex âgés, les fortes densité correspondent à la présence de colonies qui ont une structure d'âge plus jeune, ce qui conduit à l'hypothèse d'une relation entre les qualités trophiques de l'apex et le potentiel reproducteur de la cochenille.

Sur feuilles, le mécanisme paraît plus complexe car les fortes densité ne coïncident pas avec les fortes proportions de jeunes stades au sein des colonies. L'hypothèse suivante, qui s'inspire des observations de BOUSSENGUE (1984), peut être avancée : il existe un flux migratoire, facilement observable, entre les vieilles feuilles et les jeunes feuilles de l'extrémité du plant. Ainsi, à partir des colonies à fort pouvoir multiplicateur (sur feuilles âgées) se développerait une migration des néonates qui iraient coloniser les feuilles jeunes, en y provoquant une augmentation de la densité du ravageur. Nous retrouvons donc, au niveau des feuilles cette fois, la relation entre âge de l'organe végétal, vitalité des colonies et abondance de *P. manihoti*.

Capacité intrinsèque d'accroissement

L'expérimentation que nous avons conduite a pour but de préciser les modalités de l'influence de l'organe végétal et de son état physiologique sur les mécanismes biologiques de la croissance d'une population de *P. manihoti* et de vérifier les hypothèses développées précédemment. En continuité logique avec l'approche ci-dessus, nous avons expérimenté sur feuilles jeunes et vieilles mais nous avons

TABLEAU 1 : Rapport du nombre de larves L1 au nombre de femelles avec ovisac
sur apex de manioc âgés de 1 an et de 2 ans.
Comparaison des valeurs obtenues au cours de la saison sèche de 1981.

Dates 1981	9.6	27.6	20.7	4.8	27.8	9.9	28.9	12.10
Champs de 2 ans	2,5	1,2	6,7	8,2	19,5	2,1	0,6	2,3
Champs de 1 an	2,5	0,8	3,7	2,1	5,9	3,2	1,1	2,3

également étudié l'influence de l'état physiologique de plants soumis à un stress hydrique sur les paramètres du développement du phytophage.

Sur feuilles jeunes et vieilles. sur le tableau II, qui regroupe les résultats obtenus, la capacité d'accroissement de la population est plus grande sur les feuilles âgées. Ceci est dû principalement à l'augmentation très sensible de la fécondité moyenne (374 oeufs par femelle sur VF contre 298 sur JF) et du taux net de reproduction (359 contre 283) alors que les autres paramètres du développement ne diffèrent pas significativement. Ce résultat expérimental confirme les observations des dénombrements dans la nature ainsi que les hypothèses développées pour les expliquer.

En condition de stress hydrique. Pour cette expérimentation nous avons utilisé des plants de manioc en pot dont l'arrosage est tel que les teneurs en eau du substrat sont maintenues à des valeurs proches de celles mesurées sur le terrain, à la fin de la saison des pluies et en pleine saison sèche (tableau III). Des teneurs en eau inférieures à 8 pour cent et qui provoquent le flétrissement des plants en pot n'ont pas été retenues. On observe une influence très nette des faibles teneurs en eau sur l'augmentation de la capacité d'accroissement. De la même façon que précédemment, ceci est essentiellement dû à l'augmentation de la fécondité moyenne et du taux net de reproduction (535 oeufs par femelle contre 383 avec un Ro de 514 contre 375). Ceci s'accompagne d'une mortalité plus importante en situation de stress hydrique mais celle-ci est difficile à interpréter dans les conditions de l'expérimentation. Ces observations rejoignent les travaux de THIEM (1938) et de FLANDERS (1970), pour les cochenilles, et de REMAUDIERE et al, pour les pucerons, qui ont montré une sensibilité accrue du végétal hôte aux attaques des homoptères à la suite d'un affaiblissement végétatif ou d'un stress hydrique, sans pour autant en démontrer le mécanisme intime.

PERSPECTIVES

Parallèlement à l'étude de la capacité d'accroissement des populations de *P. manihoti* dans les diverses situations où les rapports plante-phytophages peuvent différer (organes végétaux différents, âge différent d'un même organe, différents états physiologiques du plant), nous avons entrepris de caractériser le milieu nutritif pour tenter de mettre en relation la composition de la sève et les paramètres du développement de la cochenille.

Ce type de démarche est sous-tendu par les nombreux travaux qui ont montré une relation étroite entre l'abondance des insectes phytophages et les proportions relatives des différents éléments constitutifs de la sève (éléments minéraux, carbone et azote totaux, acides aminés, sucres

TABLEAU 2 : Influence de l'âge des feuilles (vieilles feuilles VF et jeunes feuilles JF) sur le pouvoir de multiplication de *P. manihoti* dans les conditions naturelles : température moyenne 25,2°C (19-29), hygrométrie relative moyenne 78 % (57-99).

Type de feuilles	VF	JF
Nombre de larves étudiées	221	207
Durée du développement larvaire en jours	34,6 <u>+1,2</u>	35,4 <u>+1,8</u>
Mortalité larvaire en %	4	5
Nombre de femelles étudiées	70	75
Fécondité moyenne F = lx	374 <u>+39,6</u>	298 <u>+43,3</u>
Taux net de reproduction Ro = lx mx	359	283
Durée d'une génération Tc en jours	32,6	33,2
Capacité intrinsèque d'accroissement r _c	0,18	0,17

TABLEAU 3 : Influence de la teneur en eau du sol sur le pouvoir de multiplication de *P. manihoti* dans les conditions naturelles : température moyenne 24,7°C (18-31), hygrométrie relative moyenne 80 % (61-98)

Teneur du sol en eau en %	11 _± 0,2	8,4 _± 0,2
Nombre de larves étudiées	253	221
Durée du développement larvaire en jours	36 _± 2	34,1 _± 1,8
Mortalité larvaire en %	2	4
Nombre de femelles étudiées	70	74
Fécondité moyenne F = lx	383 _± 41,7	535 _± 36,4
Taux net de reproduction Ro = lx mx	375	514
Durée d'une génération Tc en jours	37,5	35,6
Capacité intrinsèque d'accroissement r _c	0,158	0,175

réducteurs solubles etc...) citons MITTLER & DADD (1964), AUCLAIR (1965), CARTIER (1968). Ces travaux conduisent à penser qu'il existe, pour chaque espèce, un régime alimentaire optimum caractérisé par les minéraux.

Notre démarche prend également en compte les travaux qui ont démontré le rôle des substances cyanogènes sur la dynamique des populations de phytophages du manioc (acariens) YEN et al. (1982). En effet, O'JONES (1959) a mis en évidence un taux plus élevé d'hétérosides cyanogénétiques lorsque les conditions du milieu sont défavorables à la croissance du manioc, c'est à dire au moment où la capacité d'accroissement de *P. manihoti* est plus grande.

Enfin, notre recherche est motivé par la certitude que des pratiques culturales appropriées sont susceptibles d'influer sur la composition de la sève et par conséquent sur l'abondance du ravageur comme l'a montré CHABOUSSOU (1974), à la suite de STEYN (1951) sur des cochenilles des *citrus*.

Les résultats que nous avons obtenus jusqu'ici concernent la composition de la sève en carbone et azote totaux ainsi qu'en éléments minéraux principaux. Ils sont très encourageants pour la poursuite de l'objectif que nous sommes défini, mais encore trop parcellaires pour être exposés dès à présent.

TRAVAUX CITES

- AUCLAIR J.L., 1965.- Feeding and nutrition of Pea Aphid : *Acyrtosiphonpisum* (Hom. *Aphididae*) on chemically defined diets of various pH and nutrient levels. Ann. Entomol. Soc. Amer. 58, (6), 855-875.
- BENNETT F.D. & GREATHEAD D.J., 1978.- Biological control of mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero : Prospects and necessity. In Proc. Cassava Protection Workshop, CIAT, Colombie, 181-194.
- BIASSANGAMA A., 1984.- Etude du parasitisme des cochenilles *Pseudococcidae* par les hyménoptères *Encyrtidae*. Thèse, Rennes, France. 190 p.
- BOUSSIENGUE J. , 1984.- Bioécologie de la cochenille du manioc et de ses ennemis naturels au Gabon. Thèse, Paris VI, France, 154 p.
- CARTIER J.J., 1968.- Factors of host plant specificity and artificial diets. Bull. Entomol. Soc. Amer. 14, 18-21.

"It seems that progress towards the current goal of maintaining or increasing agricultural productivity... might benefit from a study of the naturally evolved defenses of plants. It mayht also be possible to make agricultural use od some aspects of the quantitative defenses found in plant communities of naturally low diversity". P. FEENY, 1975

- CHABOUSSOU F., 1974.- Le conditionnement physiologique des citrus comme moyen de lutte vis à vis des ravageurs des agrumes. *Fruits*, 29, (1), 23-33.
- FABRES G., 1982.- Bioécologie de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) en RP du Congo. II variations d'abondance et facteurs de régulation. *Agron. Trop.*, 36, (4), 369-377.
- FABRES G. & BOUSSIENGUE J., 1981.- Bioécologie de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Hom. *Pseudococcidae*) en RP du Congo. I Cycle évolutif et paramètres biologiques. *Agron. Trop.* 36, (1), 82-89.
- FEENY P., 1976.- Plant apparency and chemical defense. In *Biochemical interaction between plants and insects. Recent advances in phytochemistry*, vol. 10, Plenum Press, London, 1-40.
- FLANDERS S.E., 1970.- Observations on host plant induced behavior of scale insects and their endoparasites. *Canad. Entomol.*, 102, (8), 1913-1920.
- HAHN S.K. & WILLIAMS R.J., 1973.- Investigations on cassava in the republic of Zaire. Report to Commissaire d'Etat à l'Agriculture, IITA, Ibadan, 12 p.
- HERREN H.R. & LEMA K.M., 1984.- The cassava mealybug problem: background, recent progress and outlook for biological control. 6th. Symp. of the Int. Soc. for Trop. Root Crops (Abstr.) Lima, Perou.
- IHEAGWAM E.U., 1981.- The influence of temperature on increase rate of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Hom. *Pseudococcidae*) *Rev. Zool. Afr.*, 95, (4), 959-967.
- LAUGHLIN R., 1965.- Capacity for increase : a useful population statistic. *J. Anim. Ecol.*, 34, 77-91.
- LE RU B., 1984.- Contribution à l'étude de l'écologie de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. *Pseudococcidae*) en RP du Congo. Thèse, Paris Sud, France, 118 p.
- LEUSCHNER K., 1978.- Preliminary observations on the mealybug in Zaire and a projected outline for subsequent work. Proc. of the Int. Workshop on the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr., Mvuazi, Zaire, 15-19.
- MITTLER T.E. & DADD R.H., 1964.- Gustatory discrimination between liquids by the aphid *Myzus persicae* (Sulzer). *Ent. Exp. Appl.* 315-328.

- NENON J.P., FABRES G., BIASSANGAMA A., 1985.- *Epidinocarsis lopezii* (Hym. Encyrtidae) parasitoïde introduit au Congo pour la régulation des populations de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Pseudococcidae). 7th. Symp. of the Int. Soc. for Trop. Root Crops (Abstr.), Pointe-à-Pitre, Guadeloupe.
- NWANZE K.F., 1982.- Relationships between cassava root yields and crop infestations by the mealybug *Phenacoccus manihoti*. Trop. Pest Manag., 28, (1), 27-32.
- O'JONES W., 1959.- Manioc in Africa. Stanford Univ. Press, Stanford, USA.
- PAINTER R.H., 1951.- Insect resistance in crop plants. Mc Millan Comp. Ed., New-York.
- PATHAK M.D., 1975.- Utilisation of insect plant interactions in pest control. In insect Science & Society. Mc. Millan Comp. Ed., New-York.
- REMAUDIÈRE G., DEDRYVER C.A., LATGE J.P., LECLANT F., PAPIEROK B. & ROBERT Y., 1976.- Réflexions sur les récentes pullulations de pucerons sur les épis de céréales en France. La défense des végétaux, 178, 76-83.
- SILVESTRE P., 1973.- Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'Etat de Mantsumba. Rapport de mission, IRAT, Paris, 35 p.
- STEYN J.J., 1951.- The effect of low calcium, phosphorus or nitrogen on the life cycle of red scale (*Aonidiella aurantii*). J. Ent. Soc. S. Afr., 14, 165-170.
- THIEM H., 1938.- Condition of the gradation of insects. Arb. Phys.u. ang., Ent. Berlin Dahlem, 3, 229-255.
- YEN I.C., ALI F., YASEEN M., 1982.- Investigations on *Mononychelus tanajoa* (Bondar) and the cyanogenic glucosides of cassava *Manihot esculenta* (Grantz). CIBC, Curepe, Trinidad.

