

Influence de la température et de l'hygrométrie relative sur le taux d'accroissement des populations de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae) au Congo.

B. LE RÛ & G. FABRES

RESUME

Les paramètres démographiques de la cochenille du manioc ont été estimés pour différentes combinaisons de températures et d'humidité relative : 20, 25 et 30°C à 50, 75 et 100% HR.

La température apparaît comme le facteur dont les variations entraînent les modifications les plus sensibles de la durée de développement et de la capacité d'accroissement. Cette dernière est maximale à 30°C et 75% HR.

Réalisées à partir des résultats expérimentaux obtenus, des simulations d'accroissement de populations fictives de la cochenille sont confrontées aux profils d'abondance observés pendant 3 ans dans la même localité de la République Populaire du Congo. L'allure des profils d'abondance semble surtout déterminée par les conditions thermiques de la période de gradation. Une pullulation précoce, débutant sous l'influence de températures fraîches (juillet) se développera lentement avec de nets paliers entre les premières générations; une pullulation tardive sous la dépendance de températures plus élevées, évoluera plus brutalement avec succession rapide de générations.

I. INTRODUCTION

Originnaire des zones tropicales de l'Amérique du Sud (Paraguay, Bolivie, Brésil), la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hom. Pseudococcidae) a vraisemblablement été introduite sur le continent africain au début des années 1970 (HAHN & WILLIAMS, 1973; SYLVESTRE, 1973). Cet insecte est devenu l'un des plus importants ravageurs du manioc en Afrique Centrale et de l'Ouest où il est susceptible de provoquer des pertes en tubercules de l'ordre de 30% (NWANZE, 1982).

La dynamique des populations de la cochenille a été étudiée au Zaïre (NWANZE, 1978) et surtout en République Populaire du Congo (FABRES 1981; FABRES et BOUSSIENGUE, 1981; FABRES, 1982; LE RÜ, 1984, 1986). On y observe une gradation par an. Les effectifs de la cochenille augmentent en saison sèche pour atteindre leur niveau maximal à la fin de celle-ci. La chute brutale des effectifs intervient en début de saison des pluies. LE RÜ (1986) a montré que l'accroissement des effectifs est lié à une augmentation de la température journalière moyenne pendant la deuxième moitié de la saison sèche. De manière à préciser le rôle de ce facteur du milieu dans la dynamique des populations, nous avons étudié expérimentalement son influence, conjointement avec celle de l'humidité relative, sur les paramètres du développement de la cochenille et son pouvoir de multiplication. Les températures prises en considération (20, 25 et 30°C) correspondent à la gamme moyenne des températures mesurées à Brazzaville (Tableau 1). Ce travail a été rendu possible grâce à une simplification dans l'établissement des tables de vie de la cochenille et partant, dans l'estimation de son taux intrinsèque d'accroissement naturel (LE RÜ et PAPIEROK, 1986). Réalisées à partir des résultats obtenus, les simulations d'accroissement de populations fictives de la cochenille ont été confrontées aux profils d'abondance observés pendant 3 ans dans la même localité de la R.P. du Congo.

		Températures °C					Humidité relative %				
		Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.
1	Moyennes	24,1	22,3	23,3	25,9	27,0	78,2	78,8	77,5	74,4	73,2
9	Maxima	32,0	31,8	33,0	36,0	36,0	99,0	99,0	99,0	99,0	98,0
7	Minima	16,5	14,5	14,5	18,5	18,5	34,0	43,0	41,0	41,0	41,0
9											
1	Moyennes	22,9	21,3	23,0	24,5	26,1	84,3	81,2	78,3	78,2	78,1
9	Maxima	30,0	30,0	32,5	36,0	34,5	99,0	99,0	99,0	98,0	98,0
8	Minima	15,0	14,5	14,5	18,0	19,5	60,0	50,0	48,0	41,0	41,0
0											
1	Moyennes	22,1	21,2	23,2	25,6	25,9	84,9	80,6	77,5	76,4	79,2
9	Maxima	31,9	31,7	33,6	35,8	36,0	99,0	99,0	99,0	98,0	98,0
8	Minima	15,5	11,5	15,0	16,9	17,5	65,0	54,0	41,0	42,0	41,0
2											

Tableau 1

Moyennes mensuelles maxima et minima absolus des saisons sèches de 1979, 1980 et 1982.

II. MATERIEL et METHODES

II.1. Estimation du pouvoir de multiplication de la cochenille en conditions contrôlées

Pour chacune des conditions étudiées, nous avons d'une part estimé la durée du développement embryonnaire sur une cohorte d'une centaine d'oeufs et la durée du développement larvaire sur 2 cohortes d'environ 100 larves néonates chacune et d'autre part, établi 2 tables de vie simplifiée sur la base de relevés bihebdomadaires. Celles-ci, obtenues à partir d'une trentaine de femelles chacune, permettent de déterminer le pourcentage de mortalité embryonnaire et larvaire (celui-ci faisant intervenir le nombre d'individus trouvés morts sur le végétal et le nombre d'individus disparus depuis le comptage précédent), la durée de développement d'oeuf à oeuf (T_c , intervalle de temps entre le moment où la moitié des oeufs pondus par une génération est déposée et celui où est déposée la moitié des oeufs de la génération suivante) et la fécondité (R_0 , nombre d'oeufs pondus par femelle).

A partir de ces données nous avons estimé le taux intrinsèque d'accroissement naturel, r_m , de la cochenille pour chaque combinaison température-humidité relative. LE RÜ et PAPIEROK (1986) ont montré en effet récemment que ces valeurs calculées à partir de relevés bihebdomadaires, sont de bons estimateurs du taux intrinsèque d'accroissement naturel, r_m . Cette méthode a été appliquée à 9 combinaisons différentes de température - humidité relative : 3 températures (20-25 et 30°C) et 3 humidités relatives (50, 75 et 100%) sont prises en considération.

Dans la pratique nous avons opéré de la manière suivante. Les boutures de manioc (variété "M'pembé") sont plantées verticalement aux 2/3 de leur longueur dans la terre contenue dans des sacs plastiques. Des trous permettent l'évacuation des eaux d'arrosage. Les plantes sont d'abord placées à l'ombre pendant 15 j., afin de favoriser le démarrage de la végétation, puis en pleine lumière jusqu'au stade 6-7 feuilles (atteint au bout de 5/7 semaines), enfin à la température de l'expérience une semaine avant le début de celle-ci. Un arrosage est effectué 2 fois par semaine.

Des larves néonates (L1) sont placées le jour même de leur naissance à la face supérieure d'une jeune feuille (4 ou 5ème à partir de l'apex). Les larves gagnent rapidement la face inférieure où elles se fixent. Un anneau de glue déposé sur le pétiole les empêche de coloniser le reste du végétal. Chaque jour les individus sont dénombrés et le stade mentionné. Dès qu'une femelle a commencé à pondre son emplacement et la date du dépôt des premiers oeufs sont notés sur un schéma représentant la surface foliaire. Lorsque la majorité des individus a commencé à pondre, une trentaine de femelles ayant débuté leur ponte le même jour sont suivies jusqu'à leur mort : prélèvement et dénombrement bihebdomadaire du nombre d'oeufs déposés.

Les feuilles portant les cohortes sont placées dans des enceintes (11,5 x 23 cm) en polystyrène cristal dans lesquelles l'humidité relative est égale à la valeur souhaitée. Une fente de 1 cm de long sur 0,5 cm de large permet le passage du pétiole, l'ouverture restante étant bouchée avec du coton cardé.

Les différentes hygrométries sont obtenues à l'intérieur des enceintes au moyen de solutions de potasse dont la concentration a été préalablement déterminée aux différentes températures (SOLOMON, 1951). L'équilibre hygrométrique s'établit à l'intérieur de l'enceinte au bout de 24 h. à 20 et 25° et de 48 à 30° en début d'expérimentation. Un hygromètre à cheveux placé en permanence dans chaque enceinte permet un contrôle permanent de l'hygrométrie. Une photophase de 12 h. est assurée au moyen de rampes de néon de type "lumière du jour".

II.2. Comparaison des profils d'abondance simulés et observés

Chaque population fictive est issue d'une seule femelle commençant à pondre au temps zéro, placée dans les conditions thermohygrométriques constantes de 20°-75%, 25°-75% et 30°-75%.

La simulation de type "modèle empirique" (SOUTHWOOD, 1978) consiste à comptabiliser au jour le jour le nombre d'individus (larves + adultes) de la colonie, puis à le transformer en logarithme. Les composantes du développement suivantes ont été prises en compte pour la modélisation : durée du développement embryonnaire, durée du développement larvaire, durée de

la maturation sexuelle, espérance de vie des femelles adultes, fécondité moyenne journalière. Les mortalités embryonnaires et larvaires qui sont souvent biaisées par les bonnes conditions expérimentales n'ont pas été intégrées.

Les profils d'abondance simulés ont été comparés à ceux observés en 1979, 1980 et 1982 dans un champ situé à une vingtaine de km de Brazzaville. L'échantillonnage hebdomadaire des cochenilles a été effectué selon la méthode mise au point par FABRES (1982).

III. RESULTATS

III.1. Durée du développement et mortalité

La durée des développements embryonnaire et larvaire, la durée de maturation sexuelle et la mortalité larvaire aux différentes températures et humidités étudiées sont données dans le tableau 2.

Contrairement à l'humidité relative, dont l'influence sur la durée du développement est faible (on remarque seulement que celle-ci augmente légèrement avec l'humidité relative à température constante), la température intervient d'une manière significative sur le développement de la cochenille. L'augmentation de la température se traduit par une réduction de la durée du développement, aussi bien embryonnaire que larvaire. La durée du développement oeuf à oeuf est en effet de 69,6, 33,2 et 24,1/jours respectivement à 20, 25 et 30°C, pour une humidité relative de 50%. La réduction de la durée de développement est plus importante (50%) lorsque la température passe de 20 à 25°C que lorsqu'elle passe de 25 à 30°C (réduction de 33 %).

Dans l'intervalle de température étudié, on peut remarquer que le développement embryonnaire apparaît moins sensible à l'influence de la température que le développement larvaire. En effet la durée du développement embryonnaire diminue de moitié entre 20 et 25°C mais reste à peu près constante entre 25°C et 30°C (Tableau 2).

A partir des données du tableau 2 nous avons déterminé la température - seuil de développement K , à l'aide de la méthode graphique élaborée par PEAIRS (1914). Si x est la durée de développement à la température T , K est tel que, $(T - K) x$ est constant.

La représentation graphique de x en fonction de T est voisine d'une branche d'hyperbole équilatère, ce qui sous-entend que sur une plage assez étendue de température (18 à 27°C) la courbe réciproque est approximativement une droite. En principe à chaque stade correspond une courbe de développement. De manière à simplifier les opérations, BONNEMAISON (1946) a montré qu'il est possible de tracer directement la courbe de développement complet de l'insecte. Le calcul de l'équation de la droite de regression observée :

$$\frac{100}{x} = 0,25 T - 3,57$$

à partir des données obtenues aux 3 températures de 20, 25 et 30°C et à 75% de HR et sa représentation graphique (fig. 1) permettent de vérifier cette relation. La droite de regression coupe l'axe des x à 14,2°C, température qui peut être considérée comme la température seuil de développement de *P. manihoti*. L'optimum thermique se situe au dessus de 30°C (Fig. 1).

A température égale, la mortalité larvaire est plus élevée à 100 et 50% qu'à 75%. C'est à 25°C que l'on observe en moyenne la mortalité larvaire la plus faible.

Température °C	20			25			30		
	100	75	50	100	75	50	100	75	50
Humidité relative %									
Durée du développement embryonnaire en jours pour 100 oeufs	\pm écart \pm type 18,0 \pm 0,8	17,7 \pm 1,9	14,9 \pm 2,0	8,1 \pm 0,9	7,8 \pm 0,8	7,3 \pm 0,9	7,1 \pm 1,2	7,1 \pm 1,0	6,8 \pm 0,9
Effectifs larvaires	100 +	98 +	110 +	139 +	78 +	69 +	100 +	110 +	120 +
	103	107	101	94	106	113	97	95	103
Durée du développement larvaire en jours	\pm écart \pm type 41,0a \pm 3,3	40,3a \pm 3,1	38,2a \pm 3,5	19,7b \pm 0,9	20,1b \pm 1,2	18,5b \pm 1,0	14,7c \pm 1,1	14,2c \pm 0,8	13,3c \pm 0,9
Mortalité larvaire en %	26,0	6,9	20,5	10,0	3,9	8,3	20,1	11,8	24,9
Durée de maturation sexuelle en jours	15,8	15,8	16,4	7,6	7,3	7,4	5,2	4,7	4,0
Durée du développement de l'oeuf à l'oeuf en jours	\pm écart \pm type 74,8a \pm 5,3	73,8a \pm 4,9	69,5a \pm 5,1	35,4b \pm 1,5	35,2b \pm 1,3	33,2b \pm 1,4	27,0c \pm 1,2	26,0c \pm 0,9	24,1c \pm 1,1

Tableau 2

Durée de développement des différents stades (en jours) en fonction des différents couples thermohygrométriques.

Mortalité larvaire dans les mêmes conditions.

Les valeurs suivies par des lettres identiques ne sont pas significativement différentes (à 5%).

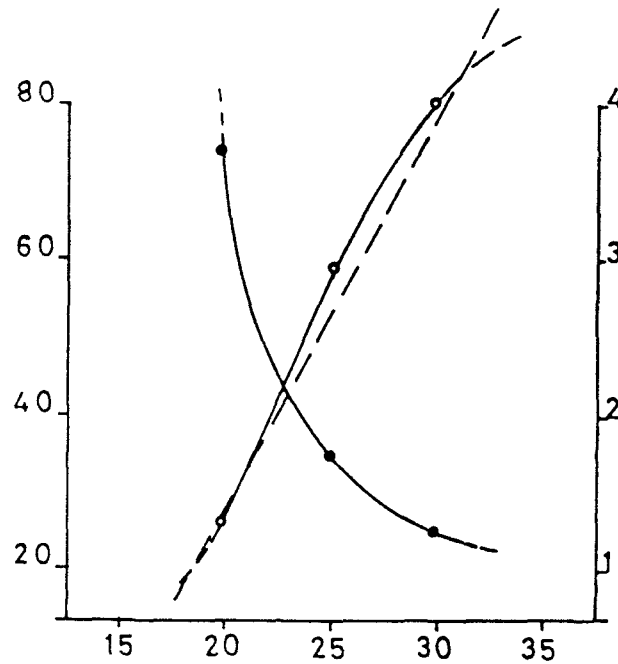


Figure 1.

Courbes température-temps (cercles noirs) et température-vitesse de développement (cercles blancs) pour *P. manihoti*; en tiretés : modèle linéaire.

III.2. Durée de maturation des femelles et fécondité

La durée moyenne de maturation sexuelle est inversement proportionnelle à la température : respectivement 15,8, 7,3 et 4,7 jours à 20 - 25 et 30°C. L'humidité relative ne semble pas intervenir dans l'intervalle étudié.

La fécondité moyenne par femelle ne varie pas significativement d'une température à l'autre pour une même hygrométrie; sauf à 50% HR elle est de 487, 429 et 438 oeufs à 20°C et 30°C pour 75% HR. Cependant à température égale, la fécondité est plus faible aux basses hygrométries : à 20°C, 397 oeufs/femelle pour 50% HR, contre 487 et 432 à 75% et 100% HR respectivement (Tableau 3).

III.3. Taux intrinsèque d'accroissement naturel

Le taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille augmente avec la température (Tableau 3). A température égale les humidités relatives étudiées n'influent pas sur la valeur de r_m (à 20°C, 0,087, 0,090 et 0,085, respectivement à 50,75 et 100% HR).

III.4. Simulation de l'accroissement des populations de *P. manihoti*

Les courbes de simulation de l'accroissement d'une population de *P. manihoti* dans les 3 conditions expérimentales étudiées (20°C - 75%, 25° - 75% et 30° - 75%) sont tracées dans la figure 2 en regard des profils d'abondance observés en 1979, 1980 et 1982 (Fig. 3). On remarque que les profils simulés et observés présentent des paliers.

	20			25			30		
	100	75	50	100	75	50	100	75	50
Température °C									
Humidité relative %									
Effectifs (Nombre de femelles adultes)	30 +	30 +	32 +	35 +	30 +	30 +	30 +	30 +	35 +
	34	29	27	28	29	32	34	27	27
$m_x \pm \text{écart type}$	432ab ±38	487a ±35	397b ±44	409ab ±32	429ab ±35	387b ±37	486a ±41	438ab ±34	282d ±39
$R_o = l_x m_x$	320	453	316	368	412	355	388	386	212
T_c approché en jours	67,6	68,1	65,9	42,1	40,9	37,9	28,0	27,8	25,9
r_c approché = $\frac{\text{Log } R_o}{T_c \text{ approché}}$	0,085	0,090	0,087	0,140	0,147	0,155	0,213	0,214	0,207

Tableau 3

Fécondité moyenne en oeufs femelle par femelle (m_x); taux net de reproduction (R_o); âge moyen des femelles (T_c) et capacité d'accroissement (r_c) aux différents couples thermo-hygrométriques.

Les valeurs suivies par des lettres identiques ne sont pas significativement différentes (à 5%)

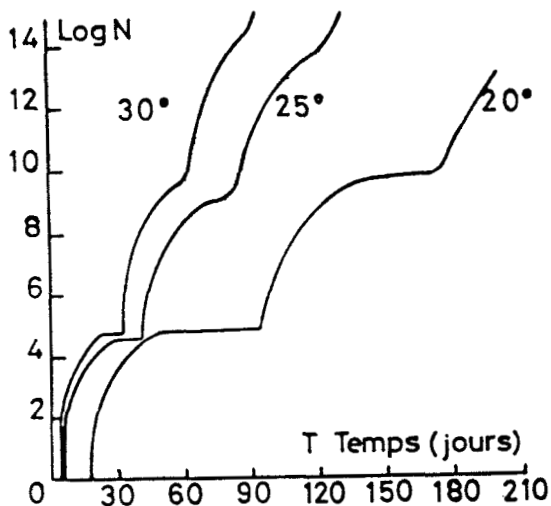
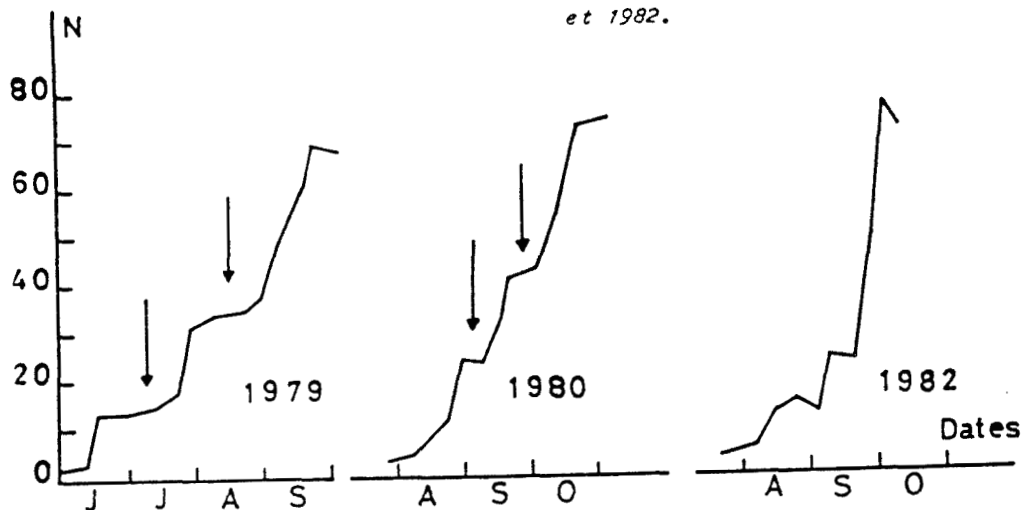


Figure 2

Courbes de simulation de l'accroissement d'une population de *P. manihoti* à 20, 25 et 30°C et 75% HR.

Figure 3.

Profils d'abondance observés à Ganga Linçolo en 1979, 1980 et 1982.



En 1979, le profil d'abondance présente des paliers d'un mois et demi, comparables à la simulation à 20°C. En 1980 les paliers sont très courts, quasi-inexistants en 1982, semblables aux simulations à 25°C et 30°C respectivement.

IV. DISCUSSION et CONCLUSION

L'hygrométrie ne joue pas un rôle fondamental dans les valeurs prises par la capacité d'accroissement de la cochenille. Elle provoque une augmentation de la mortalité larvaire aux valeurs extrêmes, ce qui, dans la nature, ne se manifeste qu'au cours des mois de septembre-octobre où l'on peut enregistrer des minima absolus de l'ordre de 40%. La gradation est alors nettement entamée et l'effet dépressif des faibles hygrométries est probablement négligeable.

La température apparaît comme le facteur dont les variations entraînent les modifications les plus sensibles de la durée de développement et de la capacité d'accroissement. Ceci est en accord avec les études faites par IHEAGWAN (1981) et LEMA et HERREN (1985) sur l'influence des températures constantes sur le taux de croissance des populations de P. manihoti. Comme eux, nous notons que le pouvoir de multiplication de la cochenille est très sensible à de faibles variations de la température.

L'importance de la température comme facteur de variation du taux intrinsèque d'accroissement a été montré à maintes reprises notamment sur Homopteres Aphididae par BARLOW (1962) sur Myzus persicae Sulzer et Macrosiphum euphorbiae Thomas et par DELOACH (1974) sur M. persicae.

Nous constatons par ailleurs que le taux intrinsèque d'accroissement est directement proportionnel à l'augmentation de la température pour l'intervalle $18^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$.

De nombreux auteurs (BARLOW, 1962; SIDDIQUI & BARLOW, 1972; DELOACH, 1974; TANIGOSHI & al, 1975) ont noté cette propriété pour un intervalle donné de température (propre à chaque espèce).

Selon CAMPBELL & MACKAUER (1977) qui ont comparé le pouvoir de multiplication d'Acyrtosiphon pisum (Homoptera, Aphididae) au laboratoire et en plein champ, une telle propriété permet de prévoir la croissance d'une population dans des conditions de températures alternées, lorsque l'on travaille en moyenne de températures.

Il est intéressant de constater que les températures moyennes mensuelles observées à Brazzaville, comprises entre 21 et 26°C (Tableau 3) s'inscrivent effectivement dans l'intervalle $18^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ où s'observe la relation de linéarité entre r_c et la température.

L'estimation expérimentale des paramètres biologique de P. manihoti prend alors toute sa valeur. En effet, au travers d'une simulation, utilisant ces données expérimentales, nous allons pouvoir essayer de mieux comprendre la dynamique des populations de la cochenille.

Les valeurs de la température moyenne présentent des variations de faible amplitude au cours de la saison sèche : 5°C entre le mois de juillet (le plus frais) et le mois d'octobre. Les populations de la cochenille sont cependant soumises à une gamme de températures assez large : $14,5^{\circ}$ en juillet et août des années 1979 et 1980 et $11,5^{\circ}$ et 15°C en juillet et août 1982; pour les minima absolus; 36°C en sept-octobre 1979, septembre et octobre 1982, pour les maxima absolus.

Si nous comparons les conditions thermiques des trois années 1979, 1980 et 1982 (Tableau 1), nous remarquons une grande similitude entre 1980 et 1982, années caractérisées par un déficit thermique par rapport à 1979. Or nous avons pu montrer que le pouvoir de multiplication de *P. manihoti* était très sensible à de faibles variations de température (r_c double entre 20 et 25°C). Un tel déficit, apparemment faible, peut expliquer le démarrage beaucoup plus tardif de la gradation en 1980 et 1982.

L'existence de paliers dans les conditions simulées se comprend aisément. En effet, nos simulations partent d'une femelle qui va pondre 80% de ses oeufs en 12 jours. Les générations sont bien séparées du moins au début.

L'observation de paliers dans les conditions naturelles laisse supposer que le développement des cochenilles est synchrone et que les générations sont bien séparées dans le temps.

En 1979 la pullulation débute dès juin alors que celles de 1980 et 1982 s'initient en août. On peut ainsi s'attendre à ce que les premières générations de l'année 1979 présentent un développement de type "températures fraîches" à générations bien distinctes et que celles des années 1980 et 1982 montrent un développement de type "températures élevées" à générations moins tranchées. C'est effectivement ce que nous apprend la comparaison des profils simulés (Fig. 2) et des profils réels (Fig. 3). En 1979 les profils d'abondance présentent des paliers d'un mois et demi comme nous le retrouvons sur la courbe simulée de 20°. En 1980 et 1982 les paliers sont très courts voire inexistantes comme sur les simulations à 25 et 30° qui diffèrent peu l'une de l'autre. En 1982 l'absence de palier peut s'expliquer par un démarrage tardif associé à des températures plus élevées qu'en 1980 au cours de la même période.

L'allure des profils d'abondance semble essentiellement déterminée par les conditions thermiques de la période de gradation. Une pullulation précoce, débutant sous l'influence de températures fraîches (juillet) se développera lentement avec des générations successives bien distinctes. Au contraire une pullulation tardive sous la dépendance de températures plus élevées, évoluera plus brutalement avec chevauchement des générations.

Cette étude a permis de montrer le rôle essentiel joué par la température dans l'allure des profils de gradation de la cochenille. Elle souligne par ailleurs les possibilités d'explication de phénomènes observés à l'aide de données obtenues expérimentalement.

Ce travail préliminaire est actuellement poursuivi dans la région de Brazzaville. Il doit s'étendre à deux autres régions du Congo, bénéficiant de conditions climatiques différentes. Il devrait permettre de mieux cerner le rôle de la température, notamment dans le cas de situations intermédiaires à celles observées dans cette étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. H. LALLEMANT pour son aide dans le traitement des données et MM. B. PAPIEROK et A.G.L. DELOBEL pour leur critique judicieuse du manuscrit.

BARLOW, C.A., 1962.- The influence of temperature on the growth of experimental populations of Myzus persicae (Sulzer) and Macrosiphum euphorbiae (Thomas) (Aphididae). Can. J. Zool., 40, 145-156.

BONNEMAISON, L., 1946.- Action des températures constantes ou variables sur le développement d'un hemiptere Eurydema ornatum L. (Pentat). Ann. Epiphyties, 12, 115-145.

CAMPBELL, A. & MACKAUER, M., 1977.- Reproduction and population growth of the pea aphid (Homoptera : Aphididae) under laboratory and field conditions. Can. Entom., 109, (2), 277-284.

DELOACH, C.J., 1974.- Rate of increase of populations of cabbage Green Peach, and Turnip Aphids a constant temperatures. Annls. Entomol. Soc. Am., 67, 332-339

FABRES, G., 1981.- Première quantification du phénomène de gradation des populations de Phenacoccus manihoti (Hom. Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. Agronomie, 1 (6), 483-486.

FABRES, G., 1982.- Bioécologie de la cochenille du manioc (Phenacoccus manihoti, Hom. Pseudococcidae) en République Populaire 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 République Populaire du Congo. I Cycle évolutif et paramètres biologiques. Agron. Trop., 36 (1), 82-89.

HAHN, S.K. & WILLIAMS, R.J., 1973.- Investigations on cassava in the Republic of Zaïre. Rapport au Commissaire d'Etat à l'Agriculture, République of Zaïre. Ibadan, Nigeria, I.I.T.A., 1-12.

- IHEAGWAM, E.J., 1981.- The influence of temperature on increase rates of the cassava mealybug Phenacoccus manihoti Mat. Ferr. (Homoptera, Pseudococcidae). Rev. Zool. Afr., 95 (4), 959-967.
- LEMA, K.M. & HERREN, H.R., 1985.- The influence of constant temperature on population growth rates of the cassava mealybugs Entomol. exp. appl., 38, 165-169.
- LE RÜ, B., 1984.- Contribution à l'étude de l'écologie de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom. Coccoidea, Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. Thèse de 3è cycle, Paris XI (Orsay), 118 pp.
- LE RÜ, B., 1986.- Etude de l'évolution d'une mycose à Neozygites fumosa (Zygomycetes, Entomophthorales) dans une population de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti (Hom : Pseudococcidae Entomophaga, 31 (1).
- LE RÜ, B. & PAPIEROK, B., 1986.- Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, Phenacoccus manihoti Matile - Ferrero (Homoptères, Pseudococcidae). Intérêt d'une méthode simplifiée d'estimation. Soumis à publication.
- NWANZE, K.F., 1978.- Biology of the cassava mealybug, Phenacoccus manihoti Mat. Ferr. in the Republic of Zaïre. in Proc. Intern. Workshop on the cassava mealybug Phenacoccus manihoti. Mat. Ferr. (Hom. Pseudococcidae); INERA, M'Vuazi, Zaïre., June 26-29. 1977. Intern. Inst. Trop. Agric. Ibadan. July 1978 20-28.
- NWANZE, K.F., 1982.- Relationships between cassava root yields and crop infestations by the mealybug, Phenacoccus manihoti. Trop. pest. Management, 28 (1), 27-32.
- PEAIRS, L.M., 1914.- The relation of temperature to insect development. J. econ. Ent., 7, 174-179.

SIDDIQUI, W.H. & BARLOW, C.A., 1972.- Population growth of Drosophila melanogaster (Diptera : Drosophilidae) a constant alternating temperatures. Annls. Entomol. Soc. Am., 65 (5), 993-1001.

SILVESTRE, P., 1973.- Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'Etat de Mantsoumba. Rapport de mission, I.R.A.T., Paris, 35 pp.

SOLOMON, M.E., 1951.- Control of humidity with potassium hydroxide, sulfuric acid or other solutions. Bull. ent. Res., 42, 543-554.

SOUTHWOOD, T.R.E., 1978.- Ecological methods, Second Edition, Chapman & Hall, London.

TANIGOSHI, L.K.; HOYT, S.C.; BROWNE, R.W. & LOGAN, J.A.; 1975.- Influence of temperature on population increase of Tetranychus mc danielli (Acarina : Tetranychidae). Annls. Entomol. Soc. Am., 68 (6), 972-978.



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

**LA COCHENILLE DU MANIOC
ET SA BIOCOENOSE
AU CONGO
1979-84**

G. FABRES

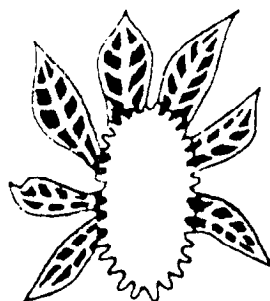
B. LE RU

A. KIYINDOU

A. BIASSANGAMA

J. BOUSSIENGUE

S. EPOUNA MOUINGA



TRAVAUX DE L'EQUIPE FRANCO-CONGOLAISE

ORSTOM • DGRS

Brazzaville BP 181 R P du Congo