

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

B. Le Rü

ORSTOM, B. P. 181 Brazzaville, R. P. du Congo.

G. Fabres

IBEAS, Campus Universitaire, 64000 Pau, France.

### RÉSUMÉ

Les paramètres qui conditionnent la capacité d'accroissement de la cochenille du manioc ont été estimés pour différentes combinaisons de températures et d'humidités relatives : 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 capacité d'accroissement. Cette dernière est maximale à 30° C et 75 % HR :  $r_c = 0,214$ .

A partir des résultats expérimentaux ainsi obtenus, une simulation des profils d'accroissement d'une population fictive aux différentes conditions thermohygrométriques est proposée pour une comparaison avec les courbes d'accroissement obtenues sur le terrain au cours de 3 années d'étude.

Cette comparaison montre que l'allure des profils de gradation dans la nature est très nettement déterminée par les conditions thermiques qui précèdent et accompagnent la pullulation de la cochenille.

MOTS-CLÉS : *Phenacoccus manihoti* - Température - Capacité d'accroissement - Dynamique des populations.

### ABSTRACT

Demographic parameters of the cassava mealybug were estimated at nine different temperature and relative humidity regimes: 20°, 25° and 30° C, and 50 %, 75 % and 100 % RH.

Temperature appears to be the factor which is most influent on development time and capacity for increase, the latter being highest at 30° C and 75 % RH :  $r_c = 0.214$ .

Simulations of the increase of mealybug populations were derived from experimental results; they were compared with the gradation profiles observed during three years in the same locality of the Congo.

Variations of abundance seem to be primarily related to the thermic conditions prevailing during the outbreak. An early pullulation, starting under the influence of low temperature (July), will increase slowly, with well-defined steps between the first generations; whereas a late pullulation, occurring under the effect of higher temperatures, will develop more steeply, with a rapid succession of generations.

KEY-WORDS: *Phenacoccus manihoti* - Temperature - Capacity for increase - Population dynamics.

## I. — INTRODUCTION

Originaire des zones tropicales de l'Amérique du Sud (Paraguay, Bolivie, Brésil), la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero a vraisemblablement été introduite sur le continent africain au début des années 70 (HAHN & WILLIAMS, 1973; SILVESTRE, 1973), où elle peut 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 *a* et 1981 *b*; FABRES & BOUSSIENGUE, 1981; LE RÜ, 1984 et 1986) où l'on observe une gradation annuelle de saison sèche. Au cours d'une étude préliminaire, LE RÜ (1986) a montré que les modalités d'accroissement des effectifs pouvaient être liées 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 le développement de la pullulation, 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. 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 la capacité d'accroissement de ses populations (LE RÜ & PAPIEROK, 1987).

A partir des données obtenues, nous avons procédé à des simulations de l'accroissement de populations fictives de la cochenille placées dans les différentes situations expérimentales et nous avons confronté les profils d'abondance ainsi obtenus à ceux qui avaient été observés sur le terrain au cours de trois années d'étude.

Les références à l'influence des facteurs thermohygrométriques sur les paramètres du développement des cochenilles pseudococcines sont relativement nombreuses dans la littérature. Cependant, les études expérimentales sur l'influence des couples thermohygrométriques sont beaucoup moins abondantes (EL-MINSHAWYA *et al.*, 1974) et elles font très rarement intervenir le calcul d'un taux d'accroissement (LEMA & HERREN, 1985). Dans tous les cas, elles ne conduisent qu'à des spéculations sur l'incidence de ces facteurs écologiques sur la dynamique des populations *in situ*.

Nos données expérimentales et la présentation que nous en proposons permettent une interprétation des profils de gradation sur le terrain tant au plan de la vitesse d'accroissement de la population qu'à celui du mécanisme de superposition des générations successives sous le contrôle des facteurs du climat.

## II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 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'œufs et la durée du développement larvaire sur 2 cohortes d'environ 100 larves néonates chacune et, d'autre part, établi 2 tables de vie simplifiées sur la base de relevés bi-hebdomadaires. Celle-ci sont obtenues à partir d'une trentaine de femelles chacune et permettent de déterminer les paramètres suivants : 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); durée d'une génération (intervalle de temps entre l'éclosion de la jeune larve et le dépôt par la femelle qui en est issue de la moitié de ses œufs); fécondité (nombre d'œufs déposés par la femelle au cours de la période de ponte; la cochenille présente une parthénogenèse thélytoque obligatoire et tous les œufs pondus donneront des femelles); espérance de vie des femelles.

A partir de ces données, nous avons calculé la capacité d'accroissement théorique d'une population de la cochenille pour chaque combinaison de température-hygrométrie relative. Nous avons pour cela utilisé le paramètre de LAUGHLIN (1965) qui se définit comme suit : connaissant la probabilité  $l_x$  pour une femelle d'être en vie à l'âge  $x$  et le nombre  $m_x$  d'œufs femelles pondus entre l'âge  $x-1$  et l'âge  $x$  on peut calculer une capacité d'accroissement telle que

$$r_c = \frac{\text{Log } R_0}{T_c}$$

avec :

$R_0 = \sum l_x m_x$  = taux net de reproduction,

$T_c$  = durée d'une génération,

$r_c$  = capacité d'accroissement.

LE RÛ & PAPIEROK (1987) ont montré récemment que ces valeurs, calculées à partir de relevés bi-hebdomadaires, permettent une bonne estimation de la capacité d'accroissement  $r_c$  (appelée  $r_c$  approché). 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.

Les boutures de manioc (variété « Mpembé ») 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 jours, 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 (L1) sont placées le jour même de leur naissance à la face supérieure d'une feuille (4 ou 5° à partir de l'apex). Les larves gagnent rapidement la face inférieure où elles se fixent. Un anneau de glu, déposé sur le pétiole, les empêche de coloniser le reste du végétal (l'expérience montre qu'aucune larve ne vient s'y engluer). 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 œufs 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 bi-hebdomadaires du nombre d'œufs déposés.

Les feuilles portant les cohortes sont placées dans des enceintes (11,5 × 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 d'une période allant de 24 heures (pour 20°-75 %) à 48 heures (pour 30°-50%) au moment de la mise en place de l'expérimentation. Un hygromètre à cheveux, placé en permanence dans chaque enceinte, permet un contrôle permanent de l'hygrométrie. Une photophase de 12 heures est assurée au moyen de rampes de néon de type « lumière du jour ».

## II.2. Simulation des profils d'abondance

Chaque population fictive est issue d'une seule femelle, commençant à pondre au temps zéro et placée dans les conditions thermohygrométriques constantes de 20°-75 %, 25°-75 %, 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. Les deuxièmes et troisièmes générations sont suivies de la même façon, la simulation permettant de prendre en compte une éventuelle superposition des générations successives.

Les composantes du développement suivantes ont été retenues 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. Pour ce dernier paramètre, l'utilisation d'une valeur constante quotidienne est dans l'ensemble conforme au cas de *P. manihoti* dont la femelle dépose pendant les 12 premiers jours, et à un rythme régulier, 80 % de la ponte.

Les conditions d'élevage réduisent notablement la mortalité embryonnaire et larvaire, particulièrement pour les couples choisis pour la modélisation. Aussi, faute d'avoir une information sur l'importance de ce facteur au champ, nous ne l'avons pas intégré dans la simulation.

Les profils d'abondance simulés ont été comparés à ceux observés en 1979, 1980 et 1982 dans un champ situé à une vingtaine de kilomètres de Brazzaville. L'échantillonnage hebdomadaire des cochenilles a été effectué selon la méthode mise au point par FABRES (1981 b).

Cette simulation, relativement simple, pourra être améliorée au fur et à mesure que se précisera notre connaissance de la biologie des populations sur le terrain. Dans l'état actuel des choses, elle permet cependant d'interpréter les profils d'abondance observés dans la nature et de mettre en évidence l'importance du facteur température sur les modalités de la gradation.

### III. — RÉSULTATS

#### 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 I.

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 œuf à œuf (intervalle de temps entre le dépôt du premier œuf de la génération  $n$  et celui de la génération  $n + 1$ ) 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° et 30° C (tableau I).

A température égale, la mortalité larvaire est plus élevée à 100 % et 50 % qu'à 75 % d'humidité relative. C'est donc à cette dernière valeur, utilisée pour les simulations, que l'on observe, en moyenne, la mortalité larvaire la plus faible. Elle se situe alors, selon les températures, entre 4 % et 12 %.

#### III.2. *Durée de maturation des femelles et fécondité*

La durée moyenne de maturation des femelles 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 %. Elle est de 487, 429 et 438 œufs à 20°, 25° et 30° C pour 75 % HR. Cependant, à température égale, la

TABLEAU I. — *Durée de développement des différents stades (en jours) en fonction des différents couples thermohygro-métriques. Mortalité larvaire dans les mêmes conditions.*

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 ± écart type	18,0 a ± 0,8	17,7 ab ± 1,9	14,9 b ± 2,0	8,1 c ± 0,9	7,8 c ± 0,8	7,3 c ± 0,9	7,1 c ± 1,2	7,1 c ± 1,0	6,8 c ± 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 ± écart type	41,0 a ± 3,3	40,3 a ± 3,1	38,2 a ± 3,5	19,7 b ± 0,9	20,1 b ± 1,2	18,5 b ± 1,0	14,7 c ± 1,1	14,2 c ± 0,8	13,3 c ± 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 des ♀ 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 ± écart type	74,8 a ± 5,3	73,8 a ± 4,9	69,5 a ± 5,1	35,4 b ± 1,5	35,2 b ± 1,3	33,2 b ± 1,4	27,0 c ± 1,2	26,0 c ± 0,9	24,1 c ± 1,1

TABLEAU II. — *Fécondité moyenne en œufs femelles par femelle ( $\Sigma m_x$ ); taux net de reproduction ( $R_0$ ); durée moyenne d'une génération ( $T_0$ ) et capacité d'accroissement ( $r_c$ ) aux différents couples thermohygro-métriques.*

Température °C	20			25			30		
	100	75	50	100	75	50	100	75	50
Humidité relative %									
Effectifs (Nombre de femelles adultes)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	34	29	27	28	29	32	34	27	27
$\Sigma m_x \pm \text{écart type}$	432 ab ± 38	487 a ± 35	397 b ± 44	409 ab ± 32	429 ab ± 35	387 b ± 37	486 a ± 41	438 ab ± 34	282 d ± 39
$R_0 = \Sigma l_x m_x$	320	453	316	368	412	355	388	386	212
$T_0$ en jours	67,6	68,1	65,9	42,1	40,9	37,9	28,0	27,8	25,9
$r_c \text{ approché} = \frac{\text{Log } R_0}{T_c}$	0,085	0,090	0,087	0,140	0,147	0,155	0,213	0,214	0,207

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

fécondité est plus faible aux basses hygrométries : à 20° C, 397 œufs/femelle pour 50 % HR, contre 487 et 432 à 75 % et 100 % respectivement (tableau II).

### III.3. Capacité d'accroissement

Comme nous l'avons vu, l'utilisation de ce taux d'accroissement permet d'intégrer les principaux paramètres du développement de la cochenille et de quantifier de façon simple le pouvoir d'accroissement de ses populations. Dans nos situations expérimentales, la température a une influence fondamentale sur le rythme d'augmentation des effectifs du phytophage (tableau II). Pour une même hygrométrie (75 %), la capacité d'accroissement est multipliée par 2,5 lorsque l'on passe de 20° à 30° C et elle est presque doublée de 20° à 25° C.

Par contre, à température égale, les humidités relatives étudiées n'influent pas sur la valeur de  $r_c$  : à 20° C, 0,087, 0,090 et 0,085 respectivement à 50,75 et 100 % HR.

De façon analogue, LEMA & HERREN (1985), ont testé des températures constantes, mais sans régulation de l'hygrométrie (qui varie entre 72 % et 98 %). Bien que les effectifs qu'ils ont utilisés soient faibles (20) et qu'aucune information sur la variabilité des résultats ne soit donnée, nous observons des similitudes dans l'ordre de grandeur des valeurs obtenues aux températures de 20° et 30° C (seules comparables) : taux net de reproduction  $R_0$  de 584,6 à 426,3; durée d'une génération  $T$  de 34,2 à 55,9; capacité d'accroissement  $r$  de 0,114 à 0,182. Notons cependant que l'amplitude de la variation de ces paramètres en fonction de la température est moindre que celle rapportée ici.

### 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°-75 %, 25°-75 % et 30°-75 %) sont tracées dans la figure 1. Elles appellent plusieurs remarques qui rejoignent l'interprétation des profils d'abondance sur le terrain que nous examinerons dans la discussion :

— Quelle que soit la température, on observe un premier palier qui traduit la séparation entre la première génération et la suivante. Le passage de la deuxième à

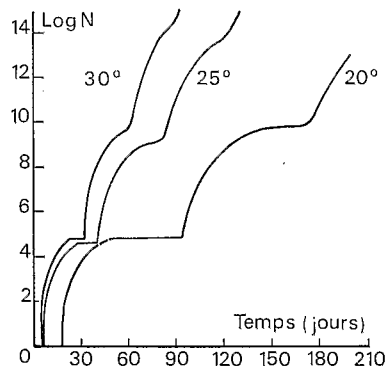


FIG. 1. — Courbes de simulation de l'accroissement d'une population de *P. manihoti* à 20°, 25° et 30° C et 75 % HR.

la troisième génération est marqué par un fléchissement des courbes sans palier net, ce qui correspond à une superposition des générations (surtout à 25° et 30° C).

— Ce mécanisme de séparation ou de chevauchement des générations successives est nettement modulé par la température. Que les paliers soient francs ou plus ou moins érodés par la superposition des générations, leur durée est directement en relation avec les conditions thermiques (palier inexistant à 30° pour le passage des générations 2 à 3).

— La température de 20° C imprime un rythme d'accroissement de la population nettement différent de celui enregistré aux autres températures : la deuxième génération débute après plus de trois mois à 20° C alors qu'à 25° et 30° C son initiation se fait au bout de 35 à 40 jours respectivement.

Ces éléments seront repris dans la discussion pour une interprétation des profils naturels.

#### 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 %) en fin de gradation.

Au contraire, 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. L'importance de la température comme facteur de variation du taux intrinsèque d'accroissement a été montrée à plusieurs reprises sur homoptères *Aphididae* : par BARLOW (1962) sur *Myzus persicae* Sulzer et *Macrosiphum euphorbiae* Thomas et par DELOACH (1974) sur *M. persicae*. Il en est de même avec les études faites par IHEAGWAM (1981) et LEMA & HERREN (1985) sur l'influence des seules 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.

De nombreux auteurs (BARLOW, 1962; SIDDIQUI & BARLOW, 1972; DELOACH, 1974; TANIGOSHI *et al.*, 1975) ont noté que le taux d'accroissement est directement proportionnel à l'augmentation de la température, dans un intervalle propre à chaque espèce, et généralement entre 18° et 27° C. De plus, 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.

De ce fait, il est intéressant de constater que les températures moyennes mensuelles observées à Brazzaville, comprises entre 21° et 26° C (tableau III), s'inscrivent effectivement dans l'intervalle 18°-27° C où s'observe la relation de linéarité entre le  $r_c$  et la température.

L'estimation expérimentale des paramètres biologiques de *P. manihoti* prend alors toute sa valeur. Au travers d'une simulation, utilisant ces données expérimentales, nous allons pouvoir mieux comprendre les relations entre les modalités de la gradation et les facteurs thermohygrométriques du climat.

L'observation des profils d'abondance naturels (fig. 2) montre que le début de la pullulation est intervenu très tôt en 1979 (mi-juin) par rapport à celui des pullu-

lations de 1980 et 1982 (début août). Ainsi, le développement de la gradation s'effectue en conditions thermiques différentes. La pullulation de 1979 commence à se développer en juin et juillet au moment où les températures atteignent leurs valeurs les plus basses. Celles de 1980 et 1982 le font plus tard dans l'année, août-septembre, avec des températures en hausse (tableau III).

TABLEAU III. — Moyennes mensuelles et maxima-minima absolus des saisons sèches de 1979, 1980 et 1982.

		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	Moyennes	22,9	21,3	23,0	24,5	26,1	84,3	81,2	78,3	78,2	78,1
1	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	Moyennes	22,1	21,2	23,2	25,6	25,9	84,9	80,6	77,5	76,4	79,2
1	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											

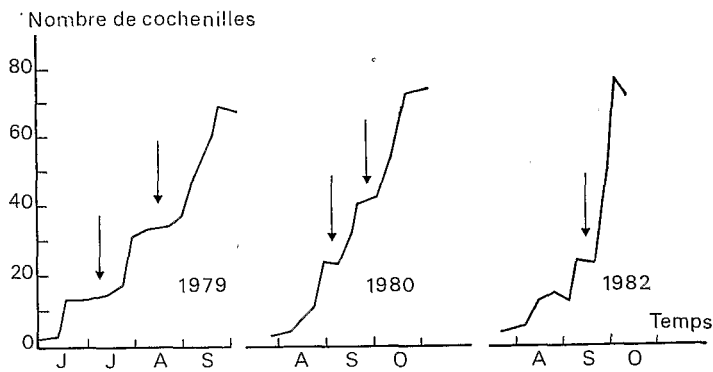


FIG. 2. — Profils d'abondance observés dans la région de Brazzaville en 1979, 1980 et 1982.

De ce fait, les profils de gradation obtenus pour ces trois années sont très différents : en 1979 le rythme général d'augmentation des effectifs est plus lent qu'en 1980-1982 et surtout, la courbe présente deux paliers qui durent plus d'un mois chacun. En 1980-1982, ces paliers sont beaucoup plus discrets et le rythme d'accroissement de la population est plus rapide.



Les simulations présentées plus haut nous permettent d'interpréter ces différences. La vitesse d'accroissement global est bien évidemment en relation avec les conditions thermiques saisonnières que nous avons évoquées; les paliers matérialisent la succession des trois premières générations, séparées les unes des autres en 1979 (deux générations seulement) en conditions de températures basses, et superposées en 1980-1982 en conditions thermiques plus clémentes.

La confirmation de l'identité entre paliers et générations successives tend également à montrer qu'au cours de la saison des pluies il y aurait, outre une réduction des effectifs de la cochenille, une mortalité différentielle qui sélectionnerait un stade plus résistant que les autres et qui serait à l'origine d'une relative homogénéisation de la structure de la population (FABRES, 1981 *b*, a noté de forts pourcentages du stade « femelles mûres » en début de pullulation pour les années 1979 et 1980) et d'une synchronisation du développement. Ce synchronisme serait à l'origine d'un effet de « générations successives » particulièrement évident aux basses températures, et qui apparaît sur le profit de gradation de 1979.

On remarque également des modulations plus fines imposées aux profils de gradation par la température. En 1982, les températures sont plus élevées qu'en 1980 et l'on observe une « pente » plus accentuée pour la génération 2 ainsi qu'une disparition du palier entre les générations 2 et 3.

Ainsi cette étude a permis de montrer le rôle essentiel joué par la température dans le développement de la gradation des populations de la cochenille. Elle démontre par ailleurs les possibilités d'explication de phénomènes observés dans la nature 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 aux conditions climatiques différentes. Il devrait permettre de confirmer ces premières conclusions, de préciser le rôle de la température dans le cas de situations intermédiaires à celles de la présente étude, et d'enrichir notre connaissance de la biologie des populations de la cochenille pour une amélioration de notre modèle.

#### REMERCIEMENTS

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

#### BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- 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 at constant temperatures. *Annls. Entomol. Soc. Am.*, **67**, 332-339.
- EL-MINSHAWYA H., KARAMH H. & EL-SAWAF S. K., 1974. — Biological studies on the long tailed mealybug *Pseudococcus longispinus* (Homoptera Pseudococcidae). *Bull. Soc. Entomol. Egypte*, **58**, 385-391.
- FABRES G., 1981 *a*. — 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., 1981 b. — 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'État à l'Agriculture, Republic of Zaïre. International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 1-12.
- IHEAGWAM E. U., 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.
- LAUGHLIN R., 1965. — Capacity for increase: a useful population statistic. *J. Anim. Ecol.*, **34**, 77-91.
- LEMA K. M. & HERREN H. R., 1985. — The influence of constant temperatures 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. *Pseudococcidae*) en République populaire du Congo. Thèse de 3<sup>e</sup> Cycle, Univ. Paris XI-Orsay, 118 p.
- LE RÜ B., 1986. — Étude 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, 79-89.
- LE RÜ B. & PAPIEROK B., 1987. — Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptères, *Pseudococcidae*). Intérêt d'une méthode simplifiée d'estimation. *Acta Œcologica*, *Œcol. Applic.*, **8**, 3-14.
- NWANZE K. F., 1978. — Biology of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr. in the Republic of Zaïre. Proc. Intern. Workshop on the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr. (Hom. *Pseudococcidae*), INERA, M'VUAZI, Zaïre, June 26-29, 1977. International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 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.
- SIDDIQUI W. H. & BARLOW C. A., 1972. — Population growth of *Drosophila melanogaster* (Diptera, *Drosophilidae*) at constant and alternating temperatures. *Annls. Entomol. Soc. Am.*, **65**, 5, 993-1001.
- SILVESTRE P., 1973. — Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'État de Mantumba. Rapport de mission. Institut de Recherche en Agronomie Tropicale, Paris, 35 p.
- 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, 524 p.
- TANIGOSHI L. K., HOYT S. C., BROWNE R. W. & LOGAN J. A., 1975. — Influence of temperature on population increase of *Tetranychus mc danieli* (Acarina, *Tetranychidae*). *Annls. Entomol. Soc. Am.*, **68**, 6, 972-978.