

**Étude expérimentale,
à l'aide d'un simulateur de pluies,
de l'effet mécanique de la chute des pluies
sur les populations de la cochenille du manioc,
*Phenacoccus manihoti***

B. Le Rü et Y. Iziquel

*Laboratoire d'entomologie agricole,
ORSTOM, BP n° 181, Brazzaville, Congo*

RÉSUMÉ

L'influence mécanique des pluies sur la dynamique des populations de la cochenille du manioc est étudiée expérimentalement à l'aide d'un simulateur de pluie. Trois facteurs ont été étudiés : l'intensité et la durée, sur des colonies saines, et la fréquence sur des colonies comportant à la fois des individus sains et des individus morts de mycose. Toutes les pluies expérimentées entraînent une perte de la population au moins, et le plus souvent, de l'ordre de 10 %. L'intensité, pour des valeurs élevées, est semble-t-il le facteur le plus marquant avec des taux d'élimination des cochenilles de l'ordre de 22 %. Si le stade des cochenilles influence peu les taux d'élimination, qui restent constants pour les structures de population couramment observées au Congo, l'état des cochenilles (sain, mort de mycose) apparaît important. Les cochenilles présentant des symptômes apparents de mycose sont deux fois plus sensibles à l'action mécanique des pluies que les cochenilles saines. En présence de mycose, pour un même nombre de pluies, l'augmentation de la fréquence des pluies se traduit par une réduction moins importante des effectifs de la cochenille. En revanche, pour une même durée, elle provoque une réduction plus rapide des effectifs.

L'importance de l'action mécanique des pluies sur les variations d'effectifs de la cochenille est clairement démontrée. Cependant, elle ne peut être retenue seule, pour expliquer la rapide disparition des cochenilles en fin de gradation. Les mécanismes en cause sont probablement multiples et complexes (action mécanique des pluies, pathogène, entomophages, physiologie de la plante-hôte) avec, selon les années, l'action prépondérante de l'un d'entre eux.

MOTS-CLÉS : *Phenacoccus manihoti*, action mécanique des pluies, intensité des pluies, simulateur de pluies, mycose.

ABSTRACT

Action of rains on population dynamics of the cassava mealybug has been experimentally studied using a rain simulator. Rain's effect varies according to the factors studied. Intensity of rains seems to be the most effective factor of mealybug elimination, percentage of which is about 22%. Duration of rainfall has a lesser effect (less than a 10% elimination), this for rain lasting fifty minutes or less. If the particular growth-stage of a mealybug has little to do with its resistance to rainfall, its condition (healthy, diseased) seems to be of importance vis-à-vis its resistance to rains. Those mealybugs which show symptoms of mycosis are twice as sensitive to mechanical action of rains than healthy ones. When mycosis happens and with the same number of rainfalls, increase of rain frequency has a lesser effect on number decrease of mealybugs. On the other hand, for the same duration, rain frequency causes a

more rapid elimination of mealybugs. Thus, importance of the mechanical action of rains on variation of mealybug numbers is clearly demonstrated. Nevertheless, it cannot be said to stand as the unique cause of quick decrease in a mealybug population towards the end of gradation. Mechanisms responsible are probably numerous and complex (mechanical action of the rains, disease, entomophages, host-plant physiology) with, according to the years, dominating action of one of them.

KEYWORDS: *Phenacoccus manihoti*, mechanical action of the rains, rainfall intensity, rain simulator, mycosis.

INTRODUCTION

Depuis son introduction sur le continent africain, probablement au début des années 1970 (HAHN & WILLIAMS, 1973; SILVESTRE, 1973), la cochenille d'origine sud-américaine *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hom. Pseudococcidae) est devenue l'un des principaux ravageurs du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) (Euphorbiaceae). Les études de dynamique des populations réalisées au Zaïre (NWANZE *et al.*, 1979) et au Congo (FABRES, 1981; LE RÛ, 1984; LE RÛ *et al.*, 1991) ont permis de reconnaître une brutale réduction des effectifs au début de la saison des pluies. Pour la plupart des auteurs (EZUMAH & KNIGHT, 1978; NWANZE *et al.*, 1979; FABRES, 1981; LEMA & HERREN, 1985) les pluies jouent un rôle direct essentiel dans cette réduction. Selon NWANZE *et al.* (1979) et FABRES (1981), les pluies très violentes observées en zone tropicale exerceraient une action mécanique déterminante, aboutissant à l'élimination par lessivage d'une fraction des colonies. Cependant, à ce jour, ce phénomène n'a fait l'objet d'aucune étude quantitative.

Depuis 1982, nous avons pu mettre en évidence au Congo, l'action entomopathogène d'une Entomophthorale, *Neozygites fumosa* (Speare) Remaudière et Keller, en liaison avec le début de la saison des pluies et l'augmentation des humidités relatives. Le synchronisme entre la diminution du pourcentage de cochenilles vivantes et l'augmentation de celui des cochenilles mortes de mycose, semble indiquer que *N. fumosa* est le principal responsable biologique de la chute des effectifs (LE RÛ *et al.*, 1985; LE RÛ, 1986; LE RÛ & IZIQUEL, 1990). De plus en ce qui concerne le rôle des pluies, certaines données obtenues en 1985 (LE RÛ, 1986) montrent que les individus morts de mycose sont plus facilement lessivés que les insectes vivants. Par ailleurs, des observations faites en 1986 et 1987 (LE RÛ *et al.*, 1991), dans deux localités, ont révélé que les effectifs maximaux sont atteints 1 à 2 mois après les premières pluies et que, dans deux parcelles contiguës soumises aux mêmes précipitations, les effectifs de la cochenille peuvent augmenter dans l'une et diminuer dans l'autre.

L'action mécanique des pluies par lessivage, sur les variations des effectifs de la cochenille apparaissant controversée, il importait d'essayer de déterminer l'effet direct de l'action mécanique des pluies sur les cochenilles. Pour ce faire, nous avons entrepris une étude expérimentale de ce phénomène en utilisant un simulateur de pluies. La majorité des essais ont été réalisés sur des populations saines; une seule simulation a été pratiquée sur des populations comportant des individus morts de mycose. La présente note est consacrée aux résultats obtenus.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

(1) OBTENTION DES POPULATIONS EXPÉRIMENTALES DE LA COCHENILLE

Les essais de simulation sont réalisés, à Brazzaville, sur des colonies de *P. manihoti* installées sur des plants de manioc à 9-10 feuilles. Dans la pratique, les boutures de manioc (variété "M'Pembé")

sont plantées verticalement aux 2/3 dans la terre contenue dans des sacs en plastique (20 cm de haut sur 15 cm de diamètre environ). Des trous permettent l'évacuation des eaux d'arrosage. Les boutures ainsi plantées sont d'abord placées à l'ombre pendant 15 jours, afin de favoriser leur reprise de végétation, puis en pleine lumière jusqu'au stade 9-10 feuilles (atteint au bout de 8-10 semaines). Un arrosage est effectué deux fois par semaine.

Deux à 3 semaines avant le début de l'expérience ces plants de manioc sont infestés avec des cochenilles récoltées sur «Dicotoma», cet hybride de *M. esculenta* et de *M. glaziovii* Mull. Arg. étant fortement infesté par *P. manihoti* tout au long de l'année dans la région de Brazzaville. Des feuilles infestées, prélevées sur «Dicotoma», sont placées sur les feuilles des plants sains installés sous une ombrière. Ceci assure une colonisation uniforme et rapide des plants de manioc. Toutes les simulations portant sur l'étude de l'influence de l'intensité, de la durée et de la structure des populations, ont été faites sur des populations saines, l'omniprésence de la mycose dans les conditions d'élevage de la cochenille pratiquée à Brazzaville, en conditions naturelles, a donc nécessité l'élimination systématique de tous les individus présentant des symptômes de mycose.

Les simulations de pluies sont effectuées sur cinq plants de manioc placés ensemble sur une tôle carrée de 1 m de côté légèrement inclinée (3 %) pour permettre l'écoulement de l'eau et qui repose à même le sol (fig. 1). Chaque simulation est répétée une fois; elle porte donc sur 10 plants de manioc et

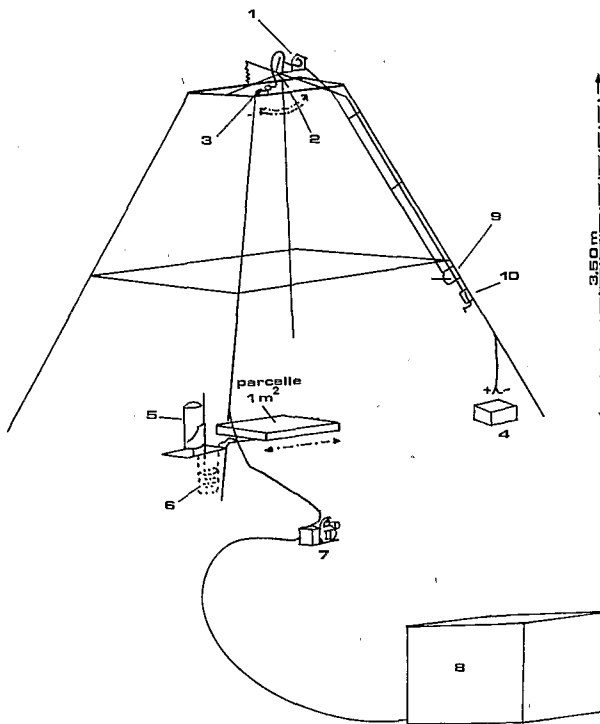


FIG. 1. — Schéma du mini-simulateur de pluies (d'après ASSELINE & VALENTIN, 1978): 1, moteur (d'essuie-glace); 2, gicleur; 3, manomètre; 4, batterie; 5, dispositif d'enregistrement; 6, cuve réceptrice; 7, pompe; 8, réservoir d'eau; 9, réglage de l'inclinaison du gicleur; 10, réglage des intensités.

chaque plant constitue une unité élémentaire. Les variations d'effectifs sont comparés à 10 plants témoins (T) ne subissant aucune pluie.

(2) PROCÉDÉ DE SIMULATION DES PLUIES

L'appareil utilisé est le mini-simulateur de pluies ou infiltromètre à aspersion mis au point par les hydrologues de l'ORSTOM pour étudier l'effet des pluies tropicales sur les intensités d'infiltration dans les sols (ASSELINE & VALENTIN, 1978).

Il consiste en une tour télescopique sur laquelle est fixé un gicleur (fig. 1); celui-ci, placé à une hauteur de 3,5 m est mû par un moteur d'essuie-glace qui lui donne un mouvement de balancier. Le réglage de l'angle d'oscillation permet à la pluie de couvrir une surface plus ou moins grande, alors que la quantité d'eau utilisée reste constante. Cet angle peut être rapidement modifié à partir du sol, avec un levier de réglage de l'inclinaison pour obtenir des pluies d'intensité déterminée (de 30 à 40 mm.h⁻¹), mesurée sur la tôle de 1 m². L'intensité recueillie sur une largeur de 1 m, centrée sous le jet (tôle) est constante pour la gamme de pression utilisée [250 à 600 g/cm² (ASSELINE & VALENTIN, 1978)]. Grâce à ce procédé, on constate que la distribution de taille des gouttes d'eau produites par le simulateur est fortement asymétrique. Ainsi, pour une intensité de 60 mm.h⁻¹, le diamètre moyen est de 1,5 mm, mais près de 70 % des gouttes ont un diamètre compris entre 1,0 et 4,0 mm. Ces conditions expérimentales sont très proches des conditions naturelles (VALENTIN, 1981). En particulier, l'énergie

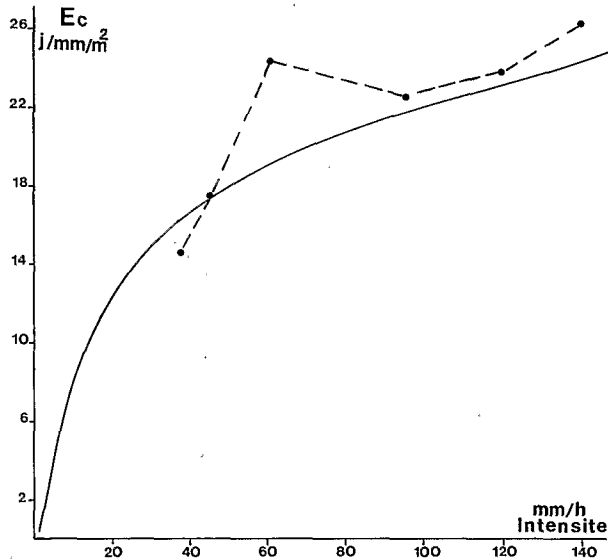


FIG. 2. — Comparaison des énergies cinétiques (Ec) des pluies naturelles (Brazzaville) et simulées (infiltromètre à aspersion). —, courbe des pluies naturelles; ● --- ●, courbe des pluies simulées.

cinétique des pluies artificielles est comparable à celle des pluies naturelles de Brazzaville (fig. 2). Ainsi pour des pluies d'intensité respective 60 et 140 mm.h⁻¹, les énergies cinétiques sous l'infiltromètre sont de 24,2 et 26,2 J/m²/min. Dans ce travail nous avons étudié l'effet de toute une série de pluies différentes, en faisant varier soit la durée (de 5 à 80 mn), soit l'intensité (de 40 à 140 mm.h⁻¹), soit la fréquence (tous les 2 ou 4 jours) de manière à couvrir une gamme de précipitations proche de celle observée à Brazzaville (fig. 2).

TABLEAU I. — *Caractéristiques des pluies simulées (Durée, Intensité, Énergie cinétique)*
(d'après ASSELINE & VALENTIN, 1978).

Référence pluie	Quantité (mm)	Durée (min)	Intensité (mm . h ⁻¹)	Diamètre des gouttes (mm) (1)	Énergie cinétique (J . mm ⁻¹ . m ⁻²) (2)
Témoin	0	0	0	0	0
1	5	5	60	1,49 (1,03-2,10)	2,42
2	6,7	10	40	1,06 (0,61-1,59)	1,46
3	10	10	60	1,49 (1,03-2,10)	2,42
4	13,3	10	80	—	—
5	15	10	90	1,34 (0,89-2,07)	22,5
6	16,7	10	100	—	—
7	18,3	10	110	—	—
8	20	10	120	1,35 (0,79-2,16)	23,7
9	20	20	60	1,49 (1,03-2,10)	24,2
10	21,7	10	130	—	—
11	23,3	10	140	1,67 (1,01-2,47)	26,2
12	30	30	60	1,44 (4,03-2,10)	24,2
13	40	40	60	1,44 (4,03-2,10)	24,2
14	50	50	60	1,44 (4,03-2,10)	24,2
15	60	60	60	1,44 (4,03-2,10)	24,2
16	70	70	60	1,44 (4,03-2,10)	24,2
17	80	80	60	1,44 (4,03-2,10)	24,2
18	56,7	50	10 min à 40	—	—
			10 min à 120	—	—
			10 min à 90	—	—
			10 min à 60	—	—
			10 min à 30	—	—

(1) Après le diamètre moyen des gouttes, sont indiqués celui des 25 % des gouttes les plus petites et celui des 25 % des gouttes les plus grosses.

(2) L'énergie cinétique de la pluie est exprimée en joules mm⁻¹ m⁻² de sol atteint par la pluie.

18 expérimentations avec des pluies de caractéristiques différentes ont ainsi été éprouvées (tableau I).

— Pluies 2 à 8, 10 et 11 : même durée mais intensité différente sur des populations saines et ayant la même structure ($R = \text{Nb de larves} / \text{Nb d'adultes} = 20$).

— Pluies 1, 3, 9 et 12 à 17 : même intensité mais durée différente sur des populations saines et ayant la même structure ($R = 20$).

— Pluie 18 : répétition d'un type de pluie déterminé, avec deux fréquences différentes (2 (F2) ou 4 (F4) jours), et appliqué sur des populations présentant différents taux de mycose et différentes structures. La pluie 18 a permis d'étudier l'influence de la fréquence des pluies. Ses caractéristiques (durée, intensité) sont proches de celles d'une pluie habituelle à Brazzaville. Selon PEYROT (1980), sur le site de Brazzaville les précipitations sont violentes et se produisent sous forme d'abats intenses (supérieurs à 40 mm . h⁻¹) et de courte durée (moins de 1 heure). Les plus fortes intensités s'observent pendant les 30 premières minutes.

Les comptages sont pratiqués juste avant et juste après les simulations, sur toutes les feuilles des 10 plants, avec mention systématique du stade des cochenilles (L1, L2, L3, ♀) et, le cas échéant, de leur état (sain ou mort de mycose).

(3) DÉNOMBREMENT DES INDIVIDUS LESSIVÉS

Lors de chaque simulation, les eaux de ruissellement sont évacuées par une goutte et se déversent dans un tamis à mailles de $160\ \mu\text{m}$. A la fin de chaque simulation, le bac est rincé de manière à récupérer les cochenilles tombées du végétal qui n'ont pas été éliminées par les eaux de ruissellement (moins de 2%), l'ensemble des cochenilles récoltées dans le tamis est dénombré (stade, état). La comparaison des résultats obtenus au tamis et de ceux obtenus directement sur plantes a permis de constater que plus de 95 % des cochenilles sont retrouvées dans le tamis. Une infime fraction (moins de 5 %) n'est pas retrouvée, soit que les cochenilles ont été projetées lors de l'impact des gouttes d'eau, à l'extérieur du bac en tôle, soit qu'elles restent fixées sur le bord des sacs en plastique. De manière à préciser la chronologie de l'élimination des cochenilles, le tamis est changé toutes les minutes lors des pluies simulées 1 et 3, et toutes les 10 minutes lors des pluies simulées 18.

RÉSULTATS

(1) CAS D'UNE PLUIE UNIQUE

(a) Influence de la durée (fig. 3)

Dans ces conditions expérimentales, nous constatons que le taux d'élimination des cochenilles augmente rapidement pendant les 10 premières minutes (7 et 9 % respectivement à 5 et 10 minutes). L'expérimentation avec la pluie simulée n° 3 ($60\ \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ pendant 10 minutes) montre que plus de 70 % des cochenilles sont éliminées dès les 5 premières minutes (fig. 4).

Entre 10 et 50 minutes, le taux d'élimination des cochenilles varie peu, compris entre 9 et 10 % (les différences observées ne sont pas significatives au seuil 5 %). Au-delà de 50 minutes, on note une augmentation sensible avec des taux d'élimination maximum de l'ordre de 17 % pour les pluies de 70 et 80 minutes.

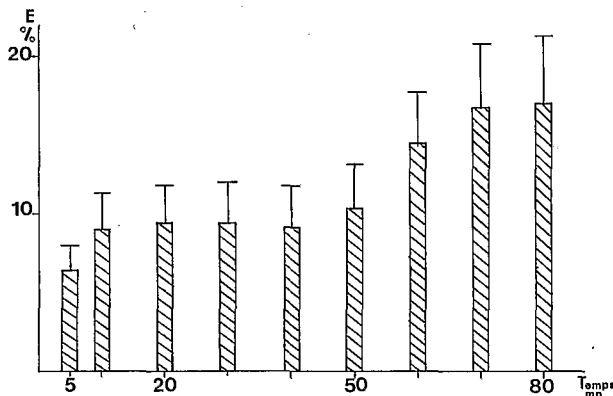


FIG. 3. — Influence de la durée des pluies sur les taux d'élimination (E) des cochenilles saines. R=Nombre de larves ($L_1+L_2+L_3$)bNombre de ♀ ($\varnothing J+\varnothing w$)=20; Intensité des pluies = $60\ \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

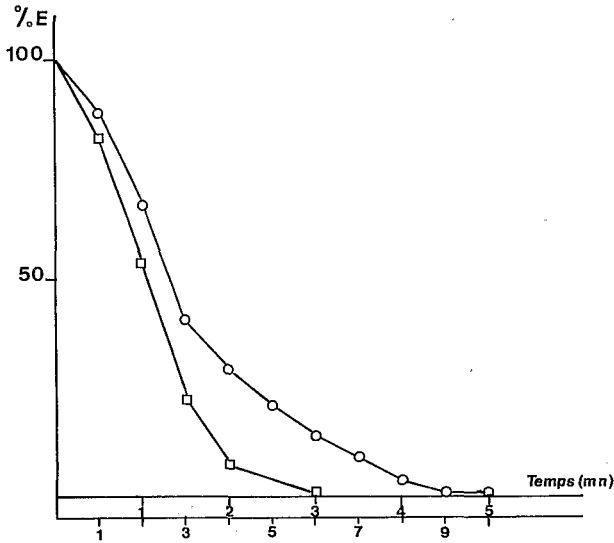


FIG. 4. — Influence de la durée sur l'évolution des taux d'élimination (E) des cochenilles saines pour des pluies de 5 minutes (□) et 10 minutes (○) et d'intensité de $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. $R = \text{nombre de larves } (L1 + L2 + L3) / \text{Nombre de } \varphi (\varphi J + \varphi w) = 20$.

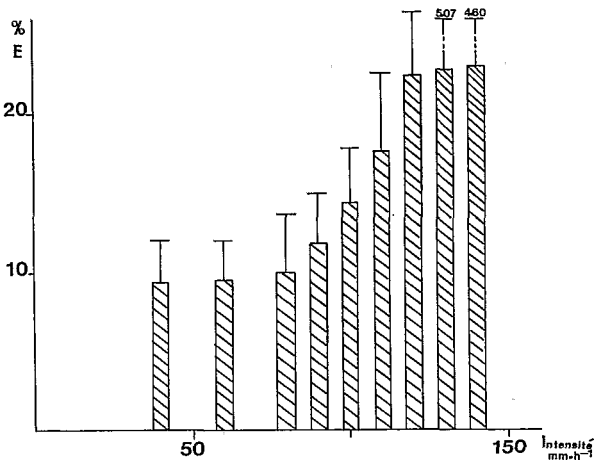


FIG. 5. — Influence de l'intensité des pluies sur les taux d'élimination (E) des cochenilles saines. $R = \text{nombre de larves } (L1 + L2 + L3) / \text{Nombre de } \varphi (\varphi J + \varphi w) = 20$; Durée des pluies = 10 minutes.

(b) *Influence de l'intensité* (fig. 5)

Pour des intensités de pluie comprises entre 40 et $90 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ l'élimination des cochenilles est quasi constante, comprise entre 9 et 12% (les différences ne sont

pas significatives au seuil 5 %). Entre 90 et 120 mm.h⁻¹, nous assistons à une augmentation progressive de l'effet mécanique des pluies qui se traduit par une élimination de près de 22 % des cochenilles, pour des intensités supérieures ou égales à 120 mm.h⁻¹.

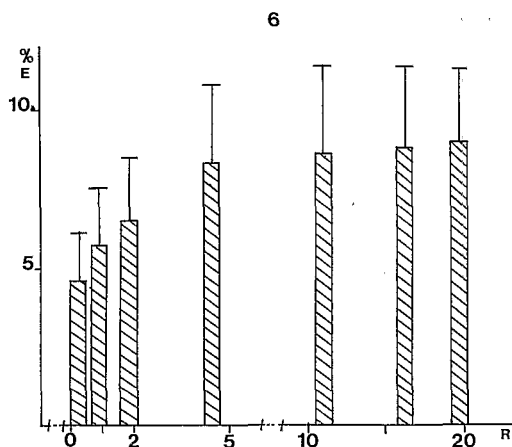


FIG. 6. — Influence de la structure des populations (R) sur les taux d'élimination (E) des cochenilles saines par des pluies de 10 minutes et d'intensité égale à 60 mm.h⁻¹; R=nombre de larves (L1+L2+L3)/Nombre de ♀(♀J+♀w)=20.

(c) Influence du stade de l'hôte (fig. 6)

L'expérimentation a porté sur des colonies présentant des structures de population couramment observées dans les parcelles de manioc. Sept structures différentes ont été prises en considération ($0,5 < R < 19,6$). Dans les conditions naturelles, le rapport R descend rarement en-dessous de quatre et dépasse rarement 20 (LE RÛ, 1984). Les populations jeunes (R élevé) sont deux fois plus sensibles à l'action mécanique des pluies que les populations âgées (R faible). En effet, 4 et 9 % des cochenilles sont éliminées, pour des valeurs respectives de R de 0,5 et 19,6. Pour R compris entre 4,5 et 19,6, le taux d'élimination des cochenilles semble constant (différence non significative au seuil 5 %).

(d) Influence de l'état (sain ou mort de mycose) (fig. 7)

Les essais ont porté sur huit « populations », caractérisées par des taux de mycose différents, compris entre 0 à 74 %. Le lessivage apparaît proportionnel au pourcentage de mycose. En effet, le taux d'élimination des cochenilles est de 9 % pour une population saine (0 % de mycose); il atteint 18 % pour une population présentant 74 % d'individus morts de mycose. La fraction morte de mycose des populations est, semble-t-il, deux fois plus sensible à l'action mécanique des pluies que la fraction saine.

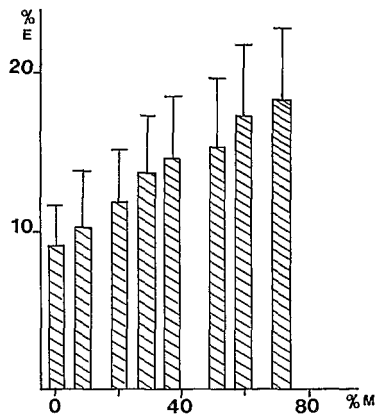


FIG. 7. — Influence de l'état (sain, mort de mycose) sur les taux d'élimination (E) des cochenilles, par des pluies de 10 minutes et d'intensité égale à $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$; R = nombre de larves $(L1 + L2 + L3)$ /Nombre de ♀ ($\varnothing J + \varnothing W$) = 20; M = % d'individus morts de mycose.

(2) CAS D'UNE SUCCESSION DE PLUIES IDENTIQUES: INFLUENCE DE LA FRÉQUENCE (fig. 8, 9 et 10)

L'élimination moyenne au cours des simulations n° 18 est de $23,7 \pm 4,5\%$ ($n=21$). La fréquence des pluies modifie de façon sensible la dynamique des populations de la cochenille. Elle intervient surtout sur l'allure générale des courbes. Nous pouvons distinguer trois périodes:

— Une première période jusqu'au 12^e jour d'expérimentation, caractérisée par une diminution rapide des effectifs soumis aux simulations (-59 et -32% respectivement pour les plants ayant reçu une pluie tous les 2 jours (F2) ou tous les 4 jours (F4), et une légère augmentation des effectifs témoins de 12%). Les taux de mycose sont faibles (compris entre 1 et 17%). Il y a très peu d'éclosions de larves néonates; R, diminuant rapidement, passe en effet de 20,0 pour F2 (pluie tous les 2 jours), 20,7 pour F4 (pluie tous les 4 jours) et 21,5 pour le témoin T à 3,3, 5,1 et 6,2 respectivement.

— une deuxième période jusqu'au 20^e jour, marquée par une sensible augmentation des effectifs de F2 et F4 ($+19$ et $+35\%$ respectivement), et la stagnation des effectifs témoins ($+2\%$). La légère augmentation des effectifs de F2 et F4 malgré l'effet mécanique de la chute des pluies est, semble-t-il, due à une importante éclosion de jeunes larves néonates, surtout entre le 15^e et 20^e jour (R passe de 3,3 et 5,1 à 12,8 et 11,6 respectivement pour F2 et F4). Les taux de mycose sont en augmentation: 24, 28 et 58% respectivement pour F2, F4 et pour T. Les effectifs témoins sont les plus touchés par la mycose.

— Une troisième période, au-delà du 20^e jour, avec, de nouveau, une réduction rapide des effectifs. Cette dernière, plus rapide sur les plants F2 (-86% en 30 jours), s'obtient en 40 à 50 jours pour des plants F4 et T avec respectivement -87 et 50% . Sur les plants témoins, un grand nombre d'individus morts de mycose reste fixé au végétal (1412 individus sur un total de 1970 cochenilles, le 44^e jour).

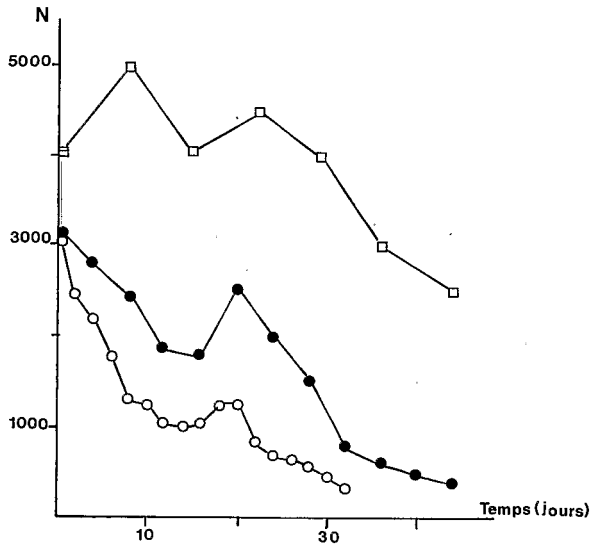


FIG. 8. — Variations des effectifs totaux (sains et morts de mycose (N) de cochenilles sur des plants de manioc; témoins (absence de pluie): □, soumis à des pluies tous les 2 jours (F2): ○, ou tous les 4 jours (F4): ●.

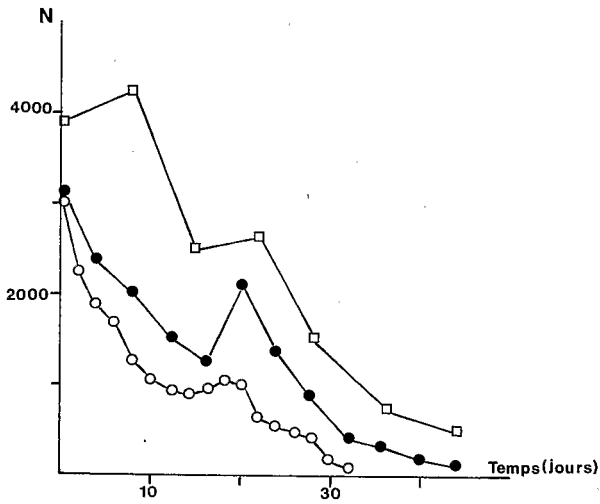


FIG. 9. — Variations des effectifs de cochenilles saines (N) sur des plants de manioc; témoins (absence de pluie): □, soumis à des pluies tous les 2 jours (F2): ○, ou tous les 4 jours (F4): ●.

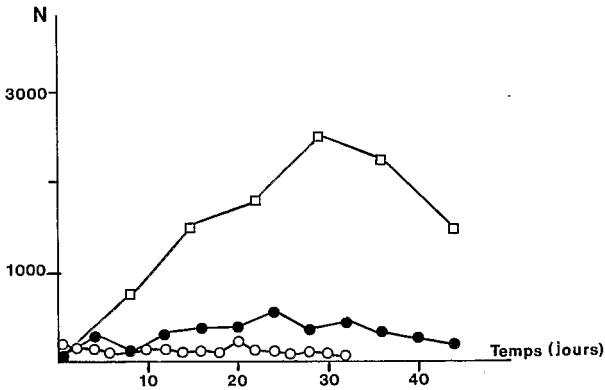


FIG. 10. — Variations des effectifs de cochenilles mortes de mycose (N) sur des plants de manioc; témoins (absence de pluie): □, soumis à des pluies tous les 2 jours (F2): ○, ou tous les 4 jours (F4): ●.

Les effectifs sains diminuent de 81 % en 24 jours. Les taux de mycose sont en augmentation: 52, 65 et 73 % respectivement pour F2, F4 et pour T.

L'analyse de l'évolution des pourcentages moyens d'individus éliminés au cours d'une pluie n° 18 (fig. 11) (une mesure toutes les 10 minutes) montre que le phénomène de « lessivage » s'observe surtout au cours des 30 premières minutes des précipitations: 70 et 86 % des cochenilles sont éliminées respectivement au bout de 20 et 30 minutes.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'utilisation d'un simulateur de pluies a permis de démontrer expérimentalement l'influence mécanique des pluies sur les variations d'effectifs de la cochenille du manioc. Cette influence est variable selon les caractéristiques des précipitations. L'intensité est, apparemment, le facteur qui influence le plus son action, avec des taux d'élimination des cochenilles de l'ordre de 20 % pour des intensités de 120 et 140 mm. h⁻¹ durant 10 minutes alors que les valeurs maximales des taux d'élimination ne dépassent pas 17 % pour une durée de 80 minutes. La primauté de ce facteur est confirmée par la constance des taux d'élimination observés (de l'ordre de 20 %) lors des pluies nos 8, 10 et 11 (d'intensités respectives 120, 130 et 140 mm. h⁻¹ et qui durent 10 minutes) et des pluies n° 18 (d'intensité maximale 120 mm. h⁻¹ et d'une durée de 50 minutes).

La durée des pluies intervient peu sur le taux d'élimination des cochenilles, qui est de l'ordre de 10 % pour une pluie de 10 minutes comme pour une pluie de 50 minutes (les plus couramment observées dans la région de Brazzaville). Si le stade des cochenilles intervient de façon négligeable sur les taux d'élimination des cochenilles, du moins pour les structures de population couramment observées au Congo, l'état des cochenilles (sain ou mort de mycose) apparaît important. Les

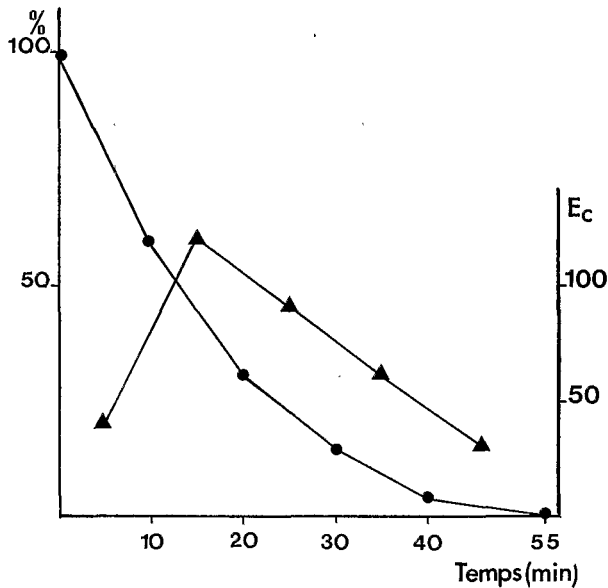


FIG. 11. — Évolution de l'énergie cinétique (▲) et variations des pourcentages moyens d'individus éliminés au cours d'une pluie n° 18: ●.

cadavres de cochenilles sont deux fois plus sensibles à l'action mécanique des pluies que les cochenilles saines. Ce résultat confirme les observations faites en 1985 (LE RÛ, 1986), où nous avons noté la plus grande vulnérabilité à l'action mécanique des pluies de la fraction de la population morte de mycose.

La fréquence des pluies semble influencer la réduction des effectifs. En effet, nous constatons que pour un même nombre de pluies (11 précipitations totalisant 623,7 mm) 90 % des cochenilles sont éliminées en F4 en 44 jours, contre seulement 76 % en F2 en 22 jours. Autrement dit, une fréquence deux fois plus élevée se traduit par une réduction des effectifs moins importante. L'analyse des courbes montre que les effectifs de cochenilles mortes de mycose sont deux fois moins importants en F2 qu'en F4. Les pluies semblent agir défavorablement sur l'extension de la maladie. Le grand nombre de cochenilles mortes de mycose sur les plants témoins semble le confirmer. Le phénomène peut s'expliquer par l'action mécanique des pluies qui, comme nous l'avons montré précédemment, élimine préférentiellement les individus morts de mycose, provoquant ainsi une réduction importante de l'inoculum et limite d'autant l'expansion de la maladie. Si la durée est la même pour F2 et F4, nous constatons que la réduction des effectifs est plus rapide en F2 qu'en F4 (90 et 66 % de réduction des effectifs respectivement pour F2 et F4 en 30 jours).

Les brutales réductions d'effectifs observées dans les conditions naturelles correspondent à des périodes plus courtes (moins de 20 jours) et moins pluvieuses (au maximum 243,2 mm en 12 pluies, en 1986 à Mantsoumba, sur 9 années d'étude)

que dans nos conditions expérimentales [30 (F 2) à 45 jours (F 4) avec respectivement 850,5 mm en 15 pluies et 623,7 mm en 11 pluies]. L'action mécanique des pluies ne peut sembler-t-il être retenue seule, pour expliquer la rapide disparition des cochenilles en fin de gradation. Les mécanismes en cause sont probablement multiples et complexes (action mécanique des pluies, pathogène, entomophages, physiologie de la plante-hôte) avec, selon les années, l'action prépondérante de l'un d'entre eux.

L'action mécanique des pluies sur les populations d'insectes a été peu étudiée, faute de technique adaptée. Les quelques travaux se rapportant à l'effet mécanique de la chute des pluies ont consisté à corréliser des variations d'effectifs des ravageurs avec des variations de pluviométrie (HUGHES, 1963; PODOLER *et al.*, 1981; DELOBEL & LUBEGA, 1984). Il s'agit essentiellement d'une approche qualitative. Cette étude constitue à notre connaissance la première approche expérimentale du phénomène. Nous avons pu montrer dans ce travail que l'infiltromètre à aspersion, conçu initialement pour analyser les problèmes d'infiltration d'eau dans les sols, constitue un excellent outil pour l'étude de l'action mécanique des pluies sur les populations d'insectes. Déjà utilisé en phytopathologie pour étudier la dispersion d'agents pathogènes par les pluies (SAVARY & JANEAU, 1986), son utilisation pourrait être développée et étendue aux études de dynamique des populations d'insectes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient MM. J. P. BRIQUET et T. KONG, hydrologues ORSTOM pour leur précieuse aide lors de la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELIN J. & VALENTIN C., 1978. — Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion (ou mini-simulateur de pluie). *Cah. ORSTOM, sér. hydrologie*, **15**, 321-349.
- DELOBEL A. G. L. & LUBEGA M. C., 1984. — Rainfall as a mortality factor in the sorghum shootfly, *Atherigona soccata* Rond. (Diptera, Muscidae). *Z. angew. Entomol.*, **97**, 510-516.
- EZUMAH H. C. & KNIGHT A., 1978. — Some notes on the mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr. incidence on manioc (*Manihot esculenta*) in Bas-Zaïre. *Proc. int. Workshop on the Cassava Mealybug: IITA, Ibadan*, **1**, 7-14.
- FABRES G., 1981. — 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.
- 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*, IITA Ibadan, Nigeria, 1-12.
- HUGHES R. D., 1963. — Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). *J. anim. Ecol.*, **32**, 393-424.
- 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 3^e cycle, Paris-XI (Orsay), 118 p.
- LE RÜ B., 1986. — The role of *Neozygites fumosa* in regulation of cassava mealybug populations. In: SAMSON R. A., ULAK J. M. & PETERS D., eds., *Fundamental & applied aspects of invertebrate pathology*. Koningshof Veldhoven, Netherlands, 163-166.

- LE RÛ B. & IZYQUEL Y., 1990. — Nouvelles données sur le déroulement de la mycose à *Neozygites fumosa* sur la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti*. *Entomophaga*, **35**, (2), 173-183.
- LE RÛ B., SILVIE P. & PAPIEROK B., 1985. — L'entomophthorale *Neozygites fumosa* pathogène de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* (Hom., Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. *Entomophaga*, **30**, (1), 23-29.
- LE RÛ B., IZIQUEL Y., BIASSANGAMA A. & KIYINDOU A., 1991. — Variations d'abondance et facteurs de régulation de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom., Pseudococcidae) 5 ans après l'introduction d'*Epidinocarsis lopezi* (Hym. Encyrtidae) néotropical au Congo en 1982. *Entomophaga*, **36**, (3).
- NWANZE K. F., LEUSCHNER K. & EZUMAH H. C., 1979. — The cassava mealybug, *Phenacoccus sp.*, *Pans*, **25**, (2), 125-130.
- PEYROT B., 1980. — *Facteurs et processus de dégradation du site de Brazzaville*. Ann. Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 60 p.
- PODOLER H., DREISHPOUN Y. & ROSEN D., 1981. — Population dynamics of the florida wax scale, *Cerophastes floridensis* (Homoptera: Coccidae) on citrus in Israel 1. A partial life table, *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, **2**, (1), 81-91.
- SAVARY S. & JANEAU J. L., 1986. — Rain-induced dispersal in *Puccinia arachidis*, studied by means of a rainfall simulator. *Neth. J. Plant Pathol.*, **92**, 163-174.
- SILVESTRE L., 1973. — Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'état de Mantoumba (République Populaire du Congo). IRAT, Paris, Rapport de Mission, 35 p.
- VALENTIN C., 1981. — Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de régions subdésertiques (Agadez, Niger). Dynamique de formation et conséquences sur l'économie de l'eau. Thèse doctorat 3^e cycle. Paris-VII (Jussieu), 229 p.