

**ÉTUDE DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE
D'*EXOCHOMUS FLAVIVENTRIS* (COL. : COCCINELLIDAE)
PRÉDATEUR DE LA COCHENILLE DU MANIOC
PHENACOCCLUS MANIHOTI (HOM. : PSEUDOCOCCIDAE)**

J. KANIKA-KIAMFU, G. IPERTI & J. BRUN

Laboratoire de Biologie des Invertébrés,
I.N.R.A. — 06606 Antibes, France

Les besoins alimentaires de chaque stade de développement larvaire et des jeunes femelles d'*E. flaviventris* Mader ont été définis par rapport à deux cochenilles associées au manioc ; : *Planococcus citri* Risso (proie locale) et *Phenacoccus manihoti* Mat.-Ferrero (proie exotique) dans les conditions de laboratoire (T = 25 °C ± 1 °C ; H.R. = 80-90 % ; photopériode = L/D : 12/12).

Ces deux proies constituent des « nourritures essentielles » pour *E. flaviventris* qui les consomme en plus grande quantité par rapport aux autres coccinelles qui se nourrissent aux dépens de la cochenille du manioc. Il faut en moyenne 71,8 mg de matière fraîche de *P. manihoti* (œufs + jeunes femelles) ou 86,9 mg de *P. citri* (œufs + jeunes femelles) à *E. flaviventris* pour atteindre le stade adulte. Dans chaque cas, les larves du prédateur de quatrième stade se montrent plus voraces avec plus de 70 % de la consommation totale. Les jeunes femelles consomment moins que les larves du dernier stade, principalement quand il s'agit de la proie exotique.

P. manihoti semble avoir été rapidement adoptée par *E. flaviventris* après son introduction accidentelle en Afrique. Sans être d'une valeur alimentaire exceptionnelle, elle est mieux exploitée que la cochenille indigène et procure un poids moyen de 10,9 mg aux adultes du prédateur à leur émergence.

MOTS CLÉS : biomasse alimentaire, préférence alimentaire, coefficient d'utilisation, rendement alimentaire, prédation.

La consommation alimentaire constitue une caractéristique bioécologique essentielle dans l'appréciation de l'efficacité des prédateurs en lutte biologique. Son étude et son évaluation chez les coccinelles coccidiphages qui manifestent une grande diversité dans le régime alimentaire s'avèrent indispensables afin de préciser la valeur nutritive des différentes proies ingérées. Or, l'entomocoenose qui fréquente la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero en Afrique équatoriale est connue pour être riche en prédateurs polyphages (Fabres & Matile-Ferrero, 1980). Parmi eux, la coccinelle indigène *Exochomus flaviventris* Mader est celle qui présente les plus grandes possibilités dans l'occupation spatiale du terrain. En effet, sa polyphagie lui offre des garanties supplémentaires de survie dans des écosystèmes les plus divers, même en l'absence périodique de *P. manihoti* (Kanika-Kiamfu *et al.*, 1992). Cependant, son impact sur l'abondance de *P. manihoti* reste plutôt faible (Fabres & Kiyindou, 1985). On pense généralement que cet apparent manque d'efficacité sur le terrain pourrait être lié à une mauvaise exploitation

d'une proie nouvellement introduite dans l'écosystème du champ de manioc. Plusieurs voies peuvent être explorées pour vérifier une telle hypothèse.

Dans la présente étude, nous nous limiterons à déterminer les besoins alimentaires (en nombre et en biomasse) de chaque stade de développement d'*E. flaviventris* et le bénéfice qu'il en tire. Ceci, en vue de préciser l'efficacité de l'activité prédatrice de l'entomophage. Nous avons ainsi évalué expérimentalement, dans les conditions de laboratoire, la consommation alimentaire à partir des deux cochenilles inféodées au manioc en Afrique : l'une introduite accidentellement (*P. manihoti*), l'autre locale (*Planococcus citri* Risso).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LE PRÉDATEUR

Les coccinelles *E. flaviventris* utilisées proviennent des élevages permanents maintenus dans des cylindres (1 500 cm³) de plastique avec deux types de nourritures exclusives : *P. manihoti* ou *P. citri* dans les conditions d'ambiance proches de leur région d'origine (25 °C ± 1 °C ; 70-80 % H.R. ; 12 h d'éclairage par jour).

LES PROIES

Les jeunes femelles (sans ovisac) ainsi que les ovisacs de *P. manihoti* et *P. citri*, proviennent de deux souches élevées au laboratoire (mêmes conditions que le prédateur), respectivement sur le manioc *Manihot esculenta* Crantz (*Euphorbiaceae*) et sur les fruits d'une variété grecque de courge (*Cucurbitaceae*). Les plants de manioc sont cultivés en pots ou en pleine terre en serre.

Les deux premiers stades de la coccinelle ont été alimentés d'œufs de cochenilles, les stades plus âgés de jeunes femelles sans ovisac. Le renouvellement des proies se fait quotidiennement.

L'ÉTUDE DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE

Cette étude a été faite suivant la méthode définie par Ferran & Larroque (1977) et adaptée par Gery (1987). Elle a porté sur le développement larvaire et les deux premières semaines de la vie imaginaire (durée moyenne du temps de la maturation sexuelle). Chacun des stades est pris isolément, c'est-à-dire en utilisant chaque fois une population différente.

Vingt larves ont été utilisées pour chaque expérimentation. Des individus arrivés à la fin du stade qui précède celui étudié sont placés individuellement dans des boîtes en plastique en absence d'alimentation. Dès la fin de leur mue, ils reçoivent quotidiennement jusqu'à la mue suivante, un nombre et un poids déterminés de proies.

Le nombre et le poids de proies offertes ont été déterminés lors d'essais préliminaires, de façon à être largement excédentaires par rapport aux besoins des coccinelles. Les L1 et L2 ont reçu respectivement 3 et 4 ovisacs par jour. Les L3 et L4 ont reçu respectivement 5 et 10 femelles de *P. manihoti* ou *P. citri* par jour. La biomasse ingérée à partir des œufs de cochenilles a été estimée de la façon suivante : avant d'introduire l'aliment, les supports alimentaires (papier Canson de 1 × 2 cm : plaquettes) sont pesés. Lors du renouvellement de la nourriture, ces plaquettes sont retirées et à nouveau pesées. La différence de poids enregistrée correspond à la quantité de matière fraîche consommée. Ce poids est transformé en nombre d'œufs absorbés, en le divisant par le poids moyen d'un œuf frais.

La biomasse ingérée à partir des adultes de cochenilles a été calculée en appliquant un facteur correctif moyen correspondant à la dessiccation de ces proies séparées du végétal. Ce

facteur est 9,7 % pour *P. manihoti* et 8,2 % pour *P. citri*. Lorsque les proies étaient partiellement consommées, la fraction ingérée a été estimée par l'observateur.

Les pesées ont été effectuées sur une micro-balance analytique d'une précision de 0,001 mg. L'ensemble des résultats obtenus est exprimé par une moyenne accompagnée de l'écart-type. La comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test t de Student.

COEFFICIENT D'UTILISATION ET RENDEMENT ALIMENTAIRE

Le coefficient d'utilisation (K) de la proie correspond à la quantité (mg) de matière réellement ingérée par la larve ou l'adulte de la coccinelle à partir de l'œuf ou de la femelle de cochenille dont le poids initial est connu. Cette quantité équivaut à la différence entre le poids initial (avant prédation) et le poids final (après prédation) de la proie, diminuée de la perte de poids due à la déshydratation, selon la formule :

$$K = \frac{P_o - P_d}{P_o} \times 100 \quad (1)$$

P_o = poids moyen des proies prédatées avant prédation.

P_d = poids moyen des dépouilles après prédation.

Dans les conditions expérimentales des essais et pour une période de 24 heures, la perte de poids due à la déshydratation est négligeable pour les œufs recouverts par l'ovisac. Elle est égale à 0,10 et 0,08 mg respectivement pour les femelles de *P. manihoti* et celles de *P. citri*. Le coefficient d'utilisation est exprimé en pourcentage par rapport au poids initial de l'hôte. Il renseigne notamment sur la valeur nutritive de chaque nourriture.

Le rendement alimentaire (R) est le rapport qui existe entre le gain de poids des larves (ou des adultes) de coccinelles et la consommation correspondante effectuée dans un certain laps de temps (durée d'un stade), multiplié par 100. Il donne pour chacun des stades de développement du prédateur, le bénéfice pondéral qu'il tire de chaque nourriture proposée. Il a été calculé selon la formule :

$$R = \frac{p}{C} \times 100 \quad (2)$$

p = gain du poids.

C = consommation alimentaire correspondante.

RÉSULTATS

CONSOMMATION DES LARVES (tableau 1)

Consommation en nombre

— Le nombre des proies ingérées augmente avec l'âge des larves, indépendamment du type d'aliment offert : il double pratiquement entre le premier et le deuxième stade larvaire. Ce nombre est multiplié par trois ou par quatre entre le troisième et le quatrième stade.

— Le premier stade larvaire absorbe un nombre plus élevé d'œufs de *P. citri* que de *P. manihoti*. La différence est statistiquement significative au seuil de 5 % ($t = 4,6$).

— Chez les larves âgées, alors que les L3 prédatent un nombre très voisin de jeunes femelles de *P. citri* ou de *P. manihoti*, les L4 au contraire, font une plus grande consommation de *P. manihoti*. La différence avec *P. citri* est significative au seuil de 5 % ($t = 2,7$).

TABLEAU I

Consommation alimentaire Cm (A - en nombre et B - en milligrammes) des différents stades d'*Exochomus flaviventris* en fonction de la proie (test t de Student)

Stade d' <i>E. flaviventris</i>	Lots	A	Ecart-type	Signification statistique (P < 0,05)	B	Cm totale (en %)
L1	I	397,7 ω	133,4	S	1,7	2,4
	II	470,3 ω	49,5		2	2,3
L2	I	853,5 ω	155,3	NS	3,6	5,2
	II	773,8 ω	278,6		3,5	4
L3	I	8,3 Ad.	1,7	NS	11,9	16,6
	II	9,7 Ad.	2,6		12,5	20,6
L4	I	33,7 Ad.	4,4	S	54,5	75,8
	II	29,6 Ad.	6,2		63,5	73,1
Cm totale	I	1 251 ω + 42 Ad.			71,8	100
	II	1 244 ω + 39,3 Ad.			81,5	100
♀	I	33,6 Ad.	7,2	NS	46,4	
	II	28,4 Ad.	7,2		48,8	

Lot I : œufs (ω) ou jeunes femelles (Ad.) de *P. manihoti*.

Lot II : œufs (ω) ou jeunes femelles (Ad.) de *P. citri*.

Consommation en biomasse

Les consommations exprimées en biomasse montrent que :

— le développement préimaginal d'*E. flaviventris* exige l'absorption d'une biomasse plus importante avec *P. citri*, soit 81,5 mg, qu'avec *P. manihoti*, soit 71,8 mg ;

— chez les larves du quatrième stade, elles représentent également les 3/4 de la biomasse totale de matière fraîche de l'une ou l'autre cochenille ingérée durant le développement préimaginal.

ÉVOLUTION PONDÉRALE DES LARVES

Le tableau 2 donne les poids moyens maximum des larves atteints au cours de chaque stade. On note que :

— comme pour la consommation alimentaire, près des 3/4 de gains pondéraux sont réalisés au cours du quatrième stade larvaire, quel que soit l'aliment en présence ;

— les gains de poids réalisés par les larves nourries avec *P. citri* ou *P. manihoti* ne présentent aucune différence significative, sauf au cours du quatrième stade où l'on note un avantage pondéral chez les larves qui ont ingéré des jeunes femelles de *P. manihoti* (t = 3,45 ; ddl = 38 ; P 0,05 : 2,02) ;

— les larves d'*E. flaviventris* au premier stade de développement pèsent à peu près 0,07 mg à leur éclosion. Ce poids atteint son maximum au cours du dernier stade larvaire soit 10,9 mg avec *P. manihoti* et 9,7 mg avec *P. citri*.

TABLEAU 2

Poids moyens maxima (en mg) de chaque stade d'*Exochomus flaviventris* en fonction des proies offertes

Stade d' <i>E. flaviventris</i>	Lots	Moyenne	Ecart-type	Signification statistique (P < 0,05)
L1	I	0,8	0,1	NS
	II	0,8	0,2	
L2	I	1,5	0,3	NS
	II	1,4	0,2	
L3	I	3,2	0,4	NS
	II	3,3	0,5	
L4	I	10,9	0,7	S
	II	9,7	1,3	

Lot I : œufs ou jeunes femelles de *P. manihoti*.

Lot II : œufs ou jeunes femelles de *P. citri*.

EFFICACITÉ PRÉDATRICE DES LARVES

D'une façon générale, les *P. manihoti* sont mieux exploitées que les *P. citri*, comme le montrent les coefficients d'utilisation (K) du tableau 3.

Ces coefficients indiquent que la quantité de matière fraîche réellement ingérée par le prédateur évolue avec l'âge. Les larves âgées présentent les valeurs les plus importantes quelle que soit la proie. Les L4 se montrent les plus voraces avec un K égal à 91,3 et 72,3 % respectivement avec la cochenille exotique et son homologue locale. Cependant, en dépit de cette moins bonne exploitation de *P. citri*, la biomasse prélevée sur cette proie reste importante par rapport à celle qui est fournie par la cochenille du manioc *P. manihoti*, essentiellement au cours du dernier stade larvaire.

Le tableau 3 donne également les valeurs de R. D'une façon générale ces valeurs sont toutes faibles (< 50 %). Les gains de poids des larves du prédateur sont les plus faibles lorsque le prédateur ingère *P. citri* ; les taux décroissent quand l'âge des larves augmente : 48,7 % pour les L1 et 14,8 % pour les L4 en présence de *P. manihoti* et respectivement 36,1 % et 10,7 % pour les L1 et L4 en présence de *P. citri*.

CONSOMMATION DES ADULTES

Le tableau 1 ne montre aucune différence significative dans la prédation (en nombre et en biomasse) en fonction de la nourriture : en moyenne 33,6 femelles de *P. manihoti* ou 28,4 femelles de *P. citri* ont été ingérées. Les adultes d'*E. flaviventris* ont prélevé 48,9 mg de matière fraîche à partir de la proie locale contre 46,4 mg de la proie exotique durant leur maturation sexuelle.

ÉVOLUTION PONDÉRALE DES JEUNES FEMELLES

Les poids moyens des femelles à l'émergence sont sensiblement égaux : 8,3 mg chez les coccinelles nourries avec *P. manihoti* et 8,1 mg chez celles qui ont ingéré *P. citri*.

TABLEAU 3

Coefficients d'utilisation (K) et rendement alimentaire (R) des différentes proies en fonction du stade de développement d'*Exochomus flaviventris* (calculés selon les formules 1 et 2)

Stade d' <i>E. flaviventris</i>	K		R	
	<i>Phenacoccus manihoti</i>	<i>Planococcus citri</i>	<i>Phenacoccus manihoti</i>	<i>Planococcus citri</i>
L1	56,2	55	48,7	36,1
L2	68,7	61	31,4	30,6
L3	81,3	62	18,1	14,1
L4	91,3	72,3	14,8	10,7
♀	82	58,1		

Durant les deux premières semaines de leur vie imaginale, chaque femelle augmente son poids au moins de 1,2 fois, soit un poids moyen de 10,7 mg et 9,7 mg respectivement pour celle alimentée avec *P. manihoti* et celle qui reçoit *P. citri*.

EFFICACITÉ PRÉDATRICE DES ADULTES

Les femelles d'*E. flaviventris* présentent des coefficients d'utilisation de proies comparables à ceux des larves de troisième stade : 82 et 58,1 % respectivement avec *P. manihoti* et *P. citri*. Elles prélèvent donc, moins de matière fraîche que les larves âgées.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La consommation alimentaire d'*E. flaviventris* varie en nombre de proies et en biomasse, en fonction de son stade de développement et de la nature de la nourriture.

EN PRÉSENCE DE LA COCHENILLE *P. MANIHOTI*

Pour parvenir au stade adulte les larves d'*E. flaviventris* doivent ingérer en moyenne 71,8 mg de matière fraîche (œufs + adultes de *P. manihoti*). La larve du quatrième stade consomme à elle seule 75,9 % de cette biomasse. En comparaison avec deux autres coccinelles coccidiphages utilisées contre la cochenille du manioc en Afrique équatoriale (étudiées dans les mêmes conditions de laboratoire), la consommation d'*E. flaviventris* durant la vie larvaire est significativement plus importante. En effet, Gery (1987) a montré qu'il faut seulement 17,7 mg d'œufs de *P. manihoti* pour obtenir un adulte d'*Hyperaspis raynevali* Mulsant. Une autre étude faite sur la minuscule *Diomus hennesseyi* Fürsch (Kiyindou, 1990) indique qu'il faut à peine 1,7 mg d'œufs de *P. manihoti* pour le développement larvaire complet d'un individu.

On note également que la larve du premier stade d'*E. flaviventris* consomme à elle seule plus d'œufs de *P. manihoti* que la larve de *D. hennesseyi* durant tout son développement préimaginal (397,7 œufs contre 238,3). Les deux premiers stades larvaires d'*E. flaviventris*, les moins voraces, ingèrent cependant en moyenne, plus de 40 % de la consommation larvaire d'*H. raynevali* (1 251,2 œufs contre 2 915,3).

EN PRÉSENCE DE *P. CITRI*

La coccinelle *E. flaviventris* doit ingérer 86,9 mg d'œufs et d'adultes de *P. citri* pour assurer son développement larvaire complet. Le quatrième stade y participe pour 73,1 %. Cette consommation se révèle, une fois de plus, nettement plus importante que celle observée chez *H. raynevali* (Gery, 1987) dont le développement larvaire n'exige que 16,6 mg d'œufs de *P. citri*. En effet, les deux premiers stades larvaires d'*E. flaviventris* ingèrent en moyenne 1 244,1 œufs alors que durant tout son développement larvaire *H. raynevali* absorbe seulement 194,3 œufs.

En dépit de la grande biomasse qu'elle fournit, la prédation de la proie locale *P. citri* par *E. flaviventris*, ne semble pas lui apporter un grand bénéfice par rapport à l'ingestion de la proie introduite *P. manihoti*. Cela est peut être lié à la grande taille de l'homoptère local, dont le poids frais d'une femelle adulte atteint en moyenne 3,0 mg ($\pm 0,4$) contre 1,8 mg ($\pm 0,4$) pour la cochenille exotique. Ce fait pourrait être aussi lié à une moins bonne qualité nutritive de la proie locale. En effet, le faible gain pondéral des individus qui s'en alimentent, l'allongement du temps de maturation sexuelle et du développement préimaginal ainsi qu'une fécondité réduite semblent confirmer ces hypothèses (Kanika-Kiamfu, 1991).

Les faibles valeurs du rendement alimentaire obtenues à partir de chacune des cochenilles proposées, tendraient à indiquer une moins bonne exploitation par la coccinelle des jeunes femelles par rapport aux œufs. Ces taux sont en effet, nettement inférieurs à ceux réalisés par *H. raynevali* (50 %) en présence de *P. manihoti* (Gery, 1987) et *D. hennesseyi* (40,3 %) en présence de la même proie (Kiyindou, 1990). Il est à noter toutefois que ce dernier auteur a utilisé uniquement les œufs de la cochenille pour chaque stade de développement de la coccinelle exotique.

En conclusion, cette étude confirme que les cochenilles *P. manihoti* et *P. citri* constituent des nourritures essentielles pour la coccinelle *E. flaviventris* car « elles permettent d'une part, le développement des larves et la vie d'adultes féconds et d'autre part, elles constituent une source d'énergie pour la survie de ces adultes » (Hodek, 1962).

On peut penser que grâce à sa polyphagie, *E. flaviventris* a très vite adopté la cochenille exotique et semble l'apprécier plus que l'indigène *P. citri*. Cependant, la nouvelle cochenille du manioc tout en étant une proie acceptable, ne semble pas constituer le meilleur aliment pour la coccinelle. En effet, Kanika-Kiamfu (1991) a montré qu'avec une nourriture constituée des œufs de la Pyrale *Ephestia kuehniella* Zell. (Lepidoptera : Pyralidae), l'entomophage peut réduire de près d'un tiers la durée de son cycle biologique et, ses femelles expriment mieux leur fécondité.

Comparativement, *E. flaviventris* se présente comme un plus gros consommateur d'œufs de cochenilles (*P. manihoti* ou *P. citri*) que les autres espèces présentes dans les champs de manioc (*H. raynevali* et *D. hennesseyi*). Encore faudrait-il étudier le comportement d'alimentation en présence des différentes catégories de proies qui constituent, en proportions variables, les colonies de la cochenille.

SUMMARY

Study of food consumption of *Exochomus flaviventris* (Col. Coccinellidae), predator of *Phenacoccus manihoti* (Hom. : Pseudococcidae)

Food requirements of each larval stage and of young females of *Exochomus flaviventris* have been defined regarding the two coccids associated to cassava : *Phenacoccus citri* (indigenous prey) and *Phenacoccus manihoti* (exotic prey) under laboratory conditions ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 80-90 % RH and L/D : 12/12).

These 2 preys constitute the main food for *E. flaviventris* as this ladybird feeds on it much more than all the other coccinellids preying also on the cassava mealybug. *E. flaviventris* needs an average of 71.8 mg of fresh *P. manihoti* (eggs and young females) or 86.9 mg of *P. citri* (eggs and young females) to complete its development. In each case, the 4th instar larvae of the predator are the most voracious with 70 % of the total consumption. Young females feed less than the last instar larvae, especially when the exotic prey is involved.

P. manihoti seems to have been rapidly chosen by *E. flaviventris* after its accidental introduction into Africa. Even if it is not an excellent prey from the food angle, it is better exploited than the indigenous mealybug and adults of an average weight of 10.9 mg are obtained after emergence.

Reçu : 13 mars 1992 ; Accepté : 18 juin 1993.

BIBLIOGRAPHIE

- Fabres, G. & Matile-Ferrero, D. — 1980. Les entomophages inféodés à la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. : Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. — Les composantes de l'entomocoenose et leurs interrelations. — *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 16, 509-515.
- Fabres, G. & Kiyindou, A. — 1985. Comparaison du potentiel biotique de deux coccinelles *Exochomus flaviventris* et *Hyperaspis senegalensis hottentotta* (Col., Coccinellidae) au Congo. — *Acta Oecologica, Oecol. Applic.*, 6, 339-348.
- Ferran, A. & Larroque, M. M. — 1977. Etude des relations hôte-prédateur : la consommation et l'utilisation d'un puceron, *Myzus persicae* Sulz. par les différents stades larvaires de la coccinelle *Semiadalia undecimnotata* Schn. (Col. Coccinellidae). — *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 9, 665-692.
- Gery, R. — 1987. Etude expérimentale des aptitudes trophiques des larves d'*Hyperaspis raynevali* Mulsant, Coccinellidae néotropical prédateur de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Pseudococcidae). — *D.E.A. de Biologie, Agronomie*, Rennes I, 42 p.
- Hodek, I. — 1962. Essential and alternative food in insects. — *XI Int. Kong. fur Entomol.*, Wien, 1962, 698-699.
- Kanika-Kiamfu, J. — 1991. Etude expérimentale des potentialités biologiques d'*Exochomus flaviventris* Mader (Col. Coccinellidae) prédateur de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hom. Pseudococcidae). — *Thèse Doct. Université, Univ. Paul Sabatier*, Toulouse III, 116 p.
- Kanika-Kiamfu, J., Kiyindou, A., Brun J. & Iperti, G. — 1992. Comparaison des potentialités biologiques de trois coccinelles prédatrices de la cochenille farineuse du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Pseudococcidae). — *Entomophaga*, 37, 277-282.
- Kiyindou, A. — 1990. Etude biologique de *Diomus hennesseyi* Fürsch (Col. Coccinellidae). Détermination de ses aptitudes à lutter contre la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hom. Pseudococcidae). — *D.U.R.*, Univ. de Nice, 88 p.