

**Contrôle biologique des populations de  
*Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptère : Bruchidae)  
par deux espèces sympatriques de parasitoïdes,  
*Dinarmus basalis* Rond. et *Eupelmus vuilleti* Crw.**

A. SANON<sup>1</sup>, C. DABIRÉ<sup>2</sup>, A. P. OUÉDRAOGO<sup>1</sup> & J. HUIGNARD<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée- UFR SVT Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso (email : sanonant @ bf.refer.org).

<sup>2</sup> Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)-CREAF/Kamboinsé. 01 BP 476 Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>3</sup> Institut de recherche sur la Biologie de l'Insecte (ESA CNRS 6035) Avenue Monge, 37200 Parc de Grandmont, Tours, France.

**Abstract**

**Biological control of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) populations by two sympatric parasitoid species, *Dinarmus basalis* Rond. and *Eupelmus vuilleti* Crw.** - The solitary ectoparasitoids *Dinarmus basalis* (Rond.) and *Eupelmus vuilleti* (Crw.) are sympatric in West Africa. These two species parasitize larvae of the Coleoptera Bruchidae *Callosobruchus maculatus* (F.) in cowpea seeds (*Vigna unguiculata* Walp). Both species are frequently observed in association with bruchids emerging from cowpea infested in the fields of different areas in West Africa. Interspecific competition, which occurs between these parasitoids, tends to eliminate *D. basalis*, a potential biological control agent. As interspecific competition could limit biological control, we investigated the way of improving the effectiveness of both species in controlling *C. maculatus* while in competition. When *D. basalis* and *E. vuilleti* were in competition at the beginning of the storage time, *D. basalis* was disadvantaged but both species developed during several generations into experimental jars. When the competition occurred in the presence of an increasing number of hosts, the population of *D. basalis* increased but there was no successful control of the pest population. The important variation in host number and probably in host quality inside the storage systems influenced the interspecific relationships and could explain why *D. basalis* remained in the parasitic community. Several inoculations of *D. basalis* adults into the jars, particularly when the number of potential host was important, reduced the *C. maculatus* population by more than 80 %. This control of *C. maculatus* was due to *D. basalis*, which was able to develop by parasitizing a high number of hosts. The weight losses of stored cowpeas were almost

120 g/kg after 165 days of storage. A progress in the understanding of the interspecific relations between *D. basalis* and *E. vuilleti* is necessary to develop a biological control strategy.

**Keywords:** Bruchids, inoculations, interspecific competition, Cowpea, storage.

### Introduction

Le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] est une des légumineuses les plus cultivées en Afrique de l'Ouest. Avec quelque 4,8 millions d'ha de terres emblavées chaque année, cette région en est le principal producteur mondial (JACKAI & DAOUST, 1986). En raison de sa richesse en protéines et de son accessibilité aux populations les plus démunies, le niébé joue un rôle alimentaire important en zone soudanienne sèche (STANTON, 1970). Malheureusement, les graines sont attaquées en stockage par des coléoptères Bruchidae, provoquant des pertes considérables (CASWELL, 1961 ; HUIGNARD, 1985 ; HUIGNARD & MONGE, 1993). En Afrique de l'Ouest, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae) est le principal ravageur du niébé en stockage. Le développement des larves aux dépens des réserves contenues dans les cotylédons des graines est à l'origine des pertes importantes observées après seulement quelques mois de stockage (CASWELL, 1961 ; HUIGNARD, 1985). L'utilisation des insecticides de synthèse pour la protection des stocks est inappropriée dans le contexte ouest africain (VAN HUIS *et al.*, 1991). En dehors de leur coût relativement élevé pour les agriculteurs à faibles revenus, ces méthodes représentent un risque potentiel pour l'environnement, la santé des consommateurs et des utilisateurs. En outre, l'utilisation judicieuse des insecticides de synthèse requiert un minimum d'instruction et de connaissances techniques qui manquent à la majorité des agriculteurs africains (VAN HUIS *et al.*, 1991). Toutes ces raisons justifient la recherche d'autres alternatives pour lutter contre les insectes ravageurs. Les alternatives les plus prometteuses en stockage incluent l'optimisation des méthodes traditionnelles (GOLOB & WEBLEY, 1980) et la lutte biologique (HUIGNARD & MONGE, 1993 ; VAN HUIS *et al.*, 1994 ; OUEDRAOGO *et al.*, 1996). Au cours des dix dernières années, de nombreuses recherches se sont focalisées sur les possibilités du contrôle biologique des populations des Bruchidae ravageurs des stocks de niébé en Afrique de l'Ouest (HUIGNARD & MONGE, 1993 ; OUEDRAOGO *et al.*, 1996 ; AMEVOIN, 1998 ; SANON *et al.*, 1998 ; DOUMMA & ALZOUUMA, 2000). Ces études ont permis d'identifier les meilleurs agents de lutte biologique. Il s'agit principalement des Hyménoptères parasitoïdes oophage *Uscana lariophaga* Steph. (VAN HUIS *et al.*, 1994) et larvo-nympheal *Dinarmus basalis* Rond. (SANON & OUEDRAOGO, 1998 ; SANON *et al.*, 1998). Cependant ces Hyménoptères vivent en sympatrie dans une communauté parasitaire avec d'autres ennemis naturels de bruches d'où la possibilité d'une compétition interspécifique pour l'exploitation des ressources disponibles. Les potentialités de contrôle biologique de chacune des espèces peuvent être modifiées par la compétition interspécifique. En effet, les observations réalisées dans les systèmes de stockage ont montré que lorsque *D. basalis* et un autre parasitoïde larvaire, *Eupelmus vuilleti* (Crw.) sont simultanément présents, la compétition interspécifique entraîne l'élimination de *D. basalis* qui a pourtant de meilleures capacités reproductrices (MONGE & HUIGNARD, 1991 ; SANON & OUEDRAOGO, 1998). La dominance de *E. vuilleti* s'expli-

querait alors par une reconnaissance interspécifique et des stratégies reproductrices différentes. Les larves et les femelles d'*E. vuilleti* sont agressives vis-à-vis de l'espèce concurrente. Les femelles n'évitent pas le multiparasitisme et dans ce cas les larves d'*E. vuilleti* sont capables de tuer celles de *D. basalis* (VAN ALEBEEK *et al.*, 1993 ; LEVÊQUE *et al.*, 1993). Par contre, *D. basalis* qui est compétitivement inférieure évite les hôtes déjà parasités par son concurrent, d'où la réduction de ses capacités reproductrices (VAN ALEBEEK, 1991 ; GAUTHIER, 1996). L'objectif de cette étude est d'analyser au niveau populationnel les modalités de la compétition interspécifique dans un milieu clos où les disponibilités en hôtes varient au cours du stockage du niébé. Des stratégies de lutte biologique basées sur le parasitoïde *D. basalis* ont été développées au laboratoire (SANON *et al.*, 1998). Cependant, dans les conditions naturelles, les deux espèces concurrentes émergent des graines de niébé stockées. Nous avons alors examiné la possibilité de contrôle biologique des populations de *C. maculatus* en situation de compétition interspécifique. Ces études permettront de déterminer si la lutte biologique, par l'utilisation du parasitoïde *D. basalis*, peut être appliquée avec succès dans une telle situation.

### Matériels et méthodes

#### Origine des insectes et conditions d'étude

Les souches d'insectes ont été constituées à partir d'adultes de *C. maculatus*, *D. basalis* et d'*E. vuilleti* émergeant des graines de niébé récoltées dans les cultures ou achetées sur les marchés dans la région de Bobo-Dioulasso en octobre 1995. Elles ont été maintenues par des élevages réguliers pendant toute la durée des expériences. Les élevages ainsi que toutes les expériences se sont déroulés dans la même localité dans les conditions ambiantes prévalant sous un hangar couvert par le haut mais ouvert et grillagé sur les 4 côtés. Les études ont été conduites pendant la saison sèche (janvier-juin), période de stockage du niébé en zone sahélienne. Les températures diurnes fluctuaient entre 30 et 38°C, les températures nocturnes variaient de 18 à 31°C, les valeurs maximales s'observaient en avril. L'humidité relative moyenne, faible en début d'expérience (15%), augmentait à la fin de l'étude (71%) avec l'approche de la saison pluvieuse.

#### *Elevage de C. maculatus*

Les adultes de *C. maculatus* étaient introduits dès leur émergence dans des boîtes d'élevage (17 × 11 × 4 cm) contenant des graines saines de niébé sur lesquelles les femelles déposaient leurs œufs. Les insectes de la nouvelle génération, obtenus 20 à 32 jours selon les conditions (SANON & OUEDRAOGO, 1998), étaient utilisés pour le maintien de la souche, pour les élevages de parasitoïdes ou pour les expériences.

#### *Elevage de parasitoïdes*

Les femelles de *D. basalis* et d'*E. vuilleti* étaient placées dans les boîtes d'élevages en présence de graines de niébé renfermant des larves de stade 4 ou des nymphes de *C. maculatus*, stades hôtes préférentiels des deux espèces (GOMEZ-ALVAREZ, 1980; TERRASSE *et al.*, 1996). La durée du développement

des parasitoïdes, variable selon les conditions climatiques, était de 11-18 jours pour *D. basalis* et de 16-26 jours pour *E. vuilleti* pendant la période d'étude (SANON & OUÉDRAOGO, 1998).

### Influence de la disponibilité des hôtes dans les greniers, au moment de l'introduction des deux espèces de parasitoïdes, sur la compétition interspécifique

Des jarres en argile cuite étaient utilisées comme systèmes expérimentaux de stockage. Trois kg de graines saines de niébé étaient introduits dans chaque jarre. Une infestation artificielle était réalisée par addition de graines de niébé renfermant 750 larves de *C. maculatus* de tous les stades de développement (150 L<sub>1</sub>, 150 L<sub>2</sub>, 300 L<sub>3</sub>/L<sub>4</sub>, 150 Nymphes). Cette infestation se faisait en tenant compte du niveau de contamination naturelle des graines qui varie de 3 à 5% en début de stockage (OUÉDRAOGO, 1991). Deux situations de compétition ont été réalisées en introduisant simultanément des adultes de *D. basalis* et d'*E. vuilleti*, (1) soit dès le début de stockage, (2) soit deux mois plus tard. Le nombre d'hôtes théoriquement disponibles pour chaque femelle parasitoïde variait selon le moment de l'introduction. Les lots suivants, répétés deux fois, étaient mis en place:

- Lots témoins (T<sub>0</sub>) : absence de parasitoïdes
- Lots (Db + Ev)<sub>1</sub> : introduction de 30 couples d'adultes de chacune des deux espèces en début de stockage. Le nombre moyen d'hôtes potentiels disponibles par femelle parasitoïde était estimé alors à 8. Ce nombre est calculé en tenant compte du taux de survie larvaire qui est de 66,7 % pour la période considérée (OUÉDRAOGO *et al.*, 1996).
- Lots (Db + Ev)<sub>2</sub> : introduction de 30 couples d'adultes de *D. basalis* et d'*E. vuilleti* deux mois après le début de stockage. En considérant que la sex ratio de la descendance de *C. maculatus* est de 0,5 et la fécondité moyenne par femelle de 55 oeufs (OUÉDRAOGO *et al.*, 1996), on peut estimer que chaque femelle parasitoïde disposait au moment de l'introduction d'environ 229 hôtes.

Toutes les jarres étaient placées dans les conditions ambiantes sous un hangar grillagé. Les variations des effectifs de l'hôte et de ses parasitoïdes étaient suivies tous les 15 jours par estimation des individus morts collectés après un vidage des jarres. Les insectes vivants (bruches et parasitoïdes) étaient remis dans les jarres en même temps que les graines. Les études antérieures ont montré que cette méthode permettait une estimation efficace des effectifs (OUÉDRAOGO *et al.*, 1996). Le stockage du niébé a duré 165 jours à partir du 29 décembre 1995. A la fin de l'expérience, le taux d'accroissement intrinsèque de la population de chaque espèce était déterminé selon la formule utilisée par BEGON *et al.* (1990):

$$r = (1/t) \ln N_t/N_i$$

$N_t$  correspond au nombre d'insectes émergeant au cours de la période d'étude,  $N_i$  est le nombre initial d'insectes présents et  $t$  est le temps. Pour les calculs,  $t = 1$  car correspondant à la durée totale du stockage.

Dans les lots où les parasitoïdes étaient introduits, le taux de réduction des effectifs de *C. maculatus* par rapport aux lots témoins (T<sub>0</sub>) était déterminé en utilisant la formule :

$$T_r (\%) = [(N_0 \text{ témoin} - N_t \text{ expérience})/N_0 \text{ témoin}] \times 100$$

### Effets d'introductions supplémentaires d'adultes de *D. basalis*, en présence d'*E. vuilleti*, sur la population de *C. maculatus*

Des lots de 3 kg de graines saines de niébé infestées artificiellement selon la procédure décrite ci-dessus étaient placés dans des jarres en argile cuite. Afin de déterminer si *D. basalis* peut être un bon agent de lutte biologique en situation de compétition interspécifique, des introductions ciblées d'adultes de ce parasitoïde étaient effectuées au début ou au cours du stockage. Les situations suivantes, répétées chacune deux fois, ont ainsi été expérimentées :

- $T_0$  : lots témoins sans parasitoïdes
- **A** : une introduction de 200 couples de *D. basalis* seul chaque mois pendant les deux premiers mois de stockage (2 introductions)
- **B** : 30 couples d'adultes de chacune des deux espèces introduits en début de stockage puis 200 couples de *D. basalis* introduits respectivement à la fin du premier et du second mois de stockage (2 introductions supplémentaires de *D. basalis*).
- **C** : 30 couples d'adultes de chacune des deux espèces introduits en début de stockage puis 200 couples de *D. basalis* introduits chaque mois pendant toute la durée du stockage (5 introductions supplémentaires de *D. basalis*).

La durée, les conditions d'étude ainsi que la méthode d'estimation des effectifs au cours du stockage étaient les mêmes que précédemment. A la fin de l'étude, une estimation des pertes en poids des graines était effectuée selon la méthode de SCHULTEN & ADAMS (1978) légèrement modifiée. Dans chaque situation expérimentale, 6 lots de 100 graines (dégradées ou non) étaient prélevés et pesés. Leur poids était alors comparé à celui d'un échantillon de référence constitué par 6 lots de 100 graines non dégradées conservées dans les mêmes conditions climatiques. La perte en poids des graines ( $P$ ), exprimée en g/kg, était déterminée par la formule :

$$P \text{ (g/kg)} = (P_{Gr} - P_{Ge} / P_{Gr}) \times 1000$$

$P_{Gr}$  et  $P_{Ge}$  représentent respectivement le poids des graines des lots de référence et celui des graines issues de l'expérience.

### Analyse des données

Les taux d'accroissement intrinsèque des populations des différentes espèces ont été calculés à partir des effectifs d'insectes émergés pendant toute la durée du stockage. Les données concernant les pertes en poids des graines ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) suivie d'une séparation des moyennes par le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls. Le seuil de signification retenu était de 5%.

### Résultats

#### Influence de la disponibilité des hôtes dans les greniers, au moment de l'introduction des deux espèces de parasitoïdes, sur la compétition interspécifique

##### *Evolution des populations de D. basalis et d'E. vuilleti introduits en début de stockage*

Lorsque les deux espèces de parasitoïdes étaient en compétition dès le début du stockage, la population de *D. basalis* augmentait moins que

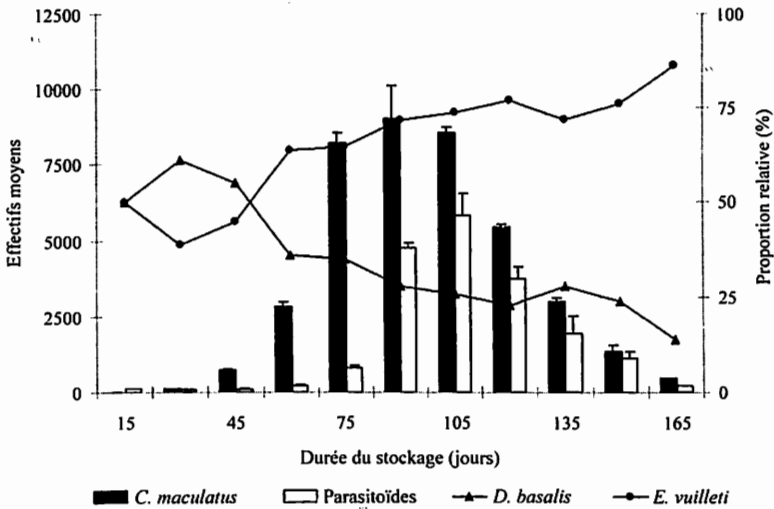


Fig. 1. Variations temporelles moyennes des effectifs d'insectes morts collectés dans les jarres ( $\pm$  écart type) et des proportions relatives de chaque espèce de parasitoïdes lorsqu'elles sont en compétition dès le début de stockage (jarres  $(Db + Ev)_1$ ).

Tableau 1. Influence de la période d'introduction des deux espèces de parasitoïdes sur les nombres d'insectes émergés ( $N_t$ ) et les taux d'accroissement intrinsèques ( $r$ ) de leurs populations après 165 jours de stockage. A et B correspondent aux deux répétitions.

Période d'introduction des parasitoïdes	Situations expérimentales	<i>D. basalis</i>			<i>E. vuilleti</i>	
		$N_i$	$N_t$	$r$	$N_t$	$r$
Début de stockage	$(Db + Ev)_1$ A	60	4 715	4,36	12 899	5,37
	$(Db + Ev)_1$ B		5 327	4,49	9 695	5,08
	Moyenne		5 021	4,43	11 297	5,24
Deux mois plus tard	$(Db + Ev)_2$ A	60	14 719	5,50	10 088	5,12
	$(Db + Ev)_2$ B		16 597	5,62	10 654	5,18
	Moyenne		15 658	5,56	10 371	5,15

celle d'*E. vuilleti*, celle-ci étant l'espèce dominante de parasitoïde à la fin de l'expérience (tableau 1). Les taux d'accroissement de leurs populations étaient en moyenne de 4,43 et de 5,24 respectivement pour *D. basalis* et *E. vuilleti*.

La figure 1 analyse les variations d'effectifs des deux espèces de parasitoïdes en présence de l'hôte au cours du stockage. Les effectifs de parasitoïdes augmentaient en même temps que ceux de *C. maculatus* selon un processus de densité dépendance ; les pics de croissance des populations d'hôtes et de parasitoïdes étaient décalés de 15 jours. A partir du 2<sup>ème</sup> mois de stockage, les proportions d'adultes de *D. basalis* dans la communauté parasitaire diminuaient progressivement jusqu'à la fin de l'étude. Cette espèce était donc progressivement éliminée par la compétition.

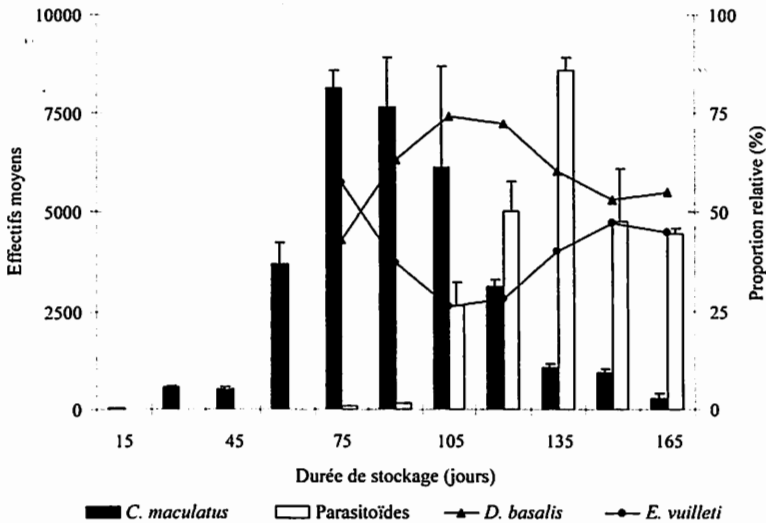


Fig. 2. Variations temporelles moyennes des effectifs d'insectes morts collectés dans les jarres ( $\pm$  écart type) et des proportions relatives de chaque espèce de parasitoïdes lorsqu'elles sont en compétition après deux mois de stockage (jarres  $(Db + Ev)_2$ ).

Tableau 2. Influence de la période d'introduction des deux espèces de parasitoïdes sur la croissance de la population de *C. maculatus* après 165 jours de stockage. A, B correspondent aux deux répétitions.

Période d'introduction des parasitoïdes	Situations expérimentales	$N_i$	$N_t$	r	$T_r$ (%)
	$T_0$ A	500	64 492	4,86	
	$T_0$ B		66 820	4,89	
	Moyenne		65 656	4,88	
Début de stockage	$(Db + Ev)_1$ A	500	40 346	4,39	40,1
	$(Db + Ev)_1$ B		38 303	4,34	
	Moyenne		39 325	4,37	
Deux mois plus tard	$(Db + Ev)_2$ A	500	32 904	4,19	51,9
	$(Db + Ev)_2$ B		30 224	4,10	
	Moyenne		31 564	4,15	

#### Evolution des populations de *D. basalis* et d'*E. vuilleti* introduits deux mois plus tard

Dans cette situation où les deux espèces étaient introduites en présence d'un plus grand nombre d'hôtes, les résultats de la compétition interspécifique étaient différents. En effet, à la fin de l'expérience, *D. basalis* devenait l'espèce dominante (tableau 1). Le taux d'accroissement moyen de sa population, de 5,56 était supérieur à celui d'*E. vuilleti* (5,15). Alors que les parasitoïdes étaient introduits avec un retard de 2 mois, la population de *D. basalis* se développait mieux que dans la situation précédente. Les taux d'accrois-

sement de la population d'*E. vuilleti* étaient par contre similaires dans les deux situations de compétition (tableau 1).

La figure 2 montre ici la dominance de *D. basalis* qui représente plus de 70% des parasitoïdes jusqu'au 120<sup>ème</sup> jour de stockage. Plus tard, ces proportions diminuaient mais demeuraient supérieures à 50% jusqu'à la fin de l'expérience.

#### *Impact des deux espèces de parasitoïdes en compétition sur la population de C. maculatus*

Le développement des deux espèces de parasitoïdes entraînait une réduction des effectifs de *C. maculatus* par rapport au témoin (tableau 2). Les taux de réduction des effectifs de *C. maculatus* étaient en moyenne de 40,1% lorsque les parasitoïdes étaient introduits au début de stockage et de 51,9% quand ces introductions intervenaient deux mois plus tard. Les taux moyens d'accroissement intrinsèque de la population de *C. maculatus* étaient de 4,88 dans le témoin ; ils étaient de 4,36 et de 4,14 lorsque les parasitoïdes étaient introduits respectivement au début du stockage ou deux mois plus tard. Cependant, la présence des deux espèces de parasitoïdes n'entraînait pas un bon contrôle de la population du ravageur.

#### **Effets d'introductions supplémentaires de *D. basalis*, en présence d'*E. vuilleti*, sur la population de *C. maculatus***

Le tableau 3 montre les effets de différentes introductions d'adultes de *D. basalis*, en présence d'*E. vuilleti*, sur la population de *C. maculatus* et les pertes en poids des graines. Dans tous les lots où les parasitoïdes ont été introduits, les effectifs de *C. maculatus* et les pertes en poids des graines

Tableau 3 : Effets d'introductions supplémentaires de *D. basalis*, en présence d'*E. vuilleti*, sur la croissance de la population de *C. maculatus* et les pertes en poids des graines après 165 jours de stockage.

	Nombre d'introductions de <i>D. basalis</i>	N <sub>i</sub>	N <sub>f</sub>	r	T <sub>r</sub> (%)	P (g/kg)
T <sub>0</sub> 1			64 492	4,86		
T <sub>0</sub> 2	0	500	66 820	4,89		
Moyenne			65 656	4,88		791,2 ± 11,4 a <sup>1</sup>
A 1			6 071	2,50		
A 2	2 ( <i>E. vuilleti</i> absent)	500	7 068	2,65		
Moyenne			6 570	2,57	90,0	85,3 ± 2,1 c
B 1			13 096	3,26		
B 2	2 ( <i>E. vuilleti</i> présent)	500	11 564	3,14		
Moyenne			12 330	3,20	81,2	121,0 ± 3,1 b
C 1			8 769	2,86		
C 2	5 ( <i>E. vuilleti</i> présent)	500	7 495	2,71		
Moyenne			8 132	2,79	87,6	106,3 ± 3,1 bc

<sup>1</sup> Les moyennes (± écart type) suivies de lettres alphabétiques différentes sont significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls,  $P = 0,05$ .



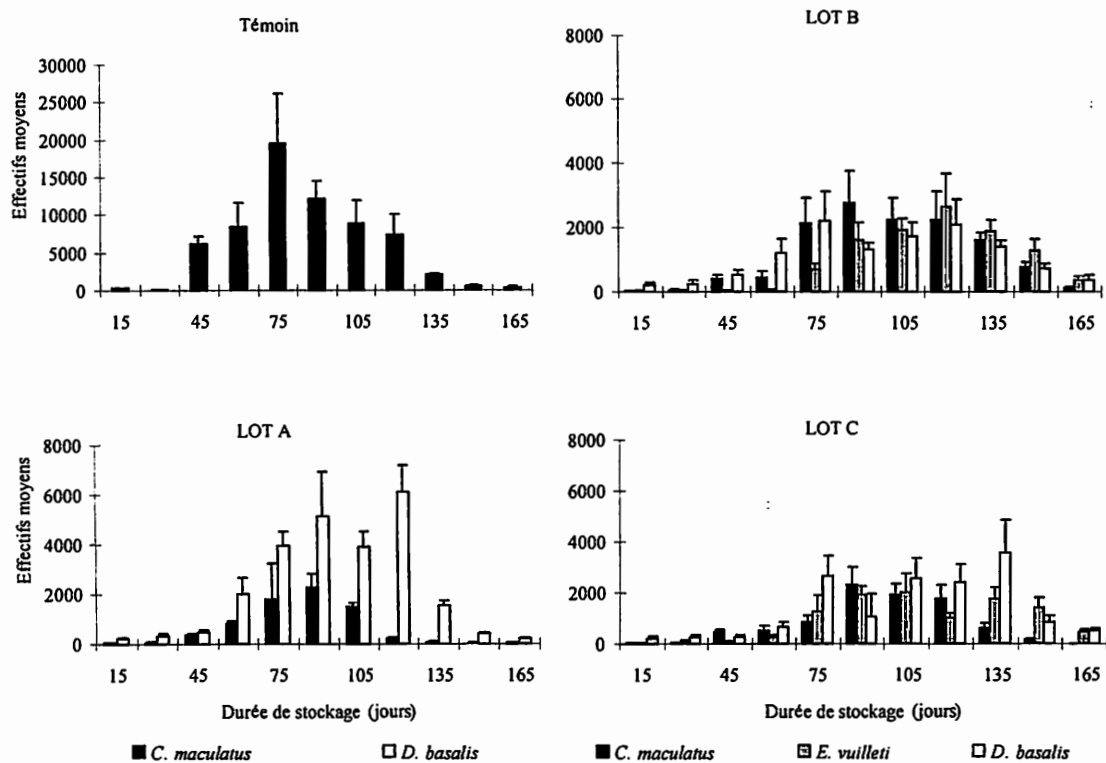


Fig. 3. Variations temporelles moyennes des effectifs d'insectes morts collectés dans les jarres ( $\pm$  écart type) au cours du stockage. Témoïn : absence totale de parasitoïdes, Lot A : 2 introductions d'adultes de *D. basalis* seul, Lot B : 2 introductions d'adultes de *D. basalis* en présence d'*E. vuilleti*, Lot C : 5 introductions de *D. basalis* en présence d'*E. vuilleti*.

étaient réduits par rapport au témoin. Cette réduction était plus importante dans les lots où *D. basalis* était seul en absence de compétition interspécifique ( $T_1 = 90\%$  et  $P = 85,3 \pm 2,1$  g/kg). Les introductions d'adultes de *D. basalis* en présence d'*E. vuilleti* permettaient quand même un bon contrôle de la population de *C. maculatus* puisque la réduction des effectifs était supérieure à 80% par rapport au témoin. De même, les pertes en poids des graines étaient inférieures à 12%.

L'analyse de l'évolution comparée des effectifs d'hôtes et de parasitoïdes (figure 3) montre cette réduction des effectifs de *C. maculatus* au cours du stockage. Les effectifs de *C. maculatus* étaient maintenus dans les lots à introductions de *D. basalis* à moins de 2.000 individus à chaque date d'observation alors qu'ils étaient au maximum de 20.000 dans le témoin. Les différentes introductions de *D. basalis* ont favorisé le maintien de forts taux de parasitisme pendant toute la durée de stockage malgré la présence d'*E. vuilleti*.

### Discussion

Dans les systèmes de stockage du niébé, l'évolution des populations d'hôtes et de parasitoïdes est soumise à des interactions complexes. *D. basalis* et *E. vuilleti*, se développant aux dépens des mêmes hôtes, entrent en concurrence pour assurer le développement de leur descendance respective. Les études réalisées confirment que les deux espèces peuvent se maintenir dans les stocks durant plusieurs générations même si *D. basalis* a tendance à être éliminée (MONGE & HUIGNARD, 1991). Le nombre et la qualité des hôtes disponibles varient au cours du temps dans les systèmes de stockage. Ce sont ces variations qui déterminent l'intensité de la compétition interspécifique et le maintien des deux espèces dans ces systèmes clos. Les résultats de cette étude montrent que lorsque la compétition s'installait à un moment où le nombre d'hôtes disponibles était élevé, l'issue de la compétition était différente. Dans ces conditions, *D. basalis*, qui possède de meilleures capacités reproductrices, exploitait les hôtes disponibles et sa population augmentait plus vite que celle de son concurrent. La variation des réponses entre espèces concurrentes vis-à-vis des variations de la disponibilité d'hôtes peut effectivement permettre leur coexistence (UTIDA, 1957 ; CHESSON, 1986). Les stratégies reproductrices développées par les deux espèces en compétition sont conformes à la théorie de l'« optimal foraging » qui veut que chaque espèce donne les meilleures chances de survie à sa descendance (CHARNOV, 1976). En effet, une étude des capacités de dispersion de *D. basalis* et d'*E. vuilleti* dans des systèmes expérimentaux de stockage a révélé que les femelles de chacune des deux espèces se concentraient dans les zones précises où les chances de survie de leur descendance étaient élevées (GAUTHIER *et al.*, 1999). L'importance du nombre d'hôtes disponibles sur le résultat de la compétition interspécifique, mise en évidence chez les trichogrammes parasites (SASABA, 1965, 1966), a été plus rarement étudiée chez *D. basalis* et *E. vuilleti*. En présence d'un faible nombre d'hôtes, les interactions compétitives entre ces deux espèces sont très importantes alors qu'il semble y avoir un partage des ressources avec l'accroissement de la densité d'hôtes (SANON *et al.*, 1999).

Dans plusieurs zones d'Afrique de l'Ouest, *D. basalis* et *E. vuilleti* émergent des stocks de niébé provenant de contaminations naturelles. Dans ces conditions, leur antagonisme peut se révéler favorable à la population d'hôtes

(MONGE & HUIGNARD, 1991 ; MONGE *et al.*, 1995). Un des résultats attendus de cette étude est la détermination des modalités d'application de la lutte biologique à l'aide de *D. basalis* même en présence de l'espèce concurrente. Les introductions mensuelles d'adultes de *D. basalis* au cours de cette étude, soit pendant les deux premiers mois de stockage soit pendant toute la durée du stockage, ont permis une réduction importante de la population de *C. maculatus* même lorsque *E. vuilleti* était présent. Ce résultat peut s'expliquer par une meilleure exploitation des hôtes par *D. basalis* au moment des introductions. En effet, il est possible que les hôtes qui échappaient à *E. vuilleti* aient été parasités par *D. basalis* dont la population était régulièrement renforcée. La poursuite des introductions pendant la durée du stockage n'est pas indispensable, cependant il est important que la dernière introduction se fasse à un moment où la densité de l'hôte commence à augmenter dans le grenier. C'est dans ces conditions que la compétition interspécifique est moins intense et que *D. basalis* peut exprimer ses fortes capacités reproductrices. Les études antérieures menées dans des conditions similaires ont montré qu'en raison de l'infestation initiale et des variations climatiques, la population de *C. maculatus* ne s'accroît véritablement qu'à partir du 2<sup>ème</sup> mois de stockage (OUEDRAOGO *et al.*, 1996; SANON *et al.*, 1998). C'est donc à cette période que la population de *D. basalis* doit être renforcée car il est probable que la population d'hôtes échappe en ce moment à *E. vuilleti* qui est un mauvais agent de lutte biologique (MONGE *et al.*, 1995; SANON & OUEDRAOGO, 1998). Dans tous les cas, la connaissance parfaite des mécanismes qui déterminent les modalités de la compétition interspécifique dans les systèmes de stockage est indispensable pour la mise au point d'une méthode de contrôle biologique des populations de *C. maculatus*, ravageur du niébé en Afrique de l'Ouest. Le développement d'une telle méthode reste conditionné par la mise au point d'une technique économique de production de masse des parasitoïdes, la conduite de tests à grande échelle dans les greniers paysans, ainsi que les études de la rentabilité économique de son application par les agriculteurs. Il sera également important de rechercher les moyens de combiner harmonieusement la lutte biologique avec d'autres méthodes de lutte, notamment celles déjà utilisées par les paysans, pour une protection intégrée des stocks de niébé.

#### Remerciements

Les auteurs remercient l'Union Européenne qui a assuré le financement des recherches relatives au contrôle biologique des Bruchidés ravageurs du niébé en Afrique de l'Ouest à travers le contrat de Recherche No. TS3 CT93 0201.

#### Références

- AMEVOIN, K., 1998 - Activités reproductrices et réponses comportementales de *Dinarmus basalis* et de *Eupelmus vuilleti* en présence de leur hôte *Callosobruchus maculatus* en zone guinéenne au Togo. Thèse de Doctorat, 152 p.
- BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R., 1990 - Ecology: individuals, populations and communities. 2nd edn. 943 pp. Oxford, Blackwell.
- CASWELL, G., 1961 - The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria. *Tropical Science* 3: 154-158.

- CHARNOV, E. L., 1976 - Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9: 129-136.
- CHESSON, P. L., 1986 - Environmental variation and the coexistence of species. pp. 240-256. In Diamond J & Case T. J. (eds), *Community Ecology*. Harper and Row, New York Publ.
- DOUMMA A. & ALZOUMA I., 2000 - Essai de lutte biologique contre *Bruchidius atrolineatus* et *Callosobruchus maculatus*, ravageurs de niébé en zone sahélienne. *Science Agronomie & Développement*, 2 (1) : 20-28.
- GAUTHIER, N., 1996 - Etude d'un ectoparasitoïde *Dinarmus basalis* Rond. (Hym.: Pteromalidae) en situation de compétitions intra et interspécifique: activité reproductrice et réponses comportementales. *Thèse de Doctorat, Université Tours*, 183 p.
- GAUTHIER, N., SANON A., MONGE J. P. AND HUIGNARD J., 1999 - Interspecific relations between two sympatric species of Hymenoptera, *Dinarmus basalis* Rond. and *Eupelmus vuilleti* Crw. ectoparasitoids of the Bruchid *Callosobruchus maculatus* Fab. *Journal of Insect Behavior*, 12 (3): 399-413.
- GOMEZ-ALVAREZ, L. E., 1980 - Etudes de quelques aspects de la biologie d'un chalcidien *Dinarmus basalis* nécessaires à l'étude du taux sexuel. *Thèse Université Tours*, 96 p.
- HUIGNARD, J., 1985 - Importance des pertes dues aux insectes ravageurs des graines: problèmes posés par la conservation des légumineuses alimentaires, source de protéines végétales. *Cahier de Nutrition et Diététique XX*, 3: 193-199.
- HUIGNARD, J. & MONGE, J. P., 1993 - Lutte biologique contre les Coléoptères ravageurs de niébé (*Vigna unguiculata*) dans les systèmes de stockage en Afrique de l'Ouest. In: *Troisième Conférence Internationale sur les ravageurs en Agriculture*. pp. 331-339.
- JACKAI, L.E. N. & DAoust, R. A., 1986 - Insect pests of cowpeas. *Annual Review of Entomology*, 31: 95-119.
- LEVÊQUE, L., MONGE, J. P., ROJAS-ROUSSE, D., VAN ALEBEEK, F. & HUIGNARD, J., 1993 - Analysis of multiparasitism by *Eupelmus vuilleti* Crw (Eupelmidae) and *Dinarmus basalis* Rond (Pteromalidae) in the presence of one of their common hosts, *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae). *Oecologia*, 94: 272-277.
- MONGE, J. P. & HUIGNARD, J., 1991 - Population fluctuations of two Bruchid species *Callosobruchus maculatus* Fab. and *Bruchidius atrolineatus* Pic. and their parasitoids *Dinarmus basalis* Rond. and *Eupelmus vuilleti* Cwlf. (Hym., Pteromalidae, Eupelmidae) in a storage situation in Niger. *Journal of African Zoology*, 105: 187-196.
- MONGE, J. P., DUPONT, P., IDI, A. & HUIGNARD, J., 1995 - The consequences of interspecific competition between *Dinarmus basalis* (Rond) and *Eupelmus vuilleti* (Crw) on the development of their host populations. *Acta Oecologica*, 16 (1): 19-30.
- OUEDRAOGO, A. P., 1991 - Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptère:Bruchidae). Son importance sur la biologie des populations de ce Bruchidae. *Thèse de Doctorat d'Etat. Université François Rabelais, Tours*. 113 p.
- OUEDRAOGO, A. P., SOU, S., SANON, A., MONGE, J. P., HUIGNARD, J., TRAN, M. D. & CREDLAND, P. F., 1996 - Influence of temperature and humidity on populations of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) in two zones of Burkina Faso. *Bulletin of Entomological Research*, 86: 695-702.
- SANON, A., & OUEDRAOGO A. P., 1998 - Etude des variations des paramètres démographiques de *Callosobruchus maculatus* F. et de ses parasitoïdes, *Dinarmus basalis* Rond. et *Eupelmus vuilleti* Crw. sur le niébé dans une perspective de lutte biologique. *Insect Science and its Application*, 18 (3): 241-250.
- SANON, A., OUEDRAOGO A. P., TRICAULT Y., CREDLAND P. F. AND HUIGNARD J., 1998 - Biological control of Bruchids in cowpea stores by release of *Dinarmus basalis* (Hym.: Pteromalidae) adults. *Environmental Entomology*, 27 (2): 717-725.

- SANON, A., GAUTHIER N. & HUIGNARD J., 1999 - Compétition interspécifique entre deux parasitoïdes de larves de Bruchidae, *Dinarmus basalis* (Rond.) et *Eupelmus vuilleti* (Crw.) (Hym.: Pteromalidae, Eupelmidae): Importance de la densité et de la qualité des hôtes sur le succès parasitaire des deux espèces. *Annales de la Société Entomologique de France*, 35: 421-426.
- SASABA, T., 1965 - Interspecific competition between two species of Trichogrammatidae. Second report: how are the competition outcomes influenced by the difference of host's distribution? *Japanese Journal of Ecology*, 15 (5): 189-193.
- SASABA, T., 1966 - Interspecific competition between two species of Trichogrammatidae. III - The analytical study of the competition. *Research on Population Ecology*, 8: 102-106.
- SCHULTEN, G. G. M. & ADAMS, J. M., 1978 - Losses caused by insects, mites and microorganisms. In Harris, K. L. & Lindblad (eds.), *Postharvest grain loss assesment methods*. 193 pp.
- STANTON, W. R., 1970 - Les légumineuses à graines en Afrique. 199 p. FAO Publ.
- TERRASSE, C., NOWBAHARI, B. & ROJAS-ROUSSE, D., 1996 - Sex ratio regulation in the wasp *Eupelmus vuilleti* Crwf (Hymenoptera: Eupelmidae), an ectoparasitoid of bean weevil larvae. *Journal of Insect Behavior*, 9 (2): 251-263.
- UTIDA, S., 1957 - Population fluctuation, an experimental and theoretical approach. *Cold spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, 22: 139-151.
- VAN ALEBEEK, F. A. N., 1991 - Interspecific host discrimination by two solitary ectoparasitoids of immature stages of Bruchidae. *Med. Fac. Land. Rijksuniv gent*, 56/3b: pp 1011-1020.
- VAN ALEBEEK, F. A. N, ROJAS-ROUSSE, D. & LEVÊQUE, L., 1993 - Interspecific competition between *Eupelmus vuilleti* and *Dinarmus basalis*, two solitary ectoparasitoids of Bruchidae larvae and pupae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 69: 21-31.
- VAN HUIS, A., KAASHOEK, N. K. & MAES, H. M., 1991 - Biological control of bruchids (Col.: Bruchidae) in stored pulses by using egg parasitoids of the genus *Uscana* (Hym.: Trichogrammatidae): a review. In F. Fleurat-Lessard & P. Ducom (eds), *Proceedings of the 1rst International Working Conference on stored-product Protection*, 2: 99-108.
- VAN HUIS, A., ARENDSE, P. W., SCHILTHUISEN, M., WIEGERS, P. P., HEERINGS, H., HULSHOF, M. & KAASHOEK, N. K., 1994 - *Uscana lariophaga*, egg parasitoid of bruchid beetle storage pests of cowpea in West Africa: the effect of temperature and humidity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 70: 41-53.