

**Etude de quelques paramètres biologiques de
Aprostocetus procerae Risbec (Hymenoptera, Eulophidae),
parasitoïde pupal de la cécidomyie africaine du riz,
Orseolia oryzivora (Diptera, Cecidomyiidae)**

N.M. BA¹, D. DAKOUO¹, S. NACRO¹ & P.A. OUEDRAOGO²

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Station de Kamboinsé 01 B.P. 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso (Tel : (+226): 50319275, Fax : (+226) 50 340271) (e-mail : malick.ba@messrs.gov.bf ou ddakouo@fasonet.bf).

² Université de Ouagadougou, UFR des Sciences de la Vie et de la Terre 01 B.P. 7021 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

Abstract

Study of *Aprostocetus procerae*, Risbec (Hymenoptera, Eulophidae) biological parameters, the pupal parasitoid of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* (Diptera, Cecidomyiidae). - *Aprostocetus procerae* (Hymenoptera, Eulophidae) is one of the two major parasitoids of the African Rice Gall Midge, *Orseolia oryzivora*. Parasitoid development was possible only on gall midge ranging between 16 and 26 days old. The average developmental time is 5 days for larvae and 6 days for pupae. Adult males emerged 15 days after host infestation while females required 16 days. The sex ratio in lab rearing was 2 males / 3 females whereas it reached 1 male / 2 females for wild population. Life span of adults provided with honey was in average 6 days for females and 5 days for males. Unfed individuals lived only three days. An average of 7 offspring per female was produced. The potential of *A. procerae* in a biological control program of the African Rice Gall Midge is discussed.

Keywords : developmental time, sex ratio, life span.

Introduction

La cécidomyie africaine du riz, *Orseolia oryzivora* HARRIS & GAGNÉ, 1982 (Diptera, Cecidomyiidae), est un important ravageur du riz dans une vingtaine de pays d'Afrique subsaharienne (ANONYME, 1984 ; WILLIAMS *et al.*, 2002). Les dégâts de la cécidomyie sont dus aux larves qui se nourrissent au niveau de la zone de croissance des talles provoquant la formation d'une structure

tubulaire appelée galle (DESCAMPS, 1956). Toute talle attaquée est perdue car la galle empêche la formation de la panicule. Au Burkina Faso, la cécidomyie du riz est le principal ravageur du riz irrigué en saison humide de culture dans le sud-ouest. Elle occasionne des dégâts atteignant souvent 60% (DAKOUO *et al.*, 1988 ; NACRO *et al.*, 1995). Ces taux de dégâts sont à l'origine de pertes importantes de rendements. En effet pour tout accroissement de 1% des dégâts on enregistre des pertes en rendement de 2 à 3% (NACRO *et al.*, 1996 ; WILLIAMS *et al.*, 1999).

L'importance économique de la cécidomyie africaine du riz a justifié de nombreux travaux sur sa bio-écologie. Ceux-ci ont notamment permis d'identifier deux importants hyménoptères parasitoïdes qui lui sont inféodés. Ce sont, *Platygaster diplosisae* RISBEC, 1956 (Hymenoptera, Platygasteridae) et *Aprostocetus procerae* RISBEC, 1956 (Hymenoptera, Eulophidae) (FEIJEN & SCHULTEN, 1983 ; UMEH & JOSHI, 1993 ; NACRO *et al.*, 1995). Ces parasitoïdes occasionnent ensemble plus de 70% de mortalité de la cécidomyie en fin de saison humide de culture dans le sud-ouest du Burkina Faso (DAKOUO *et al.*, 1988 ; NACRO *et al.*, 1995) et agissent de façon complémentaire en s'attaquant à des stades différents de l'hôte (NACRO, 1994).

Platygaster diplosisae est un endoparasitoïde grégaire des œufs et larves de la cécidomyie. Il dépose ses œufs dans les larves de premier stade de l'hôte avant que celles-ci ne s'installent dans la tige de riz. Le développement de la larve infestée se poursuit jusqu'au troisième stade où elle meurt. Les adultes de *P. diplosisae* se libèrent de la dépouille de l'hôte, remontent la cavité gallicole et émergent en perçant de petits orifices. D'une larve de cécidomyie émerge en moyenne 38 adultes de *P. diplosisae* (NACRO, 1994).

Aprostocetus procerae est le parasitoïde le plus important de la cécidomyie avec plus de 50% de parasitisme (SIBOMANA, 1999). C'est un ectoparasitoïde solitaire des pupes de la cécidomyie. La femelle paralyse la pupa de cécidomyie à l'intérieur de la galle en lui injectant un venin puis dépose un œuf à côté d'elle. La larve du parasitoïde reste collée à la pupa de cécidomyie, se développe à son dépend en aspirant l'hémolymphe; l'adulte émerge de la galle en perçant un orifice (NACRO, 1994).

L'action des deux parasitoïdes reste limitée du fait qu'elle intervient à un moment où les dégâts de la cécidomyie se sont déjà produits (NACRO *et al.*, 1995). De plus les données sur leur biologie restent fragmentaires pour envisager leur utilisation effective en lutte biologique.

Ce travail a pour but de déterminer la période optimale de lâcher de *A. procerae* après infestation du riz par la cécidomyie. Notre intérêt s'est également porté sur l'étude des paramètres suivants : le nombre d'individus produits par descendance et le pourcentage de parasitisme, la détermination de la durée de développement des stades pré-imaginaux et de la durée totale de développement post-embryonnaire, l'étude sur la longévité et le sex-ratio des adultes.

Matériel et méthodes

Les études ont été menées en laboratoire ($T^{\circ} = 28,2 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$, H.R. = $57 \pm 1,1\%$, photopériode 12/12) et dans un insectarium de plein air ($T^{\circ} = 27,1 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$, H.R. = $59 \pm 2,7\%$, photopériode 12/12).

Les adultes de cécidomyie ont été élevés selon la méthodologie d'élevage mise au point par BOUCHARD *et al.* (1992).

Le parasitoïde *A. proceræ* a été collecté sur le terrain à partir des galles raménées de la plaine rizicole de Karfiguéla dans le sud-ouest du Burkina. Les galles sont conservées dans des seaux remplis d'eau et recouverts d'une toile moustiquaire. Les parasitoïdes émergents des galles sont collectés tous les matins grâce à un aspirateur et conservés au laboratoire dans des boîtes en plastique (6 cm \times 3 cm) recouvertes d'une toile moustiquaire. Du coton imbibé d'eau puis de miel (issu du commerce) est déposé à l'intérieur des boîtes pour l'alimentation des parasitoïdes.

Détermination du délai optimal de lâcher de *Aprostocetus proceræ* après infestation du riz par la cécidomyie

Des jeunes plants de riz d'une variété sensible à la cécidomyie (ITA 123) ont été produits dans des pots en plastique de 14,5 cm de diamètre. Ces pots ont été remplis d'un sol de nature sablo-argileuse. Ils ont été ensuite placés dans des cages en bois de dimensions 43 cm \times 43 cm \times 60 cm. Les cages sont équipées au plafond d'un système d'humidification constitué d'une rampe en fer munie de buses et relié au système d'alimentation en eau courante. Chaque cage contenait 8 pots de 3 plants de riz chacun. Le riz a été infesté deux semaines après semis avec dix femelles de cécidomyies par cage. Vingt quatre heures après les infestations du riz par la cécidomyie, le système d'humidification est mis en marche et ce pendant 72 heures. Ce système permet d'obtenir à l'intérieur des cages une hygrométrie proche de la saturation indispensable au développement des œufs et à la mobilité des larves de la cécidomyie. Dix couples de parasitoïdes âgés de 1 jour ont été ensuite lâchés par cage. Des intervalles de 7 à 30 jours entre la date d'infestation du riz par la cécidomyie et le lâcher des parasitoïdes ont été testés. Les traitements correspondent aux intervalles de temps 7, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 et 30 jours. Pour chaque traitement, l'expérimentation a été réalisée dans 4 cages correspondant à quatre répétitions. Le nombre des parasitoïdes émergents et la durée de leur développement ont été relevés tous les jours pendant 30 jours.

Etude sur le nombre d'individus produits par descendance et le pourcentage de parasitisme

Dans cette étude le lâcher des parasitoïdes (âgés de 1 jour) à l'intérieur des cages (les mêmes que précédemment) a eu lieu 22 jours après l'infestation du riz par la cécidomyie. Un nombre variable de 1, 3, 5 et 10 couples de parasitoïdes a été utilisé par lâcher. Les traitements correspondent au nombre de couples de parasitoïdes lâchés par cage. Pour chaque traitement, le lâcher

est réalisé dans 4 cages représentant 4 répétitions. Les observations ont porté sur le nombre de parasitoïdes émergents et le pourcentage de parasitisme de l'hôte. Le nombre de descendance par couple a été calculé à partir du rapport du nombre total d'individus ayant émergés sur le nombre de couples utilisés pour l'infestation.

Détermination de la durée de développement des stades pré-imaginaux et de la durée totale du développement post-embryonnaire de *A. procerae*

L'étude a été réalisée dans des cages de dimensions (60 cm × 90 cm × 65 cm) plus grandes que précédemment afin de disposer d'une quantité suffisante de matériel végétal à disséquer. A cet effet, le riz (variété ITA 123 sensible à la cécidomyie) a été semé dans des bacs sur 7 lignes de 12 poquets chacune. Deux semaines après semis, le riz a été infesté avec la cécidomyie à raison de 25 femelles (âgées de 1 jour) par cage. Vingt quatre heures après les infestations du riz par la cécidomyie, le système d'humidification a été mis en marche et ce pendant 72 heures. Vingt deux jours après l'infestation du riz par la cécidomyie, 30 couples de parasitoïdes ont été lâchés par cage et retirés des cages 24 heures après le lâcher. Quatre cages représentant chacune une répétition ont été utilisées. Vingt quatre heures après le lâcher des parasitoïdes, trois touffes de riz par cage ont été disséquées chaque jour pendant 30 jours pour déterminer les parasitoïdes présents et leur stade de développement (larve ou puppe).

La durée du développement larvaire correspond au nombre de jours pendant lequel les larves ont été observées. La durée du développement pupal correspond au nombre de jours pendant lequel les pupes ont été observées. Une moyenne de la durée de développement larvaire et pupal a été faite sur la base des 4 répétitions.

Le temps de développement total par sexe a été calculé à partir du nombre de jours entre la date de lâcher des parasitoïdes et les dates d'émergences.

Etude au laboratoire de la longévité et du sex-ratio des adultes de *A. procerae*

L'étude sur la longévité des adultes a porté sur 200 individus de chaque sexe dont 100 individus ont été pourvus de miel et les 100 autres n'ont pas été alimentés. Le sex-ratio des populations sauvages de *A. procerae* a été déterminé en dénombrant les mâles et femelles émergents des galles de cécidomyies récoltées dans les champs. Le sex-ratio de la population d'élevage a été calculé à partir des adultes émergents des infestations en cage.

Analyses des données

Le logiciel Statview (SAS 1992-1998) a servi à l'analyse de variance des données après transformations (racine carré et logarithme) selon les méthodes décrites par GOMEZ et GOMEZ (1984). La comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Student Newman Keuls. Le sex-ratio des individus sauvages et de ceux issus des infestations en cage ont été comparés par le test de χ^2 .

Résultats

Délai optimal de lâcher de *A. procerae* après infestation du riz par la cécidomyie

Aucun développement de parasitoïde n'a été observé avant un délai de 16 jours ou après 26 jours entre l'infestation du riz par la cécidomyie et le lâcher des parasitoïdes (Fig. 1). Le nombre moyen de parasitoïdes obtenus par infestation a varié de 9 à 14 individus en fonction du nombre de jours entre l'infestation du riz par la cécidomyie et le lâcher des parasitoïdes. Le plus grand nombre d'individus émergeant (14 individus) a été obtenu quand le lâcher des parasitoïdes a lieu 22 jours après l'infestation du riz par la cécidomyie (Fig. 1). Toutefois aucune différence significative n'a été observée entre les intervalles de jours (16-26) pour lesquels le développement de parasitoïdes a été observé ($P=0,57$). La durée du développement des parasitoïdes a significativement varié de 12 à 19 jours ($P<0,0001$). Elle a été de 3 à 6 jours plus courte quand le lâcher des parasitoïdes a été opéré tardivement (après 20 jours) (Fig. 2).

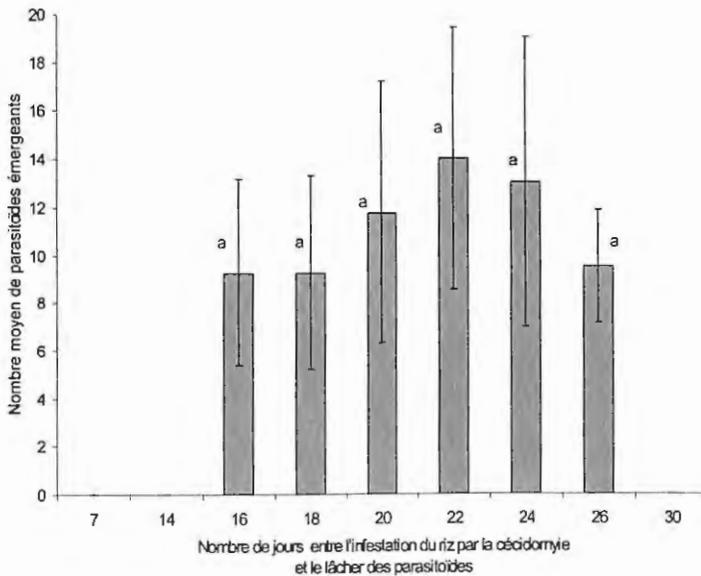


Fig. 1. Nombre moyen de parasitoïdes émergents en fonction du nombre de jours entre l'infestation du riz par la cécidomyie et le lâcher des parasitoïdes. (Les barres représentent les déviations standards de la moyenne; les nombres d'émergences suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité de 5%).

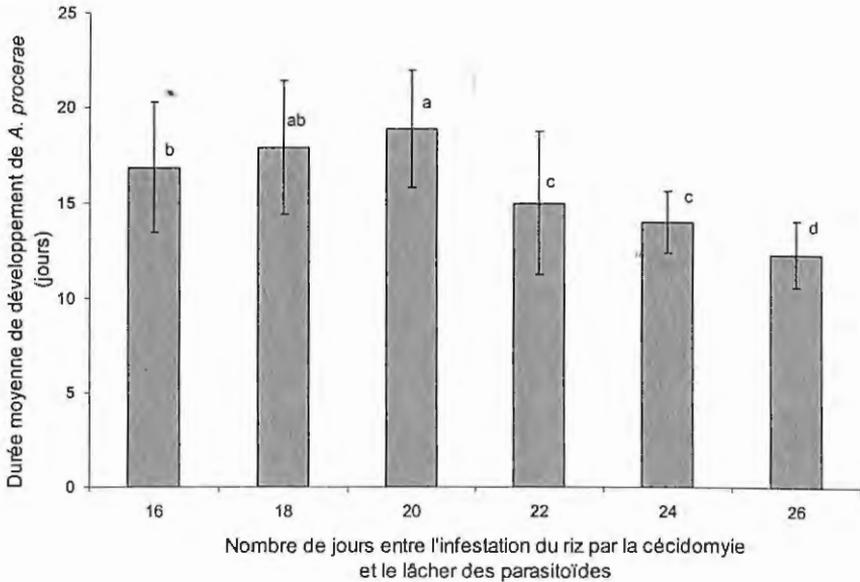


Fig. 2. Durée moyenne de développement de *Aprostocetus proceras* en fonction du nombre de jours entre l'infestation du riz par la cécidomyie et le lâcher des parasitoïdes. (Les barres représentent les déviations standards de la moyenne; les durées de développement suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%).

Nombre d'individus produits par descendance et pourcentage de parasitisme

Une différence significative ($P=0,0001$) a été observée entre le nombre d'individus produit par femelle en fonction du nombre de parasitoïdes utilisés par lâcher. Ainsi, plus le nombre de parasitoïdes utilisés par lâcher a été élevé, plus le nombre d'individus produits par femelle a été faible (tableau 1). Par contre aucune différence significative ($P=0,30$) n'a été observée pour le pourcentage de parasitisme (tableau 1).

Tab. 1. Nombre moyen de descendants par femelle et pourcentage de parasitisme de la cécidomyie en fonction du nombre de couples de parasitoïdes utilisés par lâcher (A l'intérieur d'une colonne les chiffres suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité de 5% (CV = Coefficient de variation).

Nombre de couples utilisés par lâcher	Nombre moyen de descendants par femelle (\pm déviation standard)	% moyen de parasitisme de la cécidomyie (\pm déviation standard)
1 couple	7 ± 1 A	$41,31 \pm 7,09$ A
3 couples	$3,56 \pm 0,69$ B	$55,74 \pm 8,24$ A
5 couples	$3,07 \pm 0,61$ BC	$54,81 \pm 5,19$ A
10 couples	$2,07 \pm 0,35$ C	$56,84 \pm 1,78$ A
	$P=0,0001$ CV=17,9%	$P=0,30$ CV=20%

Durée de développement des stades pré-imaginaux et durée totale du développement post-embryonnaire de *A. procerae*

Trois jours après le lâcher des parasitoïdes, les premières larves ont été observées. Elles sont généralement de coloration rouge brique puis deviennent blanchâtres après avoir aspiré l'hémolymphe de la pupa de cécidomyie. Toutefois, certaines larves du parasitoïde ont présenté la coloration blanche dès la première observation, notamment dans le cas où le parasitoïde dépose ses œufs près des pré-pupes de cécidomyie ou sur des pupes ne présentant pas la coloration rougeâtre. Six jours après les lâchers, tous les parasitoïdes observés étaient au stade larvaire. La durée du développement larvaire a été en moyenne de 5,28 jours (tableau 2). Les premières pupes ont été observées à partir du 7^e jour. Du 7^e au 12^e jour on observe à la fois des pupes et larves. A partir du 13^e jour on observe uniquement des pupes. La durée du développement pupal a été en moyenne de 6,49 jours (tableau 2). La durée moyenne de développement des femelles du stade embryonnaire à l'émergence des adultes a été significativement plus longue ($P=0,0006$) que celle des mâles (tableau 2).

Tab. 2. Durée de développement des stades pré-imaginaux et durée totale du développement post-embryonnaire de *Aprostocetus procerae* (CV = Coefficient de variation).

Stades		Durée moyenne en jours (± déviation standard)	Minimum	Maximum
Pré-imaginaux	Larves	5,28 ± 1,29	4	9
	Pupes	6,49 ± 2,23	4	11
Adultes	Femelles	16,48 ± 2,12 A	14	25
	Mâles	15,22 ± 2,05 B	13	22
		$P=0,0006$ CV=13,8%		

Longévité et sex-ratio des adultes de *A. procerae*

La longévité des individus nourris au miel a été significativement plus grande que celle des individus non alimentés aussi bien pour les femelles ($P<0,0001$) que pour les mâles ($P=0,0006$) (tableau 3). La durée moyenne de vie des adultes nourris au miel a été significativement plus longue pour les femelles que celle des mâles ($P=0,001$). Chez les individus non nourris, aucune différence significative de la longévité n'a été observée entre les sexes ($P=0,13$) (tableau 3).

Tab. 3. Longévité des adultes de *Aprostocetus procerae* nourris au miel et des adultes non alimentés en fonction des sexes. (A l'intérieur d'une colonne les chiffres suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité de 5%). Les valeurs entre parenthèses ont été transformées selon la formule $\log(x)$ (CV = coefficient de variation).

	Longévité moyenne en jours (± déviation standard)	
	Individus nourris au miel	Individus non alimentés
Mâles	5,08 ± 2,45 (0,74) B	2,61 ± 0,65 A
Femelles	6,4 ± 2,28 (0,85) A	3,1 ± 0,86 A
	$P=0,0003$; CV=22,1%	$P=0,13$; CV=27%

La population de *A. procerae* présente une proportion de deux femelles pour un mâle chez les individus sauvages contre trois femelles pour deux mâles chez les individus issus des infestations en cage ($\chi^2 = 7,83$; $P = 0,005$) (tableau 4).

Tab. 4. Sex-ratio de *Aprostocetus procerae* au sein de la population sauvage et de celle issue des infestations en cage.

	Population sauvage			Population issue des infestations en cage		
	Mâles	Femelles	Sex-ratio	Mâles	Femelles	Sex-ratio
Nombre total	108	225	1 : 2,08	99	142	1 : 1,43
	$\chi^2 = 7,83$ $P = 0,005$					

Discussion et Conclusion

Les paramètres biologiques de *A. procerae* sont comparables à ceux d'autres parasitoïdes. Ainsi la durée de développement embryonnaire plus longue chez les femelles que chez les mâles a été également observée par HUMMELEN et SOENARJO (1977) chez *Neanastatus oryzae*, un Eupelmidae ectoparasitoïde des pupes de la cécidomyie asiatique du riz. Les femelles de *A. procerae* vivent en moyenne plus longtemps que les mâles. Ceci a également été observé par OOI (1988) chez *Tetrastichus sokolowskii*, un Eulophidae parasitoïde des larves de *Plutella xylostella*. *A. procerae* a une faible productivité (en moyenne 7 individus produits par femelle). De telles faiblesses en capacité reproductrice ont été également observées sur *Ceraninus menes*, un Eulophidae parasitoïde de *Megalurothrips sjostedtii* (DIOP, 1999). La faible productivité de *A. procerae* pourrait être liée à une faible fécondité des femelles, une faible fertilité des œufs, une mortalité larvaire, ou à une faible disponibilité d'hôte de qualité. Cette productivité diminue quand les femelles sont en compétition. La compétition entre les femelles se fait donc au détriment du parasitisme de la cécidomyie. Les femelles ont peut être besoin d'une grande quantité d'hôte pour bien exprimer leurs capacités reproductrices comme cela est observé avec *Ceraninus femoratus* un Eulophidae parasitoïde de *Megalurothrips sjostedtii* (TAMO *et al.*, 2003). Des travaux futurs devraient permettre d'élucider cette question.

Le parasitisme ne peut s'effectuer que sur un stade avancé de l'hôte soit 16 à 26 jours après que la cécidomyie ait infesté le riz. Avant 16 jours la pupa de cécidomyie n'est pas formée. Au-delà de 26 jours la pupa de cécidomyie est trop âgée pour permettre son développement. La durée de développement de *A. procerae* est plus courte sur un hôte plus âgé probablement car l'hôte est de meilleure qualité. Sa durée de développement post-embryonnaire relativement courte (moins de 17 jours) peut permettre la production d'au moins six générations par an.

En dépit du fait qu'il est peu prolifique, *A. procerae* présente l'avantage d'avoir une proportion deux fois plus importante de femelles que de mâles comme la plupart des parasitoïdes hyménoptères (WAJNBURG, 1994). Le sex-

ratio enregistré sur la population sauvage est similaire à celui observé par NACRO (1994) sur le même site. Il est plus favorable aux femelles que celui enregistré sur la population issue de l'élevage. La différence entre les deux populations pourrait être due à de meilleures conditions environnementales dans la nature par rapport au laboratoire. Les cages pourraient également avoir engendré un stress modifiant le comportement de l'insecte. Quelle que soit la population considérée, *A. procerae* présente plus de femelles que de mâles contrairement au parasitoïde des larves de la cécidomyie africaine du riz, *Platygaster diplosisae*, qui a une descendance constituée en majorité de mâles (NACRO 1994).

A la lumière des résultats obtenus, le parasitoïde des pupes de la cécidomyie africaine du riz, *Aprostocetus procerae*, présente des atouts qui permettent d'envisager son utilisation dans un programme de lutte biologique. Le relatif faible temps de développement et le sex-ratio favorable aux femelles pourraient expliquer sans doute que les taux de pupes de cécidomyie parasitées par *A. procerae*, faibles en début de saison humide, atteignent 50% en fin de saison sur les périmètres rizicoles de l'Ouest du Burkina Faso (BA, 2003 ; SIBOMANA, 1999).

Cependant, une perspective d'utilisation du parasitoïde *A. procerae* contre la cécidomyie africaine du riz ne semble possible actuellement qu'avec la mise à contribution de la poacée sauvage *Paspalum scrobiculatum*. Cette plante abrite une espèce de cécidomyie, *Orseolia bonzii* différente de la cécidomyie du riz mais ayant le même cortège de parasitoïdes qu'elle (HARRIS *et al.* 1999). Ainsi l'aménagement de l'habitat par une disponibilité de cette poacée pourrait permettre d'augmenter la présence de *A. procerae* dans l'environnement rizicole dès le début de la saison.

Bibliographie

- ANONYME, 1984. - Distribution Maps of Insect Pests, Series A, map n°464 : *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné. Wallingford, UK: CAB International.
- BA N.M., 2003. - Cycle annuel de la cécidomyie africaine du riz *Orseolia oryzivora* Harris et Gagné (Diptera : Cecidomyiidae) en relation avec ses plantes hôtes ses parasitoïdes et certaines pratiques culturales au Sud-ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 121 pp.
- BOUCHARD D., OUEDRAOGO A., BOVIN G. & KINDA A., 1992. - Mass rearing and life cycle of the African Rice Gall Midge, *Orseolia oryzivora* H. & G., in Burkina Faso. *Tropical Pest Management*, 38 (4) : 450-454.
- DAKOUO D., NACRO S. & SIE M., 1988. - Evolution saisonnière des infestations de la cécidomyie du riz *Orseolia oryzivora* H. et G. (Diptera, Cecidomyiidae) dans le Sud Ouest du Burkina Faso. *Insect Science and its Application*, 9 (4) : 469-473.
- DESCAMPS M., 1956. - Deux diptères nuisibles au riz dans le nord Cameroun: *Pachydiplosis oryzae* Wood-Mason et *Pachylophus sp. aff. lugens* Loew. *Phytatrie Phytopharmacie*, 5 (2) : 109-116.
- DIOP K., 1999. - The biology of *Ceranisus menes* (Walker) (Hym., Eulophidae), a parasitoid of the bean flower thrips (Trybom) (Thys., Thripidae) : a comparaison

- between African and Asian populations. PhD thesis, University of Ghana, Legon. 164pp.
- FEIJEN H.R. & SCHULTEN G.G.M., 1983. - Notes on the African rice gall midge *Orseolia oryzivora* Harris & Gagné, (Diptera, Cecidomyiidae), with a redescription of its parasitoid *Tetrastichus pachydiplosisae* Risbec (Hymenoptera, Eulophidae). *Journal of Applied Entomology*, 96 : 509-520.
- GOMEZ A.K. & GOMEZ A.A., 1984. - Statistical procedures for agricultural research 2nd edition. International Rice Research Institut, Los Banos, Philippines, Johnwiley & Sons Inc. 680pp.
- HARRIS K.M. & GAGNE R.J., 1982. - Description of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* sp.n., with comparatives notes on the Asian rice gall midge, *O. oryzae* (Wood-Mason) (Dipt. : Cecidomyiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 72 : 467-472.
- HARRIS K.M., WILLIAMS C.T., OKHIDIEVIBIE O, LASALLE J. & POLASZEK A., 1999. - Description of a new species of *Orseolia* (Diptera: Cecidomyiidae) from *Paspalum* in West Africa, with notes on its parasitoids, ecology and relevance to natural biological control of the African rice gall midge, *O. oryzivora*. *Bulletin of Entomological Research*, 89 : 441-448.
- HUMMELEN P.J. & SOENARJO E., 1977. - Notes on the biology of *Platygaster oryzae*, *Obtusiclava oryzae*, and *Neanastatus oryzae*, parasites of the rice gall midge, *Orseolia oryzae*. *Contribution of Central Research Institut of Agriculture Bogor*, 31 : 18pp.
- NACRO S., 1994. - Analyse d'un système tritrophique: la cécidomyie du riz et ses parasitoïdes au Burkina Faso. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes I. 118pp.
- NACRO S., DAKOUO D. & HEINRICHS E.A., 1995. - Population dynamics, host plant damage and parasitism associated with the African rice gall midge in southern Burkina Faso. *Insect Science and its Application*, 16 (3/4) : 251-257.
- NACRO S., HEINRICHS E.A. & DAKOUO D., 1996. - Estimation of rice yield losses due to the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné. *International Journal of Pest Management*, 42 : 331-334.
- OUI A.C.P., 1988. - Laboratory studies of *Tetrastichus sokolowskii*. *Entomophaga*, 33 (2) : 145-152.
- RISBEC J., 1956. - Hyménoptères parasites du Cameroun. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 18 : 109-128.
- SAS Institute Inc, 1992-1998 : STATVIEW pour Windows, version 5. SAS Institute Inc., Cary, NC 27513, USA.
- SIBOMANA I., 1999. - Etude de l'effet de pratiques culturales sur la cécidomyie africaine du riz, cas de la fumure azotée et des écartements entre les plants. Mémoire d'ingénieur de l'université de Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 96pp.
- TAMO M., EKESI S., MANIANIA N. K. & CHERRY A. 2003. Biological control, a Non-obvious component of IPM for Cowpea. In " Biological control in IPM systems in Africa" edited by Neuenschwander P., Borgemeister C. and Langewald J., CAB International, pp 295-309.
- UMEH E.D.N. & JOSHI R.C., 1993. - Aspects of the biology, ecology and natural biological control of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and

- Gagné, (Dipt., Cecidomyiidae) in South East Nigeria. *Journal of Applied Entomology*, 116 : 391-398.
- WAJNBERG E., 1994. Le planning familial chez les parasites d'insectes. *Pour la Science*, 196 : 62-68.
- WILLIAMS C.T., UKWUNGWU M.N., SINGH B.N., OKHIDIEVBIE O. & NNABO J., 1999. - Farmer-managed trials in south-east Nigeria to evaluate the rice variety Cisadane and estimate yield losses caused by the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné. *International Journal of Pest Management*, 45 (2) : 117-124.
- WILLIAMS C.T., HARRIS K.M., UKWUNGWU M.N., NACRO S., DAKOUO D., NWILENE F.E., SINGH.B.N. & OKHIDIEVBIE O., 2002. - African Rice Gall Midge Research Guide, Bouaké, Côte d'Ivoire, WARDA and Wallingford, CABI, UK. 28pp.