

Les recherches sur les lépidoptères foreurs des graminées et leurs antagonistes : bilan et perspectives

PAUL-ANDRÉ CALATAYUD⁽¹⁾, BRUNO P. LE RÜ⁽¹⁾, FRITZ SCHULTHESS⁽²⁾ & JEAN-FRANÇOIS SILVAIN^{(3)*}

⁽¹⁾ IRD, UR 072, c/o ICIPE, Noctuid stem borers biodiversity project, PO Box 30772, Nairobi, Kenya

⁽²⁾ ICIPE, Stemborer biological control program, PO Box 30772, Nairobi, Kenya

⁽³⁾ IRD, UR 072, c/o CNRS, Laboratoire Evolution, Génomes et Spéciation, Bâtiment 13, BP 1, Avenue de la Terrasse, F-91198 Gif-sur-Yvette, France

* Corresponding author

Abstract. Research on the lepidopteran graminaceous stem borers and their antagonists: achievement and perspectives. In sub-Saharan Africa, lepidopteran stem borers cause severe damage and yield loss to graminaceous crops such as maize, sorghum and sugarcane. This paper reports major findings on systematics, populations genetics and stem borer ecology by scientists from France, Australia and several African countries, over the last five years. Some of these findings do not agree with past results, which will affect our approach to control stem borers. These articles will be an important source of information for decision makers, scientists and extension agents working on stem borers.

Résumé. Les Lépidoptères foreurs des tiges constituent un des principaux facteurs de réduction de la production de graminées cultivées (maïs, sorgho et canne à sucre) en Afrique sub-saharienne. Une synthèse des recherches menées au cours des cinq dernières années sur ces insectes ravageurs et leurs antagonistes est présentée. Les travaux réalisés dans ce domaine par des équipes françaises, australiennes et de plusieurs pays d'Afrique ont conduit à un ensemble de résultats originaux dans les domaines de la systématique, de la génétique des populations et de l'écologie des foreurs. Ces résultats bouleversent significativement les connaissances acquises antérieurement, et par là même devraient conduire dans les prochaines années à un changement des méthodes de gestion de ces ravageurs. Les travaux faisant l'objet de la présente synthèse apportent aux chercheurs, décideurs et acteurs de terrain une information actualisée sur les foreurs des graminées, information difficilement accessible par ailleurs.

Keywords: Africa, maize, sorghum, stem borers, parasitoids, predators.

L'homme agit de façon croissante sur l'environnement et les systèmes écologiques. En retour, ces systèmes vont répondre via des mécanismes propres et interférer avec les activités humaines. Il est donc essentiel de comprendre ces mécanismes.

Plus de la moitié des êtres vivants dans le monde sont des insectes et environ la moitié d'entre eux a un régime phytophage, c'est-à-dire qu'ils consomment différentes parties des plantes, feuilles, tiges, racines, fleurs, fruits ou graines. La phytophagie est répandue dans les principaux ordres d'insectes, mais, parmi les ordres les plus riches en espèces, les lépidoptères comprennent une très forte proportion d'espèces phytophages. Cette phytophagie s'exerce principalement aux dépens des plantes à fleurs, les Angiospermes. Les lépidoptères constituent donc un élément clef des biocénoses et

il n'est pas étonnant qu'ils interfèrent fréquemment avec l'homme en tant que ravageurs, en particulier dans les régions tropicales où se concentre une forte proportion de la diversité entomologique. En Afrique, par exemple, l'homme a introduit des plantes cultivées qui n'en étaient pas originaires (arachide, manioc, maïs, etc.), ou a domestiqué des espèces végétales locales pour créer une variété ou une espèce cultivée dont il a intensifié la culture (e.g. *Sorghum bicolor*). Dans certains cas des insectes ont été transportés avec ces plantes (cas de *Chilo partellus* (Swinhoe 1885) (Lepidoptera : Crambidae) important ravageur du maïs originaire d'Asie et introduit accidentellement en Afrique vers 1930) se sont adaptés à de nouveaux biotopes et, en l'absence de compétiteurs locaux, ont pu devenir des espèces envahissantes. Dans d'autres cas, ce sont des insectes locaux qui se sont adaptés à une ressource végétale domestiquée ou nouvellement introduite, comme dans le cas du foreur *Busseola fusca* (Fuller 1901) (Lepidoptera : Noctuidae) vis-à-vis du sorgho et du maïs, par exemple.

E-mail: pcalatayud@icipe.org, bleru@icipe.org, fschulthess@icipe.org, silvain@legs.cnrs-gif.fr

Accepté le 20 septembre 2006

En Afrique, les lépidoptères foreurs, dont les premiers stades larvaires se nourrissent directement de feuilles pour ensuite forer les tiges, constituent l'une de principales contraintes de production des céréales cultivées. Leur diversité apparaît toutefois beaucoup plus importante qu'on ne le considérait jusqu'à présent (Le Rü *et al.* 2006). Ce nouvel essor de l'étude de la diversité spécifique des foreurs est probablement lié à l'utilisation accrue de l'outil moléculaire qui, combiné à l'étude morphologique classique des espèces permet de mieux définir le statut taxonomique du matériel récolté (Moyal 2006). Beaucoup de ces foreurs se sont spécialisés sur une espèce végétale (monophagie) ou un petit nombre d'espèces appartenant à la même famille botanique (oligophagie) (Le Rü *et al.* 2006 ; Ong'amo *et al.* 2006 ; Otiemo *et al.* 2006). Une meilleure compréhension des mécanismes de sélection et d'adoption d'une plante hôte est illustrée par l'exemple de l'étude de l'équipement sensoriel de *B. fusca* (Calatayud *et al.* 2006). La phytophagie et la spécialisation sur certaines espèces d'angiospermes sont vraisemblablement à l'origine du succès évolutif de ces lépidoptères foreurs de graminées en Afrique (Moyal & Le Rü 2006).

Les interactions entre les foreurs actuels et leurs plantes hôtes peuvent être très anciennes et ont été conservées au cours du temps (Moyal & Le Rü 2006). Ce conservatisme des interactions plantes-foreurs implique que des contraintes fortes jouent sur les phénomènes de changements d'hôte végétal, facteurs majeurs de la spéciation et donc de la diversification de ces insectes phytophages.

Des études phylogéographiques ont mis en évidence une variabilité génétique des populations de certaines espèces de foreur comme *Eldana saccharina* Walker 1865 (Lepidoptera : Pyralidae), un important ravageur de la canne à sucre en Afrique du Sud, et *B. fusca* en fonction de leur origine géographique (Asséfa *et al.* 2006 ; Sezonlin *et al.* 2006). Ces travaux permettent de retracer l'histoire de la distribution géographique et écologique des populations de ces espèces au cours du temps sur le continent Africain.

L'étude des phénomènes de spéciation chez les foreurs requiert également une bonne connaissance des mécanismes de reconnaissance du partenaire sexuel. Chez *B. fusca*, espèce chez laquelle la femelle émet une phéromone sexuelle qui assure l'attraction spécifique des mâles, les études comportementales ont montré que ces derniers présentaient un comportement de cour extrêmement simplifié (Frérot *et al.* 2006).

Si les lépidoptères foreurs de graminées semblent s'être diversifiés en exploitant la diversité des plantes (Le Rü *et al.* 2006), la compréhension de leur histoire

évolutive implique aussi la prise en compte des organismes qui vont tenter de réguler leurs populations, comme les insectes parasitoïdes. Les lépidoptères foreurs sont engagés dans des processus coévolutifs avec leurs antagonistes (Branca & Dupas 2006 ; Bruce *et al.* 2006 ; Conlong & Goebel 2006 ; Ditttrich *et al.* 2006 ; Dupas *et al.* 2006 ; Gitau *et al.* 2006 ; Muirhead *et al.* 2006 ; Wale *et al.* 2006), processus où les facteurs de l'environnement, la plante hôte, les autres espèces hôtes potentielles des antagonistes et la contamination par *Wolbachia pipientis* Hertig, 1936 (Rickettsiales : Rickettsiaceae), jouent un rôle prépondérant. Une meilleure connaissance de ces processus évolutifs et de leur action sur la démographie des hôtes doit permettre une meilleure gestion et utilisation de ces antagonistes pour le contrôle des populations de lépidoptères foreurs ravageurs de culture.

Le parfait synchronisme spatio-temporel qui existe entre certaines espèces de foreurs et de parasitoïdes (Jiang *et al.* 2006) a permis une utilisation intensive de *Cotesia flavipes* Cameron 1891 (Hymenoptera : Braconidae) pour contrôler efficacement les populations de *C. partellus* sur maïs en Afrique (Cugala *et al.* 2006 ; Kipkoech *et al.* 2006 ; Omwega *et al.* 2006). Cette espèce est également considérée comme le meilleur candidat pour un contrôle biologique des foreurs en cas d'invasion des plantations de canne à sucre en Australie (Sallam 2006).

Différentes pratiques culturales comme l'utilisation de plantes en bordure des champs cultivés (haies protectrices), la fertilisation du sol et les cultures associées se sont avérées prometteuses pour réduire les dégâts et les pertes de rendement causés par les lépidoptères foreurs (Agboka *et al.* 2006 ; Ali *et al.* 2006 ; Chabi-Olaye *et al.* 2006 ; Matama-Kauma *et al.* 2006 ; Mgoo *et al.* 2006 ; Ndemah *et al.* 2006 ; Van den Berg 2006).

Par rapport à 1996, date de la dernière conférence internationale sur les lépidoptères foreurs de graminées en Afrique, qui s'était tenue à Nairobi, à l'ICIPE (Overholt 1997), les résultats présentés dans ce volume ont permis de renouveler très profondément les connaissances dans les domaines de la diversité faunistique, de la génétique des populations, de la distribution spatio-temporelle et de la biologie des foreurs de tiges et de leurs antagonistes. Les résultats obtenus au cours des dix dernières années doivent aussi permettre une amélioration de l'efficacité des méthodes de contrôle biologiques et culturales. L'amélioration des connaissances dans ces domaines permettra à long terme le développement d'un ou plusieurs modèles de prédiction des fluctuations des populations de foreurs, prenant en compte la diversité

des conditions environnementales locales. De tels modèles pourront, par exemple, aider à une meilleure gestion de l'introduction et de l'utilisation du maïs transgénique en Afrique.

Remerciements. Les auteurs remercient chaleureusement M. Pierre Rasmont pour l'aide et le soin qu'il a apportés à la réalisation de cet ouvrage en tant que Rédacteur en Chef des Annales de la Société Entomologique de France. Ses conseils constants et précis en vue d'améliorer l'iconographie ont été particulièrement précieux et son rôle de gardien du temps a permis la publication de l'ouvrage dans les délais que nous avions fixés à l'origine. Les auteurs remercient aussi l'ensemble des membres de la Rédaction des Annales de la Société Entomologique de France, et plus particulièrement Mme Carole Kerdelhué et MM. André Nel et Jean-François Voisin, qui n'ont pas ménagé leur temps pour assurer la relecture et la mise en forme des manuscrits. Les auteurs associent à ces remerciements M. Philippe Le Gall qui est intervenu efficacement à nos côtés lors de la phase finale de mise en forme des manuscrits. Les auteurs remercient les scientifiques qui ont assuré la relecture critique des manuscrits, ainsi que les personnes qui ont assuré la correction de l'anglais. Le présent ouvrage est publié avec le soutien financier de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et du Centre International de Physiologie et d'Ecologie de l'Insecte (ICIPE); les auteurs remercient vivement ces deux institutions pour leur soutien. La conférence dont le présent ouvrage constitue le compte-rendu n'aurait pu avoir lieu sans les soutiens financiers de l'IRD, du gouvernement des Pays-Bas (DGIS : Directorate General of International Cooperation), de l'ambassade de France au Kenya (SCAC), et de l'IFS (International Foundation for Science). Les auteurs remercient tout particulièrement M. Hubert Fournier, Ambassadeur de France au Kenya, M. Serge Snrech (Chef de Mission du Service de coopération et d'action culturelle auprès de l'Ambassade de France au Kenya) et M. Jean-Marc Leblanc (IFS) dont le soutien constant a été particulièrement précieux.

Nous dédions le présent ouvrage à notre regretté collègue et ami Daniel Lachaise, spécialiste des drosophiles africaines et grand africaniste. Directeur de la Publication des Annales de la Société Entomologique de France, il avait vivement souhaité voir le compte-rendu de la conférence sur les foreurs des graminées être publié dans les Annales. Nous l'en remercieront longtemps encore.

Références

- Agboka K., Gounou S., Tamò M. 2006.** The role of maize-legumes-cassava intercropping in the management of maize ear borers with special reference to *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 495-502.
- Ali A.I., Jiang N., Schulthess F., Ogol C.K.P.O., Omwega C.O. 2006.** Effect of nitrogen fertilizer level on infestations of lepidopterous stem borers and yields of maize in Zanzibar. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 481-486.
- Assafa Y., Conlong D.E., Mitchell A. 2005.** Phylogeography of *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Annales de la Société Entomologique de France* **42(3-4)**: 331-337.
- Branca A., Dupas S. 2006.** A model for the study of *Wolbachia pipientis* Hertig (Rickettsiales: Rickettsiaceae) induced cytoplasmic incompatibility in arrhenotokous haplodiploid populations: consequences for biological control. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 443-448.
- Bruce A.Y., Schulthess F., Mueke J. 2006.** Factors affecting the bionomics of the eastern African egg parasitoid *Trichogramma bournieri* Pintureau & Babault (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 423-431.
- Calatayud P.-A., Chimtawi M., Tauban D., Marion-Poll F., Le Rü B.P., Silvain J.-F., Frérot B. 2006.** Sexual dimorphism of antennal, tarsal and ovipositor chemosensilla in the African stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 403-412.
- Chabi-Olaye A., Nolte C., Schulthess F., Borgemeister C. 2006.** Relationships of soil fertility and stem borers damage to yield in maize-based cropping system in Cameroon. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 471-479.
- Conlong D.E., Goebel F.R. 2006.** *Trichogramma bournieri* Pintureau & Babault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Chilo sacchariphagus* Bojer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane in Mozambique. A new association. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 417-422.
- Cugala D., Schulthess F., Ogol C.P.O., Omwega C.O. 2006.** Assessment of the impact of natural enemies on stem borer infestations and yield loss in maize using selected insecticides in Mozambique. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 503-510.
- Dittrich G., Conlong D.E., Mitchell A. 2006.** Genetic Diversity of *Sturmiopsis parasitica* Curran (Diptera: Tachinidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 325-329.
- Dupas S., Gitau C., Le Rü B.P., Silvain J.-F. 2006.** Single-step PCR differentiation of *Cotesia sesamiae* (Cameron) and *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) using polydnavirus markers. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 319-323.
- Frérot B., Félix A.-E., Ene S., Calatayud P.-A., Le Rü B.P., Guenego H. 2006.** Courtship behaviour of the African maize Stem Borer: *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 413-416.
- Gitau C.W., Dupas S., Ngi-Song A.J., Mbugi J.P., Schulthess F. 2006.** Calyx fluid proteins of two *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) biotypes in Kenya: implications to biological control of the stem borer *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 433-441.
- Jiang N., Zhou G., Overholt W.A., Muchugu E., Schulthess F. 2006.** The temporal correlation and spatial synchrony in the stem borers and parasitoid system of Coast Kenya with climate effects. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 381-387.
- Kipkoeh A.K., Schulthess F., Yabann W.K., Maritim H.K., Mithöfer D. 2006.** Biological control of cereal stem borers in Kenya: A cost benefit approach. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 519-528.
- Le Rü B.P., Ong'amo G.O., Moyal P., Muchugu E., Ngala L., Musyoka B., Abdullah Z., Matama-Kauma T., Lada V.Y., Pallangyo B., Omwega C.O., Schulthess F., Calatayud P.-A., Silvain J.-F. 2006.** Geographic distribution and host plant ranges of East African noctuid stem borers. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 353-361.
- Matama-Kauma T., Schulthess F., Mueke J.M., Omwega C.O., Ogwang J.A. 2006.** Effect of wild grasses planted as border rows on stem borer infestations in maize in Uganda. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 455-460.
- Mgoo V.H., Makundi R.H., Pallangyo B., Schulthess F., Jiang N., Omwega C.O. 2006.** Yield loss due to the stem borer *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Crambidae) at different nitrogen application rates to maize. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 487-494.
- Moyal P. 2006.** History of the systematics of the *Sesamia sensu lato* group of African noctuid stem borers of monocotyledonous plants (Lepidoptera). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 285-291.

- Moyal P., Le Rü B.P. 2006.** From population to species: morphological and molecular diversity in east African stem borer species of the genus *Manga* Bowden 1956 (Lepidoptera: Noctuidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 293-307.
- Muirhead K.A., Murphy N.P., Sallam M.N., Donnellan S.C., Austin A.D. 2006.** Mitochondrial DNA phylogeography of the *Cotesia flavipes* complex of parasitic wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 309-318.
- Ndemah R., Schulthess F., Nolte C. 2006.** The effect of grassy field margins and fertilizer on soil water, plant nutrient levels, stem borer attacks and yield of maize in the humid forest zone of Cameroon. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 461-470.
- Omwega C.O., Muchugu E., Overholt W.A., Schulthess F. 2006.** Release and establishment of *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) an exotic parasitoid of *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Crambidae) in East and Southern Africa. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 511-517.
- Ong'amo G.O., Le Rü B.P., Dupas S., Moyal P., Muchugu E., Calatayud P.-A., Silvain J.-F. 2006.** The role of wild host plants in the abundance of lepidopteran stem borers along altitudinal gradient in Kenya. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 363-370.
- Otieno N.A., Le Rü B.P., Ong'amo G.O., Dupas S., Calatayud P.-A., Makobe M., Ochora J., Silvain J.-F. 2006.** Diversity and abundance of wild host plants of lepidopteran stem borers in two different agroecological zones of Kenya, Kakamega and Muhaka. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 371-380.
- Overholt W.A. 1997.** Ecology and management of tropical gramineous stemborers. Proceedings of the International Workshop on the Management of Tropical Gramineous Stemborers held in Nairobi, ICIPE, 14-16 May 1996. *Insect Science and Its Application* **17(1)**: 1-173.
- Sallam M.N.S. 2006.** A review of sugarcane stem borers and their natural enemies in Asia and Indian Ocean Islands: an Australian perspective. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 263-283.
- Sezonlin M., Dupas S., Le Rü B.P., Faure N., Le Gall P., Silvain J.-F. 2006.** Phylogeographic pattern and regional evolutionary history of the maize stalk borer *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera, Noctuidae) in sub-Saharan Africa. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 339-351.
- Van den Berg J. 2006.** Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) as trap plant for *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 449-454.
- Wale M., Schulthess F., Kairu E.W., Omwega C.O. 2006.** Distribution and relative importance of cereal stem borers and their natural enemies in the semi-arid and cool-wet ecozones of the Amhara State of Ethiopia. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* **42(3-4)**: 389-402.