

Biodiversité de l'entomofaune des rizières de la région de Lac Alaotra (Madagascar)

Lala S. Rafaraso, Tolotra Ranarilalaitiana, Aina Andrianantoandro & Lala H. Ravaomanarivo Raveloson

Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de l'Environnement, Département Entomologie, BP 906, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Antananarivo 101, Madagascar
E-mail : rafarasoalala@yahoo.fr, rtolotr@yahoo.fr, ainajoary@gmail.com, lravaomanarivo@gmail.com

Résumé

La riziculture pluviale et irriguée, pratiquée dans la région de Lac Alaotra, premier grenier à riz de Madagascar, se trouve limitée par des maladies et des insectes nuisibles. Un programme de lutte intégrée contre les insectes ravageurs du riz y a été mené de 1983 à 1990. Un inventaire de l'entomofaune a été initié et des lâchers d'auxiliaires parasitoïdes réalisés. L'objectif de cette étude est de dresser une liste réactualisée de cette entomofaune rizicole, en portant un intérêt particulier sur les insectes auxiliaires. L'inventaire a été étendu aux écosystèmes forestiers avoisinants d'Andasibe et de Lakato, afin de vérifier leur rôle d'abris et de réservoirs de l'entomofaune. Des captures aux filets, aux pièges lumineux et aux pièges fosses ont été effectuées. L'identification des espèces a été réalisée à partir de spécimens de référence de laboratoires de systématique à Madagascar et en France. Un effectif de 1267 insectes a été répertorié avec 139 espèces réparties dans 79 familles et neuf ordres. L'entomofaune du riz pluvial (toutes les parcelles confondues) a été plus importante en termes de nombre de spécimens (1101/1267) et d'ordres d'insectes (7/9) que celle du riz irrigué. Les insectes auxiliaires sont essentiellement représentés par les Hyménoptères, quelques Diptères et Coléoptères. L'oparasitoïde indigène *Telenomus applanatus* utilisé dans le programme de lutte intégrée des années 1980, n'a pas été retrouvé. Parmi les ravageurs, *Sesamia calamistis*, *Maliarpha separatella*, *Borbo borbonica* (Lepidoptera), *Hispa gestroi*, *Heteroconus* sp., *Heteronychus* sp. (Coleoptera) et *Diploxys fallax* (Heteroptera), ont été présents dans les collectes. Les résultats des captures aux pièges fosses ont révélé que les Coléoptères ravageurs les plus

dominants constituaient une réelle menace pour le riz pluvial.

Mots clés : entomofaune, biodiversité, insectes utiles, riziculture

Extended abstract

The converted marshlands surrounding Lake Alaotra constitute Madagascar's "rice basket". This vast zone of both paddy and upland rice experiences considerable yearly losses in production due to insect damage. A rice insect pest control program was conducted in the region from 1983-1990 in collaboration with the Sweden Cooperation. An inventory of the entomofauna was initiated and parasitoid natural enemies of pest insects were released. The objective of this current study was to provide an updated list of the insect fauna in irrigated and upland rice fields in the Lake Alaotra area with particular emphasis on beneficial insects. The inventory was expanded, particularly in riparian ecosystems to surrounding forests to verify their role as shelters and reservoirs of useful insects. Adjacent to the Lake Alaotra region agricultural zone is the forest blocks of Andasibe-Mantadia and Lakato; it is suggested that these forests provide natural shelter for beneficial insects. Reducing the adverse effects of rice crop pests and increasing rice production in zones already cleared for agricultural purposes might have an important impact on the conservation of relict forests and marshland of the area.

Aerial nets, light traps, and pitfall traps were used to inventory, respectively, diurnal flying insects, nocturnal flying insects, and ground crawling insects in upland rice fields. Collected insects were sorted according to order and preserved in collection boxes. The identification of specimens was carried out after each collection under the supervision of various experts: Systematic Laboratory and of the Entomology Department, Faculty of Sciences, The University of Antananarivo; The California Academy of Sciences, Tsimbazaza, Antananarivo; the Fauna Laboratory UMR CBGP CIRAD Montpellier; and the National Museum of Natural History, Paris.

In total, 1267 insects were collected, which included 139 species in 79 families, and nine orders. The insect fauna of upland rice areas (first number in

parentheses) was more important with regards to the number of specimens (1101/1267) and orders (7/9) than that of irrigated rice.

Orders Dermaptera, Dictyoptera Mantodea, and Diptera were the least represented. Odonata insects are considered a reliable index of the richness of freshwater fauna. They are active predators and contribute to the maintenance of other animal species. Odonata and Lepidoptera, as biological indicators of pollution, are very sensitive to pesticides and climate change, and represented 33.5% of the collected specimens and are most common in irrigated rice. Beneficial insects are mainly represented by Hymenoptera, some Coleoptera, and a few Diptera. *Telenomus applanatus* (Hymenoptera: Scelionidae) a native egg parasitoid antagonist of the white borer, used in the Programme de Lutte Intégrée (PLI) control program, was not found.

Among the pests creating problems for rice farmers, *Sesamia calamistis*, *Maliarpha separatella*, *Hispa gestroi*, *Heteroconus* sp., *Heteronychus* sp., *Diploxys fallax*, and Cicadellidae leafhoppers were present in the collection, along with *Borbo borbonica*, whose larvae are important defoliators. Results obtained with pitfall traps revealed that beetles are the most dominant and constitute a pest for upland rice. Inventories carried out in the forests of Andasibe and Lakato mainly targeted Hemiptera planthoppers that were occasionally found in upland rice, in order to have specimens for systematic work.

It was necessary to determine the status of each collected species, either useful or harmful in an agricultural sense, to establish whether they were likely rice crop pests or natural enemies (predators and parasitoids) of possible pests. Hymenoptera and Diptera constitute important orders comprising parasitoids regulating populations of plant pests, although when food resources are rare the predatory insects may feed on beneficial species. Pest insects may themselves be useful as long as they are maintained at a population level not causing any damage of economic importance and they can constitute a food source necessary to maintain the beneficial species.

Key words: entomofauna, biodiversity, beneficial insects, rice fields

Introduction

Les Malgaches sont considérés comme les plus grands consommateurs de riz au monde, avec une consommation moyenne de 167 kg de riz par an et

par personne. La vaste plaine rizicole de la région de Lac Alaotra située au Nord-est d'Antananarivo, constitue le "premier grenier à riz" de Madagascar avec plus de 100 000 ha de rizières. Cette région de Lac Alaotra et la région du Boïna (le deuxième grenier de riz), produisent 5,9 tonnes de riz par an (Badjeck & Rakotonirainy, 2010). Les rizicultures pluviale et irriguée y sont cependant fortement agressées par des maladies et par des insectes nuisibles.

De 1983 à 1990 dans cette région, un « Programme de Lutte Intégrée » (PLI) contre les insectes ravageurs du riz principalement *Maliarpha separatella* (Lepidoptera, Pyralidae) et *Hispa gestroi* (Coleoptera, Hispinae) a été mené en collaboration avec la Coopération Suisse (PLI, 1989). Ces insectes ravageurs restent actuellement, une préoccupation majeure des riziculteurs, en plus des vers blancs (larves de Scarabaeidae) en culture pluviale (Randriamanantsoa *et al.*, 2010).

Le « phosphamidon », un insecticide organo-phosphoré à effet phytotonique, a été largement utilisé contre ces ravageurs au Lac Alaotra pendant l'opération « Taona Ziona » (Année féconde) entre 1983 et 1986 (PLI, 1987). Le contrôle des dégâts causés par ces insectes nuisibles par l'usage d'insecticides de synthèse a un effet positif sur le rendement du riz dans ces zones aménagées à vocation agricole, mais a aussi certainement un important impact négatif sur la faune utile. Parmi les insecticides à propriétés systémiques utilisés en enrobage de semences contre les bioagresseurs, ceux du groupe des imidacloprides (Ratnadass *et al.*, 2012a, 2012b) occasionnent des troubles chez les abeilles (Doucet-Personemi *et al.*, 2003) et ont certainement des impacts négatifs sur les insectes auxiliaires qui sont plus sensibles. Ainsi, la lutte chimique n'épargne pas les insectes utiles prédateurs et parasitoïdes.

Le principe de la lutte intégrée consiste à connaître les ennemis des cultures pour les combattre efficacement et économiquement et aussi pour ne pas prendre le risque de détruire par ignorance des auxiliaires (coprophages, nécrophages, pollinisateurs, ennemis naturels), souvent discrets, mais dont l'absence a des conséquences économiques ou sanitaires considérables (Delvare & Aberlenc, 1989).

Le travail présenté a consisté en l'étude de cette biodiversité menacée, en réactualisant l'inventaire de l'entomofaune, pour ressortir une liste des principaux insectes nuisibles, et auxiliaires (prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs) de la culture rizicole

de Lac Alaotra. Ces études ont été menées dans les perspectives de privilégier la préservation des ennemis naturels des insectes nuisibles et minimiser les recours aux produits chimiques. La zone rizicole de Lac Alaotra a été suivie pendant deux saisons culturales (2007-2009) tous les trois mois. Les sites forestiers avoisinants ont été visités en vue de trouver des espèces nouvelles et/ou utiles qui mériteraient des observations plus poussées ou éventuellement d'être protégées.

Matériels et méthodes

Site d'étude

La région de Lac Alaotra comprend un grand lac : le Lac Alaotra, et une grande plaine occupée par la riziculture irriguée et entourée de collines (les *tanety*), où domine la riziculture pluviale. C'est une des plus grandes zones rizicoles de Madagascar avec plus de 100 000 ha de rizières dont 30 000 ha irriguées et 70 000 ha à plus ou moins mauvaise maîtrise de l'eau (Domas *et al.*, 2009).

L'inventaire de l'entomofaune rizicole a été réalisé dans différents sites de la région du Lac Alaotra sur des parcelles de riz irrigué, de riz pluvial sur *tanety* et dans les zones intermédiaires (les *baiboho*). Le Tableau 1 présente les coordonnées géographiques de ces différentes parcelles d'intervention.

Pour la riziculture irriguée

Quatorze parcelles de la plaine d'Alaotra à Ambohitanetibe ont été choisies dans le périmètre

irrigué PC15 de Bas-Rhône-Languedoc Madagascar (BRL), opérateur responsable de la gestion de l'eau, de mise en valeur et de protection des bassins versants au Lac Alaotra depuis 2003 dans le cadre du projet CIRAD-BV Lac. C'est également dans le PC15 qu'ont été menées les études à l'époque du PLI.

Pour la riziculture pluviale

Quatorze parcelles paysannes des *tanety* et des *baiboho* ont été suivies à Ambalabe, Ambohidava, Amparihimaina, Marianina, Manakambahiny ainsi qu'à Ampasika dans les rizières de BRL. Cette riziculture pluviale applique le Système de semis direct sous Couverture Végétale (SCV) (Husson *et al.*, 2013). La couverture végétale est soit vive (la plante *Arachis* est utilisée alternant les lignes de semis avec celles du riz), soit morte et constituée de résidus de paille des anciennes récoltes ou des résidus de plantes de service (particulièrement dans les parcelles : des résidus de *Stylosanthes*).

Le choix de ces différentes localités a été fait là que le projet CIRAD-BV Lac a mis en place des stations pluviométriques facilitant ainsi la prise des données climatiques.

Les activités sur le terrain ont porté sur deux saisons culturales pendant les périodes pluviales de novembre 2007 à mai 2009.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des sites d'études dans la région de Lac Alaotra. SCV = le Système de semis direct sous Couverture Végétale.

Localités des parcelles d'études	Type de riziculture pratiquée	Coordonnées géographiques
Ambohidava	Riz pluvial SCV	17°50'26,72"S, 48°20'07,60"E, 1275 m
Amparihimaina	Riz pluvial SCV	17°47'42,49"S, 48°21'01,09"E, 1075 m
Marianina	Riz pluvial SCV	17°52'07,24"S, 48°23'29,12"E, 830 m
Ambalabe, Manakambahiny Ouest	Riz pluvial SCV	17°51'40,10"S, 48°17'06,43"E, 765 m
Ampasika	Riz pluvial SCV	17°44'45,47"S, 48°26'49,49"E, 1280 m
Ambohitanetibe, PC15	Riz irrigué	17°48'19,12"S, 48°23'58,36"E, 820 m

Inventaire et identification des spécimens

Inventaire de l'entomofaune rizicole

Il a été fait régulièrement de 2007 à 2009 tous les trois mois et une fois par semaine durant le mois de visite et pendant la saison culturale.

Identification des spécimens

Elle a été réalisée après chaque collecte et effectuée en milieux spécialisés : au Laboratoire de Systématique et à l'URPIU du Département d'Entomologie de la Faculté des Sciences d'Antananarivo, au « California Academy of Science » (CAS) sis au Parc botanique et Zoologique de Tsimbazaza Antananarivo (PBZT), au Laboratoire de Faunistique de l'Unité Mixte de Recherche- Centre de Biologie et de Gestion des Populations (UMR CBGP) du CIRAD Montpellier, et au Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) de Paris. Les travaux d'identification ont été entrepris sous l'encadrement des différents experts.

Collecte des insectes et études statistiques

Les filets fauchoirs et les filets à insectes aériens, ont été largement utilisés pour les captures des insectes diurnes. Les parcelles ont été ratissées au filet fauchoir. Cependant durant la montaison, pour ménager les cultures, les insectes ont été récoltés individuellement à l'aide d'aspirateurs à bouche.

Les filets aériens ont permis les captures à vue des espèces d'insectes présentes aux lieux et aux moments des collectes. Des pièges lumineux ont été installés pour les insectes nocturnes. Les insectes terrioles ont été piégés dans des « pitfall traps » ou pièges fosses ou pièges Barber (Barber, 1931) en riziculture pluviale. Les pièges ont été espacés de 3 m, placés pendant quatre semaines et les collectes ont été effectuées régulièrement tous les deux jours.

Les larves mineuses des tiges de riz ont été observées et recensées en fin de cultures par dissection des plants laissés après les récoltes. Les résultats ne sont pas rapportés ici, étant donné que la liste des collectes ne concerne que les adultes. Les insectes collectés ont été dénombrés, triés suivant leurs ordres et placés sous des couches de coton cardé, avant d'être étalés et mis en boîte de collection, étiquetés en vue de leur identification.

Le but de ces méthodes d'échantillonnage utilisées était de renseigner sur la présence ou l'absence d'espèces, et sur leur abondance relative (AR) par rapport à d'autres. Cette abondance relative, exprimée en pourcentage, est le rapport du

nombre d'individus collectés pendant la période de capture pour une espèce, famille, ou ordre d'insectes donnés sur l'ensemble de toutes les collectes pour un (ou les) écosystème(s) considéré(s).

Les données sont analysées en utilisant l'indice de Shannon sous logiciel Excel Stat pour comparer la diversité des deux saisons culturales de la riziculture pluviale par rapport à la riziculture irriguée.

Résultats

Etablissement d'une collection d'insectes des rizières.

Un total de 1267 spécimens d'insectes répartis dans neuf ordres, 79 familles et 139 espèces, a été récolté. Les Coléoptères sont les plus représentés en nombre de spécimens (485 individus), en familles (24) et en espèces (42). Les ordres les moins représentés sont les Dermaptères et les Dictyoptères Mantodea. Les Orthoptères arrivent au 2^{ème} rang en nombre d'individus (155) après les Coléoptères. Tous les spécimens d'insectes collectés ont été conservés à l'insectarium du Département d'Entomologie de la Faculté des Sciences d'Antananarivo.

Résultats comparatifs des différents ordres d'insectes collectés en riziculture pluviale et irriguée

La Figure 1 montre que la riziculture pluviale est plus riche en diversité que la riziculture irriguée avec neuf et sept ordres d'insectes recensés respectivement. La biodiversité en ordres d'insectes de la riziculture pluviale est alors exprimée à 28 % par rapport aux ordres d'insectes des zones d'Afrique et d'Amérique tropicale et celle de la riziculture irriguée est à 22 % (Delvare & Aberlenc, 1989).

La riziculture pluviale est aussi relativement plus riche en nombre de spécimens que la riziculture irriguée car sur un total de 1267 individus récoltés, 1101 proviennent de la riziculture pluviale soit 87 % des spécimens recensés. La riziculture pluviale qui pratique le système du SCV manifeste ainsi, une richesse notable en biodiversité des insectes, tant en nombre d'ordres d'insectes, qu'en nombre d'individus adultes recensés.

La différence entre les moyennes de la diversité enregistrée dans les deux années est hautement significative avec ($t = 12,47$; $P < 0,0001$). La diversité dans 2007 est largement supérieure par rapport à celle de 2008 (Figure 2).

L'analyse de la variance (ANOVA) a montré qu'il y a une différence significative de la diversité entre les

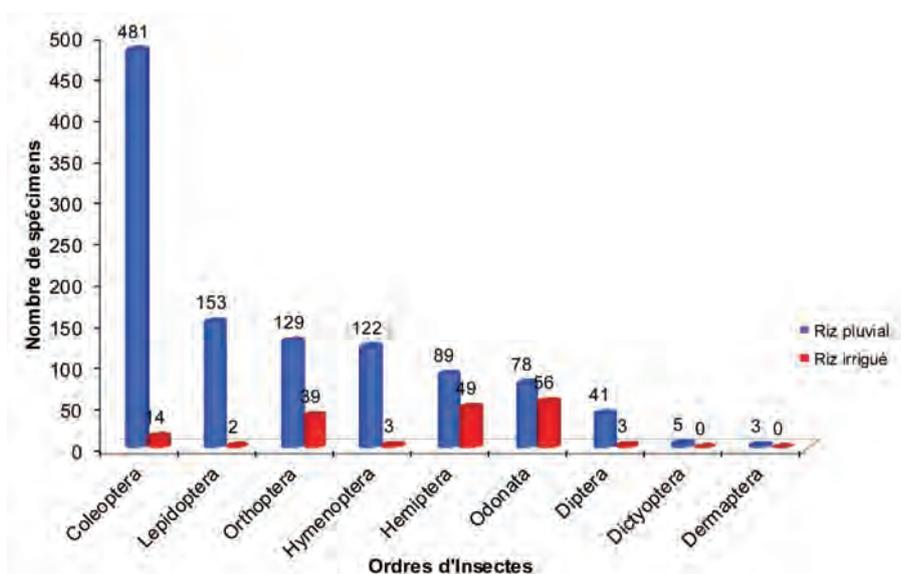


Figure 1. Recensement par Ordres d'insectes des rizières de la région de Lac Alaotra (saisons culturales 2007-2009).

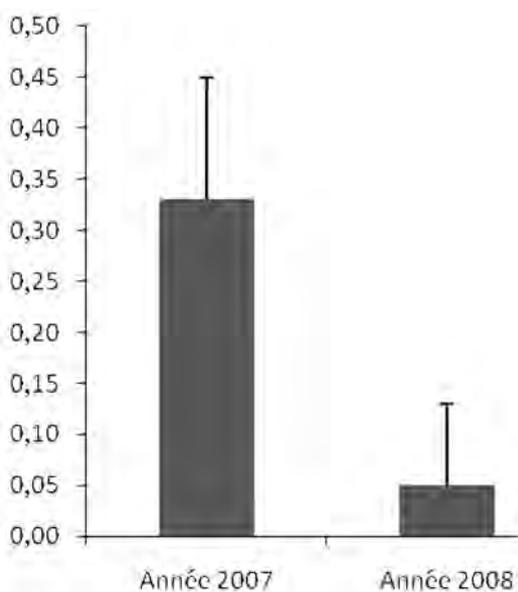


Figure 2. Histogramme (Ecart-type) de la diversité des insectes enregistrée entre les saisons culturales 2007 et 2008 dans la région de Lac Alaotra.

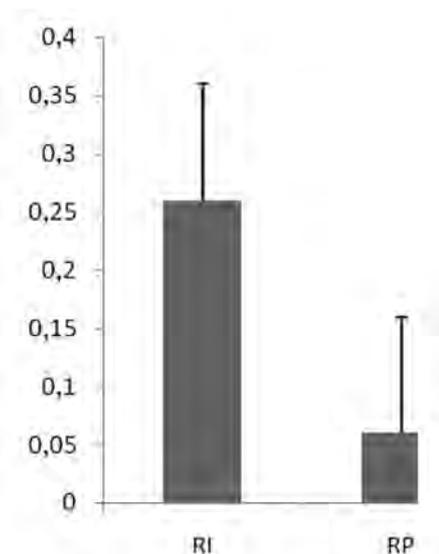


Figure 3. Histogramme (Ecart-type) de la diversité des insectes enregistrée entre les rizicultures irriguée (RI) et pluviale (RP) dans la région de Lac Alaotra.

deux systèmes de culture ($F = 75,32$; $P < 0,0001$). La diversité dans la riziculture irriguée (RI) est largement supérieure par rapport à celle de la riziculture pluviale (RP) (Figure 3).

L'analyse de la variance (ANOVA) a montré qu'il y a une différence significative de la diversité entre les différents sites ($F = 25,05$; $P < 0,0001$).

En riziculture pluviale, l'abondance du nombre de spécimens d'insectes collectés est due à la présence importante d'insectes Coléoptères terricoles qui ont été piégés par les pièges fosses et d'insectes Lépidoptères nocturnes capturés par les piègeages

lumineux. Ces résultats en outre, ont prouvé l'efficacité relative de ces pièges.

Les Coléoptères constituent alors l'ordre le plus important de la riziculture de la région de Lac Alaotra (Figure 1). Cet ordre comprend particulièrement les Scarabaeidae, les Dynastidae et les Melolonthidae, et qui comprend les principaux ravageurs de la riziculture pluviale et dont les larves terricoles (larves de Scarabaeidae) sont communément appelées « vers blancs ». A Madagascar en effet mais aussi sur le continent africain, ces insectes terricoles phytophages constituent un fléau pour la riziculture

pluviale (Randriamanantsoa & Ratnadass, 2002). Toutefois, des espèces prédatrices comme les, Coccinellidae, les Carabidae et les Cicindellidae, y sont présentes. Elateridae et Tenebrionidae, essentiellement phytophages y sont représentées.

Les Lépidoptères se classent au second rang des ravageurs les plus redoutables de la riziculture pluviale (Figure 1) car leurs larves très voraces se nourrissent des feuilles et d'autres sont mineuses des tiges. Les Lépidoptères (Abondance Relative ou AR = 12 %) sont pratiquement tous inféodés aux végétaux sans lesquels ils ne pourraient vivre.

Les Orthoptères, pour la plupart phytophages sont présents avec une AR = 13 % et colonisent aussi bien la riziculture irriguée que pluviale. Ils peuvent être des proies pour les entomophages. Les Tettigoniidae cependant sont des prédateurs et les Gryllidae sont détritivores.

Les Hyménoptères, particulièrement les guêpes, sont des parasitoïdes ou prédatrices des œufs des Hémiptères Cicadomorphes et des chenilles de Lépidoptères foreurs de tiges. Parmi les Hyménoptères, des pollinisateurs Halictidae et Apidae ont aussi été recensés.

Les Hémiptères sont représentés en nombre important en rizicultures pluviale et irriguée avec une AR = 11 %. Les Hémiptères Cicadomorphes et Fulgoromorphes sont des insectes nuisibles suceurs de sève et pouvant transmettre des agents pathogènes à la plante. Cependant ils peuvent aussi constituer des proies pour les entomophages. Les Hémiptères Hétéroptères comprennent quelques espèces de Réduviides entomophages, mais beaucoup sont des nuisibles et servent des proies aux prédateurs.

Les Odonates Anisoptères particulièrement les Libellulidae (*Crocothemis erythraei*), dont les stades larvaires sont aquatiques, sont plus abondants en riziculture irriguée. Avec les Odonates Zygoptères Agrionidae, ils constituent des chasseurs et prédateurs entomophages importants. Les Odonates (AR = 11 %) sont considérés comme indice sûr de la richesse faunique des eaux douces car ce sont des prédateurs actifs (larves et adultes) mais ils constituent également des proies et contribuent ainsi au maintien d'autres espèces animales.

Les Diptères sont aussi présents aussi bien en riziculture pluviale qu'irriguée (AR = 4 %).

Les Dictyoptères Mantodea avec la famille Mantidae sont représentés par *Paramantis prassina*, *P. viridis* et *Tenodera supertiosa* qui sont des importants prédateurs d'insectes terrestres ; les

Dermaptères (Brindle, 1969) comme les forficules (*Hypurgus hypurgus*) qui, bien qu'omnivores, sont particulièrement carnivores en cultures pluviales et se nourrissent de pucerons et de chenilles. Ces deux ordres quoique présents, sont très faiblement représentés dans nos collectes.

Résultats des collectes aux pièges fosses et pièges lumineux en riziculture pluviale

Les Coléoptères ont été les plus nombreux à être capturés aux pièges fosses et aux pièges lumineux. Ce sont surtout des ravageurs du riz pluvial ; les vers blancs terricoles font des dégâts aux racines des plants de riz, et certains adultes s'attaquent au collet.

Résultats des pièges fosses

Ce sont les Orthoptères qui sont collectés en nombre assez important après les Coléoptères. Les Orthoptères piégés sont des Gryllidae détritivores et surtout des Acrididae phytophages (*Paracinema tricolor*) qui constituent alors des ravageurs importants du riz pluvial (Tableau 2).

Des Coléoptères Tenebrionidae essentiellement phytophages (*Gonocephalum simplex*), des Carabidae et des Cicindellidae prédateurs (*Hypparidium equestre*), et des Dynastidae ravageurs (*Heteroconus paradoxus*), sont les plus attrapés sur riziculture pluviale en SCV.

Les Hyménoptères essentiellement des Formicidae (*Camponotus imitator*) qui sont de grands prédateurs et des Dermaptères terricoles, sont également retrouvés dans ces pièges fosses.

Résultats du piégeage lumineux

Ce sont les Lépidoptères nocturnes qui sont pour la plupart des ravageurs du riz, qui sont attrapés en nombre important après les Coléoptères (Tableau 2). Ces Lépidoptères nocturnes sont essentiellement des Noctuidae foreurs de tige de

Tableau 2. Résultats des collectes par piégeage lumineux et pièges fosses en riziculture pluviale dans la région de Lac Alaotra.

Ordre	Piégeage lumineux	Pièges fosses
Coleoptera	140	83
Hemiptera	11	0
Lepidoptera	74	0
Orthoptera	5	17
Dermaptera	0	3
Hymenoptera	0	7

riz (dont *Sesamia calamistis*), des Pyralidae (dont *Maliarpha separatella*) ainsi que des Hesperidae (*Borbo borbonica*) dont les larves sont d'importantes défoliatrices. Ce sont des redoutables ravageurs de la riziculture irriguée et pluviale.

Quelques ravageurs Hémiptères Ciccadomorphes Cicadellidae (*Cofana fuscivenis*) et Hétéroptères Pentatomidae (*Diploxys fallax*, *Aspavia longispina*) sont également attrapés dans ces pièges lumineux.

Quelques Orthoptères Acrididae (*Trilophidia conturbata*) sont également piégés. Ces pièges ont permis surtout de noter l'absence ou la présence des insectes ravageurs et auxiliaires dans ces écosystèmes rizicoles.

Résultats sur la richesse en familles et en espèces de l'entomofaune rizicole

L'entomofaune rizicole du Lac Alaotra est relativement pauvre en diversité au niveau famille si on se réfère aux données obtenues dans les régions d'Afrique et d'Amérique tropicale (Delvare & Aberlenc, 1989).

L'ordre le plus représenté en spécimens qui est l'ordre des Coléoptères, recense 495 individus capturés répartis dans 24 familles et 42 espèces, alors que cet ordre compte 122 familles dans la région tropicale. La diversité au niveau famille pour cet ordre s'est exprimée à 19 % dans nos collectes. Ce niveau descend à 15 % (19/122) si l'on considère certaines familles renvoyées au rang de sous-familles suivant la classification de Crowson (1955) largement acceptée actuellement. C'est le cas des Aphodiidae, Melolonthidae, Dynastidae et Cetonidae regroupées dans la famille des Scarabaeidae ainsi que de la famille des Harpalidae incluse dans la famille des Carabidae.

Les Orthoptères avec un nombre assez élevé de spécimens (168) ne sont répartis que dans trois familles et en huit espèces identifiées. Sachant que cet ordre dans la région d'Afrique et d'Amérique tropicale compte 44 familles, la diversité au niveau famille pour cet ordre s'est donc manifestée à un niveau de 7 %. Pour les autres ordres d'insectes, la diversité au niveau famille est de 11 % (13/124 familles) pour les Lépidoptères ; 8 % (10/134 familles) pour les Hémiptères ; 16 % (14/89 familles) pour les Hyménoptères et 6 % (6/107 familles) pour les Diptères.

Les Dictyoptères et les Dermaptères présentent une diversité plus importante au niveau famille. Les trois spécimens de Dermaptères sont répartis dans deux familles.

Les Figures 4 à 10 illustrent cette diversité des familles dans chaque ordre d'insectes et les Tableaux 3 à 11 correspondants, donnent les détails d'identification des espèces par famille et dans chaque ordre.

A partir de cet inventaire, une liste des principaux ravageurs et auxiliaires pour chaque ordre d'insectes a été dûment établie en Annexe 1.

Cas des Coléoptères

Un total de 25 familles a été recensé en riz pluvial et quatre familles en riz irrigué (Figure 4, Tableau 3). Les groupes des principaux ravageurs sont représentés par les familles suivantes :

Les Tenebrionidae sont importants en riziculture pluviale avec *Gonocephalum simplex* qui est l'espèce dominante à 70 % (53/75) et dont les larves terricoles sont rhyzophages. Les adultes polyphages, vivant à la surface du sol et coupant les plantules au collet, ont été abondants au moment des captures en début de la saison des pluies.

Les Chrysomelidae sont les plus représentés en riziculture irriguée et comptent pour 36 % (5/14) de l'entomofaune recensée dans cette culture (Tableau 3). Cette famille comprend six espèces identifiées. Les « poux » du riz (*Hispa gestroi*) n'ont pas été rencontrés sur les riz pluviaux. Ils se plaisent plutôt sur les rizières irriguées riches en eau (De Laulanié, 2003). Ces hispines, essentiellement rencontrées en riziculture irriguée, présentent un impact, en général de moindre importance (Reissig *et al.*, 1985), malgré les adultes qui rongent la surface des limbes, et les larves qui creusent des mines sous l'épiderme des feuilles (Appert, 1967). Cependant les hispines sont incriminées dans la transmission du virus de la panachure du riz (« Rice Yellow Mottle Virus » ou RYMV) (Reckhaus & Andriamasintseho, 1995). *Aspidomorpha madagascariensis* ravageur par ses adultes perforateurs des limbes et ses larves abimant le parenchyme foliaire a été présent sur le riz pluvial. Sa présence est expliquée par l'existence de cultures vivrières avoisinantes. Cette espèce ayant comme plante hôte les patates douces.

Les familles Elateridae, Chrysomelidae, Lagriidae et Tenebrionidae, comprenant des espèces de ravageurs phytophages de la riziculture, ont été représentées en nombres remarquables, dans nos collectes (220/495, soit 44 %) avec les Scarabaeidae, Cetonidae, Dynastidae et Melolonthidae, qui comptent aussi d'importants ravageurs, elles constituent une réelle menace à la riziculture pluviale en représentant 57 % (283/495)

de l'effectif total des collectes de Coléoptères. Durant toute la phase végétative du riz, la plante est toujours sujette à leurs attaques. En effet, les Dynastidae et les Melolonthidae sont les plus à redouter à cause des dégâts que provoquent certains de leurs représentants aux cultures pluviales à Madagascar. Les adultes d'*Heteronychus* spp. (Dynastidae) s'attaquent au collet des jeunes plantules de riz en les dilacérant alors que les larves d'autres espèces de la famille des Melolonthidae mangent complètement le système racinaire. *Heteronychus arator rugifrons* (Dynastidae) qui constitue le principal insecte nuisible au riz pluvial sur les Hauts-Plateaux (région du Vakinankaratra) est retrouvé dans nos collectes. Les adultes pouvant s'attaquer aux jeunes tiges et feuilles du riz, les larves aux racines (Ratnadass *et al.*, 2013). Chez les Dynastidae, les espèces endémiques de Madagascar *Heteronychus* (*H. arator rugifrons*, *H. plebeius*, *H. bituberculatus*) et *Heteroconus* (*H. paradoxus*) (Randriamanantsoa *et al.*, 2010) sont retrouvées dans nos collectes. Les Cetonidae ne sont nuisibles qu'à l'état adulte (Paulian, 1950).

La famille Attelabidae fortement représentée par *Apoderus humeralis* sur riz pluvial est nuisible à la plante. Les adultes et les larves (protégées dans les feuilles enroulées en cigares) sont phyllophages et les dégâts sont rapides et graves amplifiés par la présence d'autres ravageurs défoliateurs Curculionidae (Preston-Mafham, 1997) et Apionidae (*Cylashovanus*). La présence d'*A. humeralis* est

certainement due à la plante de couverture *Arachis* dans les parcelles d'études. En effet, parmi les plantes hôtes d'*A. humeralis*, on a *Crotalaria*, *Desmodium* et *Arachis* qui sont des plantes de couverture vive largement utilisées en riziculture pluviale à Madagascar (Naudin *et al.*, 2011).

Lagria villosa (Lagriidae) est l'espèce la plus dominante en nombre parmi les Coléoptères en riziculture pluviale et représente à elle seule 16 % (77/481) des captures. Ce coléoptère défoliateur est aussi nuisible aux cultures de soja généralement associées aux cultures pluviales maïsicoles environnantes.

Les Coléoptères de la famille des Carabidae, qui sont les plus représentés en rizicultures irriguée et pluviale sont des grands prédateurs de larves de Cicadellidae, de chenilles défoliatrices, et de foreurs de tiges. Les carabes : *Scarites madagascariensis* et *Pseudorphaeus coquereli* sont présents dans les captures au filet fauchoir sur le riz pluvial. Malheureusement plusieurs espèces de Carabidae sont restées non identifiées. Malgré tout, leur présence en nombre assez important témoigne de leur rôle dans la régulation de l'équilibre écologique. Les prédateurs entomophages sont présents avec les familles Carabidae, Coccinellidae, Cicindellidae et Staphylinidae. Nos collectes au filet fauchoir sur riz pluvial ont recensé deux espèces de coccinelles : *Cheilomenes sulphurea* et *Exochomus laeviusculus*. Les adultes et larves de Coccinellidae Coccinellinae : *C. sulphurea* et d'*E. laeviusculus* qui sont des insectes

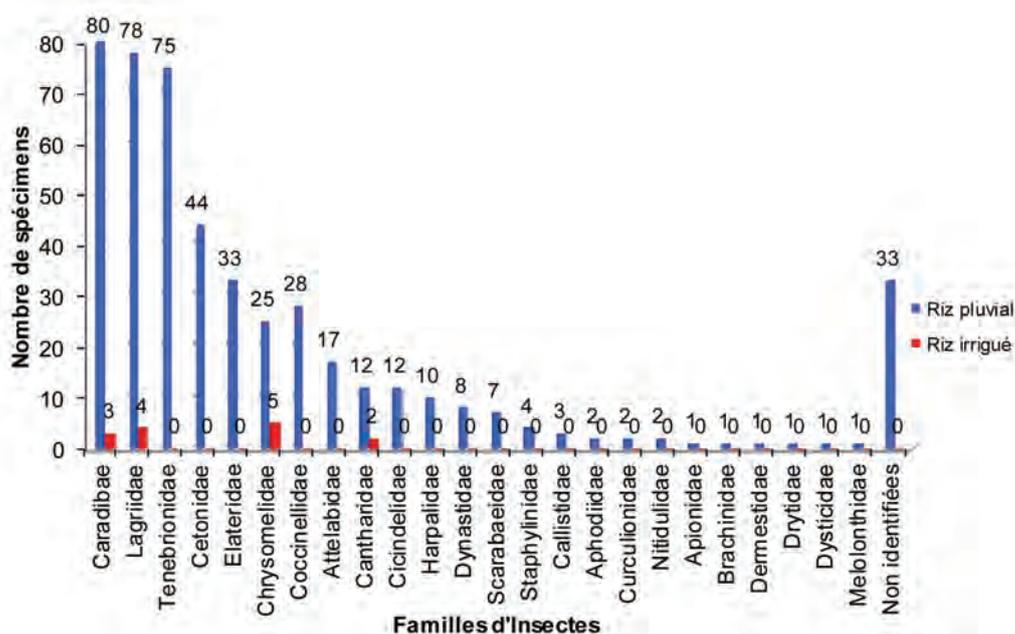


Figure 4. Répartition par famille des Coléoptères de la région de Lac Alaotra.

Tableau 3. Richesse spécifique des Coléoptères dans la région de Lac Alaotra.

Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Aphodiidae	<i>Rhyssomorphus</i>	<i>clementi</i>	2	0	2
Apionidae	<i>Cylas</i>	<i>hovanus</i>	1	0	1
Attelabidae	<i>Apoderus</i>	<i>humeralis</i>	17	0	17
Brachinidae	<i>Brachinus</i>	<i>suleipennis</i>	1	0	1
Callistidae	<i>Chaenius</i>	<i>tetrastigma</i>	3	0	3
Cantharidae	<i>Sildius</i>	<i>impressicollis</i>	12	2	14
Carabidae	<i>Scarites</i>	<i>madagascarensis</i>	2	0	83
	<i>Pseudorphaus</i>	<i>coquereli</i>	1	0	
	Non identifié	Non identifiée	77	3	
Cetoniidae	<i>Celidota</i>	<i>stephensi</i>	44	0	44
Chrysomelidae	<i>Dicladispa</i>	<i>gestroi</i>	0	3	30
	<i>Hyspa</i>	<i>gestroi</i>	0	1	
	<i>Aspidomorpha</i>	<i>madagascarica</i>	1	0	
	<i>Sagra</i>	Non identifiée	1	0	
	<i>Cryptocephalus</i>	Non identifiée	3	0	
	<i>Cryptocephalus</i>	<i>parenthesis</i>	7	0	
	Non identifié	Non identifiée	13	1	
Cicindelidae	<i>Lophyra</i>	<i>abbreviata</i>	1	0	12
	<i>Prothyma</i>	<i>radama</i>	1	0	
	<i>Hipparidium</i>	<i>equestre</i>	10	0	
Coccinellidae	<i>Cheilomenes</i>	<i>sulphurea</i>	26	0	28
	<i>Exochomus</i>	<i>laewiscolus</i>	1	0	
	Non identifié	Non identifiée	1	0	
Curculionidae	<i>Stigmatrechelus</i>	<i>isabellinus</i>	2	0	2
Dermestidae	<i>Trogoderma</i>	<i>granarium</i>	1	0	1
Dryptidae	<i>Nesiodrypta</i>	Non identifiée	1	0	1
Dynastidae	<i>Heteroconus</i>	<i>paradoxus</i>	1	0	8
	<i>Heteroconus</i>	<i>muticus</i>	1	0	
	<i>Heteroconus</i>	<i>paradoxus</i>	2	0	
	<i>Heteronychus</i>	<i>bituberculatus</i>	1	0	
	<i>Heteronychus</i>	<i>aratorrugifrons</i>	1	0	
	<i>Heteronychus</i>	<i>plebejus</i>	1	0	
	Non identifié	Non identifiée	1	0	
Dysticidae	Non identifié	Non identifiée	1	0	1
Elateridae	<i>Cardiotarsus</i>	<i>plebejus</i>	1	0	33
	<i>Aeoloderma</i>	Non identifiée	11	0	
	Non identifié	Non identifiée	21	0	
Harpalidae	<i>Dichaetochilus</i>	<i>emarginatus</i>	5	0	10
	Non identifié	Non identifiée	5	0	
Lagriidae	<i>Lagria</i>	<i>villosa</i>	77	4	82
	<i>Lagria</i>	<i>fuliginosa</i>	1	0	
Melolonthidae	Non identifié	Non identifiée	1	0	1
Nitidulidae	<i>Lasiodactylus</i>	Non identifiée	2	0	2
Scarabaeidae	<i>Onthophagus</i>	<i>elegans</i>	3	0	7
	<i>Pseudontoplia</i>	<i>androyensis</i>	4	0	
Staphylinidae	<i>Paederus</i>	aff. <i>raffayi</i>	1	0	4
	Non identifié	Non identifiée	3	0	
Tenebrionidae	<i>Gonocephalum</i>	<i>simplex</i>	53	0	75
	<i>Eutochia</i>	<i>pulla</i>	16	0	
	<i>Zidalus</i>	<i>attenuatus</i>	1	0	
	<i>Gonocephalum</i>	<i>madagascariensis</i>	1	0	
	Non identifié	Non identifiée	4	0	
Non identifiée	Non identifié	Non identifiée	33	0	33
Total			481	14	495

prédateurs entomophages, actifs le jour, et qui fréquentent la moitié supérieure du plant de riz, sont recensés plus nombreux en riziculture pluviale. Ce sont des prédateurs de jeunes cicadelles, des pucerons, des cochenilles, et des œufs exposés. Cependant, les larves de certaines Coccinellidae Epilachninae très défoliatrices (*Epilachna pavonia*, *E. reticulata*) considérées comme étant des ennemies de la riziculture en Afrique (Silvie *et al.*, 2013), n'ont pas été retrouvées dans nos collectes.

Cas des Hyménoptères

Un total de 14 familles d'Hyménoptères est retrouvé en riz pluvial et trois familles en riz irrigué (Figure 5, Tableau 4). Les familles Halictidae et Scoliidae sont les plus représentées aussi bien en riziculture irriguée que pluviale.

Les Scoliidae étant des guêpes de grande taille, constituent très souvent des parasitoïdes de larves terricoles de Coléoptères.

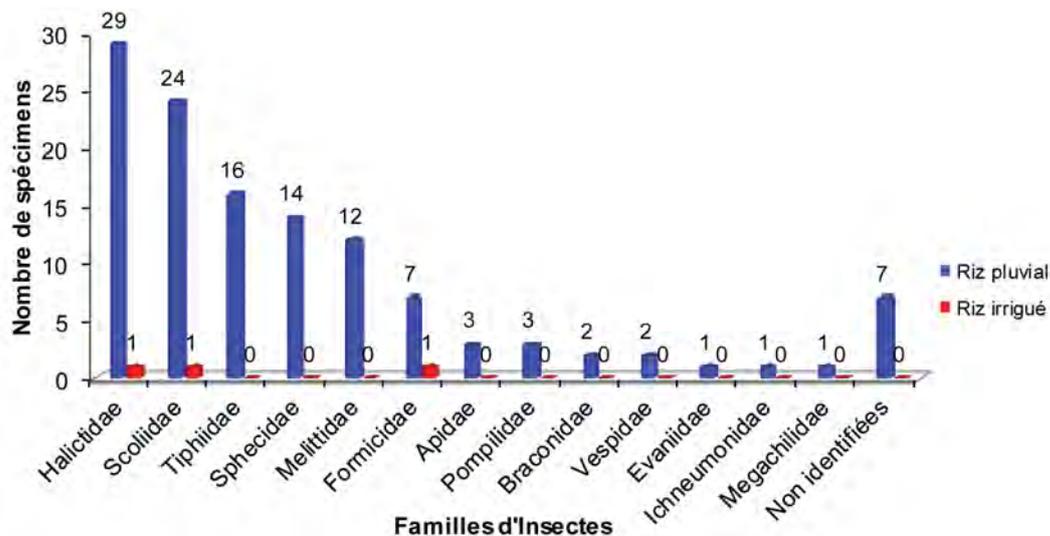


Figure 5. Répartition par famille des Hyménoptères de la région de Lac Alaotra.

Les Hyménoptères prédateurs Sphecidae et parasitoïdes Ichneumonidae et Braconidae sont présents. Les Sphecidae étant de grands dévoreurs d'œufs de cicadelles et les Ichneumonidae comme les Braconidae étant des parasitoïdes spécialisés des foreurs de tiges.

Les familles de parasitoïdes recensées en 1986 (PLI, 1987) telles que les Eulophidae, les Encyrtidae, les Pteromalidae, et les Platygastriidae parasitoïdes de larves d'*H. gestroi* et les Trichogrammatidae parasitoïdes des œufs d'*H. gestroi* n'ont cependant

pas été retrouvées. Des espèces n'ont pas non plus été rencontrées : *Phanerotoma saussurei*, et *Telenomus applanatus* (antagoniste indigène utilisé dans les années PLI autour du Lac Alaotra) qui sont des parasitoïdes des œufs de *Maliarpha separatella* (PLI, 1990), ni *Bracon testaceorufatus* et *Rhaconotus niger* qui sont des parasitoïdes ectophages de *M. separatella*. Ces parasitoïdes ont sans doute été éliminés par la lutte chimique déployée contre ces ravageurs du riz lors de l'opération « Taona Zina » au Lac Alaotra.

Tableau 4. Richesse spécifique des Hyménoptères dans la région de Lac Alaotra.

Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Apidae	<i>Xylocopa</i>	<i>calens</i>	3	0	3
Braconidae	Non identifié	Non identifiée	1	0	2
	<i>Microdus</i>	<i>bassus</i>	1	0	
Vespidae	Non identifié	Non identifiée	2	0	2
Evaniidae	<i>Evania</i>	Non identifiée	1	0	1

Tableau 4. (suite)

Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Formicidae	<i>Camponotus</i>	<i>cf. radamae</i>	0	1	8
	<i>Camponotus</i>	<i>imitator</i>	7	0	
Halictidae	<i>Nomia</i>	<i>viridilimbata</i>	0	1	30
	<i>Nomia</i>	<i>bicolor</i>	27	0	
	<i>Lipotriches</i>	Non identifiée	1	0	
	<i>Lipotriches</i>	<i>betsilei</i>	1	0	
Ichneumonidae	<i>Stenaoplus</i>	<i>seyrigi</i>	1	0	1
Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>rufiventris</i>	1	0	1
Melittidae	<i>Mellita</i>	Non identifiée	1	0	12
	Non identifié	Non identifiée	11	0	
Pompilidae	Non identifié	Non identifiée	3	0	3
Scoliidae	<i>Elis</i>	Non identifiée	4	1	25
	<i>Elis (Dielis)</i>	Non identifiée	1	0	
	<i>Campsomeris</i>	<i>erythrogaster</i>	1	0	
	Non identifié	Non identifiée	18	0	
Sphecidae	<i>Sphex</i>	<i>torrida</i>	10	0	14
	<i>Sceliphron</i>	<i>hemipterum</i>	2	0	
	Non identifié	Non identifiée	1	0	
	<i>Podalonia</i>	<i>luffii</i>	1	0	
Tiphidae	Non identifié	Non identifiée	2	0	16
	Non identifié	Non identifiée	1	0	
	<i>Methoca</i>	Non identifiée	13	0	
Non identifiée	Non identifié	Non identifiée	7	0	7
Total			122	3	125

Les Halictidae avec les Apidae appartenant à la super-famille des Apoidea sont des Hyménoptères pollinisateurs. Les Apidae n'ont pas été retrouvés dans les collectes sur la riziculture pluviale vraisemblablement du fait d'une floraison plus importante des autres végétations avoisinantes pendant la période de collectes.

Les Formicidae souvent considérés comme nuisibles et désagréables par leur nombre important sont cependant des destructeurs de parasites et sont des prédateurs des œufs d'Hémiptères nuisibles. Ils colonisent aussi bien les champs de riz pluvial que les diguettes des rizières irriguées. Ces fourmis friandes de substances sucrées, ont aussi cette particularité de protéger de leurs ennemis naturels les pucerons sécréteurs de miellat. Elles jouent ainsi un rôle non négligeable dans la régulation de l'équilibre de l'écosystème.

Cas des Hémiptères

Un total de 11 familles a été recensé en riziculture pluviale et cinq familles en riziculture irriguée (Figure 6, Tableau 5).

Les familles d'Hétéroptères Pentatomidae et d'Homoptères Cicadellidae sont les plus représentées autant en riziculture irriguée que pluviale, la seconde étant cependant plus importante en riziculture irriguée. Ces familles renferment plusieurs espèces ennemies de la riziculture qui sont dangereuses non seulement par le prélèvement de la sève mais aussi par les agents pathogènes qu'elles peuvent transmettre. Elles constituent cependant, des proies pour les Coccinellidae. L'espèce *Diploxys fallax* (Pentatomidae) est la plus dominante dans les captures sur riz pluvial et irrigué et constitue 41 % des Hétéroptères capturés (57/138). A l'instar des autres espèces de Pentatomidae (*Nezara viridula*, *Aspavia longispina*), c'est un insecte suceur de sève qui affaiblit considérablement le riz quand ses populations sont importantes.

Les Coreidae abondants en troisième position dans les collectes (en saison de pluies) sont également des Hétéroptères nuisibles à la riziculture. L'espèce *Anoplocnemis madagascariensis* par ses piqûres, est vectrice de maladies bactériennes. Elle est présente du fait des plantes de couverture

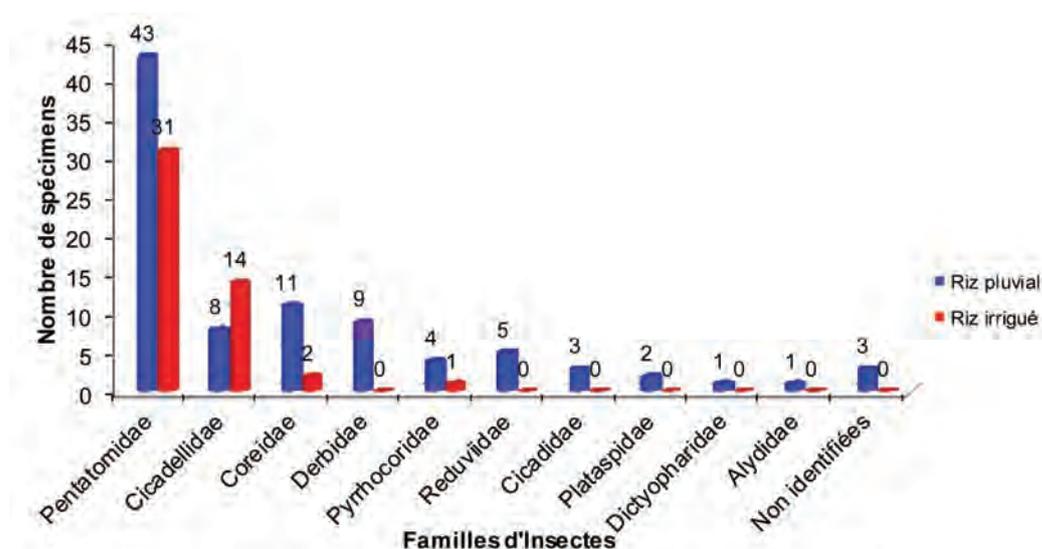


Figure 6. Répartition par famille des Hémiptères de la région de Lac Alaotra.

(*Arachis*) ou des cultures de manioc associées avec le haricot qui constituent ses plantes hôtes.

Il est à noter que *Dysdercus* sp. est seulement présent sur le riz irrigué. Cette espèce de

Pyrrhocoridae nuisible par ses piqûres, est très fortement dépendante de l'humidité.

Concernant les Hémiptères Cicadomorphes, les Cicadellidae sont les plus abondants dans les

Tableau 5. Richesse spécifique des Hémiptères dans la région de Lac Alaotra.

Sous ordre	Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Cicadomorpha	Cicadellidae	<i>Cofana</i>	<i>fuscivenis</i>	1	0	22
		Non identifié	Non identifiée	7	14	
	Cicadidae	<i>Cicada</i>	Non identifiée	2	0	3
		Non identifié	Non identifiée	1	0	
Fulgoromorpha	Dictyopharidae	<i>Numicia</i>	<i>dorsalis</i>	1	0	1
	Derbidae	Non identifié	Non identifiée	9	0	9
Heteroptera	Pentatomidae	<i>Diploxys</i>	<i>fallax</i>	32	27	74
		<i>Agonoscelis</i>	<i>versicolor</i>	1	0	
		<i>Acrosternum</i>	<i>acuta</i>	1	0	
		<i>Aspavia</i>	<i>longispina</i>	6	2	
		<i>Scotinophora</i>	<i>coarctata</i>	1	0	
		<i>Nezara</i>	<i>viridula</i>	2	0	
		<i>Dorycoris</i>	<i>pavonimus</i>	0	1	
		<i>Chinavia</i>	<i>acuta</i>	0	1	
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i>	Non identifiée	0	1	5
		<i>Spilostethus</i>	<i>pandurus</i>	4	0	
	Coreidae	Non identifié	Non identifiée	7	2	13
		<i>Anoplocnemis</i>	<i>madagascariensis</i>	4	0	
	Alydidae	<i>Mirpeus</i>	<i>jaculus</i>	0	1	1
	Reduviidae	Non identifié	Non identifiée	5	0	5
	Plataspidae	<i>Brachiplastis</i>	<i>hemisphaeryca</i>	2	0	2
Non identifié	Non identifié	Non identifiée	3	0	3	
Total				89	49	138

collectes après les Hétéroptères Pentatomidae. Elles sont présentes dans les parcelles de riz pluvial et irrigué. Ce sont des suceurs de sève dont les dégâts sont d'autant plus importants qu'ils sont nombreux.

Des Hémiptères fulgoromorphes Derbidae ont été retrouvés (inopinément) dans les collectes par fauchage sur riz pluvial à Amparihimena (janvier 2008) et font l'objet d'identification et de description en cours. En effet, les Hémiptères fulgoromorphes sont inféodés à des plantes-hôtes spécifiques indigènes (Ranarilalaitiana, 2008) et jamais recensés sur le riz. Les espèces de Derbidae collectées non encore décrites, ont fait ainsi l'objet de recherche dans les forêts avoisinantes (Lakato et Andasibe Mantadia) pour avoir le maximum de spécimens et en vue d'une description approfondie au niveau du

généralia au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (description en cours).

Les Reduviidae qui sont des hétéroptères prédateurs d'autres insectes (Preston-Mafham, 1997) ont été retrouvés dans les collectes. Etant des prédateurs solitaires, ils sont peu abondants dans les rizières irriguées et pluviales (Shepard *et al.*, 1987).

Cas des Lépidoptères

Les Lépidoptères récoltés sont majoritairement des ravageurs (Figure 7, Tableau 6). La riziculture pluviale compte 13 familles de Lépidoptères tandis que deux familles seulement sont recensées en riziculture irriguée : Noctuidae et Spingidae.

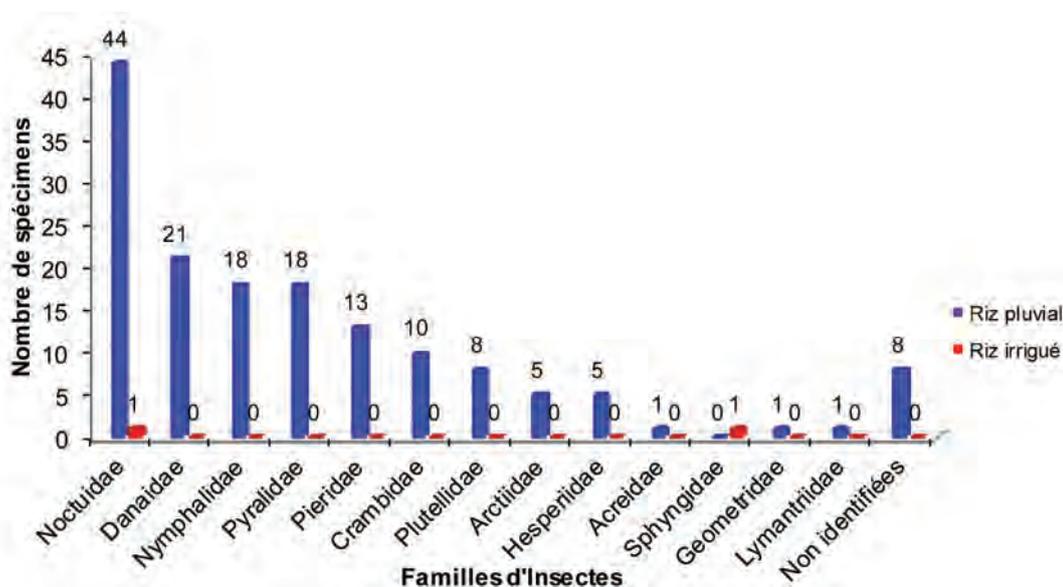


Figure 7. Répartition par famille des Lépidoptères de la région de Lac Alaotra.

- Les Sphingidae adultes de l'espèce *Hypopticon* présents sur la riziculture irriguée, sont des prédateurs entomophages.
- La famille des Noctuidae dont les chenilles sont très polyphages est fortement représentée en riziculture pluviale. Cette famille et celle des Pyralidae, comprennent des ravageurs redoutables, qui menacent en permanence la riziculture pluviale. En effet, les pyrales qui sont monophages (cas de *Maliarpha separatella* qui est associée au riz du genre *Oryza*) ou oligophages (qui ont des plantes refuges comme les graminées sauvages leur permettant de survivre en l'absence

de rizières) sont particulièrement dangereuses pour la riziculture pluviale (Reissig *et al.*, 1985). *Maliarpha separatella* a été retrouvée sur le riz pluvial (15/153) et sur le riz irrigué. Ses larves (appelées borers blancs) sont des mineuses des tiges difficilement accessibles aux insecticides non systémiques. Les Lépidoptères noctuelles nocturnes dont les larves sont également mineuses : *Earias biplaga* et *Sesamia calamistis*, sont des nuisibles aux plants de riz. Les larves de *S. calamistis* (communément appelées borers roses), en creusant des galeries dans les tiges, entraînent leur rupture. Ces noctuelles

Tableau 6. Richesse spécifique des Lépidoptères dans la région de Lac Alaotra.

Famille	Sous famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Melanitis</i>	<i>leda</i>	1		18
	Nymphalinae	<i>Precis</i>	<i>radama</i>	1	0	
		<i>Junonia</i>	<i>veroneepiclelia</i>	16	0	
Danaidae	Danainae	<i>Danaus</i>	<i>chrysippus</i>	21	0	21
Pieridae	Coliadinae	<i>Catopsilia</i>	non identifiée	7	0	13
		<i>Terias</i>	<i>regularis</i>	4	0	
		<i>Catopsilia</i>	<i>florella</i>	2	0	
Acreidae	Non identifié	Non identifié	Non identifié	1	0	1
Arctiidae	Arctiinae	<i>Utethesia</i>	<i>elata</i>	1	0	5
		<i>Utethesia</i>	<i>pulchella</i>	2	0	
		<i>Spilosoma</i>	<i>virginalis</i>	1	0	
		<i>Spilosoma</i>	<i>madagascariensis</i>	1	0	
Noctuidae	Catocalinae	<i>Cyligramma</i>	<i>magus</i>	3	0	45
	Chloephorinae	Non identifié	Non identifié	0	1	
		<i>Earias</i>	<i>biplaga</i>	1	0	
	Acronictinae	<i>Perigea</i>	<i>conducta</i>	1	0	
		<i>Condica</i>	<i>conducta</i>	1	0	
	Acontiinae	<i>Ilattia</i>	<i>blandula</i>	5	0	
	Ipimorphinae	<i>Anticarsia</i>	<i>irrorata</i>	1	0	
		<i>Mocis</i>	<i>nigrimacula</i>	1	0	
		<i>Sesamia</i>	<i>calamistis</i>	1	0	
		<i>Remigia</i>	<i>conveniens</i>	1	0	
	Non identifié	Non identifié	29	0		
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Hippotion</i>	<i>eson</i>	0	1	1
Plutellidae	Plutellinae	<i>Plutella</i>	<i>xylostella</i>	8	0	8
Crambidae	Spilomelinae	<i>Hymenia</i>	<i>perspectalis</i>	1	0	10
	Acentropinae	<i>Parapoynx</i>	<i>depunctalis</i>	2	0	
		<i>Parapoynx</i>	<i>fluctuosalis</i>	7	0	
Hesperiidae	Hesperiinae	<i>Borbo</i>	<i>borbonica</i>	5	0	5
Pyralidae	Peoriinae	<i>Ampycodes</i>	<i>pallidicosta</i>	3	0	18
		<i>Maliarpha</i>	<i>separatella</i>	15	0	
Geometridae	Non identifié	Non identifié	Non identifié	1	0	1
Lymantriidae	Lymantriinae	<i>Euproctis</i>	<i>confluens</i>	1	0	1
Non identifié	Non identifié	Non identifié	Non identifié	8	0	8
Total				153	2	155

ont été retrouvées dans nos collectes sur la riziculture pluviale autour de Lac Alaotra. Elles sont très redoutables puisqu'une chenille peut endommager plusieurs plants de riz.

La riziculture pluviale dans la région du Lac Alaotra se trouve aussi très agressée par les chenilles des familles Arctiidae, Danaidae, Hesperidae, Lymantriidae, Nymphalidae, Pieridae, et Plutellidae qui sont des phyllophages défoliatrices. Les parasitoïdes Hyménoptères de *Borbo borbonica*

(Hesperidae), à savoir *Apanteles hypopigiales*, *Brachimeria* et *Phorcidea longicornis* ont été absents dans nos collectes.

Cas des Diptères

La riziculture pluviale est plus diversifiée en familles de Diptères (six familles) que la riziculture irriguée (deux familles) (Figure 8, Tableau 7).

Les familles Scyzomyzidae et Asilidae sont les plus représentées en riziculture irriguée et

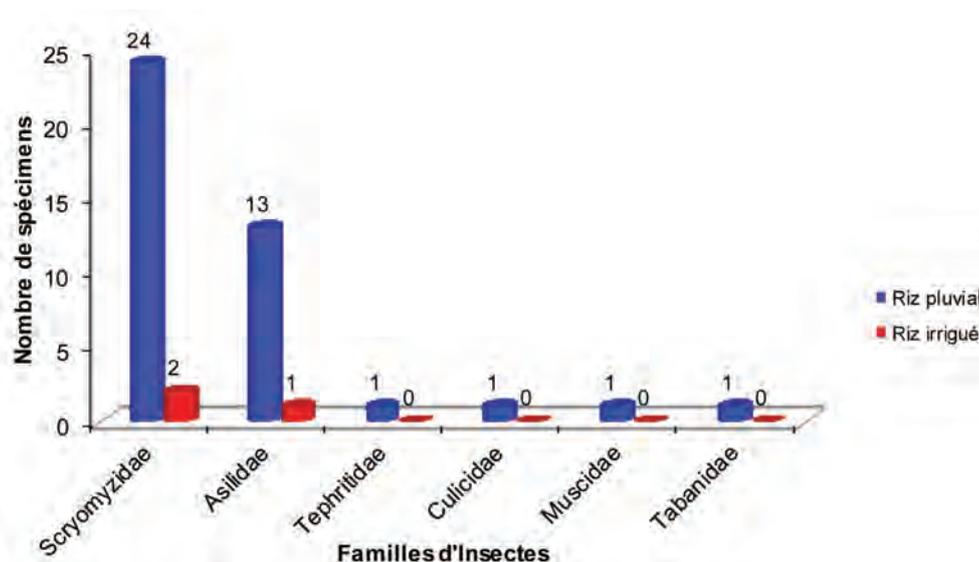


Figure 8. Répartition par famille des Diptères de la région de Lac Alaotra.

pluviale. Les Asilidae sont des prédateurs actifs d'Hyménoptères et d'autres insectes, tandis que les Scyomyzidae s'attaquent plutôt aux gastéropodes.

Il n'y a pas eu de Diptères ravageurs typiques du riz dans nos collectes (en Asie, *Chlorops orizae* est un diptère foreur de tiges de riz, et *Diopsis thoracica* en Afrique), ni des Tachinidae parasitoïdes (Boivin, 1996). Des Tephritidae mouches des fruits (*Neoceratitis* = *Pardalaspis cyanescens* ou mouche de la tomate) sont présentes certainement à cause des plantes de couverture et des champs de cultures vivrières avoisinantes.

Le Culicidae *Culex* sp. : un moustique exophile, est attrapé dans nos collectes parce qu'il trouve refuge dans ces cultures. Les mâles des moustiques sont des suceurs de sève. La riziculture pluviale offre un abri à ces moustiques exophiles qui étaient

nombreux mais qui ont pu s'échapper de nos filets fauchoirs.

Cas des Orthoptères

La famille Acrididae (les criquets) est fortement représentée à 52 % (88/168) (Figure 9, Tableau 8). Cette famille exclusivement phytophage, constitue une réelle menace à la riziculture irriguée et pluviale en cas de pullulation de *Locusta migratoria* et de *Nomadacris septemfasciata* qui font des dégâts importants en phase grégaire. Ces criquets sont à craindre en cas de périodes prolongées de sécheresse suivies de pluies abondantes, favorisant la formation d'essaims grégaires de grande taille. En nombre restreint aussi, ils peuvent couper les panicules.

Tableau 7. Richesse spécifique des Diptères dans la région de Lac Alaotra.

Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Asilidae	<i>Cophynopoda</i>	<i>pulchripes</i>	2	1	14
	<i>Cobalomya</i>	Non identifiée	1	0	
	<i>Ommatius</i>	<i>chinensis</i>	9	0	
	Non identifié	Non identifiée	1	0	
Tephritidae	<i>Pardalaspis</i>	<i>cyanescens</i>	1	0	1
Scyomyzidae	<i>Sepedon</i>	Non identifiée	24	2	26
Culicidae	<i>Culex</i>	Non identifiée	1	0	1
Muscidae	Non identifié	Non identifiée	1	0	1
Tabanidae	Non identifié	Non identifiée	1	0	1
Total			41	3	44

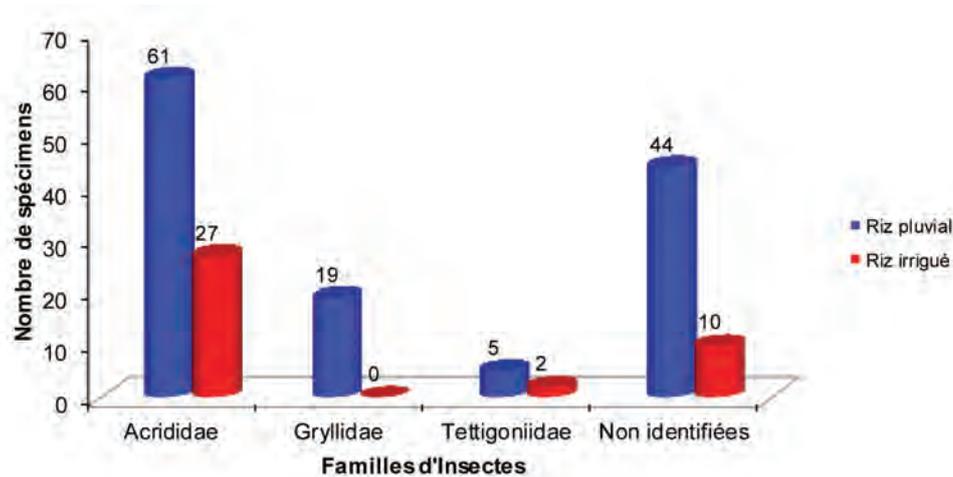


Figure 9. Répartition par famille des Orthoptères de la région de Lac Alaotra.

Les Tettigoniidae (sauterelles) et les Gryllidae (grillons) sont phytophages et peuvent endommager les parcelles de riz pluvial mais ils peuvent aussi se nourrir de débris animaux, des œufs d'insectes et vivent le plus souvent isolés.

Cas des Odonates Anisoptères et Zygoptères

Ce sont essentiellement des auxiliaires (Figure 10, Tableau 9). La famille Libellulidae (les libellules) est fortement représentée en riziculture irriguée et pluviale. Cette famille fait partie des insectes bioindicateurs témoignant d'une richesse faunique du milieu. Leurs larves étant des prédateurs d'insectes aquatiques.

La famille Agrionidae (les demoiselles) constitue également des prédateurs entomophages.

Cas des Dermaptères

La famille Forficulidae est représentée par *Hypurgus hypurgus* qui est une espèce auxiliaire prédatrice de pucerons et de chenilles, et commune dans les régions orientale et occidentale de Madagascar (Tableau 10). La famille Labiduridae est représentée par l'espèce cosmopolite *Labidura riparia*. Ces espèces nocturnes, généralement omnivores constituent pour la plupart, plutôt des proies.

Cas des Dictyoptères Mantodea

La seule famille recensée dans cet ordre est celle des Mantidae (Tableau 11). Ce sont des Dictyoptères Mantodea diurnes, prédateurs carnassiers qui chassent à l'affût.

Tableau 8. Richesse spécifique des Orthoptères dans la région de Lac Alaotra.

Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Acrididae	<i>Paracinema</i>	<i>tricolor</i>	23	24	88
	<i>Atractomorpha</i>	<i>acutipennis</i>	5	0	
	<i>Acrida</i>	<i>bicolor</i>	4	0	
	<i>Krausella</i>	<i>amabile</i>	1	0	
	<i>Nomadacris</i>	<i>septemfasciata</i>	3	0	
	<i>Locusta</i>	<i>migratoria migratorioides</i>	7	0	
	<i>Trilophidia</i>	<i>conturbata</i>	2	0	
	<i>Gastrimargus</i>	<i>africanus</i>	4	0	
	Non identifié	Non identifiée	12	3	
Tettigoniidae	Non identifié	Non identifiée	5	2	7
Gryllidae	Non identifié	Non identifiée	19	0	19
Non identifiée	Non identifié	Non identifiée	44	10	54
Total			129	39	168

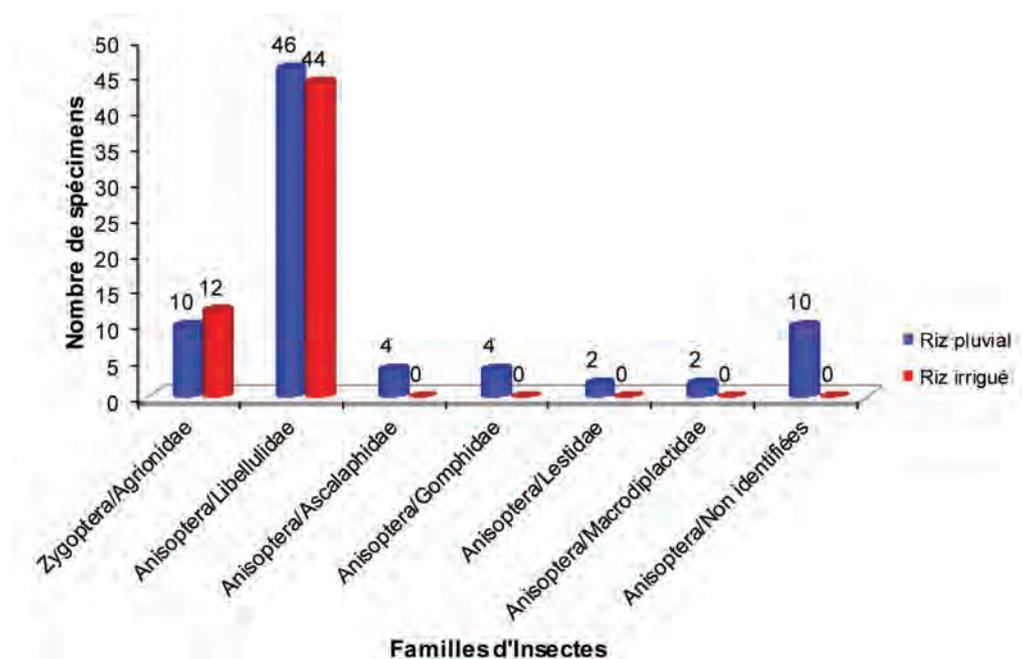


Figure 10. Répartition par famille des Odonates Zygoptères et Anisoptères de la région de Lac Alaotra.

Tableau 9. Richesse spécifique des Odonates dans la région de Lac Alaotra.

Sous Ordre	Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué	Nombre total spécimens
Zygoptera	Agrionidae	<i>Ceriagrion</i>	<i>glabrum</i>	10	9	22
		<i>Ceriagrion</i>	<i>madagazureum</i>	0	3	
Anisoptera	Ascalaphidae	<i>Helicomitus</i>	<i>festivus</i>	4	0	4
		<i>Paragomphus</i>	<i>z-viridium</i>	1	0	4
	Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>	<i>aequistylus</i>	3	0	
		<i>Lestes</i>	<i>unicolor</i>	2	0	2
	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	Non identifiée	2	0	90
		<i>Crocothemis</i>	<i>erythrea</i>	31	40	
		<i>Diplacodes</i>	<i>lefebvrei</i>	1	4	
		<i>Pantala</i>	<i>flavescens</i>	4	0	
		<i>Neodythemis</i>	<i>hilodebrandii</i>	6	0	
	Macrodiplactidae	<i>Hemistigma</i>	<i>affinis</i>	2	0	
<i>Urothemis</i>		<i>assignata</i>	2	0	2	
	Non identifiée	Non identifié	Non identifiée	10	0	10
Total				78	56	134

Tableau 10. Richesse spécifique des Dictyoptères dans la région de Lac Alaotra.

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Nombre spécimens Riz pluvial	Nombre spécimens Riz irrigué
Dictyoptera	Mantidae	<i>Tenodera</i>	<i>supertitiosa</i>	3	0
		<i>Paramantis</i>	<i>prasina</i>	1	0
		<i>Paramantis</i>	<i>viridis</i>	1	0
Total				5	0

Tableau 11. Richesse spécifique des Dermaptères dans la région de Lac Alaotra.

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Nombre espèces Riz pluvial	Nombre espèces Riz irrigué
Dermaptera	Forficulidae	<i>Hypurgus</i>	<i>hypurgus</i>	2	0
	Labiduridae	<i>Labidura</i>	<i>riparia</i>	1	0
Total				3	0

Discussion

Evolution de la biodiversité de l'entomofaune entre 1986 et 2009

Les derniers résultats sur l'entomofaune des rizières du PC15 de la région de Lac Alaotra, remontant aux années 1986 (PLI, 1985, 1986) se limitent à rapporter que les ordres les moins représentés étaient les Orthoptères, les Odonates et les Homoptères. La liste générale de l'entomofaune est ainsi restée inachevée. En revanche, notre collecte s'est limitée à 42 espèces, alors que la collection de Coléoptères de la région rizicole d'Alaotra réalisée dans le cadre du PLI recense 160 espèces (PLI, 1986). Il y aurait eu un appauvrissement de 74 % au niveau spécifique probablement dû à la lutte chimique contre les Coléoptères ravageurs. Cependant la pratique du SCV semble favoriser la pullulation en nombre des Coléoptères prédateurs car ces espèces récoltées sont majoritairement retrouvées en riz pluvial (36 spécimens sur le riz pluvial contre 6 sur le riz irrigué).

La biodiversité en ordres d'insectes de la riziculture pluviale exprimée à 28 % et celle de la riziculture irriguée à 22 %, démontre que la biodiversité de l'écosystème rizicole se trouve faiblement représentée probablement par l'usage important d'insecticides chimiques dans cette région. Cet appauvrissement en biodiversité a été évalué selon la classification récente des insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale de Minet et Bourgoin (Delvare & Aberlenc, 1989) où 32 ordres d'insectes sont recensés (la classification traditionnelle étant à 36 ordres).

La riziculture pluviale sous SCV favorable à la biodiversité de l'entomofaune

Un pourcentage de 87 % des spécimens d'insectes recensés provient de la riziculture pluviale. Cette riziculture qui pratique le système du SCV manifeste ainsi, une richesse notable en biodiversité des insectes, tant en nombre d'ordres d'insectes, qu'en nombre d'individus adultes recensés. Le système SCV par sa diversité floristique, mellifère, et la couverture permanente du sol est un milieu favorable pour le développement de diverses espèces d'insectes. Notamment, par le choix des plantes de couverture, le système SCV constitue un refuge pour la faune auxiliaire, où un piège pour détourner les ravageurs (exemple : *Arachis* attractif pour les punaises, *Raphanus sativus* odorant et répulsif pour éloigner les ravageurs) (Husson *et al.*, 2009 ; Seguy *et al.*, 2009). Ce qui explique également l'abondance

des taxons dans ces cultures autant en SCV qu'en monoculture (Naudin *et al.*, 2011).

Les Odonates (AR = 11 %) sont considérés comme indice sûr de la richesse faunique des eaux douces (Samways, 2008) car ce sont des prédateurs actifs (larves et adultes) mais ils constituent également des proies et contribuent ainsi au maintien d'autres espèces animales. La présence de la famille Libellulidae (insectes bioindicateurs) fortement représentée en riziculture irriguée et pluviale, témoigne d'un milieu favorable à la vie et d'un fonctionnement interactif des organismes encore à un niveau normal.

Conclusions et perspectives

Les travaux ci-rapportés concernent particulièrement les collectes d'insectes inventoriés dans 28 parcelles de riziculture pluviale et irriguée dans la région d'Alaotra pendant deux saisons culturales 2007 et 2008.

L'entomofaune en riziculture pluviale se trouve plus riche en ordres et en nombre de spécimens par rapport à celle de la riziculture irriguée qui se trouve fortement agressée par l'usage d'insecticides chimiques. Cette richesse relative s'est révélée du fait des possibilités du piégeage lumineux et du piégeage de Barber et surtout de cette plus grande diversité végétale qui abrite une entomofaune diverse en riziculture pluviale.

L'environnement du riz pluvial sous couverture végétale constitue un refuge propice aux insectes auxiliaires, semble peu favorable aux défoliateurs mais convient très bien aux insectes ravageurs terricoles (vers blancs, les Gryllidae).

Parmi les Hyménoptères collectés, des parasitoïdes et des pollinisateurs utiles ont été retrouvés. Les Dictyoptères Mantodea avec les mantes religieuses, sont de grands prédateurs d'Orthoptères et de Lépidoptères, participant activement à la régulation des populations. Les lépidoptères diurnes, ainsi que les odonates sont des groupes pilotes servant de bioindicateurs de pollution de premier ordre. Ils constituent des groupes facilement remarquables et très sensibles aux pesticides. Les odonates adultes sont de grands prédateurs d'insectes. Ils chassent et ingèrent leurs proies en vol.

Les collectes au filet fauchoir et les piégeages par « pitfall traps » ont révélé que les coléoptères sont les plus dominants et constituent ainsi une menace réelle pour la riziculture pluviale car les espèces récoltées sont majoritairement des ravageurs, notamment

des scarabées par leurs larves qui font des dégâts racinaires, mais aussi par les adultes qui rongent les collets des jeunes plants (Randriamanantsoa *et al.*, 2010).

En piégeage lumineux, les observations des lépidoptères nocturnes, leur abondance, ont permis de retrouver des noctuelles dont *Sesamia calamistis* et des pyrales dont *Maliarpha separatella* qui sont des ravageurs redoutés des riziculteurs par leurs larves mineuses.

Des identifications plus poussées aux niveaux famille, genre et espèce des insectes récoltés ont été effectuées en milieu expert et des espèces non encore décrites ont été recensées, notamment des Hémiptères fulgoromorphes. Ces spécimens ont fait l'objet de description approfondie.

Le tri et le recensement des espèces qu'on a pu identifier et qui sont connues pour être utiles ou nuisibles à la riziculture ont été effectués et une liste des principaux ravageurs potentiels du riz, des prédateurs entomophages et des parasitoïdes a été établie (Annexe 1). Cette étude a abouti à un inventaire de l'entomofaune de la riziculture de la région du Lac Alaotra et concrétise l'inventaire laissé sans suite précise dans les premières initiatives des années 1983-1990. Des espèces restent indéterminées malgré les efforts déployés. Cependant on peut dire que la riziculture est riche en biodiversité d'entomofaune ; 25 % des ordres d'insectes de la région africaine sont représentés.

En perspectives, il y a lieu d'observer les prédateurs et parasitoïdes des insectes utiles et d'analyser leurs rôles respectifs dans l'environnement.

Il s'agit également de suivre la dynamique de ces populations d'insectes, l'évaluation de leur impact sur le rendement rizicole et la détermination du seuil de nuisibilité.

Il convient aussi de suivre l'évolution des lépidoptères et des odonates qui constituent des groupes indicateurs biologiques de la pollution de l'écosystème et qui sont connus pour être très sensibles aux pesticides et également aux changements climatiques.

Il y a lieu aussi de procéder au suivi minutieux de la bio-écologie des hyménoptères et des diptères qui constituent les principaux ordres comprenant les insectes utiles particulièrement des parasitoïdes capables de réguler la dynamique des populations d'insectes herbivores (Boivin, 1996) en rapport avec la phénologie de riz. Et l'impact du parasitisme sur *Hispa gestroi* (« poux » épineux du riz) varie aussi

d'une région à une autre : dans le Sud où les « poux » sont abondants, les parasitoïdes atteignent très rapidement des densités élevées et contrôlent les populations de leur hôte, par contre à l'Ouest malgré une égale abondance du ravageur, les ennemis naturels se multiplient moins vite (PLI, 1990).

L'insecte acquiert son statut de ravageur une fois que le niveau de population atteint un seuil significatif qui est capable de causer des pertes substantielles de rendement à la culture, alors qu'à faible densité ces insectes agresseurs permettent la régénération des insectes utiles qui les utilisent comme hôtes. D'autre part, la pénurie des sources de nourriture pourrait amener les prédateurs d'insectes ravageurs à attaquer d'autres espèces utiles. Et l'intérêt des couvertures végétales est d'héberger des proies alternatives ou de fournir des ressources alimentaires complémentaires aux prédateurs et parasitoïdes.

Il convient enfin d'observer la voracité des ravageurs herbivores, notamment des scarabées par leurs larves qui font des dégâts racinaires, mais aussi par les adultes qui rongent les collets des jeunes plants, ainsi que des éventuels prédateurs entomophages.

En piégeage lumineux, les observations des lépidoptères nocturnes, leur abondance, ont permis de retrouver des noctuelles dont *Sesamia calamistis* et des pyrales dont *Maliarpha separatella* qui sont des ravageurs redoutés des riziculteurs par leurs larves mineuses.

Remerciements

Nos vifs remerciements vont à l'endroit de la Fondation MacArthur qui nous a octroyé tous les moyens financiers et matériels pour ce projet. Nous remercions les autorités locales, les paysans, BRL-Madagascar, le Projet BV-LAC qui ont facilité nos investigations dans les parcelles. Que les différents organismes MNHN, CIRAD Montpellier UMR CBGP, URPIU-GDRiBDDM ou Unité de Recherche pour la Protection des Insectes Utiles dans le Groupe de Réseau international – Biodiversité Durable de Madagascar, PBZT, CAS, trouvent ici notre reconnaissance pour leur participation aux identifications. Que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation des travaux ici rapportés reçoivent notre gratitude, particulièrement les différents experts : Gérard Delvare pour l'ordre des Hyménoptères, Henry Pierre Aberlenc, Antoine Mantilleri et Olivier Montreuil pour l'ordre des Coléoptères ; Thierry Bourgoïn et Eric Guilbert pour l'ordre des Hémiptères ; Christophe Daugeron et

Emmanuel Delfosse pour l'ordre des Diptères ; Roger Roy pour l'ordre des Dictyoptères, Joël Minet pour l'ordre des Lépidoptères ; Jean Legrand pour l'ordre des Odonates ; et Laura Desuter pour l'ordre des Orthoptères. Nous sommes reconnaissants envers le Département d'Entomologie et la Formation Doctorale de la Mention Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo : notre Institution de support. Nous remercions infiniment Eric Blanchart et Alain Ratnadass pour leurs commentaires sur la version précédente de ce manuscrit.

Références bibliographiques

- Appert, J. 1967.** Les insectes nuisibles aux cultures de Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, 22: 1-177.
- Badjeck, B. & Rakotonirainy, M. 2010.** Rapport spécial Mission FAO-PAM d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar. <http://www.fao.org/giews>. Consulté en janvier 2015.
- Barber, H. S. 1931.** Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46: 259-266.
- Boivin, G. 1996.** Evolution et diversité des insectes parasitoïdes. *Antennae*, numéro spécial: 6-12.
- Brindle, A. 1969.** Insectes Dermaptères de Madagascar. *Faune de Madagascar*, 30: 1-112.
- Crowson, R. A. 1955.** *The natural classification of the families of Coleoptera*. Nathaniel Llyold, London.
- De Laulanié, H. 2003.** *Le riz à Madagascar : Un développement en dialogue avec les paysans*. Editions Karthala - Editions Ambozotany, Fianarantsoa.
- Delvare, G. & Aberlenc, H.-P. 1989.** *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles*. CIRAD-GERDAT Laboratoire Faunistique, Montpellier.
- Doucet-Personemi, C., Halm, M. P., Touffet, F, Rortais, A. & Arnold, G. 2003.** Imidaclopride utilisé en enrobage de semences (Gaucho®) et troubles des abeilles. Rapport final. Comité Scientifique et Technique de l'Etude. Multifactorielle des Troubles des Abeilles, Paris.
- Domas, R., Penot, E., Andriamalala, H. & Chabierski. S. 2009.** Quand les tanety rejoignent les rizières au Lac Alaotra : Diversification et innovation sur les zones exondées dans un contexte foncier de plus en plus saturé. Site <http://agroecologie.cirad.fr>
- Husson, O., Charpentier, H., Naudin, K., Razanamparany, C., Moussa, N., Michellon, R., Andrianasolo, H., Razafintsalama, H., Rakotoarinivo, C., Rakotondramanana & Seguy, L. 2009.** Le choix des cultures, associations et successions adaptées aux contraintes agro-climatiques. *Manuel Pratique du Semis Direct à Madagascar*, II: 1-24
- Husson, O., Séguy, L., Charpentier, H., Michellon, R., Raharison, T., Naudin, K., Enjalric, F., Moussa, N., Rasolomanjaka, J., Bouzinac, S., Chabanne, A., Boulakia, S., Tivet, F., Chabierski, S., Razafintsalama, H., Rakotoarinivo, C., Andrianasolo, H., Chabaud, F. X., Tahina, R., Pierson, R. & Ramaroson, I. 2013.** Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar. CIRAD, Antananarivo.
- Naudin, K., Quaranta, B., Randriamanantsoa, R., Rabary, B., Rafarasoia, L., Michellon, R., Fernandes, P. & Ratnadass, A. 2011.** Candidate plants to help soil pest control in Conservation Agriculture: Potential effects of 21 species used as cover crops in Madagascar. *Fifth World Congress of Conservation Agriculture Incorporating, September 2011, Brisbane*. www.wcca2011.org
- Paulian, R. 1950.** *Insectes utiles et nuisibles de la région de Tananarive*. Publications de l'Institut de Recherche Scientifique, Antananarivo.
- PLI. 1985.** Protection intégrée en riziculture au Lac Alaotra. Rapport d'activités 1 : Décembre 1983 - juillet 1985, Rapport non publié. République Démocratique de Madagascar et Confédération Suisse, Antananarivo.
- PLI. 1986.** Protection intégrée en riziculture au Lac Alaotra. Rapport d'activités 2 : Août 1985 - juillet 1986. Rapport non publié. République Démocratique de Madagascar et Confédération Suisse, Antananarivo.
- PLI. 1987.** Protection intégrée en riziculture au Lac Alaotra. Rapport d'activités 3 : Août 1986 - juillet 1987. Rapport non publié. République Démocratique de Madagascar et Confédération Suisse, Antananarivo.
- PLI. 1989.** Protection intégrée en riziculture au Lac Alaotra. Rapport d'activités 5 : Août 1988 - juillet 1989, Rapport non publié. République Démocratique de Madagascar et Confédération Suisse, Antananarivo.
- PLI. 1990.** Protection intégrée en rizières à Madagascar. Possibilités et limites. Rapport non publié. République Démocratique de Madagascar et Confédération Suisse, Antananarivo.
- Preston-Mafham, K. 1997.** *Identifying bugs and beetles: The new compact study guide and identifier*. Chartwell Books, Edison, New Jersey.
- Ranarilalaitiana, T. 2008.** Inventaire des Cixiidae (Hémiptera-Fulgoromorpha) de quelques sites forestiers de Madagascar et particulièrement les espèces inféodées à la plante du genre *Pandanus* (Pandanaceae). Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Randriamanantsoa, R. & Ratnadass, A. 2002.** Etat des connaissances et acquis sur les vers blancs ravageurs associés aux systèmes de culture à base de riz à Madagascar. Rapport non publié. FOFIFA, Antananarivo.
- Randriamanantsoa, R., Aberlenc, H.-P., Ralisoa, O. B., Ratnadass, A. & Vercambre, B. 2010.** Les larves des Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera) en riziculture pluviale des régions de haute et moyenne altitudes du Centre de Madagascar. *Zoosystema*, 32(1): 19-72.
- Ratnadass, A., Razafindrakoto, C. R., Andriamizely, H., Ravaomanarivo, L. H. R., Rakotoarisoa, B. H. L., Ramahandry, F., Ramarofidy, M., Randriamanantsoa, R., Dzido, J. L. & Rafarasoia, L. S. 2012a.** Protection

- of upland rice at Lake Alaotra (Madagascar) from black beetle damage (*Heteronychus plebejus*) (Coleoptera : Dynastidae) by seed dressing. *African Entomology*, 20: 177-181.
- Ratnadass, A., Randriamanantsoa, R., Douzet, J. M., Rakotoalibera, H., Rafamantanantsoa, E. & Michellon, R. 2012b.** Evaluation des risques liés aux traitements des semences contre les attaques d'insectes terricoles sur riz pluvial à Madagascar et d'alternatives biologiques aux molécules de synthèse. *Acte de la Première Conférence sur les Systèmes de Production Rizicole Biologique, 27-30 Août 2012 Montpellier, France*. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. <http://www1.montpellier.inra.fr/orp2012/images/actesfr.pdf>
- Ratnadass, A., Randriamanantsoa, R., Rajaonera, T. E., Rabearisoa, M. Y., Rafamantanantsoa, E., Moussa, N. & Michellon, R. 2013.** Interaction entre le système de culture et le statut (ravageur ou auxiliaire) des vers blancs (Coleoptera : Scarabeoidea) sur le riz pluvial. *Cahiers Agricultures*, 22 (5): 432-441.
- Reckhaus, P. M. & Andriamasintseho, H. F. 1995.** Developement of an IPM strategy to fight RYMV and constraints to its implementation in Madagascar. In *Rice Yellow Mottle (RYMV): Economic, importance, diagnosis and management strategies*, eds. A. A Sy, J. Hughes & A. Diallo. Proceedings of the 1st International Symposium on Rice Yellow Mottle Virus RYMV, 18-22 September 1995, West Africa Rice Development Association (WARDA), M'bé, Bouaké.
- Reissig, W. H., Heinrichs, E. A., Litsinger, J. A., Moody, K., Fielder, L., Mew, T. W. & Barrion, A. T. 1985.** *Illustrated guide to integrated pest management in rice intropical Asia*. International Rice Research Institute, Los Baños.
- Samways, M. J. 2008.** *Dragonflies and damselflies of South Africa*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Seguy, L., Husson, O., Charpentier, H., Bouzinac, S., Michellon R., Chabanne, A., Boulakia, S., Tivet, F., Naudin, K., Enjalric, F., Chabierski, S. Rakotondralambo, P. & Rakotondramanana, 2009.** La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente. *Manuel Pratique du Semis Direct à Madagascar*, 1: 1-32.
- Shepard, B. M., Barrion, A. T. & Litsinger, J. A. 1987.** *Insectes, araignées et pathogènes utiles. Les amis du riziculteur*. International Rice Research Institute, Los Baños.
- Silvie, P. Togola, A., Adda, C., Nwilene, F., Ravaomanarivo, L. H. R. & Menozzi, P. 2013.** Limites du riz Bt dans le contexte entomologique de la riziculture en Afrique sub-saharienne et à Madagascar (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(2): 407-415.

Annexe

Annexe 1. Liste des insectes ravageurs et auxiliaires collectés et identifiés des rizières du Lac Alaotra (2007-2009). L : larves ; « + » : statut de ravageur ou auxiliaire ; « - » : statut non ravageur ou non auxiliaire ; par : parasite/parasitoïde ; pol : pollinisateur ; pré = prédateur.

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Ravageurs	Auxiliaires	Riz pluvial	Riz irrigué	
Coleoptera	Aphodiidae	<i>Rhyssomorphus</i>	<i>clementi</i>	-	-	2	0	
	Apionidae	<i>Cylas</i>	<i>hovanus</i>	+		1	0	
	Attelabidae	<i>Apoderus</i>	<i>humeralis</i>	+		17	0	
	Brachinidae	<i>Brachinus</i>	<i>suleipennis</i>	-	-	1	0	
	Callistidae	<i>Chaenius</i>	<i>tetrastigma</i>		+pré	3	0	
	Cantharidae	<i>Sildius</i>	<i>impressicollis</i>	+		12	2	
	Carabidae	<i>Scarites</i>	<i>madagascariensis</i>			+pré	2	0
			<i>Pseudorphaus</i>	<i>coquereli</i>		+pré	1	0
	Cetoniidae	<i>Celidota</i>	<i>stephensi</i>	+		44	0	
	Coccinellidae	<i>Cheilomenes</i>	<i>sulphurea</i>			+pré	26	0
			<i>Exochomus</i>	<i>laeviscolus</i>		+pré	1	0
	Curculionidae	<i>Stigmatrechelus</i>	<i>isabellinus</i>	+		2	0	
	Dermestidae	<i>Trogoderma</i>	<i>granarium</i>	+		1	0	
	Dryptidae	<i>Nesiodrypta</i>	Non identifié	+		1	0	
	Dynastidae	<i>Heteroconus</i>	<i>paradoxus</i>	+		1	0	
			<i>Heteroconus</i>	<i>muticus</i>	+		1	0
			<i>Heteroconus</i>	<i>paradoxus</i>	+		2	0
			<i>Heteronychus</i>	<i>bituberculatus</i>	+		1	0
			<i>Heteronychus</i>	<i>aratorrugifrons</i>	+		1	0
			<i>Heteronychus</i>	<i>plebeius</i>	+		1	0
	Elateridae	<i>Cardiotarsus</i>	<i>plebeius</i>	+L	+pré	1	0	
			<i>Aeoloderma</i>	Non identifié	+L	+pré	11	0
	Harpalidae	<i>Dichaetochilus</i>	<i>emarginatus</i>	+	+pré	5	0	
	Nitidulidae	<i>Lasiodactylus</i>	Non identifié	+		2	0	
	Scarabaeidae	<i>Onthophagus</i>	<i>elegans</i>	+		3	0	
			<i>Pseudontoplia</i>	<i>androyensis</i>	+		4	0
	Tenebrionidae	<i>Gonocephalum</i>	<i>simplex</i>	+		53	0	
			<i>Eutochia</i>	<i>pulla</i>	+		16	0
			<i>Zidalus</i>	<i>attenuatus</i>	+		1	0
			<i>Gonocephalum</i>	<i>madagascariensis</i>	+		1	0
			<i>Cryptocephalus</i>	<i>parenthesis</i>	+		7	0
	Cicindelidae	<i>Lophyra</i>	<i>abbreviata</i>			+pré	1	0
			<i>Prothyma</i>	<i>radama</i>		+pré	1	0
<i>Hipparidium</i>			<i>equestre</i>		+pré	10	0	
Lagriidae	<i>Lagria</i>	<i>villosa</i>	+		77	4		
		<i>Lagria</i>	<i>fuliginosa</i>	+		1	0	
Staphylinidae	<i>Paederus</i>	<i>aff. raffayi</i>			+pré	1	0	
Hemiptera	Cicadellidae	<i>Cofana</i>	<i>fuscivenis</i>	+		1	0	
Cicadomorpha	Cicadidae	<i>Cicada</i>	Non identifié	+		2	0	
Fulgoromorpha	Dictyopharidae	<i>Numicia</i>	<i>dorsalis</i>	+		1	0	
Heteroptera	Pentatomidae	<i>Diploxys</i>	<i>fallax</i>	+		32	27	
			<i>Agonoscelis</i>	<i>versicolor</i>	+		1	0
			<i>Acrosternum</i>	<i>acuta</i>	+		1	0
			<i>Aspavia</i>	<i>longispina</i>	+		6	2
			<i>Scotinophora</i>	<i>coarctata</i>	+		1	0
			<i>Nezara</i>	<i>viridula</i>	+		2	0
			<i>Dorycoris</i>	<i>pavonimus</i>	+		0	1
			<i>Chinavia</i>	<i>acuta</i>	+		0	1
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i>	Non identifié	+		0	1	
			<i>Spilostethus</i>	<i>pandurus</i>	+		4	0
	Coreidae	<i>Anoplocnemis</i>	<i>madagascariensis</i>	+		4	0	
	Alydidae	<i>Mirpeus</i>	<i>jaculus</i>	+		0	1	
	Plataspidae	<i>Brachioplastis</i>	<i>hemisphaeryca</i>	+		2	0	

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Ravageurs	Auxiliaires	Riz pluvial	Riz irrigué	
Hymenoptera	Apidae	<i>Xylocopa</i>	<i>calens</i>		+pol	3	0	
		<i>Microdus</i>	<i>bassus</i>		+pol	1	0	
	Evaniidae	<i>Evania</i>	Non identifié		+pol	1	0	
	Formicidae	<i>Camponotus</i>	cf. <i>radamae</i>		+pré	0	1	
		<i>Camponotus</i>	<i>imitator</i>		+pré	7	0	
	Halictidae	<i>Nomia</i>	<i>viridilimbata</i>		+pol	0	1	
		<i>Nomia</i>	<i>bicolor</i>		+pol	27	0	
		<i>Lipotriches</i>	Non identifié		+pol	1	0	
		<i>Lipotriches</i>	<i>betsilei</i>		+pol	1	0	
	Ichneumonidae	<i>Stenaoplus</i>	<i>seyrigi</i>		+par	1	0	
	Megachilidae	<i>Megachile</i>	<i>rufiventris</i>		+par	1	0	
	Melittidae	<i>Mellita</i>	Non identifié		+par	1	0	
	Scoliidae	<i>Elis</i>	Non identifié		+par	4	1	
		<i>Elis (Dielis)</i>	Non identifié		+par	1	0	
		<i>Campsomeris</i>	<i>erythrogaster</i>		+par	1	0	
	Sphecidae	<i>Sphex</i>	<i>torrida</i>		+pré	10	0	
		<i>Sceliphron</i>	<i>hemipterum</i>		+pré	2	0	
		<i>Podalonia</i>	<i>luffii</i>		+pré	1	0	
	Tiphiidae	<i>Methoca</i>	Non identifié		+pré	13	0	
	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Melanitis</i>	<i>leda</i>	+		1	0
			<i>Precis</i>	<i>radama</i>	-	-	1	0
<i>Junonia</i>			<i>veroneepiclelia</i>	+		16	0	
Danaidae		<i>Danaus</i>	<i>chrysippus</i>	+		21	0	
Pieridae		<i>Catopsilia</i>	Non identifié	+		7	0	
		<i>Terias</i>	<i>regularis</i>	+		4	0	
		<i>Catopsilia</i>	<i>florella</i>	+		2	0	
Arctiidae		<i>Uthetesia</i>	<i>elata</i>	-	-	1	0	
		<i>Uthetesia</i>	<i>pulchella</i>	-	-	2	0	
		<i>Spilosoma</i>	<i>virginalis</i>	-	-	1	0	
		<i>Spilosoma</i>	<i>madagascariensis</i>	-	-	1	0	
Noctuidae		<i>Cyligramma</i>	<i>magus</i>	+		3	0	
		<i>Earias</i>	<i>biplaga</i>	+		1	0	
		<i>Perigea</i>	<i>conducta</i>	+		1	0	
		<i>Condica</i>	<i>conducta</i>	+		1	0	
		<i>Ilattia</i>	<i>blandula</i>	+		5	0	
		<i>Anticarsia</i>	<i>irrorata</i>	+		1	0	
		<i>Mocis</i>	<i>nigrimacula</i>	+		1	0	
		<i>Sesamia</i>	<i>calamistis</i>	+		1	0	
<i>Remigia</i>		<i>conveniensi</i>	+		1	0		
Sphingidae		<i>Hippotion</i>	<i>eson</i>	+		0	0	
Plutellidae		<i>Plutella</i>	<i>xylostella</i>	+		8	0	
Crambidae		<i>Hymenia</i>	<i>perspectalis</i>	+		1	0	
		<i>Parapoynx</i>	<i>depunctalis</i>	+		2	0	
		<i>Parapoynx</i>	<i>fluctuosalis</i>	+		7	0	
Hesperiidae		<i>Borbo</i>	<i>borbonica</i>	+		5	0	
Pyralidae		<i>Ampycodes</i>	<i>pallidicosta</i>	+		3	0	
		<i>Maliarpha</i>	<i>separatella</i>	+		15	0	
Lymantriidae		<i>Euproctis</i>	<i>confluens</i>	+		1	0	
Orthoptera		Acrididae	<i>Paracinema</i>	<i>tricolor</i>	+		23	24
			<i>Atractomorpha</i>	<i>acutipennis</i>	+		5	0
			<i>Acrida</i>	<i>bicolor</i>	+		4	0
	<i>Krausella</i>		<i>amabile</i>	+		1	0	
	<i>Nomadacris</i>		<i>septemfasciata</i>	+		3	0	
	<i>Locusta</i>		<i>migratoria</i>	+		7	0	
			<i>migratorioides</i>					
	<i>Trilophidia</i>		<i>conturbata</i>	+		2	0	
<i>Gastrimargus</i>	<i>africanus</i>	+		4	0			
Odonata	Agrionidae	<i>Ceriagrion</i>	<i>glabrum</i>		+pré	10	9	

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Ravageurs	Auxiliaires	Riz pluvial	Riz irrigué
Zygoptera		<i>Ceriagrion</i>	<i>madagazureum</i>		+prés	0	3
Odonata	Ascalaphidae	<i>Helicomitus</i>	<i>festivus</i>		+prés	4	0
Anisoptera	Gomphidae	<i>Paragomphus</i>	<i>z-iridium</i>		+prés	1	0
		<i>Onychogomphus</i>	<i>aequistylus</i>		+prés	3	0
	Lestidae	<i>Lestes</i>	<i>unicolor</i>		+prés	2	0
	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	Non identifié		+prés	2	0
		<i>Crocothemis</i>	<i>erythrea</i>		+prés	31	40
		<i>Diplacodes</i>	<i>lefebvrei</i>		+prés	1	4
		<i>Pantala</i>	<i>flavescens</i>		+prés	4	0
		<i>Neodythemis</i>	<i>hilodebrandii</i>		+prés	6	0
	<i>Hemistigma</i>	<i>affinis</i>		+prés	2	0	
	Macrodiplactidae	<i>Urothemis</i>	<i>assignata</i>		+prés	2	0
Dictyoptera	Mantidae	<i>Tenodera</i>	<i>supertitiosa</i>		+prés	3	0
Mantodea		<i>Paramantis</i>	<i>prasina</i>		+prés	1	0
<i>Paramantis</i>		<i>viridis</i>		+prés	1	0	
Dermaptera	Forficulidae	<i>Hypurgus</i>	<i>hypurgus</i>		+prés	2	0
	Labiduridae	<i>Labidura</i>	<i>riparia</i>		+prés	1	0