

# *Bikasha sp* (Coléoptères : Chrysomelidae), Agent Potentiel Pour Un Contrôle Biologique De *Bryophyllum Delagoense* (Rosales : Crassulaceae)

## *Bikasha sp* (Coleoptera: Chrysomelidae), Potential Agent For *Bryophyllum Delagoense* (Rosales: Crassulaceae) Biocontrol

<sup>1\*</sup> Tahina E RAJAONERA, <sup>1</sup> Herisolo A RAZAFINDRALEVA, <sup>2</sup> Andrew McCONNACHIE, <sup>1</sup> Lala H. RAVAOMANARIVO

<sup>1</sup> Département d'Entomologie, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar

<sup>2</sup> Weed Research Unit, Invasive Species Biosecurity New South Wales, Department of Primary Industries, Orange, NSW, Australia



**Abstract** – The introduction of a plant from one country to another can present risks. Like mother of millions, *Bryophyllum delagoense*, an endemic plant from Madagascar, introduced in Australia and has become invasive in some regions of this country. In addition, its toxic properties pose a threat to native fauna. The ineffectiveness of the various controls methods places biological control as an alternative for controlling this plant. For this, the inventory of Crassulaceae species and their associated insects was made in southern Madagascar. Adults collected were transported to laboratory and then reared in cages with potted *Bryophyllum delagoense* under natural conditions. Thus, the plants collected in the field were replanted and were watered every two days. The evaluation of the attack is done every 10 days under a binocular. 20 sites in 3 regions (Atsimo Andrefana, Androy, Anosy) are prospected and 6 species of insects are found on *B. delagoense*. *Bikasha sp* is one of the species found. It is present in 4 sites in the Anosy region and only on *Bryophyllum delagoense*. Laboratory monitoring showed that eggs were laid on the crown and larval development took place inside the roots. The infested plant dies in 30 +/- 2 days. Despite the effectiveness of Chrysomelidae as a biological control agent on many cases, further tests such as host specificity, as well as the ecological conditions favorable to its maintenance and propagation, are still needed to confirm its status as a biological control agent.

**Keywords** – Weeds, *Bryophyllum delagoense*, biological control, phytophagous insect, *Bikasha sp*.

**Résumé** – L'introduction d'une plante d'un pays à un autre peut présenter des risques. Tel est le cas de *Bryophyllum delagoense* appelée communément mère des millions, endémique de Madagascar et introduite en Australie en tant que plante ornementale et qui y est devenue envahissante. De plus, ses propriétés toxiques constituent une menace pour la faune native. Les méthodes de contrôle utilisées n'ont pas permis de la maîtriser. Le recours à l'introduction des ennemis naturels de son pays d'origine est l'alternative envisagée pour la contrôler. C'est ainsi qu'un inventaire des insectes associés, a été réalisé dans le sud de Madagascar. Vingt sites dans 3 régions (Atsimo Andrefana, Androy, Anosy) ont été prospectés. Les plantes collectées sur terrain ont été replantées au laboratoire. Les insectes adultes échantillonnés ont été élevés dans des cages sur *Bryophyllum delagoense* dans des conditions de laboratoire. Les dégâts des insectes sur la plante ainsi que leur longévité ont été suivis, évalués tous les 10 jours par observation sous loupe binoculaire. Six espèces d'insectes sont trouvées sur *B. delagoense*. *Bikasha sp* s'avère intéressante pour le contrôle de *B. delagoense*. Elle est présente dans 4 sites de la région Anosy et seulement sur *Bryophyllum delagoense*. Les suivis en laboratoire ont montré que les œufs sont pondus sur le collet et le développement larvaire se fait à l'intérieur des racines. Le plant infesté meurt en 30 +/- 2 jours. Bien que des études ont montré l'efficacité des Chrysomelidae comme agent de lutte biologique, des tests complémentaires tels que la spécificité d'hôte, ainsi que les conditions écologiques favorables à son maintien et à sa propagation, sont encore nécessaires pour confirmer le statut d'agent de lutte biologique de *Bikasha sp*.

**Mots clés** – Mauvaise herbe, *Bryophyllum delagoense*, lutte biologique, insecte phytophage, *Bikasha sp*.

## I. INTRODUCTION

*Bryophyllum delagoense* (Eckl. et Zeyh.) Schinz est une plante grasse appartenant à la famille des Crassulacées retrouvée dans la partie Sud de Madagascar dans les Régions Anosy, Androy et Atsimo Andrefana. Cette plante a été exportée dans plusieurs pays tels qu’Afrique du Sud, Australie, et Amérique latine comme plante ornementale. En Australie, elle a été enregistrée la première fois dans les années 40 [1]. Mais depuis son introduction, elle constitue un important problème environnemental. En effet, *B. delagoense* se multiplie rapidement à l’aide des bulbilles produits à l’extrémité des feuilles. Tombés par terre, ces bulbilles forment de nouvelles plantules. C’est ainsi que *B. delagoense* a envahi des milliers d’hectares de terre de pâturage, en particulier à Darling Downs et au Queensland central. Au Queensland central, cette plante entre en concurrence avec les herbes autochtones qui constituent le principal aliment d’*Onychogalea fraenata* Gould (Diprotodontes ; Macropodidés) [1], espèce endémique d’Australie. De plus, par ses fleurs particulièrement toxiques, elle est à l’origine d’un certain nombre de décès des bétails [2].

Divers moyens de lutte, mécaniques et chimique, ont été effectués pour contrôler cette mauvaise herbe mais n’ont pas permis de limiter sa propagation. Et aucun ennemi naturel n’a été identifié en Australie [1]. Dans différents pays, pour maîtriser les mauvaises herbes, le contrôle biologique est privilégié.

Le contrôle biologique classique comprend les étapes suivantes : (i) connaître la taxonomie de la mauvaise herbe cible, ainsi que de déterminer sa distribution et son aire de répartition potentielle dans le pays d’introduction [3], (ii) connaître tout ennemi naturel associé à l’adventice cible dans le pays récepteur [4], (iii) déterminer et traiter tout conflit d’intérêt potentiel [4], [5], (iv) estimer les pertes économiques associées à la mauvaise herbe [3], [5] et (v) déterminer les ennemis naturels indigènes associés à la plante ; et si des ennemis, le cas échéant, peuvent avoir été introduits avec la mauvaise herbe [6], [7]. Selon McFadyen et al, 1998 [8], l’un des trois principes de la lutte biologique est d’importer l’agent de bio contrôle exotique du pays d’origine de la mauvaise herbe à contrôler. C’est ainsi que des prospections ont été menées à Madagascar depuis 2004 afin de rechercher des insectes prédateurs de cette mauvaise herbe.

La première prospection sur les insectes associés à *B. delagoense* a été effectuée par Witt et Rajaonarison en 2004 et a permis de recenser 23 espèces d’insectes répartis dans 15 familles sur *B. delagoense* [9]. De plus une étude pédologique a été faite pour déterminer les différents types de sol favorables au développement de cette plante et leurs influences sur sa propagation [9]. Une deuxième prospection a été réalisée en 2017 par « Weed Research Unit, Invasive Species Biosecurity, New South Wales, Department of Primary Industries, Orange » Australie et le Département d’Entomologie, Faculté des Sciences, Université d’Antananarivo. Cette deuxième prospection a permis d’identifier *Bikasha* sp (Coléoptères : Chrysomelidae) en abondance sur la plante et provoquant des dégâts importants dans quelques sites. L’identification de l’espèce a été faite par Elizabeth Grobbelaar, spécialiste des Chrysomelidae auprès d’ARC-Plant Protection Research Institute (ARC-PPRI), Pretoria, Afrique du Sud.

L’objectif principal de cette étude est d’évaluer le potentiel de *Bikasha* sp à contrôler *B. delagoense*. Et les objectifs spécifiques sont de connaître la répartition géographique de *Bikasha* sp. dans les zones où *B. delagoense* est présente, d’identifier ses plantes hôtes et d’évaluer l’impact de *Bikasha* sp sur *B. delagoense*.

## II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2-1- Sites de prospection, distribution et plantes hôtes de *Bikasha* sp

Les informations générales sur la distribution de *B. delagoense* ont été obtenues par les études préliminaires faites par Witt et Rajaonarison en 2004 et d’une consultation des spécimens de l’herbier du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, Antananarivo. Basées sur ces informations, les prospections ont été entreprises dans le Sud de Madagascar une fois par an de 2017 à 2019. Trois régions ont été prospectées : Androy, Anosy, et Atsimo Andrefana. La distribution de l’insecte dans le Sud de Madagascar a été déterminée en examinant différentes espèces de Crassulaceae dans les zones de prospection et en vérifiant la présence des adultes et des larves et/ou de leurs dégâts sur les plantes. En cas de présence, un échantillonnage de 20 plantes de différentes tailles par sites a été fait au hasard et le nombre d’adultes de *Bikasha* sp présents sur chaque plante était compté. Pour l’identification des plantes hôtes, les différentes espèces de Crassulaceae aux alentours de ces sites étaient prospectées et la présence des adultes ou traces d’alimentations de *Bikasha* sp sur ces plantes a été vérifiée. Les attaques sur *B. delagoense* sont reconnues par la présence de taches marron (traces d’alimentation) sur les feuilles et/ou la tige.

## 2-2- Collecte des plantes

Les plantes saines et les plantes infestées sont collectées et transportées séparément dans des bacs transparents de 50 x 35 x 35 cm au laboratoire d'Entomologie Antananarivo. Les plantes saines sont replantées dans une parcelle de culture du département d'Entomologie tandis que celles infestées sont maintenues dans des pots contenant un mélange de sol : sable : compost minéralisé (1 : 1 : 1).

## 2-3- Collecte des insectes

Sur sites, toutes les parties aériennes des plantes sont inspectées visuellement pour identifier tous les insectes présents ou leurs dégâts (Figure 1). Les insectes sont collectés avec un aspirateur à bouche reliés à une bouteille en plastique transparente (25 ml) (Figure 2). Chaque bouteille peut contenir 100 adultes. Quelques feuilles de *B. delagoense* ont été ajoutées dans chaque bouteille pour servir de nourriture aux insectes pendant le transport jusqu'à Antananarivo.



Figure 1.a: Dégâts des insectes sur les feuilles de *Bryophyllum delagoense* ; b : Aspirateur à bouche utilisé pour la collecte des insectes associés à *Bryophyllum delagoense*

(Andrew McCONNACHIE, 2017)

## 2-4- Elevage en insectarium

Arrivé au laboratoire, les adultes de *Bikasha sp.* ont été répartis dans des cages en voile à maille fine (inférieur à 1mm) maintenues par des armatures en plastique (30 x 30 x 30 cm) au nombre de 50 adultes par cage. Dix (10) plants de *B. delagoense* d'environ 160 millimètres ont été mis en pot et disposés dans chaque cage. Toutes les plantes utilisées ont été collectées de la parcelle expérimentale du département d'entomologie Antananarivo et replantées dans un mélange sol, sable et compost minéralisé (1 :1 :1) dans des pots en plastique (8 cm de diamètre et 10 cm de hauteur). Les plantes ont été maintenues dans l'insectarium dans les conditions de laboratoire : lumière naturelle, une température entre 22°C et 33°C et une humidité relative entre 40 et 70 %. Les plantes ont été arrosées tous les 2 jours et ont été remplacées tous les 10 jours. Le sol et les racines de chacune des plantes ont été prélevés puis examinés sous une loupe binoculaire afin d'observer les œufs, les larves et les chrysalides tandis que le reste de la plante est jeté

Pour évaluer l'impact de *Bikasha sp* sur *B. delagoense*, un dispositif constitué d'une cage en voile moustiquaire à maille fine, de forme circulaire (20 cm de diamètre et 50 cm de hauteur) a été conçu. Une ouverture est aménagée sur le haut du dispositif à l'aide d'une fermeture à glissière pour l'introduction des insectes au début du test et pour l'arrosage de la plante tous les 3 jours. Un plant de *B. delagoense* est mis dans un pot contenant un mélange de sol : compost minéralisé (1 : 1) et est placé dans le dispositif. 10 adultes de *Bikasha sp* a été mis dans chaque dispositif. Le tout a été placé dans une parcelle de terrain du Département d'Entomologie au sein du Campus universitaire de l'Université d'Antananarivo sous les conditions naturelles. Un suivi journalier a été fait pour déterminer à quel moment la plante dépérit. La mort de la plante correspond à la dessiccation de la

tige et des feuilles. 30 dispositifs sont lancés en même temps pour un test, et le test a été répété 3 fois.

### III. RÉSULTATS

#### 3-1-Distribution géographique de *B. delagoense*

*Bryophyllum delagoense* est présente dans les 20 sites visités. La plupart des sites se trouvent entre Tsihombe et Antanimora Sud : 10 sites dans la région Androy, 8 sites dans la région Anosy et 2 sites dans la région Atsimo Andrefana (Figure 2). *B. delagoense* colonise différents types d'habitats : rocher principalement dans la Région Anôsy, mais également sur les pâturages, les bords de route, les terres en friche, sous les ombres des arbustes à Ampanihy et à Tsihombe (Figure 2)



Figure 2 : *Bryophyllum delagoense* dans différents types d'habitat dans le sud de Madagascar a) Sur le rocher à Fort Dauphin b) Sous les arbustes à Tsihombe c) Bord de la route dans des cactus à Ampanihy. (Source : Auteur 2019, 2021)

#### 3-2- Les espèces d'insectes inventoriées sur *B. delagoense*

Six espèces d'insectes ont été trouvées sur *B. delagoense*, dont des Lépidoptères Lycaenidae et des Coléoptères Curculionidae, Tenebrionidae et Chrysomelidae (Tableau 1). Parmi ces insectes, *Osphilia tenuipes* (Coléoptère : Curculionidae) et *Bikasha* sp causent le plus de dégât à la plante.

Tableau 1: Les espèces d'insectes collectées sur B. delagoense

Espèces	Stades trouvés	Partie de la plante
Coléoptères / Curculionidae		
<i>Osphilia tenuipes</i>	Adultes / Larves	Tige / Feuilles
<i>Catalalus lateritius</i>	Adultes	Feuilles
Coléoptères / Chrysomelidae		
<i>Bikasha sp</i>	Adultes	Feuilles
Coléoptères / Tenebrionidae		
Espèce non identifiée	Adultes	Feuilles
Lépidoptères / Lycaenidae		
<i>Leptomyrina phidias</i> Fabricius	Adultes / Larves	Feuilles
Hémiptères / Coccidae		
Espèces non identifiée	Adultes	Tige

### 3-3-Distribution géographique de *Bikasha sp.*

Des adultes de *Bikasha sp.* ont été observés et des dommages sur *B. delagoense* ont été enregistrés dans 4 sites parmi les 20 prospectés. Ces quatre sites sont tous dans la région Anosy, district de Fort Dauphin (Figure 2). Il s'agit de sites proches du lac d'Ambinanibe, Lafiatsinanana (S 25° 01'32,1'', E 46° 54' 26,4''); (S 25° 01'30,8'', E 46° 54' 26,9''), et Lafiandrefana (S 25° 02'36,6'', E 46° 54' 44 ,7'') ; (S 25° 02'40,6'', E 46° 54' 48,4'').

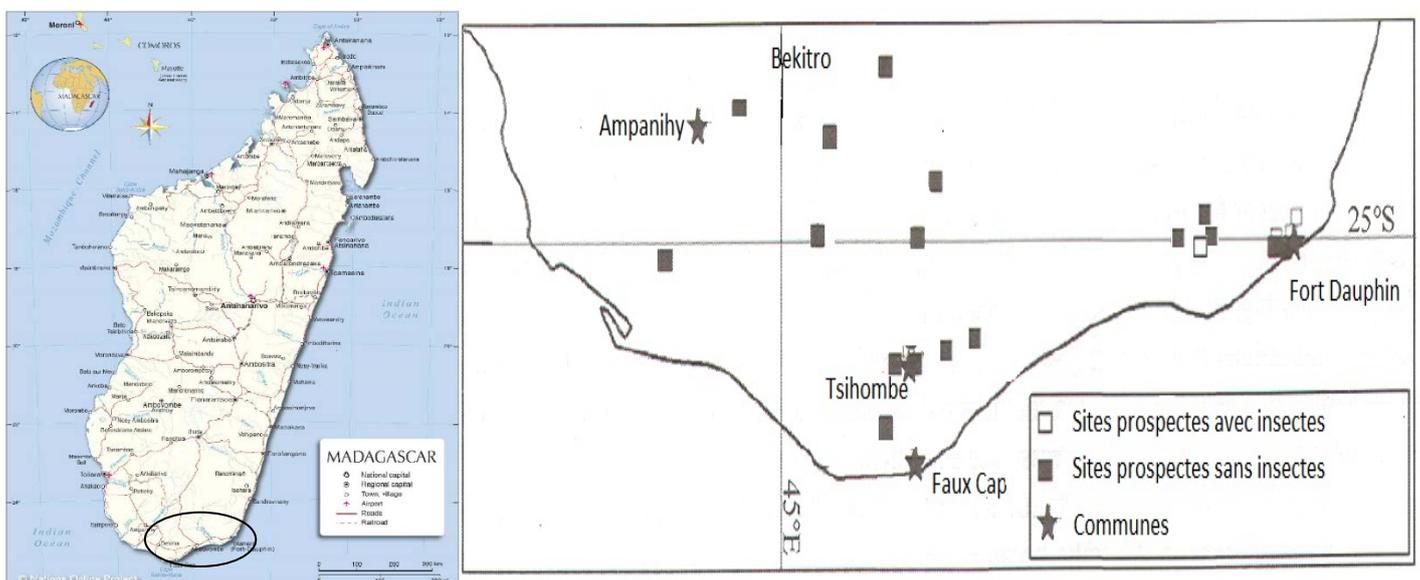


Figure 3 : Les sites prospectés et la distribution géographique de *Bikasha sp*

### 3-4-Les plantes hôtes de *Bikasha sp.*

Quatre autres espèces de Crassulaceae ont été recensées aux alentours des sites de présence de *Bikasha sp.* dont *Bryophyllum pubescens*, *Bryophyllum fedtschenkoi*, *Kalanchoe linearifolia*, *Kalanchoe beharensis*. Aucun adulte de *Bikasha sp* ni

des traces d'alimentation a été trouvé sur ces quatre autres espèces de *Bryophyllum* et *Kalanchoe* trouvées.

Durant les 3 années de prospection, le nombre moyen de *Bikasha* sp. trouvé par plante dans les quatre sites ne présente pas de différence significative, pour 2017 H (3, N= 80) =3,829936 P = 0,28 ; pour 2018 H (3, N= 80) =7,668942 P =0,0534 et pour 2019 H (3, N= 80) =1,280607 P =0,7337 (Figure 3). Ainsi, la moyenne du nombre de *Bikasha* sp par plante par année est de 15 adultes par plante (Figure 4).

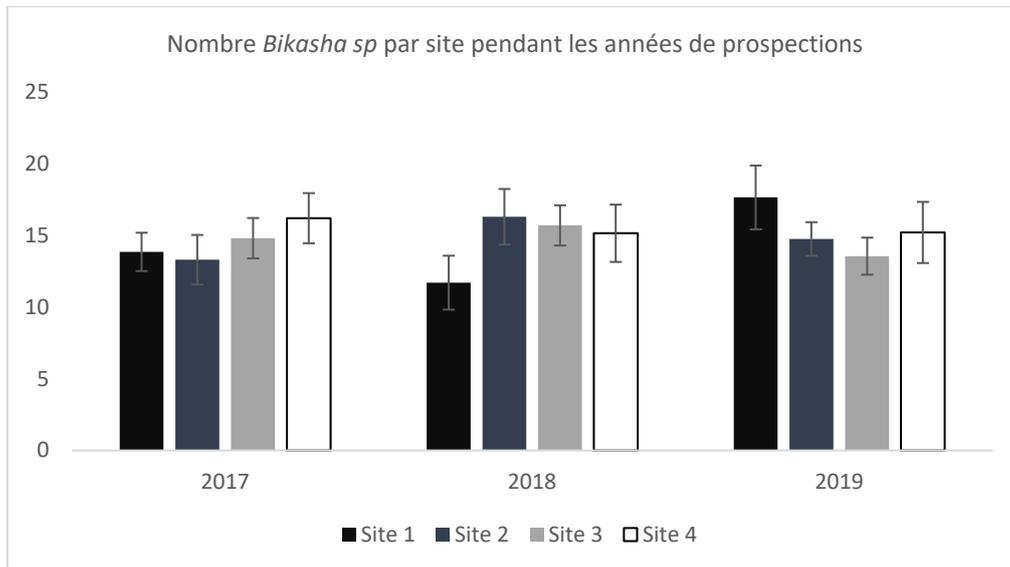


Figure 4 : Moyenne de nombres d'adulte de *Bikasha* sp trouvés sur une plante dans les quatre sites pendant les trois années de prospection

### 3-5- Impacts de *Bikasha* sp. sur *B. delagoense*.

Les dissections des plantes infestées ont montré que : les œufs sont pondus en lot le long de la racine le développement larvaire se fait dans les racines. Les imagos se nourrissent des feuilles et des jeunes pousses. *Bikasha* sp entraine la mort de *B. delagoense* en 30 +/-2 jours d'infestation (Figure 4).

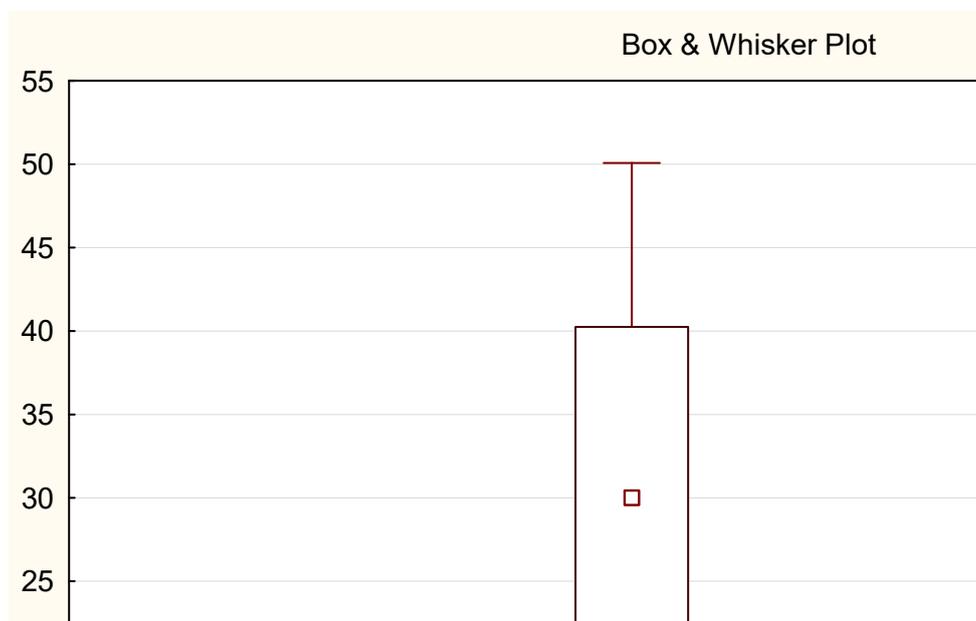


Figure 5 : Moyenne de nombre de jours dont *Bryophyllum delagoense* meurt après infestation de *Bikasha* sp.

#### IV. DISCUSSION

La répartition de *B. delagoense* s'étend sur de vastes régions de la partie Sud de Madagascar : Atsimo Andrefana, Androy et Anôsy ; La plante pousse sur les rochers mais également sur sol sablonneux ; cela montre une large adaptabilité de cette plante à pousser sur différents types de sols. Des études antérieures confirment que *B. delagoense* a la capacité de se développer sur une large gamme de types de sols [10]. Par ailleurs, ces différentes régions présentent divers types de climat, allant d'aride (Atsimo Andrefana : Ampanihy), subaride (Androy : Tsihombe) à tropical sec et humide (Anôsy : Fort Dauphin).

Cette capacité à tolérer les sols sablonneux et argileux et plus ou moins les niveaux de nutriments est un trait bénéfique pour les espèces végétales [11]. Cela permet à *B. delagoense* de s'établir et de se propager dans une grande variété d'habitats. Elle peut également tolérer une précipitation faible comme dans la région Androy et Atsimo Andrefana, dans le district d'Ampanihy [10].

La plupart des sites où *B. delagoense* est présente, se trouvent dans la région Androy entre Tsihombe et Antanimora Sud. Cela confirme les résultats indiquant que les sites de distribution de *B. delagoense* s'étend dans le centre-sud [9]. Quelques sites où Witt en 2004 ont trouvé *B. delagoense* n'existent plus pendant notre prospection car ils ont été transformés en champs de culture ou Tavy.

Six espèces d'insectes ont été trouvées sur *B. delagoense* : *Osphilia tenuipes* (Coléoptères Curculionidae), *Catalalus lateritius* (Coléoptères Apionidae, Curculionidae), *Bikasha sp*, *Leptomyrina phidias* (Lépidoptères : Lycaenidae), et deux autres espèces non identifiées. Witt et Rajaonarison en 2004, ont trouvé 23 espèces d'insectes associées à *B. delagoense* sur les 75 sites qu'ils ont visités [9]. Par rapport à leurs résultats, très peu d'insectes ont été inventoriés durant nos prospections. Ceci est dû au fait que le nombre de sites où *B. delagoense* est encore présente était réduit à 4.

Parmi les 75 espèces inventoriées en 2004, *Osphilia tenuipes*, *Eurytoma bryophyllii* (Hyménoptères : Eurytomidae) et *Rhembastus sp* (Coléoptères : Chrysomelidae) provoquent des dégâts importants sur *B. delagoense*. Les adultes d'*O. tenuipes* attaquent la partie aérienne de la plante caractérisés par une alimentation localisée le long de la tige et dans certains cas, sur les bulbilles et les feuilles qui entraîne la chute de ces derniers tandis que les larves dans les tiges ont été trouvés dans des nombreux sites et entraîne l'affaiblissement affaiblis des plantes [9]. Les larves d'*Eurytoma* sont des foreurs de feuilles et la nymphose se produit à l'intérieur de la feuille. De fortes infestations larvaires ont entraîné de dessèchement des feuilles [9]. Par contre, les adultes de *Rhembastus sp* se nourrissent de la croissance terminale, les boutons floraux et les inflorescences de la plante qui se caractérisaient par un noircissement distinctif sur les bords du tissu endommagé et les larvest erricoles se nourrissent des racines de *B. delagoense* [9].

Selon Garry D. Clewley et al, la famille des Curculionidae et des Chrysomelidae présentent plus d'agents de lutte biologique connus dans le monde [12]. Malgré le peu d'espèces inventoriées durant notre étude, nos prospections sur de nouveaux sites, près du Lac Ambinanibe, Fort Dauphin, ont permis de découvrir *Bikasha sp* une nouvelle espèce d'insectes associée à *B. delagoense*. Des espèces de *Bikasha* sont connues comme agents de lutte biologique des mauvaises herbes. Tel est le cas de *Bikasha collaris* qui est utilisée pour le biocontrôle de *Triadica sebifera* (Euphorbiaceae) aux Etats Unis. Durant nos prospections, *Osphilia tenuipes* et *Bikasha sp* causent le plus de dégât à la plante. *Bikasha sp* se trouve seulement dans la région Anosy. Ainsi, la restriction de la répartition de cette espèce est due aux conditions environnementales entre les régions où on a fait les prospections. Le district de Fort Dauphin où on a trouvé *Bikasha sp* bénéficie d'un climat humide et pluvieux qui est très différent du climat subaride des autres sites dans la région Androy et Atsimo Andrefana.

Il est important d'élargir les sites de prospection afin de mieux connaître les exigences écologiques de cette espèce. En effet, il est nécessaire de connaître les conditions bioécologiques favorables à l'insecte : T°, Pluies, type du sol..., conditions qu'il faut respecter si l'on envisage de l'introduire en Australie ou dans d'autres pays en tant qu'agent de lutte biologique.

En moyenne, 30 adultes de *Bikasha* ont été trouvés sur une plante. Il a été remarqué que plus les insectes sont abondants sur une même plante, plus la plante risque de dégénérer. Notre étude a montré que *Bikasha sp* provoque des dégâts importants sur la plante : pourriture des tiges, une importante défoliation et un trouble du développement racinaire. Les adultes en consommant les feuilles réduisent la capacité de reproduction végétative de la plante et les larves sur les racines empêchent la croissance de la plante en éliminant les racines naissantes. De tels dégâts ont été aussi mentionnés par Spike, B. P., et J. J. Tollefson (1991) [13]. De plus, en laboratoire, il a été démontré que *Bikasha sp* peut entraîner la mort de la plante en 30 jours. D'après Julien, M.H. et Griffiths, M.W. (Eds.), (1998) [14], une larve ravageuse des racines peut être utilisée comme agent de lutte biologique des plantes

envahissantes tels les cas des coléoptères de la famille des Chrysomelidae, Alticinae. Un exemple d'introduction d'agent de lutte biologique réussi est le cas de *Ophraella communa* (Chrysomelidae) introduit en Chine à partir de l'Amérique du Nord pour contrôler *Ambrosia artemisiifolia*, une plante introduite devenue envahissante. Ces deux pays bénéficient d'un même type de climat. Et après son introduction, *Ophraella communa* s'est établie en Chine et les adultes et les larves de cette espèce peuvent totalement défolier la plante-hôte *Ambrosia artemisiifolia* [15], [16], [17]. Dans notre cas, Vue les impacts de *Bikasha sp.* présente un potentiel agent pour le contrôle biologique de *B. delagoense* mais quelques tests pour les étapes d'une contrôle biologique classique sont encore nécessaire pour la confirmer.

## V. CONCLUSION

Sur les 6 espèces d'insectes trouvées sur *Bryophyllum delagoense*, *Bikasha sp* provoque des dégâts importants pouvant conduire à la mort de la plante et à limiter sa propagation. Elle peut être élevée en laboratoire dans les conditions naturelles. *Bikasha sp* peut ainsi être envisagée comme un agent de contrôle biologique potentiel de *Bryophyllum delagoense*. Toutefois, bien que *Bikasha sp* n'a été trouvée que sur *B. delagoense*, il est nécessaire de faire des tests de gamme d'hôtes afin de pouvoir confirmer son statut de monophage sur *B. delagoense*. Par ailleurs, cette espèce a une distribution limitée, et a été retrouvée seulement dans le district de Fort Dauphin. Il est nécessaire de connaître ses exigences écologiques car cela pourrait poser un problème pour son utilisation en tant qu'agent de lutte biologique dans d'autres pays.

## RÉFÉRENCES

- [1] Hannan-Jones, M.A., Playford, J., 2002. The biology of Australian weeds 40. *Bryophyllum* Salisb. Species. Plant Protection Quarterly 17 :42-57.
- [2] McKenzie, R.A., Armstrong, T.A., 1986. Poisoning of cattle by Bryophyllum plants. Quarterly Agricultural Journal; 112 :105-108.
- [3] Harris, P., Cranston, 1979. Cost of biological control of weeds by insects in Canada. Weed Science 27 :242-50
- [4] Andres, L.A., 1981. Conflicting interests and the biological control of weeds. In: Delfosse, E.S. (Ed.), Proceedings of the V International Symposium on Biological Control of Weeds, 22-27 July 1980, Brisbane, Queensland. CSIRO, Melbourne, Victoria, Australia, pp.11-20.
- [5] Sheppard, A.W., Hill, R., DeClerck-Floate, R.A., McClay, A., Olckers, T., Quimby Jr., P.C., Zimmermann, H.G., 2003. A global review of risk-benefit-cost analysis for the introduction of classical biological control agents against weeds: a crisis in the making? Biocontrol News and Information 24(4): 91-108.
- [6] Goeden, R.D., 1971. The phytophagous insect fauna of milk thistle in southern California. Journal of Economic Entomology 64 :1101-1104.
- [7] Maw, M.G., 1976. Biology of the tortoise beetle, *Cassida hemisphaerica* (Coleoptera: Chrysomelidae), a possible biological agent for bladder campion, *Silene cucubalus* (Caryophyllaceae), in Canada. Canadian Entomologist 108 :945-954.
- [8] McFadyen, R.E., 1998. Biological control of weeds. Annual Review of Entomology 43 :369-93.
- [9] Witt, A.B.R., Rajaonarison, J.H., 2004. Insects associated with *Bryophyllum delagoense* (Crassulaceae) in Madagascar and prospects for biological control of this weed. African Entomology 12 :1-7.
- [10] Witt ABR, Nongogo A, Byrne M (2004) The influence of soil types and competition on the Madagascan endemic *Bryophyllum delagoense* (Crassulaceae) in South Africa, an invasive species in Australia. Biological Invasions.
- [11] Schloms, H.A., Ellis, F. & Lambrechts, J.J.N. (1983) Soils of the Cape coastal platform. South African National Scientific Programmes Report 75, 70-86.
- [12] Gary D. Clewley, René Eschen, Richard H. Shaw and Denis J. Wright. 2012. The effectiveness of classical biological control of invasive plants. Journal of Applied Ecology. 49, Issue 6: 1195-1474.
- [13] Spike, B. P., and J. J. Tollefson. 1991. Yield response for corn subjected to western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) infestation and lodging. Journal of Economic Entomology 84: 1585 – 1590.

- [14] Julien, M.H., Griffiths, M.W. (Eds.), 1998. Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and their Target Weeds, 4th edition. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- [15] LeSage, L. (1986). A taxonomic monograph of the nearctic Galerucine genus *Ophraella* Wilcox (Coleoptera: Chrysomelidae). Memoirs of the Entomological Society of Canada, 133, 1-75.
- [16] Zhong-Shi Zhou, Jian-Ying Guo, Hong-Mu Ai, Min Li, Fang-Hao Wan, 2010. Rapid cold-hardening response in *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of *Ambrosia artemisiifolia* L. Biocontrol Science and Technology 21: 215-224.
- [17] Jian-Ying Guo, Zhong-Shi Zhou, Xing-Wen Zheng, Hong-Song Chen, Fang-Hao Wan & Yuan-Hua Luo. 2011. Control efficiency of leaf beetle, *Ophraella communa*, on the invasive common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, at different growing stages. Biocontrol Science and Technology 21 :1049 - 1063.