

Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(6): 5085-5102, December 2012

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

ISSN 1991-8631

Original Paper

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Potentialités de l'acarien prédateur *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoséiidae) dans la lutte biologique contre la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Genn.), vecteur de la mosaïque du manioc en Afrique

Alexis ONZO ^{1,2*}, Ignace D. ZANNOU ², Oloushègoun A.J.D. ADJIBADE ¹,
Samir BROUTANI ¹ et Rachid HANNA ²

¹Département de Production Végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP : 123, Parakou, Bénin.

²Biological Control Centre for Africa, International Institute of Tropical Agriculture, 08 BP: 0932, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant, E-mail: onzalex@yahoo.com; 08 BP: 0932, IITA-Benin, Cotonou, Bénin.

RESUME

La mosaïque africaine du manioc est une maladie redoutable qui ravage les champs de manioc en Afrique. Elle est causée par un virus dont le vecteur principal est la mouche blanche *Bemisia tabaci*. Un des moyens de lutte contre cette maladie passe par la lutte contre le vecteur *B. tabaci*, réputé très résistant aux insecticides chimiques. L'acarien prédateur phytoséiide *Amblyseius swirskii* a été identifié en Europe comme un potentiel prédateur de *B. tabaci*. Dans une série d'études au laboratoire nous avons déterminé la capacité de deux populations (israélienne et béninoise) de *A. swirskii* à contrôler les populations de *B. tabaci*, réduisant ainsi l'incidence de la mosaïque sur les plants de manioc. Pour chacune des deux populations du prédateur, les taux de prédation, d'oviposition et de survie des femelles adultes nourries aux larves de premier stade de *B. tabaci*, en présence ou en absence de pollen de maïs, étaient très faibles par rapport à ceux obtenus dans des études précédentes avec du pollen de la massette, *Typha australis* ou du maïs. Aussi, les paramètres biologiques démographiques montrent que sur les larves de *B. tabaci* le niveau de population de *A. swirskii* a décliné très rapidement pour s'annuler, attestant que *B. tabaci* n'est pas une proie idéale pour le prédateur. Au total, ces résultats indiquent que *A. swirskii* ne serait pas un bon agent de lutte biologique contre *B. tabaci* sur les plants de manioc en Afrique.

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Manihot esculenta*, aleurode, Aleyrodidae, paramètres démographiques, supplément nutritif.

INTRODUCTION

En Afrique sub-saharienne, la culture du manioc, *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), connaît ces dernières années une grande expansion et un regain d'intérêt à cause de la facilité de sa production (par bouturage), mais surtout de ses faibles

exigences en eau et en éléments nutritifs du sol. Le manioc s'adapte bien aux sols marginaux, de faible fertilité et d'acidité élevée, sur lesquels la plupart des cultures ont échoué. Ses racines ont une teneur élevée en calories et ses feuilles sont une bonne source de protéines, de sels minéraux et de vitamines

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.27>

A et B (Silvestre et Arraudeau, 1983). Il est devenu une importante culture vivrière dans la majeure partie des zones tropicales (Poulter, 1995), principalement à cause de ses racines amyliacées. En Afrique, le manioc joue un rôle prépondérant dans la sécurité alimentaire des populations les plus pauvres, et représente ainsi une source majeure de calories pour approximativement deux africains sur cinq (Nweke et al., 2002).

La production de cette source d'hydrate de carbone sur le continent a connu une rapide augmentation ces deux dernières décennies, cependant les niveaux du rendement restent encore faibles. Bien qu'il soit passé de 8,02 tonnes/ha en 1989 à 10,35 tonnes/ha en 1999, et à 14,35 tonnes/ha en 2009 (FAOSTAT, 2010), il demeure très inférieur à celui obtenu lorsque le manioc est cultivé dans d'excellentes conditions, soit 30 tonnes/ha/an (Cock, 1985). Ces faibles rendements obtenus en Afrique seraient dus, non seulement aux contraintes agronomiques (baisse de fertilité du sol, cultivars locaux peu performants), mais aussi et surtout aux attaques des ravageurs et des maladies (Lozano et Terry, 1977).

L'une des maladies les plus redoutables du manioc est la « mosaïque du manioc ». Les symptômes de cette maladie se traduisent par une mosaïque de taches chlorotiques sur les feuilles infectées; la couleur de la chlorose pouvant varier du vert pâle au jaune blanchâtre. En cas d'infections modérées à sévères, les feuilles sont tordues, recroquevillées, laminées et leur taille est réduite. Cette maladie s'accompagne souvent d'un ralentissement de la photosynthèse, se traduisant par une réduction de la croissance des plants de manioc (Chant et al., 1971). Les pertes de rendement attribuables à cette maladie sont estimées à 28-40% (Thresh et al., 1994). Le virus responsable de la mosaïque du manioc est un « geminivirus » de la famille Geminiviridae et du genre *Begomovirus* (Fondong et al., 2000). Les Geminiviridae représentent la principale famille virale causant d'importantes pertes de rendement

dues à leur dissémination rapide à travers le phloème de la plante (Hilje, 1996). Trois souches du virus sont identifiées et circulent en ce moment en Afrique (Berrie et al., 2001). Il s'agit de : African Cassava Mosaic Virus (ACMV), East African Cassava Mosaic Virus (EACMV), et South African Cassava Mosaic Virus (SACMV). La souche la plus commune en Afrique de l'Ouest et au Bénin est l'ACMV. Ce virus est transmis aux plants de manioc soit à travers le matériel de plantation (c'est-à-dire la bouture du manioc), soit par un vecteur qui est la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptère : Aleyrodidae) (Markham et al., 1994). *Bemisia tabaci*, est le seul vecteur des virus infectant le manioc en Afrique. Cette mouche transmet le virus par mode persistant, le virus se maintenant viable pour plusieurs jours à l'intérieur de l'insecte (Harrison et Robinson, 1999). Cette longue période de rétention du virus par la mouche, combinée avec la mobilité et la prolificité des mouches offrent un potentiel pour la transmission, en un temps record, du virus sur de grandes distances et à de grandes échelles.

L'utilisation des produits chimiques a été pendant longtemps la principale méthode de lutte contre la mouche blanche. Cependant, elle a des effets néfastes aussi bien sur l'environnement que sur la santé humaine et animale. De plus, les populations de *B. tabaci* ont développé très tôt des résistances aux divers insecticides utilisés (Perring, 2001; Byrne et al., 2003), et peu d'insecticides sont actuellement capables de tuer *B. tabaci* en un temps assez court pour éviter la transmission du virus aux plants de manioc (Schuster et al., 1993). La lutte contre la mosaïque du manioc repose de nos jours sur l'utilisation de variétés résistantes et/ou sur l'élimination du vecteur de virus qu'est *B. tabaci*. Des essais de lutte biologique comme méthode alternative de lutte contre *B. tabaci* ont été entrepris dans plusieurs endroits du monde, notamment en Europe, afin d'éviter les effets néfastes des pesticides chimiques sur l'environnement, les producteurs et les consommateurs de manioc

(Gerling et al., 2001; Ren et al., 2001; Nomikou, 2003; Qiu et Ren, 2005). Elle repose sur l'utilisation des hyménoptères parasitoïdes de la famille Aphelinidae (genres *Encarsia* et *Eretmocerus*), et des acariens prédateurs de la famille Phytoseiidae. Parmi les espèces de phytoséiides susceptibles d'être utilisées contre *B. tabaci* figure *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot). Cette espèce s'est révélée en Europe comme un bon agent de lutte biologique contre les aleurodes aux laboratoires et sous serres (Nomikou, 2003; Bolckmans et al., 2006; Messelink et al., 2008; Buitenhuis et al., 2009; Nomikou et al., 2010).

Il importe donc de tester la capacité de *A. swirskii* à contrôler les populations de *B. tabaci* dans les champs de manioc et par conséquent, sa capacité à réduire l'incidence de la mosaïque dans les champs de manioc en Afrique. Pour ce faire, deux populations de l'acarien prédateur *A. swirskii* ont été évaluées, à savoir: une population d'origine israélienne et une population d'origine béninoise (i.e. africaine). Ces deux populations étaient jusqu'à récemment considérées comme deux espèces différentes, avec la population israélienne reconnue comme étant *A. swirskii* (Athias-Henriot) et celle africaine comme *A. rykei* (Pritchard et Baker). En effet, il a été démontré récemment que l'espèce *A. swirskii* et l'espèce *A. rykei* ne sont en réalité que deux populations de l'espèce *A. swirskii* (Zannou et al., 2007; Zannou et Hanna, 2011). Ces deux populations de *A. swirskii* sont actuellement en élevage dans les laboratoires d'acarologie de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), station du Bénin, République du Bénin.

La présente étude vise donc à comparer les potentialités de deux populations (Israélienne et Béninoise) de *A. swirskii* à réduire les populations de *B. tabaci* sur les plants de manioc. Cette évaluation a été faite à travers la capacité de prédation, d'oviposition et de survie des prédateurs sur larves de premier stade de *B. tabaci* servies comme

proie, en présence ou en l'absence du pollen de maïs, *Zea mays* L., une nourriture alternative souvent disponible dans les champs de manioc en Afrique. Les différents paramètres démographiques du prédateur ont également été déterminés et comparés entre les deux souches.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Les essais ont été conduits dans le laboratoire d'Acariologie à la station du Bénin de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-Bénin) entre Septembre 2010 et Décembre 2011. La station de l'IITA-Bénin est située dans la Commune d'Abomey-Calavi (Département de l'Atlantique), à environ 12 km au Nord-Ouest de Cotonou, à une altitude de 15 m au-dessus du niveau de la mer, à la latitude de 6°25'N et à la longitude de 2°19'E.

Matériel végétal

Il est constitué des plants de manioc de la variété MR67, et qui ont servi de support aux différents tests réalisés, du pollen de la massette *Typha australis* (Schum. et Thonn.) utilisé pour nourrir les phytoséiides au cours de leur élevage au laboratoire et du pollen de maïs, *Zea mays* L. qui a servi de supplément nutritif pour les phytoséiides au cours des essais. Les plants de manioc ont été cultivés sous serre dans des pots en plastique, cylindro-coniques ayant un grand diamètre de 22 cm au sommet, un petit diamètre de 16,5 cm à la base et une hauteur de 20 cm. Les boutures de manioc (25 cm de longueur) ont été plantées à raison d'une bouture par pot. L'arrosage des pots a été fait régulièrement tous les deux jours et le désherbage une fois par semaine. Aucun intrant chimique n'a été utilisé durant toute la plantation. Le pollen de *T. australis* a été récolté régulièrement dans les zones marécageuses situées non loin de la station de recherche tandis que le pollen de maïs a été collecté dans un champ de maïs installé à cet effet à la station IITA-Bénin. Les pollens de maïs et de *T. australis* ont été

maintenus dans des fioles en verre et conservés au réfrigérateur à 10 °C.

Matériel animal

Les individus de *B. tabaci* utilisés dans les essais ont été élevés sur du manioc planté dans des pots en plastique (comme décrit plus haut). Ces plants de manioc sains, âgés d'au moins un mois, ont été initialement placés dans des cages en bois (longueur x largeur x hauteur: 0,8 m x 0,8 m x 0,85 m) dont les parois sont garnies d'un tissu blanc à mailles très fines (soit 32 µm x 32 µm), empêchant ainsi *B. tabaci* de s'échapper. A l'aide d'un aspirateur buccal, les mouches blanches ont été ensuite collectées à différentes dates, dans des champs de manioc situés sur le site expérimental de l'IITA-Bénin, et placées sur l'apex de ces plants sains de manioc à l'intérieur des cages. Afin d'empêcher la fuite des insectes, les cages sont restées fermées et ne sont ouvertes que pour l'arrosage et le prélèvement de feuilles infestées. Des boîtes de Pétri (15 cm de diamètre et 15 mm de profondeur) remplies d'eau sont aussi mises dans les cages afin d'augmenter par évaporation de l'eau, l'humidité relative au sein des cages. Seules les larves du premier stade de *B. tabaci* ont été utilisées dans les essais; Nomikou (2003) et Butao (2004) ayant montré que les stades juvéniles avancés de même que les adultes de *B. tabaci* sont très peu sensibles aux attaques des phytoséiides. La production de *B. tabaci* sur ces plants a été faite de façon échelonnée dans le temps afin de toujours disposer de nourriture pour les phytoséiides tout au long de la période expérimentale. Les individus des deux populations de *A. swirskii* qui ont servi dans l'essai ont été obtenus des élevages de phytoséiides du laboratoire d'acarologie de IITA-Bénin. Ces phytoséiides ont été maintenus sur du pollen de *T. australis* à 27 ± 1 °C et une humidité relative de 80 ± 10%.

Prédation, oviposition et survie des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Le test de prédation, d'oviposition et de survie de *A. swirskii* sur *B. tabaci* a été conduit au laboratoire à la température de 25 ± 1 °C, une humidité relative de 70 ± 10% et une photopériode de 12:12 (L:D).

Pour cette étude, 45 femelles adultes de même âge, de chacune des deux populations de *A. swirskii*, obtenues à partir d'une cohorte d'œufs pondus en 24 heures ont été utilisées. Les individus ont été nourris au pollen de *T. australis* de la phase juvénile jusqu'au stade adulte. Au stade adulte, les femelles ont été isolées individuellement dans un petit tube plastique (10 mm de diamètre et 40 mm de long) muni d'un couvercle, sans aliment pendant 24 heures. Après cette période de jeûne, les 45 femelles de chaque souche de *A. swirskii* ont été réparties en trois lots de 15 individus, chaque lot étant affecté à une ration alimentaire correspondant au traitement. Ainsi, chaque femelle des premier et deuxième lots a été nourrie en 24 heures respectivement par 30 et 15 larves de premier stade de *B. tabaci*; quant aux femelles du troisième lot elles n'ont reçu aucune nourriture, ce lot étant le traitement témoin.

Pour cet essai, des disques foliaires (4,5 cm²) découpés dans des feuilles de manioc infestées à l'endroit d'abondance en larves de premier stade de *B. tabaci* ont été utilisés. Ces disques foliaires sont maintenus dans des boîtes de Pétri (15 cm de diamètre et 15 mm de profondeur) sur du coton hydrophile imbibé d'eau, de sorte que les disques ne se touchent pas. Chaque boîte de Pétri comportait au maximum 10 disques foliaires et chaque disque foliaire abritait une femelle de *A. swirskii*. Les boîtes de Pétri ont été ensuite déposées dans des plateaux en Polychlorure de Vinyle (PVC; dimensions: 35 cm x 35 cm x 6 cm). Ensuite, le nombre de larves de premier stade de *B. tabaci* présentes sur chaque disque foliaire a été compté et ajusté selon le traitement. A l'aide d'une pissette, de l'eau a été ajoutée chaque jour

dans les boîtes de Pétri afin de maintenir un bon degré de turgescence des feuilles, tout en constituant une barrière qui empêchait les prédateurs de s'échapper. Ensuite, le nombre de larves de premier stade de *B. tabaci* présentes sur chaque disque foliaire a été compté et ajusté selon le traitement. Le suivi a été effectué toutes les 24 heures et durait environ une heure. A chaque séance, la quantité de proie consommée ainsi que le nombre d'œufs pondus par chaque femelle de *A. swirskii* ont été enregistrés. A cette même occasion, la quantité de proie consommée a été remplacée et les œufs pondus retirés du disque. Les disques foliaires ont été remplacés deux fois par semaine. Chaque essai a été suivi pendant 15 jours consécutifs.

Effet du pollen de maïs sur la prédation et l'oviposition des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Ces études ont été conduites au laboratoire à l'IITA-Bénin dans les mêmes conditions et avec le même matériel tels que décrits ci-dessus pour le test de prédation, d'oviposition et de survie des prédateurs.

Pour chaque souche de *A. swirskii*, 30 femelles adultes de même âge obtenues à partir d'une cohorte d'œufs pondus en 24 heures ont été utilisées. Durant la phase juvénile, ces phytoséiides ont été nourris au pollen de *T. australis* jusqu'au stade adulte. Ces femelles adultes de *A. swirskii* ont été alors affamées pendant 24 heures. Pour ce faire, elles ont été isolées individuellement et sans aliment, chacune dans un petit tube plastique muni d'un couvercle (comme décrit précédemment). Après cette période de jeûne, les 30 femelles de chaque population de *A. swirskii* ont été réparties en deux lots de 15 individus, dont le premier a reçu une ration quotidienne de 30 larves de premier stade de *B. tabaci* seule (traitement 1), tandis que le second a reçu une ration quotidienne de 30 larves de premier stade de *B. tabaci* à laquelle il a été ajouté 0,1 mg de pollen de maïs (traitement 2). Le type d'alimentation

constituait donc les deux traitements principaux. Chaque traitement principal a été séparé en deux sous-traitements qui constituaient les deux populations (Israélienne et Béninoise) du prédateur *A. swirskii*. Ainsi donc, au total quatre sous-traitements ont été testés à savoir : (1) *A. swirskii* d'origine Israélienne nourrie uniquement avec les larves de *B. tabaci* (T1-Israë), (2) *A. swirskii* d'origine Béninoise nourrie uniquement avec les larves de *B. tabaci* (T1-Bénin), (3) *A. swirskii* d'origine Israélienne nourrie avec les larves de *B. tabaci* plus du pollen de maïs (T2-Israël) et (4) *A. swirskii* d'origine Béninoise nourrie avec les larves de *B. tabaci* plus du pollen de maïs (T2-Bénin).

Pour chaque sous-traitement, le suivi a été fait toutes les 24 heures. Au cours de chaque séance, la quantité de proie consommée ainsi que le nombre d'œufs pondus par chaque femelle de *A. swirskii* ont été enregistrés. A cette même occasion, le reste de proie, du pollen de maïs et les œufs pondus par les phytoséiides ont été éliminés des unités d'élevage. Dans le même temps, de nouvelles proies et du nouveau pollen de maïs ont été servis au prédateur. Les disques foliaires ont été remplacés deux fois par semaine et le suivi a été ainsi poursuivi pendant 15 jours consécutifs.

Analyses statistiques

Les quantités moyennes de *B. tabaci* consommées ainsi que le nombre moyen d'œufs quotidiennement pondus par prédateur pour chacune des deux populations ont été calculés ainsi que les taux moyens de survie des femelles adultes pour les deux populations et par traitement. Les effets des différents traitements sur la quantité de proies consommées, le nombre d'œufs pondus ainsi que le taux de survie du prédateur ont été statistiquement déterminés en utilisant l'analyse de variance (PROC GLM) dans SAS (2008). Lorsque l'analyse de variance a révélé une différence significative entre les traitements ($P < 0,05$), les quantités moyennes de proies consommées, les nombres moyens

d'œufs pondus ainsi que les taux moyens de survie ont été séparés en utilisant le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls (SNK) dans SAS (2008).

Table de vie des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Cette expérience a été conduite au laboratoire dans une chambre de croissance à la température de 25 ± 1 °C, une humidité relative de $70 \pm 10\%$ et une photopériode de 12:12 (L:D). Pour chaque population de *A. swirskii*, plusieurs femelles gravides ont été regroupées sur une même arène afin d'initier une cohorte de 200 œufs pondus au cours d'une période de 24 heures. Au total 70 œufs ont été utilisés par population afin d'avoir un nombre suffisant de femelles. Chaque œuf a été isolé sur un disque foliaire découpé dans une feuille de manioc infestée, à l'endroit d'abondance des larves de premier stade de *B. tabaci*. Pour chaque population, les disques foliaires ont été ensuite placés dans des boîtes de Pétri de 15 cm de diamètre sur du coton imbibé d'eau, de sorte que ces disques foliaires ne se touchent pas. Il a été placé 10 disques foliaires dans chaque boîte de Pétri et les boîtes de Pétri ont été disposées à raison de cinq dans un plateau de PVC.

À l'éclosion de l'œuf et pendant toute la durée de l'expérimentation, les individus de *A. swirskii* ont été nourris avec une quantité suffisante de larves de premier stade de *B. tabaci*. Juste après passage des larves de *A. swirskii* au stade deutonymphe, les individus ont été sexés. Avant que les deutonymphes femelles ne se transforment en adultes, il leur a été associé deux mâles adultes issus des élevages du laboratoire d'acarologie afin de susciter l'accouplement. Il est à rappeler que chez les phytoséiides, l'accouplement a lieu juste après l'émergence de la jeune femelle. Les mâles ont été retirés dès l'entrée en ponte des femelles. Les observations ont été faites toutes les 12 heures pendant la période du passage de l'œuf à l'adulte. Après cette période les observations ont été faites toutes

les 24 heures jusqu'à la mort du dernier adulte. De l'eau a été régulièrement ajoutée dans la boîte de Pétri afin de maintenir un bon degré de turgescence des feuilles tout en constituant une barrière qui empêchait les prédateurs de s'échapper. De la nourriture (i.e. larves de premier stade de *B. tabaci*) leur a été servie quotidiennement et *ad libitum*, et les disques foliaires ont été remplacés deux fois par semaine.

Au cours de ces observations, les données telles que la date d'entrée dans chaque nouveau stade de développement, la date d'entrée en ponte ainsi que le nombre d'œufs pondus par chaque femelle jusqu'à sa mort ont été enregistrées. Sur la base de ces données les différents paramètres biologiques et démographiques de la table de vie de *A. swirskii* sur *B. tabaci* ont été calculés. Il s'agit notamment en ce qui concerne les paramètres biologiques, de la durée des différents stades de développement (œufs, larve, protonymphe et deutonymphe); la période de pré-oviposition (i.e. l'intervalle de temps moyen qui s'écoule entre le passage au stade adulte et l'entrée en ponte des femelles); la période d'oviposition (i.e. nombre moyen de jours de ponte par femelle); la période de post-oviposition (i.e. l'intervalle de temps moyen entre l'arrêt de la ponte et la mort de la femelle); la fécondité journalière (i.e. le nombre moyen d'œufs pondus par femelle et par jour), la longévité des femelles (i.e. la durée de vie moyenne d'une femelle, du stade œuf jusqu'à sa mort).

Quant aux paramètres démographiques (Maia et al., 2000), il s'agit du taux intrinsèque d'accroissement naturel (r_m) (i.e. le nombre d'individus produits par femelle et par jour), le taux net de reproduction (R_o) (i.e. la contribution moyenne nette par femelle à la génération suivante, exprimée en nombre de progéniture femelle par femelle, durant la période entière d'oviposition), le temps moyen de génération (T_g) (i.e. l'intervalle de temps moyen, exprimé en jours, qui s'écoule entre la naissance des individus d'une génération et celle de la

génération suivante), le temps de duplication (T_d) (i.e. le temps à partir duquel la population initiale issue des premiers œufs pondus est multipliée par deux), le taux d'accroissement fini (λ) (i.e. le taux d'accroissement de la population par unité de temps, obtenu par la formule suivante: $\lambda = e^{rT_d}$). A tous ces paramètres se sont ajoutés le sex-ratio: qui est la proportion des femelles F_1 sur le total des individus F_1 ; la survie des stades juvéniles qui est la proportion d'individus F_1 ayant atteint le stade adulte, sur l'ensemble de la progéniture (Maia et al., 2000).

Analyses statistiques

Les différents paramètres biologiques de la table de vie ont été statistiquement comparés entre les deux populations de *A. swirskii* en utilisant l'analyse de variance (PROC GLM) dans SAS (SAS, 2008). Lorsque l'analyse de variance a révélé une différence significative entre les traitements ($P < 0,05$), les quantités moyennes de proies consommées ainsi que les nombres moyens d'œufs pondus ont été séparés en utilisant le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls (SNK) dans SAS (2008).

Les paramètres démographiques de la table de vie ont été, quant à eux, estimés suivant la méthode décrite par Andrewartha et Birch (1954) et calculés en utilisant le programme de Jacknife développé par Maia et al. (2000) dans le logiciel SAS (2008).

RESULTATS

Prédation, oviposition et survie des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Les nombres moyens de larve du premier stade (L_1) de *B. tabaci* consommés par jour et par femelle de la population béninoise de *A. swirskii* sont de $9,39 \pm 0,32$ lorsque 30 larves L_1 de *B. tabaci* leur ont été servies comme proie et de $6,42 \pm 0,20$ lorsque 15 larves L_1 de *B. tabaci* leur ont été servies. Pour la population israélienne de *A. swirskii*, ces nombres moyens étaient respectivement de $8,66 \pm 0,30$ et de $5,83 \pm 0,20$ lorsque 30 et

15 larves L_1 de *B. tabaci* leur ont été servies comme proie. L'analyse de variance a révélé que pour les deux populations (béninoise et israélienne) de *A. swirskii*, les quantités de larve L_1 de *B. tabaci* consommées étaient significativement plus élevées lorsqu'elles étaient nourries quotidiennement avec une densité de proies de 30 larves L_1 de *B. tabaci*, qu'avec 15 larves L_1 de *B. tabaci* ($P = 0,0001$; Tableau 1).

Les nombres moyens d'œufs pondus par jour et par femelle de *A. swirskii* étaient respectivement de $0,58 \pm 0,07$ et de $0,49 \pm 0,08$ pour les densités de 30 larves L_1 de *B. tabaci* et de 15 larves L_1 de *B. tabaci* servies quotidiennement comme proie aux femelles de la population béninoise de *A. swirskii*. Ils étaient respectivement de $0,69 \pm 0,07$ et de $0,53 \pm 0,07$ pour les densités de 30 larves L_1 de *B. tabaci* et de 15 larves L_1 de *B. tabaci* quotidiennement servies comme proie aux femelles de la population israélienne de *A. swirskii* (Tableau 1). Ces nombres étaient respectivement de $0,05 \pm 0,05$ et $0,04 \pm 0,04$ pour la population béninoise et la population israélienne de *A. swirskii* lorsqu'aucune proie ne leur avait été servie. L'analyse de variance a révélé que pour chacune de ces deux populations de *A. swirskii*, les taux de fécondité sont significativement plus élevés lorsque les femelles sont nourries quotidiennement avec 30 ou 15 larves L_1 de *B. tabaci* que lorsqu'elles ne sont pas du tout nourries ($P = 0,0019$ et $P = 0,0001$, respectivement pour *A. swirskii* Bénin et *A. swirskii* Israël; Tableau 1).

Les taux moyens de survie des femelles de *A. swirskii* Bénin étaient de $80,27 \pm 4,87\%$; $84,20 \pm 4,13\%$ et de $21,27 \pm 9,31\%$ lorsqu'elles étaient quotidiennement nourries respectivement avec 30; 15 ou 0 larves L_1 de *B. tabaci*. Ces taux étaient de $83,80 \pm 3,70\%$; $80,67 \pm 4,17\%$ et de $24,0 \pm 10,17\%$ pour la population israélienne de *A. swirskii*, lorsque les femelles étaient quotidiennement nourries respectivement avec 30; 15 ou 0 larves L_1 de *B. tabaci*. L'analyse de variance a montré que pour chacune des deux populations de *A.*

swirskii, les femelles ont vécu significativement plus longtemps lorsqu'elles ont été nourries quotidiennement avec 30 ou 15 larves L₁ de *B. tabaci* que lorsqu'elles n'ont pas été nourries du tout (P = 0,0001; Tableau 1).

Comparaison des taux de prédation, d'oviposition et de survie entre *A. swirskii* Bénin et *A. swirskii* Israël nourries au *B. tabaci*

L'analyse de variance a révélé que les quantités de larve L₁ de *B. tabaci* consommées par les femelles *A. swirskii* n'étaient pas différentes entre les deux populations lorsque 30 larves L₁ de *B. tabaci* ont été quotidiennement servies comme proie aux prédateurs (P = 0,1097; Tableau 2). En revanche, *A. swirskii* Bénin avait consommé significativement plus de larves L1 que *A. swirskii* Israël lorsque 15 larves L₁ de *B. tabaci* leurs avaient été quotidiennement servies comme proie (P = 0,0441; Tableau 2). Cependant, aucune différence significative n'avait été enregistrée entre les deux populations de *A. swirskii* quant au nombre d'œufs pondus, quelles que soient les quantités de larves L₁ de *B. tabaci* (30 ; 15 ou 0 larves L₁) quotidiennement servies aux femelles (P = 0,2874 ; P = 0,6831 et P = 0,8402 respectivement pour les densités de 30; 15 ou 0 larves L₁ de *B. tabaci* ; Tableau 2). La comparaison des taux moyens de survie entre les deux populations du prédateurs a révélé qu'il n'y avait non plus de différence significative entre *A. swirskii* Bénin et *A. swirskii* Israël indépendamment des quantités de larves L₁ de *B. tabaci* servies (P > 0,05; Tableau 2).

Durées de développement et taux de survie des stades juvéniles des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Nourrie avec les larves de premier stade (L₁) de *B. tabaci*, les durées de développement des stades œuf, larve, protonymphe et deutonymphe de la population béninoise de *A.*

swirskii étaient respectivement 1,80 ± 0,04 ; 1,07 ± 0,05 ; 3,00 ± 0,16 et 2,03 ± 0,21 jours (Tableau 3), contre respectivement, 1,74 ± 0,06 ; 0,99 ± 0,05 ; 3,24 ± 0,30 et 2,72 ± 0,34 jours pour la population israélienne (Tableau 3). L'analyse de variance a montré qu'il n'y avait aucune différence entre les deux populations de *A. swirskii* pour les durées des différents stades de développement (P > 0,05).

Tous les œufs de *A. swirskii* (Bénin et Israël) utilisés avaient pu atteindre le stade protonymphe. Cependant, pour *A. swirskii* du Bénin plus du quart des protonymphes n'avait pas pu atteindre le stade deutonymphe tandis que pour *A. swirskii* d'Israël près de la moitié des protonymphes n'avaient pas pu atteindre le stade deutonymphe avant de mourir. Le pourcentage des individus ayant survécu jusqu'au stade adulte était de 42,86% pour *A. swirskii* Bénin et 45,71% pour *A. swirskii* Israël.

Survie et fécondité des femelles adultes des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

L'évolution du taux de survie des femelles adultes de *A. swirskii* pour chacune des deux populations nourries avec une quantité suffisante de larves L₁ de *B. tabaci* (Figure 1) montre que pour les deux populations de *A. swirskii* la survie des femelles a décru très rapidement pour s'annuler au 16^{ème} jour pour *A. swirskii* Israël et au 17^{ème} jour pour *A. swirskii* Bénin. En effet, près de 40% des femelles adultes dans chaque population étaient mortes au 7^{ème} jour, et au 15^{ème} jour le taux de survie était inférieur à 10% pour chacune des deux populations.

L'évolution journalière de la ponte par femelle de *A. swirskii* était identique pour les deux populations de *A. swirskii* (Figure 2). Les femelles des deux populations étaient entrées en ponte le même jour (soit le 5^{ème} jour après leur passage au stade adulte). Trois pics de ponte (respectivement 0,55 ; 0,5 et 0,5 œufs/femelle/jour) avaient été observés chez *A. swirskii* du Bénin contre deux pics (0,55 œufs/femelle/jour) chez *A. swirskii* Israël. Un

arrêt momentané de ponte était intervenu entre le 11^{ème} et le 12^{ème} jour pour la population béninoise de *A. swirskii* tandis qu'une succession d'arrêts et de reprises de ponte avaient été observés au sein de la population israélienne de *A. swirskii*. La dernière femelle de *A. swirskii* Bénin a cessé de pondre au 15^{ème} jour alors que celle de *A. swirskii* Israël a cessé de pondre au 18^{ème} jour.

Les périodes de pré-oviposition, d'oviposition et de post-oviposition étaient respectivement de $5,58 \pm 1,20$; $2,83 \pm 0,75$ et de $3,00 \pm 0,58$ jours pour la population béninoise de *A. swirskii*. Pour la population israélienne, ces périodes étaient respectivement de $2,72 \pm 0,25$; $3,56 \pm 1,07$ et de $3,00 \pm 0,55$ jours. L'analyse de variance a révélé que la période de pré-oviposition était significativement plus longue pour *A. swirskii* Bénin que pour *A. swirskii* Israël ($P = 0,0141$). En revanche, les périodes d'oviposition et de post-oviposition étaient identiques pour les deux populations de *A. swirskii* ($P > 0,05$).

Paramètres démographiques des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Les taux intrinsèques d'accroissement naturel (r_m) sur *B. tabaci* étaient de $-0,06 \pm 0,02$ et de $-0,03 \pm 0,02$, respectivement pour les populations béninoise et israélienne de *A. swirskii*. Les temps de duplication (T_d) étaient de $-10,53 \pm 3,22$ et de $-16,19 \pm 10,00$ respectivement pour la population béninoise et la population israélienne du prédateur. Le taux net de reproduction (R_0) était de $0,30 \pm 0,11$ pour la population béninoise et de $0,53 \pm 0,19$ pour la population israélienne. Pour la population béninoise de *A. swirskii*, le temps moyen de génération (T_g) était de $19,00 \pm 1,26$ jours contre $18,20 \pm 0,89$ jours pour la population israélienne. Le taux d'accroissement fini (λ) était de $0,94 \pm 0,02$ pour *A. swirskii* Bénin contre $0,97 \pm 0,02$ pour *A. swirskii* Israël. Bien qu'il y ait eu une légère différence entre les deux populations de *A. swirskii* sur *B. tabaci* pour les divers paramètres démographiques, l'analyse

statistique a montré que ces différences n'étaient pas significatives ($P > 0,05$).

Effet de l'apport du pollen de maïs sur la prédation des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Les nombres moyens de larves L_1 de *B. tabaci* consommées par jour et par femelle de la population béninoise de *A. swirskii* ont varié entre $1,67 \pm 0,41$ et $6,00 \pm 0,60$ (avec une moyenne de $3,41 \pm 0,18$) lorsqu'uniquement 30 larves L_1 de *B. tabaci* leurs avaient été servies comme proie ; et entre $0,07 \pm 0,07$ et $4,53 \pm 0,43$ (avec une moyenne de $1,46 \pm 0,12$) lorsque 30 larves L_1 de *B. tabaci* + 0,1mg de pollen de maïs leur avaient été servies (Figure 3). Pour cette population, les maxima de consommation avaient été enregistrés au 2^{ème} jour pour les deux types de nourriture tandis que les minima avaient été enregistrés au 15^{ème} jour pour 30 larves L_1 de *B. tabaci* uniquement et au 11^{ème} jour pour 30 larves L_1 de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs.

Pour la population israélienne de *A. swirskii*, les nombres moyens de larves L_1 de *B. tabaci* consommées quotidiennement avaient varié entre $0,91 \pm 0,43$ et $6,27 \pm 0,52$ (avec une moyenne de $3,19 \pm 0,18$) et entre $0,20 \pm 0,14$ et $2,40 \pm 0,27$ (avec une moyenne de $1,30 \pm 0,10$) lorsque nourrie uniquement avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* et avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs, respectivement (Figure 3). Les consommations les plus élevées avaient été enregistrées au 1^{er} jour pour les deux traitements et les minima au 13^{ème} jour pour les femelles *A. swirskii* nourries avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* uniquement et au 10^{ème} jour pour celles nourries avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs.

Pour chacune des populations (béninoise ou israélienne) de *A. swirskii*, l'analyse de variance a montré une différence significative entre les deux traitements ($F_{1,407} = 84,40$; $P = 0,0001$ pour la population béninoise ; $F_{1,417} = 84,31$; $P = 0,0001$ pour la

population israélienne). Le test de Student-Newman-Keuls (SNK) a montré que la quantité de larve L₁ de *B. tabaci* consommée était significativement plus élevée lorsque *A. swirskii* était nourrie quotidiennement et uniquement avec 30 larves L₁ de *B. tabaci*, qu'avec 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs.

Effet de l'apport du pollen de maïs sur l'oviposition des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Pour la population béninoise de *A. swirskii*, les nombres moyens d'œufs pondus par jour et par femelle avaient varié entre 0,11 ± 0,11 et 0,93 ± 0,28 (avec une moyenne de 0,42 ± 0,04) ; et entre 0,53 ± 0,13 et 1,53 ± 0,24 (avec une moyenne de 0,97 ± 0,06) respectivement pour 30 larves L₁ de *B. tabaci* et 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs servis quotidiennement comme nourriture (Figure 4). Les pontes les plus élevées avaient été enregistrées au 2^{ème} jour pour les deux traitements, alors que les plus faibles pontes avaient été enregistrées au 15^{ème} jour pour 30 larves L₁ de *B. tabaci* et au 10^{ème} jour pour 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs. S'agissant de la population israélienne, le nombre moyen d'œuf pondu par femelle et par jour avait varié entre 0,07 ± 0,07 et 0,73 ± 0,18 (avec une moyenne de 0,44 ± 0,04) et entre 0,07 ± 0,07 et 1,6 ± 0,163 (avec une moyenne de 0,99 ± 0,06) lorsque les femelles avaient été respectivement nourries avec 30 larves L₁ de *B. tabaci* et 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs (Figure 4). Les maxima journaliers de ponte avaient été enregistrés au 3^{ème} jour pour les deux traitements tandis que les minima avaient été enregistrés au 11^{ème} jour pour 30 larves L₁ de *B. tabaci* et au 12^{ème} jour pour 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs.

L'analyse de variance a révélé que pour chacune de ces deux populations de *A. swirskii*, les taux de fécondité étaient significativement différents entre les deux traitements ($F_{1,406} = 57,70$; $P = 0,0001$ pour la population béninoise; $F_{1,417} = 57,70$; $P = 0,0001$ pour la population israélienne). Aussi, le test de séparation multiple de Student-Newman-Keuls (SNK) a montré que, pour chacune de ces deux populations de *A. swirskii*, les taux de fécondité étaient significativement plus élevés lorsque les femelles étaient nourries quotidiennement avec 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs qu'avec uniquement 30 larves L₁ de *B. tabaci*.

Survie des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci*

Les taux de survie des femelles adultes de *A. swirskii* pour chacune des deux populations étaient de 100% du 1^{er} au 10^{ème} jour et ceci en présence ou en l'absence de pollen de maïs. A partir du 10^{ème} jour, ces taux avaient décru très rapidement pour atteindre, au 15^{ème} jour, 60% pour la population béninoise de *A. swirskii* nourrie avec 30 larves L₁ de *B. tabaci* et 73% pour celle nourrie avec 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs. Pour la population israélienne, ces taux avaient atteint au 15^{ème} jour 53% et 67%, lorsque les femelles avaient été nourries respectivement avec 30 larves L₁ de *B. tabaci* et 30 larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs. Pour chacune des deux populations de *A. swirskii*, l'apport du pollen de maïs n'avait eu aucun effet sur leur survie ($P > 0,05$). Aussi, aucune différence significative n'avait été observée entre les deux populations de *A. swirskii* en ce qui concerne leurs taux de survie, que ce soit en présence ou en l'absence de pollen de maïs ($P > 0,05$).

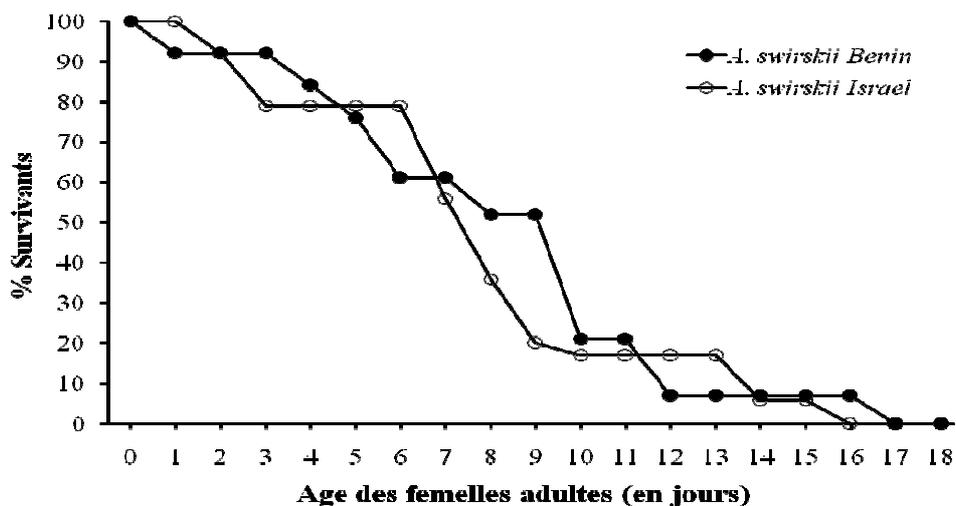


Figure 1: Evolution journalière du taux de survie des adultes femelles des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries avec une quantité suffisante de larves L₁ de *B. tabaci*. Le jour 0 est le jour d'entrée dans le stade adulte.

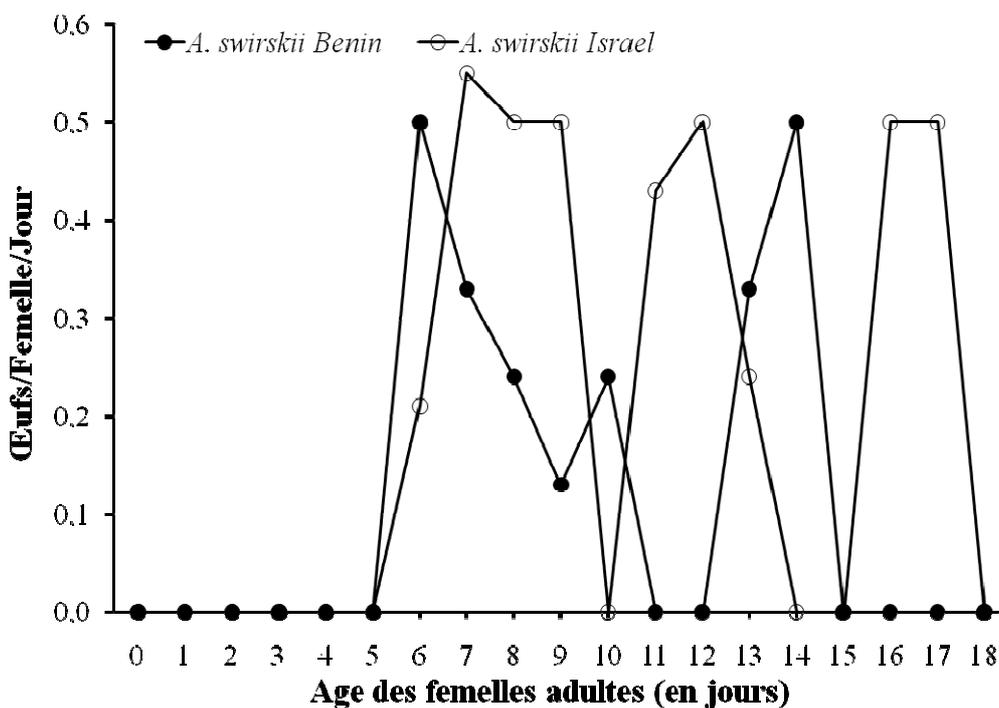


Figure 2: Evolution journalière de la ponte par femelle des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries avec une quantité suffisante de larves L₁ de *B. tabaci*. Le jour 0 est le jour d'entrée dans le stade adulte.

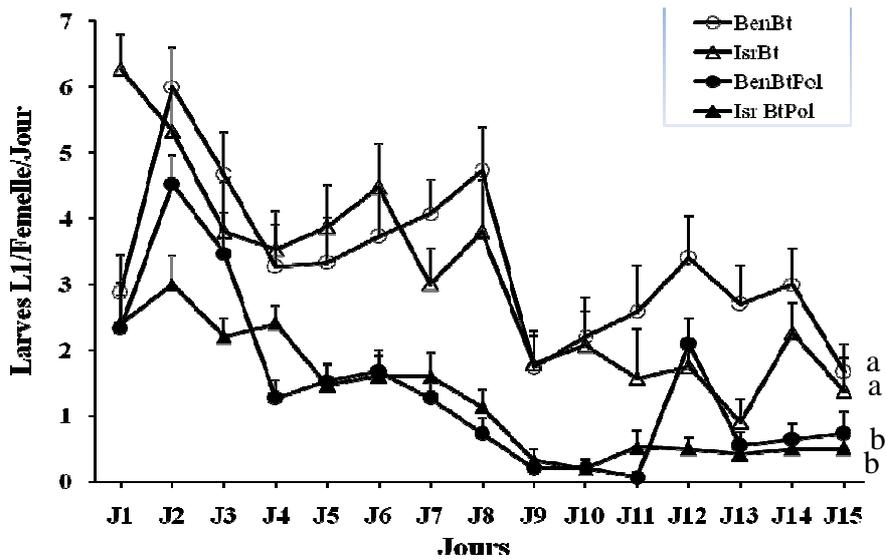


Figure 3: Evolution journalière de la prédation (Moyenne + Erreur Standard) par femelle des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* avec ou sans apport de 0,1 mg de pollen de maïs. Au sein de chaque population de *A. swirskii*, les courbes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (**BenBt** : *A. swirskii*-Bénin nourries aux larves de *B. tabaci* uniquement; **BenBtPol** : *A. swirskii*-Bénin nourries aux larves de *B. tabaci* + pollen de maïs; **IsrBt** : *A. swirskii*-Israël nourries aux larves de *B. tabaci* uniquement; **IsrBtPol** : *A. swirskii*-Israël nourries aux larves de *B. tabaci* + pollen de maïs).

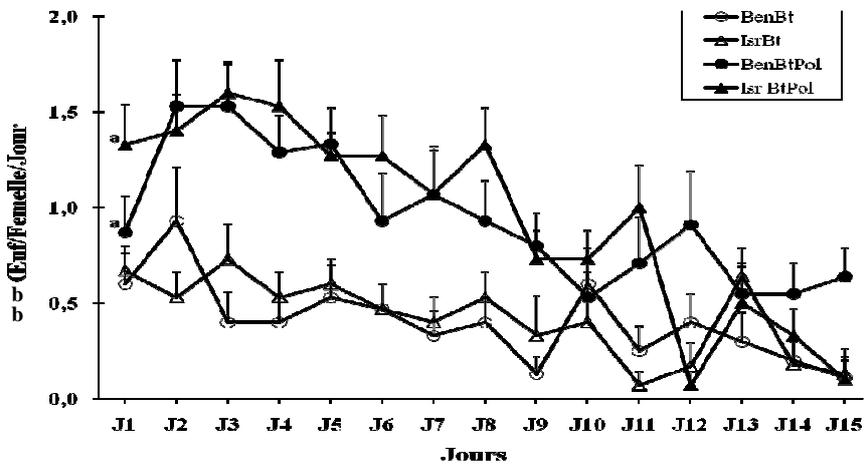


Figure 4: Evolution journalière de la ponte (moyenne + erreur standard) par femelle des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* nourries avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* avec ou sans apport de 0,1 mg de pollen de maïs. Les courbes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes (**BenBt** : *A. swirskii*-Bénin nourries aux larves de *B. tabaci* uniquement; **BenBtPol** : *A. swirskii*-Bénin nourries aux larves de *B. tabaci* + pollen de maïs; **IsrBt** : *A. swirskii*-Israël nourries aux larves de *B. tabaci* uniquement; **IsrBtPol** : *A. swirskii*-Israël nourries aux larves de *B. tabaci* + pollen de maïs).

Tableau 1: Prédation, oviposition et pourcentage de survie des femelles des populations béninoise et israélienne de *A. swirskii* (\pm erreur standard) en fonction de la quantité de proie servie, à 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ HR.

Population de <i>A. swirskii</i>	Densité de proies	Nombre moyen de proies consommées/femelle/jour	Nombre moyen d'œufs pondus/femelle/jour	Taux de survie (%)
BENIN	0	0,00 \pm 0,00 c	0,05 \pm 0,05 b	21,27 \pm 9,31 b
	15	6,42 \pm 0,20 b	0,49 \pm 0,08 a	84,20 \pm 4,13 a
	30	9,39 \pm 0,32 a	0,58 \pm 0,07 a	80,27 \pm 5,87 a
ISRAEL	0	0,00 \pm 0,00 c	0,04 \pm 0,04 b	24,0 \pm 10,17 b
	15	5,83 \pm 0,20 b	0,53 \pm 0,07 a	81,67 \pm 4,17 a
	30	8,66 \pm 0,30 a	0,69 \pm 0,07 a	84,80 \pm 4,70 a

Pour une population donnée de *A. swirskii* et dans une même colonne, les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Tableau 2: Comparaison des taux de prédation, d'oviposition et de survie (\pm erreur standard) entre *A. swirskii* Bénin et *A. swirskii* Israël nourries au *B. tabaci* à 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ HR.

Densité de proies	Paramètres mesurés	Benin	Israël
0	Nombre moyen de proies consommées/femelle/jour	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 a
larve L ₁	Nombre moyen d'œufs pondus/femelle/jour	0,05 \pm 0,05 a	0,04 \pm 0,04 a
de <i>B. tabaci</i>	Taux moyens de survie	0,21 \pm 0,09 a	0,24 \pm 0,10 a
15	Nombre moyen de proies consommées/femelle/jour	6,42 \pm 0,20 a	5,83 \pm 0,20 b
larves L ₁	Nombre moyen d'œufs pondus/femelle/jour	0,49 \pm 0,08 a	0,53 \pm 0,07 a
de <i>B. tabaci</i>	Taux moyens de survie	0,84 \pm 0,04 a	0,81 \pm 0,04 a
30	Nombre moyen de proies consommées/femelle/jour	9,39 \pm 0,32 a	8,66 \pm 0,30 a
larves L ₁	Nombre moyen d'œufs pondus/femelle/jour	0,58 \pm 0,07 a	0,69 \pm 0,07 a
de <i>B. tabaci</i>	Taux moyens de survie	0,80 \pm 0,05 a	0,84 \pm 0,04 a

Pour chaque densité de proie utilisée et sur une même ligne, les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Tableau 3: Durées moyennes (\pm erreur standard) des stades juvéniles des deux populations de *A. swirskii* nourries au *B. tabaci* à 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ HR.

Population de <i>A. swirskii</i>	Stades de développement				
	Œuf	Larve	Protonymphe	Deutonymphe	Œuf à Adulte
BENIN	1,80 \pm 0,04 a	1,07 \pm 0,05 a	3,00 \pm 0,16 a	2,03 \pm 0,21 a	8,18 \pm 0,21 a
ISRAEL	1,74 \pm 0,06 a	0,99 \pm 0,05 a	3,24 \pm 0,30 a	2,72 \pm 0,34 a	8,90 \pm 0,35 a

Dans une même colonne les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

DISCUSSION

Cette étude est la première au Bénin à s'intéresser à la possibilité de l'utilisation d'ennemis naturels, particulièrement les prédateurs phytoséiides dans la lutte contre la mouche blanche *B. tabaci* qui est le vecteur principal du virus de la mosaïque africaine du manioc. Nos résultats ont montré que les deux populations – l'une exotique et l'autre endogène – de l'acarien prédateur *A. swirskii* sont toutes capables de s'alimenter sur les larves L₁ de *B. tabaci*. Que ce soit la population béninoise ou celle israélienne, le prédateur a en effet montré une réponse fonctionnelle très positive car le nombre de proies consommées a augmenté avec la quantité de proies disponibles. Ainsi, avons-nous observé une consommation moyenne journalière allant jusqu'à 6 larves L₁ de *B. tabaci* pour une densité de proie de 15 larves L₁ de *B. tabaci* et une consommation moyenne journalière avoisinant 10 larves L₁ de *B. tabaci* pour une densité de proies de 30 larves L₁ de *B. tabaci*. Cette réponse fonctionnelle positive du prédateur par rapport à la densité de proie fait dire que *A. swirskii* est un bon prédateur de *B. tabaci* (Fernández-Arhex et Corley, 2003 ; Pervez et Omkar, 2005). Cependant, cette consommation moyenne maximale de 10 larves L₁ de *B. tabaci* par jour demeure significativement faible en comparaison à la consommation moyenne journalière de 15 larves L₁ de *B. tabaci* obtenue par Nomikou (2003).

Nos résultats ont aussi montré que les femelles *A. swirskii* n'ont pondu d'œufs que lorsqu'elles ont été nourries à la proie. En effet, le taux moyen de fécondité des femelles adultes nourries aux larves L₁ de *B. tabaci* est de 0,69 œufs/femelle/jour contre 0,05 œufs/femelle/jour lorsqu'elles ne sont pas du tout nourries, témoignant ainsi de la capacité du prédateur à convertir la proie (i.e. larves L₁ de *B. tabaci*) en progéniture. Il est à préciser, cependant, que ce taux de fécondité de 0,69 œufs/femelle/jour n'avait été obtenu que lorsque les femelles adultes avaient été nourries au cours de leurs stades juvéniles avec du pollen de *T. australis* avant d'être

nourries aux stades adultes par des larves L₁ de *B. tabaci*. Ainsi, lorsque les stades juvéniles de *A. swirskii* avaient été nourris aux larves L₁ de *B. tabaci*, le taux moyen de fécondité des adultes n'avait pu atteindre que 0,21 œufs/femelle/jour (Onzo et al., présente étude). Ce grand écart serait dû à l'inadéquation des larves L₁ de *B. tabaci* comme proie aux stades juvéniles de *A. swirskii*. Ce qui s'explique d'une part par la longue durée des stades de développement et le faible taux de survie des juvéniles. En effet, selon Ragusa et Swirskii (1977), lorsque la nourriture est défavorable, les durées de développement sont longues et les taux de survie juvénile de *A. swirskii* sont très faibles voire nuls dans beaucoup de cas. Aussi, la durée de développement (œuf-adulte) obtenue dans notre étude était de 10 jours, ce qui est relativement long comparé à une durée de 7 jours obtenue par plusieurs auteurs lorsque la proie est adéquate (Momen et Abdel-Khalek, 2008 ; Zannou et Hanna, 2011 ; Onzo et al., 2012). L'inadaptation du prédateur *A. swirskii* à *B. tabaci* comme proie s'est traduite d'autre part par une très courte durée de la période d'oviposition, soit seulement 4 jours dans notre essai contre 10 et 21 jours obtenus par Onzo et al. (2012), respectivement sur *P. latus* et sur du pollen de maïs ; et environ 21 jours sur *Aculops lycopersici* (Acari : Eriophyidae) par Momen et Abdel-Khalek (2008). Une tendance similaire a été observée chez d'autres espèces d'acarien phytoséiides, *Typhlodromalus manihoti* Moraes et *T. aripo* De Leon toutes deux nourries (en condition de non-choix) à l'acarien vert du manioc, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) - proie préférée, et deux proies de substitution - l'acarien rouge, *Oligonychus gossypii* (Zacher) et l'acarien jaune à deux taches, *Tetranychus urticae* (Koch) (Gnanvossou et al., 2003).

Le temps moyen de génération (T_g) révèle, pour les deux populations, qu'il faudra 18-19 jours pour passer d'une génération de *A. swirskii* à une autre. Ce résultat est semblable à celui obtenu par Zannou et Hanna (2011) et Onzo et al. (2012) sur du pollen de

maïs. Cette durée est cependant supérieure à celle d'environ 14 jours obtenue par Momen et Abdel-Khalek (2008) et Onzo et al. (2012), respectivement sur *A. lycopersici* et *P. latus*. Le taux intrinsèque d'accroissement naturel (r_m) qui n'est rien d'autre que le nombre d'individus produits par femelle et par jour est inférieur à zéro (donc négatif) pour les deux populations de *A. swirskii* testées. Ceci signifie concrètement que les femelles de *A. swirskii* ne se reproduisent pratiquement pas lorsqu'elles sont nourries aux larves L₁ de *B. tabaci*. De plus, les taux nets de reproduction (R_0) et les taux d'accroissement fini (λ) sont tous deux inférieurs à 1 chez les deux populations. Ainsi donc, une population initiale de *A. swirskii* au lieu d'accroître va plutôt décroître pour finalement disparaître. Ceci est confirmé par le temps de duplication négatif (-19 jours) obtenu pour ces populations de *A. swirskii*, au cours de cet essai. Ce temps de duplication négatif signifie que la population initiale de *A. swirskii* au lieu d'augmenter va plutôt se diviser par deux tous les 19 jours lorsqu'elle est uniquement nourrie sur les larves L₁ de *B. tabaci*. Il va s'en dire donc que lorsque les populations de *A. swirskii* sont uniquement nourries aux larves L₁ de *B. tabaci*, leur niveau décroît très rapidement pour s'annuler.

Cependant, le rôle des nourritures alternatives dans le succès de la lutte biologique étant généralement reconnu maintenant par les spécialistes, il importait donc avant toute conclusion définitive sur les capacités de ce prédateur, d'évaluer l'impact des nourritures alternatives sur ses performances. Comme il est courant de voir le manioc en association avec le maïs dans la plupart des champs de manioc au Bénin et ailleurs en Afrique, et que *A. swirskii* se développe remarquablement bien sur le pollen de maïs (Onzo et al., 2012), notre étude s'est intéressée à évaluer l'effet d'un apport supplémentaire du pollen de maïs sur les potentialités de *A. swirskii* à lutter contre la mouche blanche *B. tabaci* sur les plants de manioc. Nos résultats ont montré au laboratoire qu'une femelle de *A. swirskii*

(souche béninoise comme souche israélienne), peut consommer en moyenne 3 larves L₁ de *B. tabaci* par jour lorsqu'elle est nourrie uniquement avec des larves L₁ de *B. tabaci*. En revanche, lorsque ces prédateurs reçoivent la même quantité de larves L₁ de *B. tabaci* plus un supplément de pollen de maïs, leur consommation journalière en larves L₁ de *B. tabaci* est passée à une moyenne de $1,5 \pm 0,1$ et $1,3 \pm 0,1$ larves respectivement pour la population béninoise et la population israélienne de *A. swirskii*. Ainsi donc, aussi bien pour la population béninoise que pour celle israélienne, le nombre de larves L₁ de *B. tabaci* consommées est significativement plus élevé en l'absence qu'en présence du pollen de maïs comme nourriture alternative. Il s'en déduit donc qu'en présence d'une nourriture alternative telle que le pollen de maïs, *A. swirskii* préfère s'alimenter sur ce pollen que sur les larves L₁ de *B. tabaci*. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Nomikou (2003), qui a révélé que la capacité de prédation de *A. swirskii* diminue lorsqu'il est en présence simultanée de la proie et d'un aliment alternatif comme le pollen. En effet, il est certainement plus facile pour *A. swirskii* de s'alimenter sur le pollen de maïs que de rechercher et de percer l'épiderme de la larve de *B. tabaci* afin d'en consommer l'hémolymphe. On peut aussi en déduire que la larve L1 de *B. tabaci* est moins préférée par le prédateur que le pollen de maïs. Un test de choix de *A. swirskii* entre le pollen de maïs et la larve de *B. tabaci* serait donc la bienvenue afin d'élucider ce manque d'intérêt du prédateur pour *B. tabaci* en présence du pollen de maïs. Nos résultats ont aussi révélé que le nombre d'œuf pondus par jour et par femelle pour chacune des populations de *A. swirskii* est significativement plus élevé lorsqu'elle est nourrie de larves L₁ de *B. tabaci* plus un supplément de pollen de maïs que lorsqu'elle est nourrie uniquement sur les larves de *B. tabaci*. En effet, le taux moyen de fécondité des femelles adultes nourries aux larves L₁ de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs est de $0,6 \pm 0,06$ œuf/femelle/jour pour la population béninoise et $1,0 \pm 0,06$ œuf/femelle/jour pour

la population israélienne contre $0,42 \pm 0,04$ œuf/femelle/jour et $0,44 \pm 0,04$ œuf/femelle/jour respectivement pour les populations béninoise et israélienne nourries uniquement avec des larves L_1 de *B. tabaci*. Ces résultats confirment ceux obtenus par plusieurs auteurs ayant étudié la possibilité des phytoséiides à se nourrir et à se reproduire à partir des sources alternatives d'aliments, notamment le pollen, le nectar, les exsudats des fruits, ou feuilles des plantes. Les sources alimentaires alternatives serviraient donc de réserves d'eau et de nutriments en complément à une ration constituée de leur proie favorite et parfois permettraient la reproduction des Phytoseiidae (Nomikou, 2003; Gnanvossou et al., 2005; Onzo et al., 2005, 2012). Ainsi, est-il clair que la présence de pollen de maïs contribuerait à accroître les populations de *A. swirskii*.

Les taux de survie des femelles adultes de *A. swirskii* pour les populations béninoise et israélienne testées sont respectivement de 73% et 67% lorsqu'elles ont été nourries avec 30 larves L_1 de *B. tabaci* + 0,1 mg de pollen de maïs contre 60% et 53% lorsque nourries uniquement avec 30 larves L_1 de *B. tabaci*. Pour l'une et l'autre des deux populations de *A. swirskii*, l'apport de pollen de maïs semble améliorer la survie du prédateur quand bien même l'effet n'est pas statistiquement significatif. Il découle de tous ces résultats que l'apport du pollen de maïs comme supplément nutritif n'a pas du tout amélioré les performances de *A. swirskii* comme prédateur de *B. tabaci*. Toutefois, il serait prématuré de l'affirmer sans avoir analysé en milieu réel ou tout au moins en milieu semi-réel, l'effet du supplément nutritif sur la population du prédateur. Cette étape est nécessaire car en améliorant la ponte et la survie du prédateur, l'apport du pollen de maïs contribue à coup sûr à une augmentation de la population de *A. swirskii* sur les plants de manioc. Il est à espérer donc que cette augmentation de la population du prédateur (réponse numérique) les obligerait à s'alimenter davantage sur la proie cible qu'est la larve de *B. tabaci*, ce qui serait très

bénéfique pour la lutte biologique tel que prédit par Nomikou et al. (2010).

En attendant ces études complémentaires, il urge de rechercher d'autres ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes ou entomopathogènes) beaucoup plus efficaces contre *B. tabaci* tout en poursuivant les travaux sur la mise au point ou la sélection de variétés de manioc résistantes à la mosaïque.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Institut International d'Agriculture Tropicale pour son soutien financier et matériel à la réalisation de ce travail. Nous témoignons aussi notre gratitude envers Dr. A. Paraiso et deux évaluateurs anonymes pour leurs précieux commentaires et suggestions sur les premières versions du manuscrit. Nos remerciements vont en particulier à Bonaventure Bovis, Richard Houndafoché et Pierre Sovimi pour leur assistance technique.

REFERENCES

- Andrewartha HG, Birch LC. 1954. *The Distribution and Abundance of Animals*. Chicago University Press: Chicago; 782 p.
- Berrie LC, Rybicki EP, Rey MEC. 2001. Complete nucleotide sequence of South African cassava mosaic virus: further evidence for recombination among begomoviruses. *J. Gen. Virol.*, **82**: 53–58.
- Bolckmans K, van Houten Y, Hoogerbrugge H, Belda J, Calvo J, Piron M. 2006. *Amblyseius swirskii* - a new breakthrough in biological control in greenhouses. ABIM, Lucerne, 37 p. (www.abim-luceme.ch).
- Buitenhuis R, Shipp L, Scott-Dupree C. 2009. Intra-guild vs extra-guild prey: effect on predator fitness and preference of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) and *Noeseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). *Bull. Entomol. Res.*, **100**: 167-173.
- Butao M. 2004. Whiteflies on cassava in Malawi: species composition,

- distribution, abundance and the role of Phytoseiid predators in their control. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria, South Africa, 67p.
- Byrne FJ, Castle S, Prabhaker N, Toscano NC. 2003. Biochemical study of resistance to imidacoprid in *Bemisia tabaci* biotype B from Guatemala. *Pest. Manag. Sci.*, **59**: 347–352.
- Chant SR, Bateman JG, Bates DC. 1971. The effect of cassava mosaic virus infection on the metabolism of cassava leaves. *Trop. Agric. Trinidad*, **48**: 263–270.
- Cock JH. 1985. Cassava, new potential for a neglected crop. In *IADS Development-Oriented Literature Series*, Breth SA (ed). Westview Press: Boulder & Lond.; 191p.
- FAOSTAT. 2010. FAO 2009 crop production database. Consultation du site www.faostat.org le 13/10/2010.
- Fernández-Arhex V, Corley JC. 2003. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Sci. Tech.*, **13**: 403–413.
- Fondong VN, Pita JS, Rey MEC de Kochko A, Beachy RN, Fauquet CM. 2000. Evidence of synergism between African cassava mosaic virus and a new double-recombinant geminivirus infecting cassava in Cameroon. *J. Gen. Virol.*, **81**: 287–297.
- Gerling D, Alomar O, Arno J. 2001. Biological control of *B. tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Prot.*, **20**: 779–799.
- Gnanvossou D, Yaninek JS, Hanna R, Dicke M. 2003. Effects of prey mite species on life history of the phytoseiid predators *Typhlodromalus manihoti* and *Typhlodromalus aripo*. *Exp. Appl. Acarol.*, **30**: 265-278.
- Gnanvossou D, Hanna R, Yaninek JS, Toko M. 2005. Comparative life history traits of three neotropical phytoseiid mites maintained on plant-based diets. *Biol. Control*, **35**: 32-39.
- Harrison BD, Robinson DJ. 1999. Natural genomic and antigenic variation in whitefly-transmitted Geminiviruses (Begomoviruses). *Annu. Rev. Phytopathol.*, **37**: 369–398.
- Hilje L. 1996. *Metodologia para et Estudio y Manejo de Moscas Blancas y Geminivirus*, Luko Hilje (ed). Turrialba, C.R. : CATIE; 150 p.
- Lozano JC, Terry ER. 1977. Cassava diseases and their control. In 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Cali, Colombia, 1976. Ottawa, Canada, IDRC ; 156-160.
- Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.*, **93**: 511-518.
- Markham PG, Bedford ID, Liu S, Pinner MS. 1994. The transmission of geminiviruses by *Bemisia tabaci*. *Pestic. Sci.*, **42**: 123–128.
- Messelink GJ, van Maanen R, van Steenpaal EFS, Janssen A. 2008. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biol. Control*, **44**: 372–379.
- Momen FM, Abdel-Khalek A. 2008. Effect of the tomato rust mite *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae) on the development and reproduction of three predatory phytoseiid mites. *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **28**: 53–57.
- Nomikou M. 2003. Combating whiteflies: Predatory mites as a novel weapon. PhD thesis, University of Amsterdam, 156p.
- Nomikou M, Sabelis MW, Janssen A. 2010. Pollen subsidies promote whitefly control through the numerical response of predatory mites. *Biocontrol*, **55**: 253–260.
- Nweke FI, Spencer DSC, Lynam JK. 2002. *The Cassava Transformation: Africa's Best-kept Secret*. Michigan State University Press: Michigan; 273 p.
- Onzo A, Hanna R, Negloh K, Toko M, Sabelis MW. 2005. Biological control of cassava green mite with exotic and indigenous phytoseiid predators – effects

- of intraguild predation and supplementary food. *Biol. Control*, **33**: 143-152.
- Onzo A, Houedokoho AF, Hanna R. 2012. Potential of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* to suppress the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* on the gboma eggplant, *Solanum macrocarpon*. *J. Insect Sci.*, **12**: 7.
- Perring TM. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.*, **20**: 725-737.
- Pervez A, Omkar. 2005. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *J. Insect Sci.*, **5**: 5.
- Poulter N. 1995. *Transformation Alimentaire du Manioc: Cassava Food Processing*. CTA, ORSTOM: France ; 9-13.
- Qiu BL, Ren SX. 2005. Effect of host plants on the development, survivorship and reproduction of *Encarsia bimaculata* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Entomol. Sin.*, **48**: 365-369.
- Ragusa S, Swirskii E. 1977. Feeding habits, post-embryonic and adult survival, mating, virility and fecundity of the predacious mite *Amblyseius swirskii* (Acarina: Phytoseiidae) on some coccids and mealy bugs. *Entomophaga*, **22**: 383-392.
- Ren SX, Wang ZZ, Qiu BL, Xiao Y. 2001. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. *Acta Entomol. Sin.*, **18**: 279-288.
- SAS Institute. 2008. Software version 9.2 (TSMO) Cary, North Carolina, USA.
- Schuster DJ, Stansly PA, Dean DG, Polston JE, Swanson GS. 1993. Progress toward a more sustainable pest management program for tomato. In *Vegetable Crops Special Series*, Vavrina CS (ed). University of Florida, IFAS, Proc. Fla. Tomato Inst: USA; 77-106.
- Silvestre P, Arraudeau M. 1983. *Le Manioc: Techniques Agricoles et Productions Tropicales*. Maisonneuve & Larose: Paris; 262p.
- Thresh JM, Fargette D, Otim-Nape GW. 1994. The viruses and virus diseases of cassava in Africa. *Afr. Crop Sci. J.*, **2**: 459-478.
- Zannou DI, de Moraes GJ, Ueckermann EA, Oliveira AR, Yaninek JS, Hanna R. 2007. Phytoseiid mites of the subtribe Amblyseiina (Acari: Phytoseiidae: Amblyseiini) from sub-Saharan Africa. *Zootaxa*, **1550**: 1-47.
- Zannou DI, Hanna R. 2011. Clarifying the identity of *Amblyseius swirskii* and *Amblyseius rykei* (Acari: Phytoseiidae): are they two distinct species or two populations of one species? *Exp. Appl. Acarol.*, **53**: 339-347.