

Evaluation des performances du parasitoïde *Diadegma insulare* (Cresson) sur les populations de la teigne du chou au laboratoire

[Evaluation of the performance of the parasitoid *Diadegma insulare* (Cresson) on cabbage moth populations in the laboratory]

Babacar Labou¹, Saidou Ba¹, Etienne Tendeng^{1,2}, El Hadji Sérigne Sylla¹, Mamadou Diatte¹, and Karamoko Diarra¹

¹UCAD, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes - L2PIA, Université Cheikh Anta Diop, B.P 5005, Dakar, Senegal

²ISRA, Institut Senegalais de Recherches Agricoles, Centre de Recherches Agricoles de Djibélor, Laboratoire d'Entomologie, B.P 34, Ziguinchor, Senegal

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Recently introduced in Senegal, the parasitoid *Diadegma insulare* (Cresson) quickly acclimatized to the point of occupying the niche of the parasitic procession of the pest *Plutella xylostella* (L.). This study aims to evaluate the performance of the parasitoid *D. insulare* as a biological control agent for the diamondback moth. The work was carried out in the laboratory at a temperature of 25°C and a relative humidity of 60%. Ten females of the parasitoid, after 24 hours of mating upon emergence, were each placed in contact with 100 host caterpillars. The latter were removed from the cages 24 hours later and monitored until emergence, at which point the number of parasitized caterpillars was determined. This experiment was repeated throughout the female's life. The aggressiveness of the females, the parasitism rate, and the influence of the larval stage on parasitism were evaluated. The results showed high aggression in females, which varied significantly with age (93% and 32%). The average parasitism rate was approximately 70%. In 15 days of oviposition, a female *D. insulare* is capable of parasitizing 809/1500 available caterpillars. Females remain active throughout their lives and their life expectancy was negatively correlated with the parasitism rate. They parasitized more L2 stage caterpillars, but their cycle duration was longer (15.9 days). The sex ratio shows a dominance of males. The parasitoid *D. insulare* is a good biological control agent and can be a good alternative in integrated pest management.

KEYWORDS: Brassicaceae, *Plutella xylostella*, parasitism, aggressiveness, larval stage, sex ratio, life cycle.

RESUME: Récemment introduit au Sénégal, le parasitoïde *Diadegma insulare* (Cresson) s'est vite acclimaté au point d'occuper la niche du cortège parasitaire du ravageur *Plutella xylostella* (L.). Cette étude vise à évaluer les performances du parasitoïde *D. insulare*, comme agent de lutte biologique de la teigne du chou. Les travaux ont été réalisés au laboratoire à une température de 25°C et une humidité relative de 60%. Dix femelles du parasitoïde, après 24h d'accouplement dès leur émergence, étaient mises en contact chacune, avec cent chenilles hôtes. Ces dernières, retirées des cages 24h après, sont suivies jusqu'à leur émergence et le nombre de chenilles parasitées est déterminé. Cette expérience est répétée durant toute la vie de la femelle. L'agressivité des femelles, le taux de parasitisme, et l'influence du stade larvaire sur le parasitisme sont évalués. Les résultats ont montré une forte agressivité des femelles qui varie significativement en fonction de l'âge (93% et 32%). Le taux de parasitisme moyen était d'environ 70%. En 15 jours d'oviposition, une femelle de *D. insulare* est capable de parasiter 809/1500 chenilles disponibles. Les femelles restent actives toute leur vie et leur espérance de vie était négativement corrélée au taux de parasitisme. Elles parasitaient plus les chenilles de stade L2, mais la durée de leur cycle y était plus longue (15,9 jours). Le « sex-ratio » montre une dominance des mâles. Le parasitoïde *D. insulare* est un bon agent de lutte biologique et peut représenter une bonne alternative dans la gestion intégrée des ravageurs.

MOTS-CLEFS: Brassicacées, *Plutella xylostella*, parasitisme, agressivité, stade larvaire, sex-ratio, cycle biologique.

1 INTRODUCTION

Au Sénégal, la culture du chou représente une véritable activité lucrative pour les populations et joue un rôle primordial sur la sécurité alimentaire. Cette culture très prisée par les consommateurs, a été facilement adoptée par les producteurs qui souvent s'y retrouvent financièrement. Le chou fait partie des légumes les plus consommés par sa polyvalence à se retrouver dans différents menus et sa présence permanente durant toute l'année avec un cycle de culture relativement court [1].

La teigne du chou, *Plutella xylostella* (L.), Lepidoptera; Plutellidae, est le principal ravageur des cultures de Brassicaceae, notamment le chou dans le monde. Très difficile à contrôler, il a été le premier insecte à développer une résistance aux biopesticides tel que le *Bacillus thuringiensis*, et a montré une résistance à presque tous les insecticides. Il est très envahissant et fait partie des insectes les plus répandus dans le monde par ses performances de migrations. C'est un insecte qui coûte 4 à 5 milliards de dollars par an à l'économie mondiale et son impact environnemental reste inconnu. Au Sénégal, l'ampleur de ces dégâts sur certaines parcelles a entraîné des séries d'abandons de culture par les producteurs.

En 2014, un parasitoïde hyménoptère, *Diadegma insulare* (Cresson); Ichneumonidae, a été enregistré pour la première fois sur les chenilles de la teigne au Sénégal [2]. Ce parasitoïde larvaire est originaire de la zone néotropicale et attaque les chenilles de *P. xylostella* [3], [4], [5]. En Amérique du Nord, *D. insulare* est le principal ennemi naturel de la teigne, avec une efficacité de recherche des chenilles hôtes et qui peut contrôler de manière substantielle les populations de la teigne ([6], [7]).

Récemment introduit en zone tropicale, aucune donnée biologique n'est connue sur ce parasitoïde dans son nouveau milieu. Depuis son introduction, il a réussi à s'imposer dans nos écosystèmes avec une efficacité étonnante sur le contrôle des populations de la teigne. Il a même réussi à concurrencer les autres espèces de parasitoïdes dominantes, tel que *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) et *Apanteles litae* (Nixon), du cortège parasitaire de la teigne au Sénégal. Le succès de son établissement pousse à penser qu'il peut représenter une arme très efficace dans la lutte biologique contre le ravageur *P. xylostella*. Comment a-t-il réussi cette prouesse écologique ? Avec quelle arme s'est fait son acclimatation rarissime ? Pour essayer de répondre à ces différentes questions, nous avons décidé de poursuivre ce sujet au laboratoire. Il était question de tester ses limites biologiques afin de mesurer jusqu'où peut aller ses performances parasitaires.

Cette étude a pour objectifs d'évaluer les performances biologiques du nouveau parasitoïde *D. insulare*, dans une perspective de mise en place d'une stratégie de lutte intégrée appropriée. Il s'agit (i) d'évaluer l'agressivité des femelles sur les chenilles hôtes, (ii) de déterminer leur taux de parasitisme au cours de leur vie, (iii) et d'évaluer l'influence du stade larvaire de l'hôte sur l'efficacité du parasitisme.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ELEVAGE DU PARASITOÏDE ET DE SON HOTE AU LABORATOIRE

L'espèce *D. insulare* est un endo parasitoïde larvaire koïnobionte solitaire. Dès que la femelle repère une chenille à parasiter, elle s'en approche, la saisit et insère son ovipositeur dans le corps de la chenille hôte pour y pondre (fig. 1).

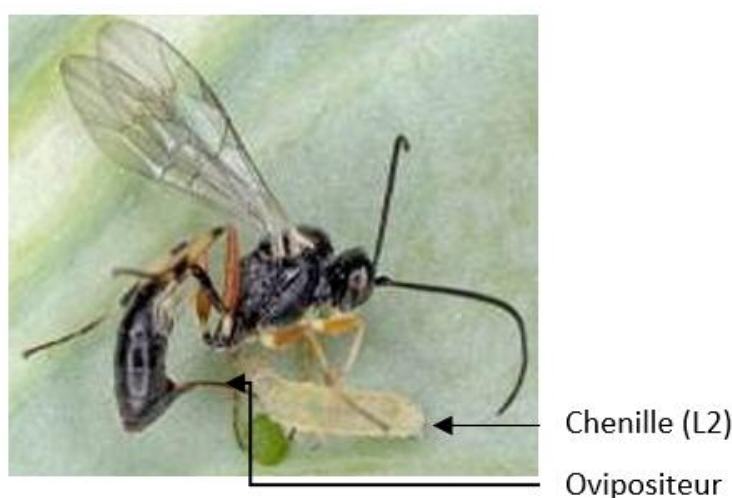


Fig. 1. Femelle de *D. insulare* en oviposition sur une chenille (L2) de *P. xylostella*

Pour réaliser cette étude en laboratoire, nous avons ramené une souche (chenilles) du ravageur *P. xylostella* de la principale zone de production horticole du pays (Niayes). Au laboratoire, il est nécessaire d'avoir une production importante et régulière de choux pour nourrir les populations de chenilles hôtes issues du terrain. Les chenilles parasitées par la femelle du parasitoïde *D. insulare* ont été identifiées après émergence. La population du parasitoïde est mise en élevage avec les chenilles hôtes dans une cage avec un plant pour la nourriture des hôtes. Cette technique a permis de maintenir les populations de parasitoïdes afin de réaliser des essais spécifiques en laboratoire. Les conditions climatiques du laboratoire sont les suivantes: Température: 25°C; HR: 60%; Photopériodisme 12h de lumière/12h de nuit.

2.2 METHODOLOGIE

PROTOCOLE EXPERIMENTAL SUR LA PERFORMANCE DU PARASITOÏDE *D. INSULARE* AU LABORATOIRE

Dès l'émergence, les femelles utilisées pour l'essai sont isolées avec des mâles pendant 24h pour l'accouplement et sont nourries dans les cages d'élevage avec du miel. Le lendemain, 100 chenilles hôtes (tous stades confondus) sont déposées sur un plant de chou afin de simuler l'expérience de terrain pour les femelles du parasitoïde. Le plant infesté par 100 chenilles est ensuite placé dans une cage conçue avec un moustiquaire avec une femelle du parasitoïde pendant 24h. Dix femelles ont subi la même expérience durant toute la durée de leur vie et ont servi de répétitions pour l'étude. Après chaque 24h, les chenilles retirées sont nourries jusqu'à l'éclosion d'un cocon (chenille parasitée) ou d'une nymphe (chenille non parasitée).

Le pourcentage de parasitisme est calculé (**% Parasitisme = nombre de chenilles parasitées/nombre chenilles totales x 100**) pour chaque femelle par chaque 24h jusqu'à sa mort. Les cocons non émergés sont comptabilisés comme chenilles parasitées et les nymphes non émergées comme non parasitées. Les chenilles mortes sont comptabilisées comme non parasitées quand bien même nous savons qu'elles peuvent mourir après plusieurs piqûres des femelles du parasitoïde.

TEST D'AGRESSIVITE DES FEMELLES DE *D. INSULARE* SUR LES CHENILLES DU RAVAGEUR

Le nombre de chenilles parasitées par chaque femelle du parasitoïde durant les premières 24h a été calculé pour toutes les 10 femelles afin de déterminer leur agressivité au moment du premier contact avec les chenilles hôtes. Pour évaluer la durée de cette agressivité, cinq (5) femelles qui ont vécu au minimum une semaine de vie ont été choisies. Le nombre de chenilles parasitées par chacune de ces femelles par 24h durant une semaine nous a permis de calculer la variabilité de l'agressivité des femelles vis-à-vis des chenilles hôtes sur la durée.

CAPACITE DE PONTE DES FEMELLES DE *D. INSULARE* SUR LES CHENILLES HOTES

La capacité de ponte ou de parasitisme des femelles du parasitoïde a été déterminée en évaluant d'abord le nombre de chenilles qu'une femelle était capable de parasiter pour une durée de vie de 15 jours. Pour déterminer le parasitisme total de cinq femelles pendant une semaine, nous avons cumulé le nombre total de chenilles parasitées par les cinq femelles par 24h pendant une semaine. L'analyse de ces données nous permis de déterminer la variabilité de la performance en fonction de l'âge des femelles. La performance de toutes les femelles a été également évaluée en fonction de leur âge ainsi que son impact sur l'espérance de vie des femelles.

INFLUENCE DES STADES LARVAIRES DE LA TEIGNE SUR L'EFFICACITE DES FEMELLES DE *D. INSULARE*

Un nombre de cent (100) chenilles de la teigne *P. xylostella* de stade L2 sont isolées sur un plant de chou dans une cage avec une femelle du parasitoïde fraîchement accouplée durant 24h. Cette expérience est réalisée avec les autres stades (L3 et L4). Pour chaque stade, cinq femelles ont été utilisées durant toute la durée de leur vie pour servir de répétitions à cette expérimentation. Les chenilles récupérées sont nourries en isolement jusqu'à l'éclosion du cocon (chenille parasitée) ou d'une nymphe (chenille non parasitée). A l'issue de l'expérience le nombre de chenilles parasitées par chaque femelle pour chaque stade est calculé afin de déterminer le stade le plus parasité. Ensuite la durée (en jours) du cycle de développement du parasitoïde (œufs + larves + nymphes) est calculé en fonction des stades larvaires ainsi que le sex-ratio pour chaque génération de la progéniture de la femelle.

ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel XLSTAT 2016.02.27444. Les statistiques descriptives nous ont permis d'évaluer le poids des tests réalisés après un contrôle de la normalité et de l'homogénéité des données obtenues. Les comparaisons K proportion avec successivement la méthode « Monte Carlo » pour les simulations et la procédure de « Marascuilo » nous ont permis de déterminer, par des comparaisons deux à deux du Khi^2 la différence d'agressivité de parasitisme des femelles de *D. insulare* en fonction de l'âge. En comparant le taux de parasitisme cumulé des femelles par 24h, nous avons pu évaluer la dynamique du taux de parasitisme cumulé en fonction de l'âge. Pour évaluer l'influence du stade larvaire sur l'efficacité du parasitisme, des tests d'« ANOVA » (Loi normale)

sur le nombre de chenilles parasitées en fonction des stades sont effectués de même que pour déterminer le sex-ratio. Le model (r) de Pearson est utilisé pour tester les corrélations entre le taux de parasitisme et l'espérance de vie des femelles.

3 RESULTATS

3.1 EVALUATION DE L'AGRESSIVITE DES FEMELLES DE *D. INSULARE* SUR LES CHENILLES HOTES

AGRESSIVITE DE DIX (10) FEMELLES AUX PREMIERES 24H APRES ACCOUPLEMENT

L'évaluation du nombre de chenilles parasitées par chacune des 10 femelles du parasitoïde *D. insulare* montre qu'elle peut parasiter en moyenne 70 chenilles hôtes en 24h sur les 100 disponibles (Fig. 2). Ce nombre varie fortement en fonction des femelles avec un nombre maximal de 93 chenilles contre un minimum de 32 sur les 100 disponibles. Les femelles présentent une différence d'agressivité de parasitisme hautement significative au premier contact avec les chenilles hôtes ($\text{Khi}^2= 84,99$; $\text{DDL}= 9$; $P<0,0001$) (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre de chenilles parasitées (/100 chenilles hôtes de tous les stades L2, L3 et L4) par femelle (F=10) de *D. insulare* durant les premières 24 heures

Femelles (10)	Chenilles-Px		Parasitées
	Totales	Non-parasitées	
1	100	8	92a
2	100	15	85a
3	100	9	91a
4	100	7	93a
5	100	36	64ab
6	100	10	90a
7	100	68	32b
8	100	41	59ab
9	100	66	34b
10	100	48	52ab
Moyenne	100	30,8	69,2% (m32/M93)

Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$).

Px=*Plutella xylostella*

AGRESSIVITE DE CINQ (5) FEMELLES PENDANT UNE SEMAINE DE VIE

L'agressivité des femelles parasitoïdes évaluée durant une semaine montre une différence significative entre les femelles âgées de 24h et d'une semaine ($\text{Khi}^2= 24,11$; $\text{DDL}= 4$; $P<0,0001$). De 48h à six jours, toutes les cinq femelles ne présentent aucune différence d'agressivité. Néanmoins, le nombre de chenilles parasités reste très élevé. En effet, l'agressivité des femelles qui étaient faible au début augmente au fur et à mesure qu'elles deviennent matures. Au septième jour, l'agressivité s'affaiblit pour certaines femelles en fonction de l'âge (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre de chenilles parasitées (/100 chenilles hôtes de tous les stades L2, L3, L4) par femelle (F) de *D. insulare* par 24 heures durant 7jours

Age		24h	48h	72h	4-jrs	5-jrs	6-jrs	7-jrs	Total
Femelles (5)	F3	91a	78a	80a	86a	76a	62a	82ab	555a
	F4	93a	77a	66a	70a	76a	77a	68ab	527a
	F5	64a	51a	59a	65a	71a	40a	85a	435b
	F7	32b	43a	60a	63a	84a	61a	75ab	418b
	F8	59ab	47a	70a	88a	92a	73a	59b	488ab
Khi ²		24,11	9,15	1,14	4,52	10,73	11,05	14,66	35,23
P-value		<0,0001	<0,057	<0,887	<0,340	<0,030	<0,026	<0,005	<0,0001

Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$).

h=heure; jrs=jours

3.2 CAPACITE DE PONTE OU TAUX DE PARASITISME DES FEMELLES DE D. INSULARE.

CAPACITE DE PONTE D'UNE FEMELLE (F7) DURANT TOUTE SA VIE (15 JOURS)

La capacité de ponte des femelles du parasitoïde *D. insulare* a été d'abord évaluée sur la femelle (F7) qui a vécu 15 jours de longévité en oviposition (+1jr d'accouplement) (Fig.2).

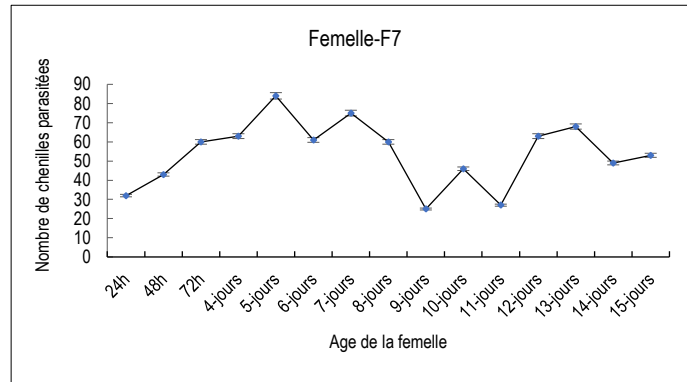


Fig. 2. Pourcentage de parasitisme (/100 par 24h) par la femelle (F7) de *D. insulare* au cours de sa durée de vie (15jours)

La femelle (F7) montre que les femelles de l'espèce *D. insulare* sont en activité de parasitisme durant tout le long de leur vie. Elle n'a pas connu de journée de diapause depuis son émergence jusqu'à sa mort. Pour le taux de parasitisme, elle est capable de parasiter 809/1500 chenilles, sur une durée de 15 jours de vie, soit un pourcentage de 53,9%. Avec un taux de parasitisme faible aux 1ers jours (32%), la femelle ne cesse d'augmenter le nombre de chenilles parasitées par jour pour atteindre un pic de 84 individus parasités au 5ième jour. Comme le montre les femelles au niveau de leur agressivité, son taux de parasitisme chute encore après une semaine d'activité pour revenir presque à la valeur initiale de départ (25% au 9ième jour). Après cette chute, elle augmente encore une fois ses performances de parasitisme (68% au 13ième jour) pour garder un taux de parasitisme sensiblement égale à la moyenne (53%) le jour de sa mort.

TAUX DE PARASITISME CUMULE DE (CINQ) FEMELLES DE D. INSULARE PAR (24H) DURANT UNE SEMAINE

Pour les cinq (5) femelles âgées de 7 jours d'oviposition ou plus, leur taux de parasitisme cumulé par 24h est évalué durant une semaine (7jours) (Fig. 3).

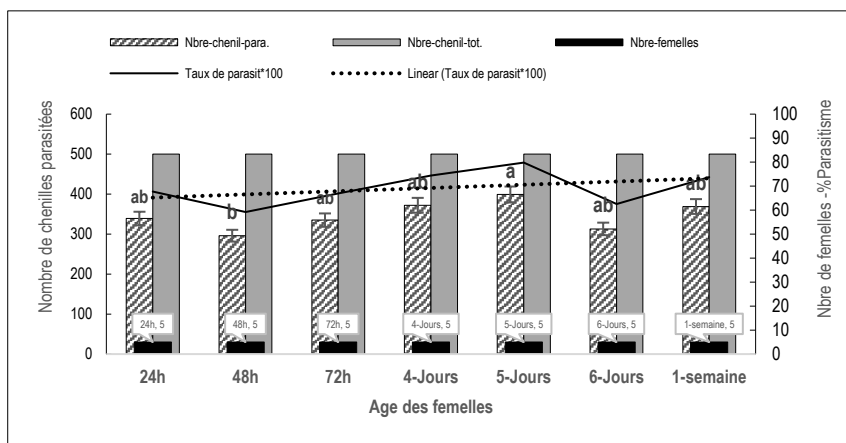


Fig. 3. Pourcentage de parasitisme (/500 par 24h) par cinq (5) femelles de *D. insulare* durant une (1) semaine (7jours) Nbre=nombre, chenil=chenille, tot= total, para= parasitée; « Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$) »

Un nombre moyen de 346/500 chenilles est parasité par les cinq femelles par 24h, soit un pourcentage de parasitisme de 69,2%. Ce taux est très variable entre le 2ième et le 5ième jour, avec une différence très significative ($K_{hi}^2 = 26,19$; DDL= 6; $P < 0,001$). En effet, elle varie respectivement de 296 à 399 chenilles parasitées par jour (Fig. 2). Le taux de parasitisme cumulé montre qu'ensemble les femelles sont plus efficaces au 5ième jour. En plus, prises individuellement, aucune femelle ne présente un taux de parasitisme en deçà de 71% au 5ième jour. Ce dernier représente l'âge du pic de parasitisme des femelles de l'espèce.

TAUX DE PARASITISME CUMULE DE DIX FEMELLES PAR (24H) SUIVANT LEUR LONGEVITE

La longévité des femelles est très variable. Sauf d'effets de laboratoire de notre part, la durée de vie des femelles est comprise entre 2 et 15 jours (+1jour d'accouplement), soit 6,8 jours en moyenne. Nous avons voulu, respecter toutes les éventualités qui peuvent arriver dans la nature de façon à exploiter tous les résultats probables à obtenir. En effet, le taux de parasitisme de chaque femelle est calculé quel que soit sa longévité. Le pourcentage de parasitisme des dix femelles en fonction de leur longévité est compris entre 45,7 et 81,5% au laboratoire (Tableau 3).

Tableau 3. Pourcentage de parasitisme des dix (10) femelles durant leur durée de vie

Femelles	Durée de vie des femelles (+1j)	Chenilles hôtes		Parasitisme (%)
		Disponibles	Parasitées	
1	2	200	153	76.5
2	2	200	163	81.5
3	7	700	555	79.3
4	7	700	527	75.3
5	7	700	435	62.1
6	2	200	147	73.5
7	15	1 500	809	53.9
8	7	700	488	69.7
9	3	300	137	45.7
10	6	600	389	64.8
Moyenne	6,8	580	380,3	68,4

Cette variation du parasitisme des femelles est liée à la précocité de leur agressivité et à leur âge. Autrement dit, il semble avoir un lien entre la performance de parasitisme des femelles et leur longévité. En effet, il existe une corrélation négative entre le nombre d'œufs pondus (taux de parasitisme) et la durée de vie de la femelle ($r = -0,127$; $P < 0,0001$). Le pourcentage de parasitisme le plus élevé, 81,5%, provient d'une femelle (F2) ayant vécu 2 jours en oviposition (+1j) et le plus faible 53,9%, d'une femelle (F7) ayant vécu 15 jours (+1j), alors qu'au 2^{ème} jour de parasitisme son pourcentage était de 37,5%. Les femelles qui pondent beaucoup trop d'œufs dès les 1ers jours ne vivent pas longtemps. (Fig. 4)

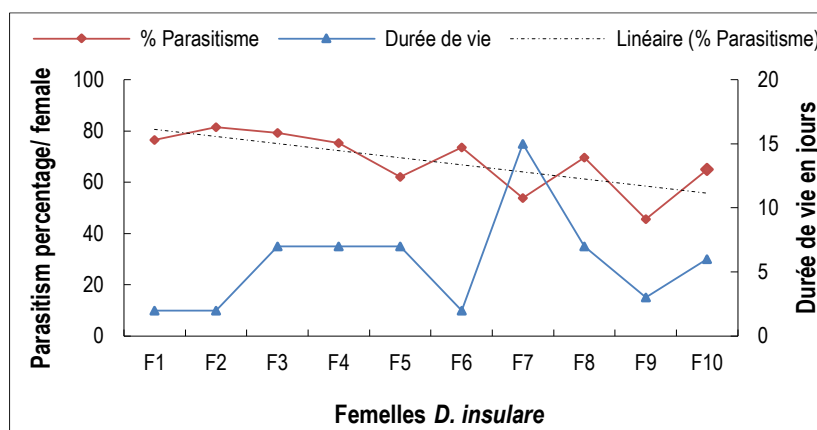


Fig. 4. Corrélation négative entre le pourcentage de parasitisme et la durée de vie de la femelle

3.3 INFLUENCE DU STADE LARVAIRE DE L'HOTE SUR L'EFFICACITE DES FEMELLES DU PARASITOÏDE D. INSULARE

Le stade larvaire influe significativement sur le taux de parasitisme des femelles. Ces dernières parasitent plus le stade L2, comparé aux deux autres stades L3 et L4 ($F = 15,155$; $ddl = 2$; $P < 0,0001$). Le stade L2 est plus parasité avec 64,6%, suivi du stade L3 avec 52% et enfin le stade L4 avec 48,2%. Cependant les stades L3 et L4 ne sont pas significativement différents vis-à-vis des femelles pour la ponte ($P < 0,223$) (Tableau 4).

Tableau 4. Influence du stade larvaire (L2, L3, L4) sur le pourcentage de parasitisme, la durée du cycle de développement et du sex-ratio du parasitoïde *D. insulare*

Stade larvaire	%Parasitisme	Durée-cycle-biologique en jours			Nombre de générations par an	Sex-ratio en %	
		Ponte à cocon	Cocon à émergence	Cycle-développement		Femelles	Mâles
L2	64,6a	7,0	8,6	15,9	22,9	27,5	72,5
L3	52b	4,4	8,6	13,0	28	43,4	56,6
L4	48,2b	2,4	9,8	12,2	29,9	44,0	56,0

%= percentage; Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$).

La durée du cycle de développement de l'espèce *D. insulare* dépend du stade larvaire parasité. Elle est de 15,9 jours en moyenne lorsque les chenilles sont parasitées au stade L2, de 13 jours au stade L3 et de 12,2 jours au stade L4. La durée du « stade larvaire » du parasitoïde diminue avec la maturité des chenilles hôtes. Par contre, la durée du cocon à l'émergence augmente avec la maturité des chenilles parasitées. La durée du cycle de développement du parasitoïde est plus courte avec les chenilles parasitées au stade L4. Par conséquent, il y a plus de générations du parasitoïde avec le même stade L4, suivi du stade L3 et enfin le stade L2. Le sex-ratio est dominé par les mâles quel que soit le stade larvaire parasité. Cependant, il est plus important avec le stade L2.

4 DISCUSSION

L'espèce *D. insulare*, n'a été enregistrée au Sénégal qu'en 2014 [2] et n'a jamais été répertoriée sur le continent africain avant. Elle a rarement été signalée dans les zones tropicales, à l'exception des îles comme la Réunion, Cuba, la Jamaïque, Hawaï, où la température est plus fraîche et dans les Hautes Terres de certains pays d'Amérique du Sud comme le Venezuela et la Colombie [5]. Le parasitoïde *D. insulare* est un endoparasitoïde solitaire qui parasite les chenilles du ravageur *P. xylostella* (L.). Cependant, cette espèce peut s'attaquer aux chenilles de *Photorimaea operculata* (Zeller), Lepidoptera: Gelechiidae, ravageur de la pomme de terre [8]. Présent au Sénégal, ce ravageur peut être un hôte de substitution en cas d'absence momentanée de *P. xylostella*. Parasitoïde solitaire (une chenille hôte ne supporte qu'une larve du parasitoïde), son nombre de générations par an correspond au moins au nombre de générations de son hôte. En général, les femelles adultes de *Diadegma* parasitent les chenilles de diverses espèces de lépidoptères [9].

Dans cette étude au laboratoire, les tests d'agressivité des femelles sont très révélateurs sur l'efficacité du parasitoïde dans le contrôle des chenilles de la teigne du chou sur le terrain. En effet, une femelle est capable de parasiter 93/100 chenilles disponibles aux 1ères 24h. Cette agressivité varie aux 1er et 7ième jours. Elle reste homogène dans cet intervalle pour atteindre son pic au 5ième jour. Toutes les femelles testées connaissent une forte efficacité au 5ième jour soit un minimum de 71 chenilles parasitées sur 100 disponibles. Ces résultats sont proches de ceux de la référence [10], où ils atteignent 70%.

En observation sur le terrain, les femelles semblent être plus agressives dans la recherche de chenilles hôtes en comparaison avec leur comportement au laboratoire. Néanmoins, les femelles de *D. insulare* montrent une patience étonnante pour les chenilles hôtes en suspension sur leur fil de soi. En effet, pour échapper aux femelles parasites, la chenille hôte secrète un filament de soie et s'y suspend à l'approche du parasitoïde. Cette technique reste très efficace pour les chenilles du ravageur car l'attaque de la femelle entraîne leur chute à tous les deux annulant le succès de la tentative. En revanche, la longue attente de la femelle du parasitoïde au côté de la chenille hôte en suspension finie le plus souvent par une saisie quand celle-ci remonte à nouveau. Parfois, il peut descendre le long du fil jusqu'à la chenille suspendue et tenter de la parasiter [6]. La variabilité de l'agressivité observée dans cette étude est liée plus ou moins à ce phénomène. Cette attente parfois très longue (temps record de 5mn) diminue le nombre de chenilles à parasiter en 24h, d'où les faibles taux observés parfois pour quelques femelles. La proximité des femelles parasites avec leur hôte peut leur être défavorable car contrairement à ce qu'on peut penser, cette étroite proximité alerte les chenilles hôtes qui se suspendent immédiatement à leur filament de soie à la moindre vibration des feuilles de chou dans la cage. D'ailleurs certaines femelles peuvent être parfois piégées par ces mêmes filaments de soie freinant ainsi leur dynamique d'efficacité.

Au cours de sa vie à une température de 25°C, une femelle peut parasiter jusqu'à 809 chenilles hôtes du ravageur *P. xylostella*. Ce nombre est le même que celui obtenu par la référence [11] avec 814 œufs. Nos résultats sont conformes à l'étude de la référence [12]. Le pourcentage de parasitisme est inversement proportionnel à la durée de vie des femelles de *D. insulare*. Environ 80% des chenilles de la teigne sont parasitées par les femelles ayant 2 jours (+1j d'accouplement) de vie et seulement 54% par celles qui ont 15 jours (+1j) de vie. On peut émettre l'hypothèse que *D. insulare* est une espèce proovogène, c'est-à-dire que les femelles ont la totalité de leurs œufs à la naissance et peuvent pondre immédiatement ou dans un court laps de temps [13]. Cette capacité autorise une régulation des pics de développement du ravageur. Cette hypothèse doit être confirmée en laboratoire par des dissections de femelles nouvellement émergées. Cependant le nombre de chenilles de la teigne qu'une femelle de *D. insulare* est capable de parasiter varie en fonction de la source de nourriture. Les adultes ont besoin d'une source de nectar continue pour leur survie et leur longévité et ils préfèrent les habitats avec des sources de nourriture abondantes; de tels habitats semblent augmenter la fécondité et la longévité de *D. insulare* [14], [15]. La

survie, le parasitisme et le temps de développement de *D. insulare* varient considérablement entre les génotypes de plantes utilisés par son hôte *P. xylostella* ([16]. Ses performances augmentent lorsque les chenilles hôtes se nourrissent de plantes riches en azote ([17]. Par exemple, les populations de *D. insulare* sur le terrain sont souvent regroupées, avec des distributions en corrélation avec leurs populations d'hôtes herbivores et les plantes hôtes ayant une teneur élevée en soufre ([18], [19], [7]. Ce phénomène est confirmé par le pourcentage de parasitisme de *D. insulare* qui est plus élevé et son temps de développement plus court sur les brassicacées cultivées que sur les espèces sauvages [12]. Il apparaît donc clairement que la plante hôte joue un rôle important dans l'écologie et la biologie de *D. insulare*. Les résultats obtenus sur la durée de vie des femelles montrent une importante variabilité de 2 à 15 jours (+1j d'accouplement) avec une moyenne de 6,8 jours. Ce chiffre est proche de ceux obtenus par la référence [10] qui est de 6,7 jours. Cette faible différence s'expliquerait par l'origine de la source d'alimentation des femelles dont dépend leur longévité [17]. Lors de nos essais en laboratoire, les femelles ont été nourries avec du miel. Selon la référence [20], la durée de vie des adultes parasitoïdes dépend aussi de la température. A une température de 25°C, les mâles meurent plus que les femelles, même si à basse température, les mâles et les femelles ont la même durée de vie [10].

Le parasitisme est plus élevé chez les chenilles L2. Elles constituent des proies faciles pour les femelles de *D. insulare*. Leur taille plus courte permet aux femelles parasitoïdes de mieux les surmonter pour pondre avec succès. Nos résultats montrent que la durée du cycle de développement de *D. insulare* dépend des stades larvaires. Le stade L2 donne une descendance dont la durée du cycle biologique est de 15,9 jours contre 13 jours lorsque les chenilles de l'hôte sont parasitées au stade L3 et de 12,2 jours au stade L4. *D. insulare* est un parasitoïde koinobionte. Ses stades immatures progressent dans les chenilles de l'hôte qui poursuivent leur développement jusqu'à l'émergence de la larve parasitoïde. Ce phénomène permet d'expliquer la différence de durée du cycle biologique des parasitoïdes lorsque les stades larvaires parasités sont différents. Dans notre étude, le nombre théorique de générations de *D. insulare* par an varie de 22,9 à 29,9 jours respectivement pour les stades L2 et L4, le stade L3 enregistre 28 générations par an.

5 CONCLUSION

Ces résultats montrent que *D. insulare* peut constituer une réelle alternative à l'utilisation de pesticides dans la culture de brassicacées. En plus, les produits chimiques ont un impact plus important sur les populations de parasitoïdes que sur les populations de ravageurs. La pro ovogénie de *D. insulare* est favorable pour contrôler les populations de ravageurs. Actuellement, lors de nos prospections dans les parcelles de choux, nous observons de moins en moins de dégâts dus aux chenilles de la teigne et de plus en plus d'adultes du parasitoïde *D. insulare*, qui semble pulluler dans les cultures de choux (Gorom 1&2 et Mboro) et dans les cultures de navets (lac rose) [21]. Aujourd'hui dans les Niayes du Sénégal, la dynamique des saisons liée aux changements climatiques a permis un réel établissement des populations de *D. insulare* autour de la région de Dakar. L'établissement de cette nouvelle espèce dans nos agroécosystèmes est à l'origine des réelles perspectives de contrôle de la teigne du chou. Les prospections sur les cultures de choux à Gorom et à lac rose (localité de capture régulière), se poursuivront ainsi que les travaux sur la dynamique des populations et l'élevage afin de comprendre son cycle biologique sur plusieurs années. De plus, des prospections dans des zones plus éloignées de Dakar seront réalisées pour vérifier l'établissement et la dissémination de *D. insulare* au Sénégal.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr. Dominique Bordat, entomologiste, pour son aide dans la relecture de ce manuscrit. Pascal Rousse pour l'identification de l'espèce *D. insulare*, Gérard Delvare, pour la confirmation de l'identification des insectes étudiés dans cet article. Merci aux étudiants du Master GeDAH qui ont participé, lors de leur stage de fin d'études, à la collecte de la plupart des spécimens de ce travail.

REFERENCES

- [1] B. Labou, D. Bordat, A. Niang and K. Diarra, «First Record of the Larval Parasitoid *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae) from Senegal,» *African Entomology*, vol. 24, pp. 533–535, 2016.
- [2] B. Labou, D. Bordat, T. Brévault and K. Diarra, «Importance de la »Teigne du chou« dans les Niayes au Sénégal: interrelations avec la température et les cultivars utilisés,» *International Journal and Biological Chemical Sciences*, vol. 10, pp. 706–721, 2016.
- [3] A. A. Azidah, M. G. Fitton and D. L. J. Quicke, «Identification of the *Diadegma* species (Hymenoptera: Ichneumonidae, Campopleginae) attacking the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae),» *Bulletin of Entomology Research*, vol. 90, pp. 375–389, 2000.
- [4] B. Wagener, A. Reineke, B. Löhr and C. P. W. Zebitz, «A PCR-based approach to distinguish important *Diadegma* species (Hymenoptera: Ichneumonidae) associated with diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae),» *Bulletin of Entomology Research*, vol. 94, pp. 465–471, 2004.
- [5] P. Rousse and C. Villemant, «Ichneumons in Reunion Island: a catalogue of the local Ichneumonidae (Hymenoptera) species, including 15 new taxa and a key to species,» *Zootaxa*, vol. 3278, 1–57, 2012.

- [6] R. M. Sarfraz, A. B. Keddie and L. M. Dossall, «Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review,» *Biocontrol Sciences and Technology*, vol. 15, no. 8, pp. 703-789, 2005.
- [7] L. M. Dossall, J. J. Soroka and O. Olfert, «The diamondbackmoth in canola and mustard: Current pest status and future prospects,» *Prairie Soils and Crops Journal*, vol. 4, pp. 66-76, 2011.
- [8] A. B. Idris and E. J. Grafius, «Evidence of *Diadegma insulare* (Cresson), a parasitoid of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), present in various habitats,» *Pakistan Journal Biological Sciences*, vol. 1, pp. 742-743, 2001.
- [9] B. Wagener, A. Reineke, B. Löhr and C. P. W. Zebitz, «Phylogenetic study of *Diadegma* species (Hymenoptera: Ichneumonidae) inferred from analysis of mitochondrial and nuclear DNA sequences,» *Biological Control*, vol. 37, pp. 131-140, 2006.
- [10] R. G. Monnerat, A. A. Kirk and D. Bordat, «Biology of *Diadegma mollipla* (Hölmgren), Hymenoptera: Ichneumonidae, a parasitoid of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), from Reunion Island,» *Neotropical Entomological*, vol. 31, pp. 271-274, 2002.
- [11] S. Munir, L. Dossall and J. O'Donovan, «Evolutionary Ecology of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) and *Diadegma insulare* (Cresson) in North America,» *Annual Research & Review in Biology*, vol. 5, no. 3, pp. 189-206, 2015.
- [12] R. M. Sarfraz, A. B. Keddie and L. M. Dossall, «Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. A review. *Biocontrol Sciences and Technology*, vol. 15, pp. 763-789, 2007.
- [13] G. Sow, L. Arvanitakis, S. Niassy, K. Diarra and D. Bordat, «Life history traits of *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov), Hymenoptera: Eulophidae, a parasitoid of the diamondback moth,» *African Entomology*, vol. 21, no 2, pp. 231-238, 2013.
- [14] A. B. Idris and E.J. Grafius, «Alternate Host of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae): A Preliminary Search,» *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 4, no. 10, pp. 1235-1239, 2001.
- [15] J. C. Lee and G. E. Heimpel, «Floral resources impact longevity and oviposition rate of a parasitoid in the field,» *Journal of Animal Ecology*, vol. 77, pp. 565-572, 2008.
- [16] R. M Sarfraz, L. M. Dossall and A. B. Keddie, «Host plant genotype of the herbivore *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) affects the performance of its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae),» *Biological Control*, vol. 44, pp. 42-51, 2008.
- [17] R. M. Sarfraz and A. B. Keddie, «Host plant nutritional quality affects the performance of the parasitoid *Diadegma insulare*.» *Biological control*, vol. 51, no. 1, pp. 34-41, 2009.
- [18] B. J. Ulmer, L. M. Dossall and G. A. P. Gibson, «Spatio-temporal distribution patterns of the diamondback moth and its principal parasitoid *Diadegma insulare*, in canola crops and the occurrence of hyperparasitism,» *Brassica*, vol. 6, pp. 63-69, 2004.
- [19] R. M. Sarfraz, L. M. Dossall and A. B. Keddie, «Performance of the specialist herbivore *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Brassicaceae and non-Brassicaceae species,» *Canadien Entomologist*, vol. 142, pp. 24-35, 2010.
- [20] M. H Bahar, J. J. Soroka and L. M. Dossall, - Constant versus fluctuating temperatures in the interactions between *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*, vol. 41, pp. 1653-1661, 2012.
- [21] B. Labou, E. Tendeng, M. Diatte, E. S. Sylla and K. Diarra, «The cabbage »Borer« *Hellula undalis* (F.) (Lepidoptera, Pyralidae); a bio-indicator of climate change and sensitive cultivars in the »Niayes« in Senegal» *International Journal and Biological Chemical Sciences*, vol. 18, no. 5, pp. 1768-1780, 2024.