

## Evaluation de l'efficacité biologique des biopesticides sur le contrôle de vers gris (*Agrotis ipsilon*) dans les exploitations maraichères de Lubumbashi en République Démocratique du Congo

Frédéric Byamungu Barhasima\*<sup>1</sup>, Jonas Lwamuguma Bagaluza<sup>2</sup>, Mick Assani Bin Lukangila<sup>3</sup>, Franco Muamba Kalenda Bwandamuka<sup>4</sup>, Marcellin Cuma Cokola<sup>5</sup>

<sup>(1)</sup>Université de Lubumbashi. Faculté des Sciences Agronomiques. Unité de Recherche en Économie et Développement Agricoles. PO Box 1825 Lubumbashi (RDC). E-mail : [fredbarhasima@gmail.com](mailto:fredbarhasima@gmail.com)

<sup>(2)</sup>Université de Lubumbashi. Faculté des Sciences Agronomiques. Unité de Recherche en Biogéochimie et écologie des sols et des écosystèmes tropicaux. PO Box 1825 Lubumbashi (RDC).

<sup>(3)</sup>Université de Lubumbashi. Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Phytotechnie. PO Box 1825 Lubumbashi (RDC).

<sup>(4)</sup>Université de Lubumbashi. Faculté des Sciences Agronomiques. Unité de Recherche Evaluation des terres et Agro-météorologie. PO Box 1825 Lubumbashi (RDC).

<sup>(5)</sup>Université Evangélique en Afrique. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnementales. Département de Phytotechnie (RDC)

Reçu le 01 juillet 2023, accepté le 10 octobre 2023, publié en ligne le 30 septembre 2023

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v6i4.1>

### RESUME

**Description du sujet.** Le vers gris (*Agrotis ipsilon*) est l'un des ravageurs redoutables en cultures maraichères dans les régions tropicales. À Lubumbashi, il s'attaque au chou de Chine (*Brassica rapa* var. *Chinensis*) et est responsable d'énormes pertes des récoltes allant de 25 à 50 %.

**Objectif.** L'étude vise à contribuer à l'amélioration de la production maraichère à travers l'utilisation des biopesticides pour le contrôle d'*A. ipsilon* dans les exploitations maraichères.

**Méthodes.** Un bloc complètement randomisé avec avec quatre applications et cinq traitements répétés quatre fois (Témoin (T, non traité), *Tithonia diversifolia* (TD) (extrait aqueux), *Tephrosia vogelii* (TV), *Capsicum pubescens* (CP) et *Beauveria bassiana* (BB) (spores)). Des pièges à phéromones composés de septums en caoutchouc appâtés ont été utilisés pour capturer les *A. ipsilon*.

**Résultats.** L'application des biopesticides n'a pas influencé les paramètres de croissance du chou, en revanche des différences très hautement significatives ont été observées sur le rendement de chou de Chine. L'intensité d'attaque des bioagresseurs (vers gris) dépend de l'âge de la culture dans le traitement témoin et inversement cette attaque diminue avec l'apport des biopesticides, respectivement de *T. vogelii* et de *C. pubescens*. La sévérité (gravité) de l'attaque au niveau de feuilles et l'incidence (influence) de l'attaque des plants sont faiblement observées dans *T. vogelii* et *B. bassiana*. Une forte corrélation et positive existe entre la présence de vers gris et les plants morts, de tâches nécrotiques et de feuilles détruites ( $r=92\%$ ,  $85\%$  et  $80\%$ ). La perforation des feuilles, la chlorose et les feuilles enroulées sont positivement corrélées à l'attaque des vers gris ( $r=71\%$ ,  $54\%$  et  $42\%$ ).

**Conclusion.** La surveillance a permis qu'un nombre abondant de vers gris soient capturés dans les parcelles de *T. vogelii* et *C. pubescens*, mais seul *T. vogelii* a eu un rendement très élevé que le témoin. L'évaluation des performances économiques des biopesticides s'avère nécessaire afin de disposer d'un référentiel technico-économique solide avant la diffusion de cette technologie auprès des producteurs.

**Mots-clés :** Efficacité, biopesticides, *Agrotis ipsilon*, chou de Chine, Lubumbashi.

### ABSTRACT

**Efficacy evaluation of biopesticides against Black cutworm (*Agrotis ipsilon*) in vegetable farms in Lubumbashi, Democratic Republic of Congo**

**Description of the subject.** Black cutworms (*Agrotis ipsilon*) are a major pest for vegetable crops in tropics. In Lubumbashi, they attack Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *Chinensis*) and cause huge crop losses, ranging from 25 to 50%.

**Objective.** This study aims to contribute to the improvement of vegetable crop production through the use of biopesticides to control *A. ipsilon* in farms.

**Methods.** A completely randomized block with four applications and five treatments repeated four times: Control (T, untreated), *Tithonia diversifolia* (TD) (aqueous extracts), *Tephrosia vogelii* (TV), *Capsicum pubescens* (CP) and *Beauveria bassiana* (BB) (spores). Pheromone traps consisting of baited rubber septa were used to capture cutworms.

**Results.** This study reveals that biopesticides application did not influence growth parameters in cabbage, although highly significant differences were observed for the yield. The intensity of cutworms attacks depended on the age of the crop in the control group, and decreased with the application of biopesticides (*T. vogelii* and *C. pubescens* respectively). The severity of attacks on leaves and their incidence on plants were weakly observed in *T. vogelii* and *B. bassiana*. There was a strong positive correlation between the presence of cutworms and dead plants, necrotic spots and destroyed leaves ( $r= 92 \%$ ,  $85 \%$  and  $80 \%$ ). Leaf perforation, chlorosis and rolled leaves were positively correlated with cutworm attacks ( $r= 71 \%$ ,  $54 \%$  and  $42 \%$ ).

**Conclusion.** A higher number of cutworms were caught in the *T. vogelii* and *C. pubescens* plots, but only *T. vogelii* had a higher yield than the control. Evaluation of the economic performance is necessary in order to provide a sound technical and economic reference for biopesticides, prior to stepping up their dissemination to among farmers.

**Keywords:** Efficacy, biopesticides, *Agrotis ipsilon*, Chinese cabbage, Lubumbashi.

## 1. INTRODUCTION

Plusieurs ménages à Lubumbashi ont adopté diverses stratégies pour faire face à la crise socioéconomique déjà existante. Ainsi, l'agriculture urbaine dans la ville de Lubumbashi est devenue un secteur stratégique indispensable en termes d'approvisionnement des marchés en légumes frais (Petit & Kakoma, 2001), d'emplois (Nkuku & Rémon, 2006) et de valorisation des biodéchets (Useni *et al.*, 2014). Cependant, cette agriculture est confrontée au manque de cadre juridique et organisationnel (Kesonga, 2017), à la pression foncière due à l'urbanisation accélérée (Kasanda *et al.*, 2015), à la pauvreté des sols (Kasongo *et al.*, 2013), et à la contamination des légumes par les métaux lourds via des eaux d'arrosage polluées (Mpundu *et al.*, 2013 ; Kashimbo, 2016), à la perte de rendements à cause des maladies et ravageurs des cultures (Balasha & Kesonga, 2019) ou encore à de mauvaises pratiques culturales (Ntumba *et al.*, 2015 ; Balasha, 2017).

A Lubumbashi, le chou de Chine (*Brassica chinensis* L.) est l'une des principales cultures produites intensivement en monoculture pendant la période de pointe des activités maraîchères (mars à septembre). Cette monotonie culturelle couplée aux conditions climatiques favorable aux bioagresseurs constituent une des causes principales de la recrudescence des maladies et surtout de la propagation des ravageurs de culture comme *Plutella xylostella* (Linné, 1758), *Agrotis Ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Brevicoryne brassicae* (Linné, 1758), *Hellula undalis* (Frabricius, 1781) qui entraînent des dommages qualitatifs (*e.g.* esthétiques, gustatifs) et quantitatifs (*e.g.* chute de rendement) (Oerke, 2006).

Parmi les ravageurs recensés, le vers gris (*A. ipsilon*) a été reconnu comme le plus redoutable dans les exploitations de chou de Chine (Service National de l'Horticulture Urbaine et Périurbaine, 2008 ; Balasha & Kesonga, 2019). Il est considéré, pendant

son développement larvaire, comme la plus destructrice de toutes les espèces de noctuides s'attaquant aux légumes (Potter, 1998). Afin de protéger les cultures, les maraîchers ont souvent recouru aux produits phytosanitaires, qui, par leur facilité d'utilisation, leur efficacité et action immédiate sur les ravageurs sont très attractifs (Katinka & Srinivasan, 2009). Néanmoins, en dehors de leurs effets bénéfiques, il a déjà été prouvé que l'usage des produits phytosanitaires en agriculture présente des risques, notamment de résistance des cibles, d'intoxication de l'homme et d'atteinte à la biodiversité (Schiffers, 2011 ; Agboyi *et al.*, 2016 ; FAO, 2020). En plus d'avoir un effet mortel direct sur les ravageurs cibles exposés à des doses létales de produits phytosanitaires (Cutler *et al.*, 2006) ; certains insectes bénéfiques comme les pollinisateurs sont également ciblés par ces produits généralistes (Haynes, 1988 ; Rehan & Freed, 2015).

En 2008, des résultats éloquentes étaient assortis de l'encadrement des maraîchers par le Service National d'Horticulture urbaine et périurbaine sur la protection des cultures en s'appuyant sur toute une gamme de techniques de lutte intégrée. Ces techniques comprenaient la culture intercalaire, la rotation des cultures, le ramassage des insectes nuisibles, le désherbage, l'application de biopesticides et d'insecticides (Lambda-cyhalothrine et Diclorvos).

Au regard de limites et de dangers que présentent les produits phytosanitaires, l'usage d'extraits botaniques et de biopesticides constitue une alternative intéressante aux pesticides de synthèse pour les agriculteurs (FAO, 2020 ; Sane, 2021) afin d'assurer une agriculture saine et respectueuse de l'environnement (Amoatey & Acquah, 2010).

En RD Congo, les maraîchers se sont avérés susceptibles d'être exposés 36 fois (0,022700667 mg/kg/jour) à la Lambda-cyhalothrine par rapport au

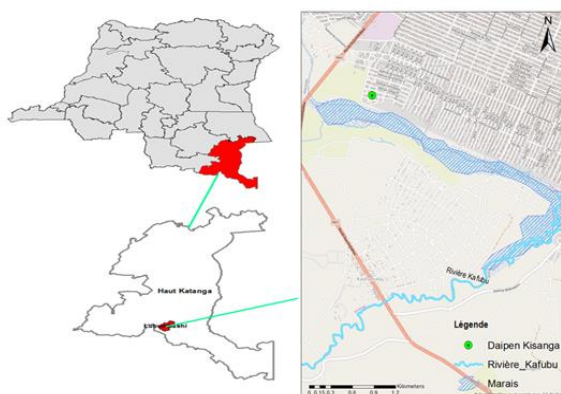
niveau d'exposition acceptable de l'opérateur (AOEL:0.00063 mg/kg/jour) établi par Agritox pour l'Union européenne (Balasha, 2017). Selon Mutshaila (2014), la situation a été exacerbée par le manque d'équipement de pulvérisation inadéquat et l'application de pesticides dans de mauvaises conditions météorologiques (vents forts ou température élevée, faible humidité). Au cours de la dernière décennie, un vaste projet d'horticulture urbaine et périurbaine a promu quelques techniques de lutte intégrée contre les parasites pour minimiser l'utilisation d'intrants chimiques par les agriculteurs, mais son adoption a été faible (Service National de l'Horticulture Urbaine et Périurbaine, 2008 ; Kulimushi *et al.*, 2017).

Cette étude a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la production maraîchère à travers l'utilisation des biopesticides sur le contrôle d'*A. ipsilon* dans les exploitations maraîchères de Lubumbashi, au Sud- Est de la République Démocratique du Congo. Les résultats de ce travail peuvent servir à la production des légumes sains et à la promotion de l'usage des biopesticides en agriculture urbaine à Lubumbashi.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

L'Expérimentation a été réalisée dans le milieu périurbain de la ville de Lubumbashi, plus précisément dans le Domaine agro-industriel présidentiel de la N'sele (DAIPN) à Kisanga, l'un de plus grands sites maraîchers de la région. Ce site est géographiquement localisé dans la commune annexe, situé à 11°43'007'' de latitude Sud, 27°25'66'' de longitude Est et à 1207 m d'altitude.



**Figure 1.** Carte du milieu d'étude (site maraîcher DAIPN Kisanga)

Quant aux conditions climatiques, la température moyenne annuelle à Lubumbashi est de 20 °C, avec des minima de 8 °C et des maxima de 32 °C. La saison de pluies dure 118 jours, allant de novembre à mars avec 1270 mm. Le maraîchage rentable se pratique pendant la saison sèche (avril-septembre), période caractérisée par de basses températures qui

permettent le développement de chou de Chine. Les sols sont caractérisés par une texture grossière argilo-sablonneuse et sont pauvres en matières organiques (Kasongo *et al.*, 2013). Ils sont contaminés par des métaux lourds, et l'usage des amendements organiques est vivement recommandé (Mpundu *et al.*, 2013 ; Kesonga, 2017).

### 2.2. Matériel

#### Matériel végétal

La variété de chou de Chine Michihili ou Granaat de *Brassica rapa ssp. chinensis* (L.) a servi de matériel végétal.

#### Biopesticides

Il s'agit des biopesticides à base de plantes à propriétés pesticides (feuilles de *T. diversifolia*, de *T. vogelii* et les fruits de *C. pubescens*) et le champignon de *B. bassiana* qui ont été utilisés et évalués au cours de l'expérimentation.

#### Sol

Le sol était limoneux (sable 44 %, 30 % limon et 26 % d'argile), brun noirâtre foncé. Les analyses chimiques réalisées en 2020 sur le pH eau, la matière organique, le carbone organique, l'azote total, le phosphore disponible et la capacité d'échange cationique ont donné respectivement les résultats suivants : 7.6, 7.14-5, 9 %, 1,42 %, 0.041-0.035 ppm, 12.3 ppm et 5.63 Cmol (+) kg<sup>-1</sup>. Enfin, les besoins en eau pour la culture de chou de Chine sont faibles en début de croissance et relativement élevés par la suite. Durant les deux premières semaines, chaque parcelle de 1,6 m x 3 m soit 4,8 m<sup>2</sup> avait reçu journalièrement une quantité de 15 l d'eau par arrosage, et 20 l d'eau par arrosage le reste de la période expérimentale.

### 2.3. Méthodes

Pour rassembler les informations nécessaires à ce travail, la recherche a commencé par une révision bibliographique qui a été suivie d'une recherche de terrain basée sur un essai ainsi que des observations directes.

Avant la mise en place de la culture, un germeoir a été réalisé et les parcelles ont été préparées après un labour de 10 cm. La transplantation a été réalisée lorsque les plants avaient 3 à 5 feuilles ouvertes. En ce qui concerne l'entretien, un arrosage était effectué puis un désherbage et binage manuels s'y sont suivis.

#### Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon le dispositif en Blocs complètement randomisés comportant quatre traitements dont *T. diversifolia* (TD), *T. vogelii* (TV), *C. pubescens* (CP) et *B. bassiana* (BB) répétés 4 fois.

Les dimensions des unités expérimentales (parcelles) ont été de 1,6 m x 3 m soit 4,8 m<sup>2</sup>. Des allées de 0,5 m étaient maintenues entre les unités expérimentales et une distance de 1 m entre les traitements. La densité des plants par parcelle a été de 120, soit un écartement de 20 cm x 20 cm.

### Monitoring

Deux types de surveillance ont été de mise au cours de l'expérimentation : d'une part, le piégeage et de l'autre part le dépistage.

Les pièges à phéromone du type White Delta Trap (DTW) de 17 cm x 13 cm x 12 cm (longueur, largeur et hauteur) ont été utilisés pour capturer les mâles d'*A. ipsilon*. Ces pièges ont été obtenus à partir de Pherobank (Wageningen) et sont composés de septums en caoutchouc appâtés de (Z) -7-acétate de dodécényle (Z7D12: Ac), (Z) -9-tétradécényle

acétate (Z9D14: Ac) et l'acétate de (Z) -11-hexadécényle (Z11D16: Ac). Pour déterminer la densité de populations ainsi que les souches, les pièges ont été installés dans le germoir et dans les différentes parcelles de chou de Chine transplantées et l'insert collant était renouvelé toutes les deux semaines. Cela a permis d'évaluer la variabilité d'attaque entre les cinq traitements ainsi que l'abondance des individus dans les différents pièges (James *et al.*, 2010).

Pour les quatre blocs et le germoir, six pièges au total ont été placés (Tableau 1). La surveillance de ces pièges se faisait chaque semaine pour compter et identifier les insectes capturés. L'identification morphologique d'*A. ipsilon* a été effectuée par utilisation de la loupe binoculaire et de la clé d'identification proposée par l'EPPO (2010).

**Tableau 1.** Caractérisation des parcelles relatives à l'installation des pièges sur le terrain

Milieu	N° Piège	Emplacement	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Périmètre maraicher de Daipen Kisanga	I	Gerموir	1192	S 11°43' 0,07''	E 27°25'39,48''
	II	Témoin	1194	S 11°42'59,95''	E 27°25'39,7''
	III	<i>T. diversifolia</i>	1195	S 11°43'0,21''	E 27°25'39,57''
	IV	<i>T. vogelii</i>	1196	S 11°43'0,32''	E 27°25'39,64''
	V	<i>C. pubescens</i>	1194	S 11°43'0,05''	E 27°25'39,83''
	VI	<i>B. bassiana</i>	1195	S 11°43'0,17''	E 27°25'39,75''

Pour le dépistage, une surveillance accrue a eu lieu durant les deux premières semaines suivant la levée et la transplantation du chou. L'observation des parcelles était de routine pour vérifier la présence de plants coupés ou endommagés. Une fouille du sol autour d'un plant récemment endommagé était effectuée, car il est souvent possible de retrouver la chenille responsable, tel que montré par OEPP (2010). Le guide et les instructions fournies par Blair (1975) pour la formulation des biopesticides ont été utilisés. En effet, les composants ont été prélevés en fonction du volume de la solution finale désiré, tout en respectant les proportions. Ainsi, pour 12 l de solution de :

-*Tithonia diversifolia* à préparer, 550 g de feuilles ont été prélevés. Une fois les feuilles récoltées, elles ont été pilées dans un mortier, mélangées avec de l'eau à raison de 12 l dans une bassine pendant 24 h et puis filtrées à l'aide d'un passoir pour faciliter son passage dans le pulvérisateur (Bohm & Stuessy, 2001).

-*Tephrosia vogelii* à préparer, 550 g de feuilles ont été prélevés. Une fois les feuilles récoltées, elles ont été pilées dans un mortier, mélangées avec de l'eau à raison de 12 l dans une bassine pendant 24 h et puis filtrées par un passoir pour faciliter son passage dans le pulvérisateur (Krief, 2003).

-*Capsicum pubescens* à préparer, 120 g de fruits ont été prélevés. Une fois les avoir, ils ont été pilés dans

un mortier, mélangés avec de l'eau à raison de 12 l dans une bassine pendant 12 h et puis filtrés par un passoir pour faciliter son passage dans le pulvérisateur (Grubben *et al.*, 2004).

-*Beauveria bassiana*, 11,25 g de *B. bassiana* strain GHA (WP) ont été préparés dans 18 litres d'eau à chaque traitement. Ceci a été fait dans le strict respect des instructions de l'utilisation pour éviter les risques pour la santé et l'environnement (Humber, 1997 ; Gosselin, 2008).

### Méthodes de collecte des données des paramètres de croissance de chou de Chine

Les deux premières lignes de bordure de chaque parcelle n'ont pas été considérées après et les observations ont été réalisées sur le reste des lignes (soit 0,6 m x 2 m ou 44 plants). Les différentes mesures suivantes ont été effectuées tous les sept jours : le nombre de feuilles (compté à la main en prenant en compte toutes les feuilles des plants), la longueur de la plus grande feuille (elle a pris en compte la longueur du limbe de la feuille la plus longue par une règle plate métallique de 50 cm), le diamètre de la couronne (il a été mesuré en considérant le diamètre formé par les feuilles des plants de chou de Chine à l'aide d'un pied à coulisse électronique), le rendement (évalué à la récolte sur chaque parcelle élémentaire par une pesée de toute

la biomasse récoltée à l'aide d'une balance de marque « DAY useful everyday »).

L'identification des dégâts et attaques pour chaque parcelle a été réalisée. La collecte des données a eu lieu de façon hebdomadaire après la reprise des jeunes plants. Les différents dégâts et symptômes considérés sont : feuilles détruites, perforation des feuilles, feuilles pliées et enroulées, présence de galeries autour du pied de la plante, chlorose, présence de poudre blanchâtre sur les feuilles, plants morts, tâches nécrosées, flétrissement de la plante. Cette identification a été réalisée en s'appuyant sur les observations des parcelles et du Guide de défense des cultures au Tchad (Bijlmakers & Verhoek, 1995) et du livre "Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère" (James *et al.*, 2010).

Ainsi, la sévérité de l'attaque au niveau des feuilles a été déterminée par le nombre total de feuilles attaquées sur l'ensemble des plants divisé par le nombre de plants attaqués (il s'agit du nombre moyen de feuilles attaquées par plant), tandis que l'incidence de l'attaque s'était basée sur le nombre de plants attaqués multiplié par cent, puis divisé par le nombre de plants par parcelle (il s'agit du pourcentage de plants attaqués par parcelle).

## Analyse Statistique

Le logiciel GraphPad Prism 9.0.0 et le langage R version 3.5.1 ont été utilisés pour effectuer l'analyse de la variance à 1 facteur qui a permis d'évaluer les effets des biopesticides sur les paramètres de croissance. En cas de différence significative ( $P \leq 0.05$ ), la comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Tukey HSD. L'analyse en composantes principales a été utilisée pour évaluer les corrélations entre les variables et les regroupements des individus. Il sied de noter que les données avant d'être traitées statistiquement, la normalité et l'homogénéité des variances ont été vérifiées par les tests de Shapiro-Wilk et Leven.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Evaluation des effets de biopesticides sur la croissance et le rendement de chou de Chine

Les résultats obtenus après l'analyse de la variance du diamètre de la couronne, de la longueur de feuille et du nombre de feuilles ont globalement démontré qu'il n'y a pas eu de différences significatives entre les différents biopesticides (Tableau 2).

**Tableau 2.** Influence de biopesticides sur les paramètres de croissance de chou de Chine

Biopesticides	Diamètre de la couronne (mm)	Longueur de feuille (cm)	Nombre de feuilles
<i>B. bassiana</i>	40,47 ± 9,82 a	33,89 ± 5,59 a	11,98 ± 1,60 a
<i>C. pubescens</i>	43,04 ± 7,18 a	31,76 ± 5,26 a	11,30 ± 0,65 a
<i>T. divers</i>	43,56 ± 6,69 a	36,01 ± 4,75 a	10,89 ± 0,48 a
<i>T. vogelii</i>	44,56 ± 7,61 a	39,07 ± 1,24 a	12,11 ± 1,15 a
Témoin	37,20 ± 4,04 a	33,40 ± 2,56 a	10,34 ± 0,62 a
P- Value	0,63	0,187	0,113
F	(4,15)=0,66	(4,15)=1,77	(4,15)=2,25

**Moyenne ± écart type.** Les lettres similaires indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives au seuil de probabilité de 5% selon le test de Tukey HSD (Honestly Significant Difference of means).

Les meilleurs résultats pour la culture de chou de chine sont ceux de *T. vogelii* et *B. bassiana*, avec de rendements respectivement de 30,4 t/ha et 29,67 t/ha. Les rendements intermédiaires atteints avec l'application de *C. pubescens* et *T. diversifolia*, sont respectivement de 27,05t/ha et 25,08 t/ha alors que les parcelles qui n'ont pas reçu de traitement de biopesticides avaient donné de faible rendement (Tableau 3).

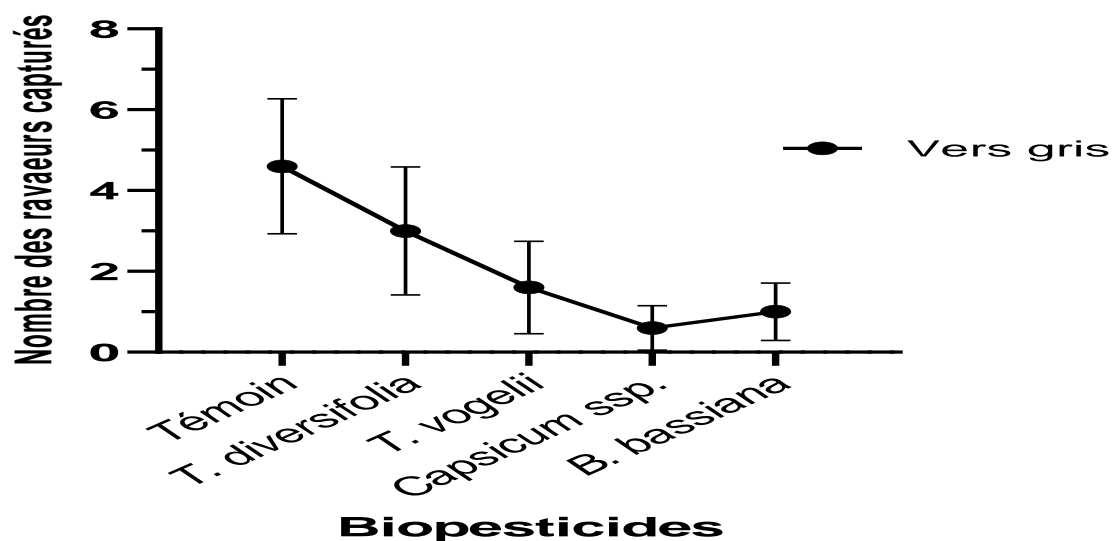
**Tableau 3.** Effet de biopesticides sur le rendement de chou de Chine

Biopesticides	Rendement (t/ha)
<i>B. bassiana</i>	29,67 ± 4,57 a
<i>C. pubescens</i>	27,048 ± 2,651 ab
<i>T. divers</i>	25,080 ± 2,580 ab
<i>T. vogelii</i>	30,40 ± 5,76 a
Témoin	22,956 ± 2,545 b
P- Value	0,002
F	(4,35)=5,21

**Moyenne ± écart type.** Les lettres différentes indiquent de différences significatives au seuil de probabilité de 5 % selon le test de Tukey HSD (Honestly Significant Difference of means).

### 3.2. Détermination de la répartition de populations d'*A. ipsilon* dans la culture de chou de Chine

La figure 2 présente l'effet de biopesticides sur l'*A. ipsilon* dans les exploitations maraichères.

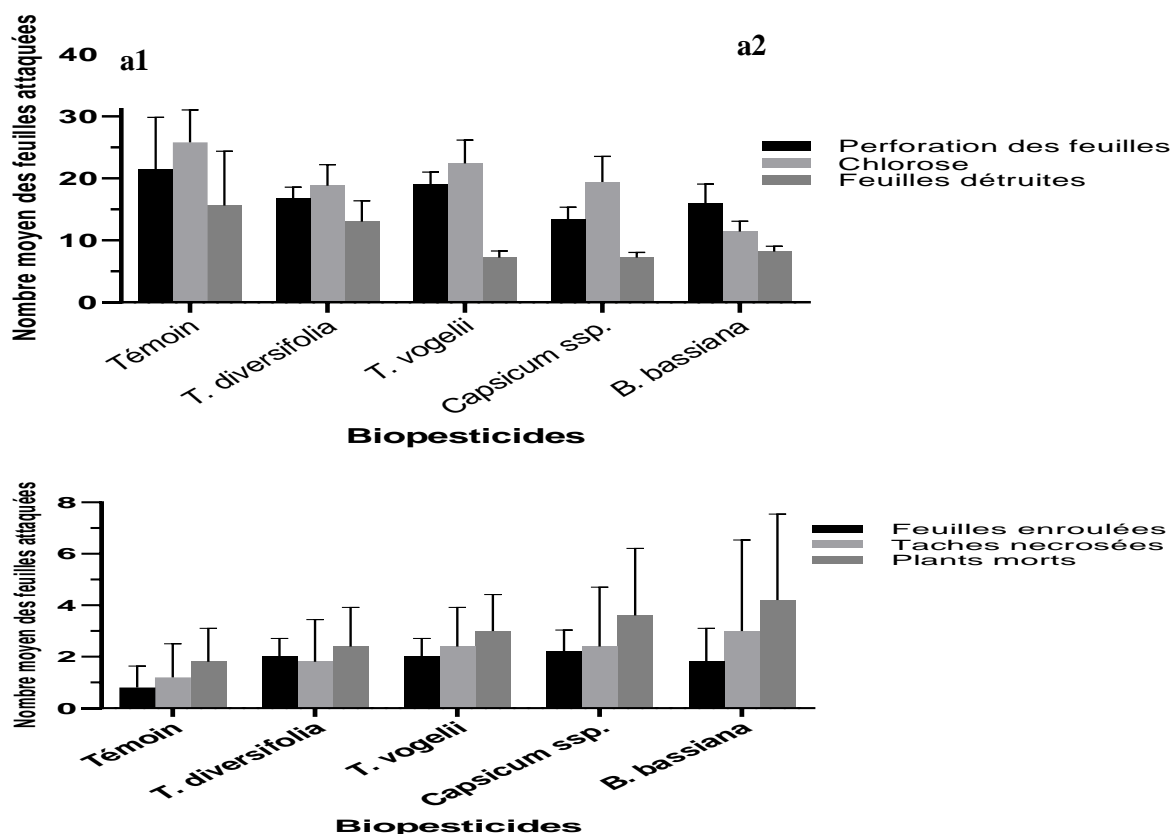


**Figure 2.** Effet de biopesticides sur l'*A. ipsilon* dans la culture de chou de Chine

L'attaque d'*A. ipsilon* a été plus intense dans le traitement témoin que dans les parcelles où l'apport de biopesticides a été effectué. Parmi les capturés, les *A. ipsilon* (larves) sont plus abondants pour l'ensemble des pièges installés. L'application de *T. vogelii* et de *C. pubescens* a réduit sensiblement l'attaque de vers gris.

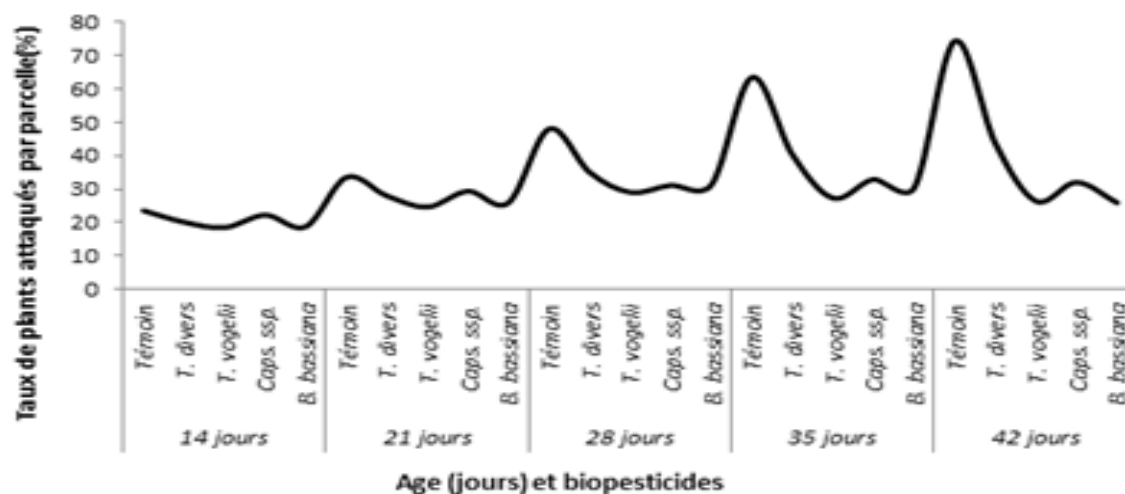
### 3.3. Détermination de la sévérité de l'attaque au niveau de feuilles et l'incidence de l'attaque de plants de la culture de chou de Chine

La figure 3 illustre le degré de sévérité de l'attaque au niveau des feuilles de chou de Chine.



**Figure 3.** Sévérité de l'attaque au niveau des feuilles selon les traitements appliqués

Au regard des dégâts observés (perforation des feuilles, chlorose, destruction des feuilles, tâches nécrotiques, enroulement des feuilles et mort des plants), le témoin (sans application de biopesticide) a connu un grand nombre moyen de feuilles attaquées, en comparaison avec *T. vogelii* et *B. bassiana* (application de biopesticide une fois par semaine) qui ont réduit la sévérité des attaques d'*A. ipsilon*. Environ 5 feuilles chlorosées (a1), 5 feuilles perforées (a1), 3 feuilles détruites (a1) et 2 feuilles (a2) ayant respectivement de tâches nécrotiques et d'enroulement par plante sont observées dans les témoins (a1), en comparaison avec 2 feuilles chlorosées, 0 feuille perforée et 0 feuille enroulée dans *T. vogelii*, 0 feuille détruites et 0 feuille avec tâches nécrotiques dans *B. bassiana*. La figure 4 présente l'incidence de l'attaque des plants de chou de Chine.

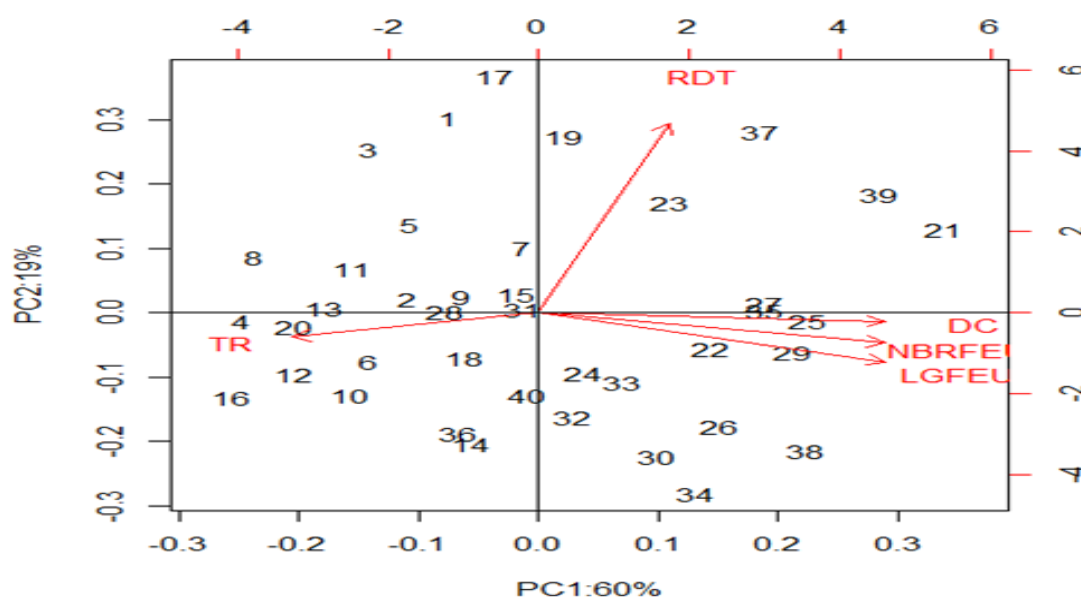


**Figure 4.** Incidence de l'attaque des plants selon l'âge et les biopesticides appliqués

La présence des dégâts a été plus notée au niveau de témoins, contrairement aux parcelles traitées. Au 42<sup>e</sup> jour, environ 75,0 % des plants témoins ont présenté l'ensemble des dégâts précédemment décrits, comparé avec 25,9 % de plants sous *B. bassiana*. Ainsi, il est à noter que le degré de l'incidence des ravageurs sur les plants de chou de Chine évolue proportionnellement avec l'âge des plants et diminue progressivement avec l'application de biopesticides.

### 3.4. Corrélation entre les paramètres de croissance, les bioagresseurs et le rendement.

La figure 5 illustre l'influence des paramètres de croissance sur le rendement de chou de Chine.

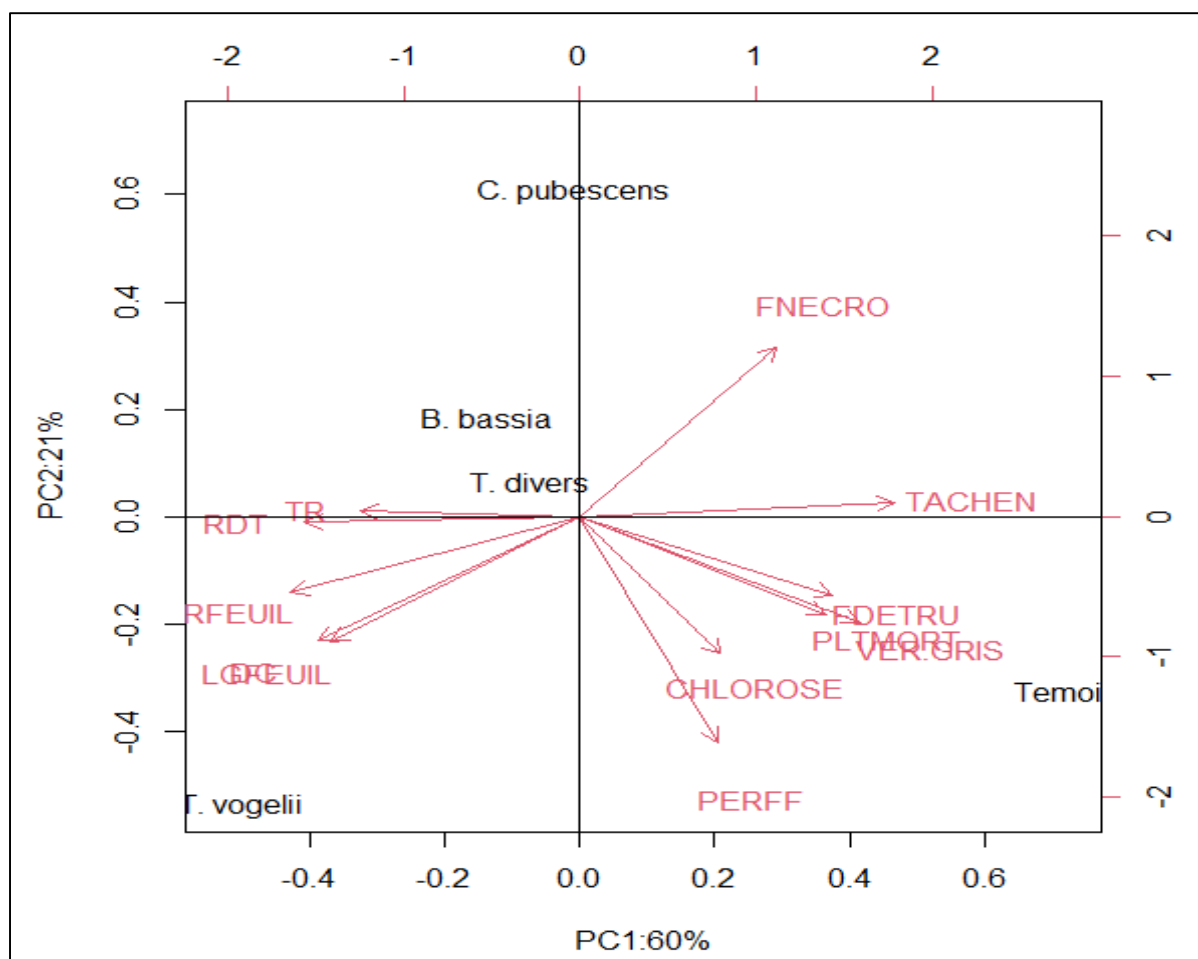


**Légende :** RDT : Rendement ; TR : Taux de reprise ; DC : Diamètre de la couronne ; NBRFE : Nombre de feuilles ; LGFEU : Longueur de feuille

**Figure 5.** Influence des paramètres de croissance sur le rendement de chou de Chine

Il résulte des observations effectuées sur la culture de chou de Chine que certains paramètres de croissance ont été corrélés avec le rendement et d'autres non. Ainsi, la figure 5 indique que le taux de reprise a été corrélé négativement avec le rendement ( $r = -20\%$ ), suite au stress causé par le taux élevé d'humidité du sol (proximité d'un puits) et ce là a induit une faible performance. Par contre, le diamètre de la couronne, la longueur de feuille et le nombre de feuilles ont été à leur tour positivement corrélés au rendement de la culture de chou de Chine ( $r = 28\%$ ,  $13\%$  et  $20\%$ ).

La figure 6 présente l'influence des paramètres de croissance, d'*A. ipsilon* et des biopesticides sur le rendement de chou de Chine.



**Légende :** RDT : Rendement ; TR : Taux de reprise ; DC : Diamètre de la couronne ; NBRFE : Nombre de feuilles ; LGFEU : Longueur de feuille ; TACHEN : Tâches nécrotiques ; PLTMORT : Plant mort ; PERF : Perforation de feuilles ; FNECRO : Feuille enroulée ; FDET : Feuille détruite ; CHLOROSE : Chlorose ; VEGRIS : Vers gris.

**Figure 6.** Influence des paramètres de croissance, d'attaques d'*A. ipsilon* et des biopesticides sur le rendement de chou de Chine.

Globalement, la bonne croissance des plants de chou a influencé fortement et positivement le rendement ; contrairement à l'abondance des bioagresseurs (*A. ipsilon*) et à la sévérité de l'attaque au niveau de feuilles qui a influencé négativement le rendement. Par ailleurs, l'application des biopesticides (*T. vogelii*, *B. bassiana*, *T. diversifolia* et *C. pubescens*) a entraîné une augmentation de rendement alors que le témoin a induit une diminution de ce dernier. Les dégâts causés par l'*A. ipsilon* ont conduit à une réduction de la qualité de chou et du rendement.

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Croissance de chou de Chine en fonction de biopesticides appliqués contre l'*A. ipsilon*

Les résultats obtenus lors de l'analyse de la variance révèlent que les biopesticides n'influencent pas les paramètres de croissance, car il n'y a pas eu de différences significatives entre les traitements. Contrairement à l'étude réalisée par Easmin *et al.* (2009) sur la culture de chou qui a montré que les



plantes entières avaient un plus grand diamètre dans le champ, mais avec l'élimination des feuilles extérieures, le diamètre a diminué. Avant le retrait de rosettes feuilles, le diamètre variait entre 37,50 et 52,77 mm sous différents traitements, et la longueur de feuille entre 32,28 et 48,77 cm ; au-delà de ce qui précède, l'effet variétal sur la longueur de feuille est à considérer selon Haque (2005).

Le nombre de feuilles et la surface foliaire de la plante sont des paramètres importants compte tenu de leur rôle dans l'interception de la lumière et la transpiration, la photosynthèse ainsi que de la productivité des plantes. En moyenne, 12 et 10 feuilles de chou de Chine ont été observées, respectivement dans les parcelles de *T. vogelii* et de témoin. Plusieurs physiologistes et agronomes ont démontré l'importance de ces facteurs dans l'estimation des paramètres de croissance, du taux de développement, du potentiel de rendement, de l'absorption d'eau et de nutriments (Olfati *et al.* 2010). Ces résultats corroborent ceux de Laczi et Apahidean (2012) sur l'influence des biopesticides sur la longueur de feuilles de chou de Chine.

#### 4.2. Effet de biopesticides sur le rendement de chou de Chine

Le poids du chou est l'une des caractéristiques les plus importantes pour mesurer les performances de rendement. Le chou de Chine peut peser jusqu'à plus de 2,5 kg (Larkcom, 2008). Les analyses faites au niveau du rendement indiquent que de toutes les parcelles où les biopesticides ont été appliqués, les meilleurs rendements de la culture de chou de Chine ont été obtenus avec les biopesticides *T. vogelii* suivi de *B. bassiana*, soit respectivement 30,4 t/ha et 29,67 t/ha, contrairement au témoin qui a eu d'intenses attaques d'*A. ipsilon* et a induit directement de faible performance, soit 22,9 t/ha. Les résultats de cette étude sont similaires à ceux obtenus au Brésil, où *T. vogelii* et *Zingiber officinale* avaient respectivement enregistré 57,2 t/ha et 30,2 t/ha en culture de chou de Chine avec le cultivar Eikoo (Paulus *et al.*, 2019). Les résultats de cette étude sont aussi appuyés par ceux trouvés au Bénin, où la gravité des attaques d'*A. ipsilon* a réduit sensiblement le rendement de chou dans les parcelles témoin (Houenou, 2019).

Les résultats de cette recherche sont en accord avec les travaux de Ngosong *et al.* (2021) au Ghana, où une formulation commerciale du virus de la granulose de *Pieris rapae* et de *Bacillus thuringiensis*, Bypel 1® (PrGV+ Bt) (1,5 g/l p/v) et un extrait aqueux de noyau de margousier (ANKE) (50 g/l p/v) sur le complexe d'insectes nuisibles de deux variétés de chou, le croisement KK et Oxylys, ont tous été efficaces pour réduire les dommages et les pertes de rendement. Liu et Sengonca (2003) ont observé une haute efficacité du GCSC-BtA (Coopération scientifique Allemagne-Chine), tandis que Ivey et Seth (1997), dans une étude connexe, ont

signalé que les produits contenant des souches efficaces de *B. thuringiensis* peuvent être utilisés avec succès pour gérer *P. xylostella*, avec pour conséquence, une augmentation des rendements.

#### 4.3. Répartition de populations d'*A. ipsilon* dans la culture de chou de Chine

Le développement des plantules de chou en pépinière est une phase critique qui conditionne la production finale (White, 1980 ; Ngosong *et al.*, 2021). Pour le cas de cette étude, deux espèces des bioagresseurs étaient capturées dans le germeoir à la première semaine de l'observation. A la deuxième semaine, un nombre très restreint d'*A. ipsilon* était apparu et avait proportionnellement augmenté avec le temps jusqu'à devenir plus abondant au 42<sup>ème</sup> jour de leur transplantation.

L'attaque d'*A. ipsilon* est plus intense dans les parcelles témoins que dans les parcelles où les biopesticides ont été appliqués, cela s'explique par l'effet des principes actifs présents dans les biopesticides. Des résultats similaires ont été obtenus au Bénin par Houenou (2019), respectivement avec l'application de biopesticides dans la culture d'amarante contre les attaques des chenilles et des criquets puants responsables de dommage et pertes significatives dans l'exploitation d'amarante, et où les extraits botaniques à base d'extraits aqueux d'*Ocimum* ont significativement réduit les populations de *Lipaphis erysimi*, *Bemisia tabaci* et *Selepa docilis* par rapport aux parcelles témoin.

Il ressort des résultats de cette étude que l'âge des plants de chou de Chine a influé positivement l'attaque d'*A. ipsilon*. Ceci corrobore les résultats obtenus au Japon et en Inde, où le nombre de mâles capturés par les pièges à phéromones augmente presque simultanément avec l'augmentation du nombre de masses d'œufs sur les feuilles de taro (Tamaki *et al.*, 1973 ; Horikiri *et al.*, 1978) et d'arachide (Shinh & Sachan, 1993). Pour le soja, les moyennes mobiles des captures de mâles des pièges à phéromone et des dommages aux feuilles présentent des tendances similaires, les deux pics se produisant presque simultanément dans un délai de  $\pm 3$  jours (Akira *et al.*, 2020).

Au cours de la surveillance, *A. ipsilon* a été les plus abondamment capturé dans les parcelles témoin que dans les autres parcelles. De ce fait, Blair (1975), le Réseau d'Alertes Phytosanitaires (2010) et Akira *et al.* (2020) ont considéré que le seuil de risque de dommages correspond à 9 voire 15 adultes capturés par piège par semaine à l'aide de pièges à phéromones. Lorsque le seuil est atteint, cette méthode est très pratique pour prévoir le développement des larves et à quel moment il sera nécessaire de traiter les champs. Pour que les risques de dommages soient élevés, il faut toutefois que la

date d'apparition des stades larvaires qui coupent les plantes coïncide aussi avec la période où les plantes sont encore assez petites pour être coupées.

#### 4.4. Sévérité de l'attaque au niveau de feuilles et incidence de l'attaque des agents bioagresseurs sur la culture de chou de Chine

Les dégâts causés par les bioagresseurs ont servi à évaluer l'influence des traitements appliqués sur la sévérité de l'attaque au niveau de feuilles et l'incidence de l'attaque dans la culture de chou de Chine. La parcelle témoin a connu un grand nombre moyen de feuilles attaquées par plant, en comparaison avec celles traitées avec *T. vogelii* et *B. bassiana* où la sévérité d'attaque était faible. Les dégâts observés tels que la perforation des feuilles, la chlorose, la destruction des feuilles, les tâches nécrotiques, l'enroulement des feuilles et la mort des plants correspondent à ceux décrits par Balasha (2019 ; 2017) où les trous, la défoliation et la nécrose des feuilles des parcelles non protégées. Ces dégâts causés par les ravageurs en culture de choux peuvent conduire à une chute drastique du rendement ainsi qu'entraîner des pertes importantes des récoltes, allant de 3,5 à 55,8 % tel qu'a été observé à Bukavu (Walangululu *et al.*, 2020). Cependant, bien que *A. ipsilon* soit très dangereux en culture de choux, les expériences antérieures de SENAHUP (2008) ont mis en évidence d'autres dégâts attribuables au broyeur du chou (*Hellula undalis*) ainsi qu'à la chenille de la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) dans les exploitations maraîchères à Lubumbashi. Dans les champs, les symptômes des maladies métaboliques et ceux causés par les pathogènes peuvent parfois se confondre, notamment, le jaunissement des feuilles peut être assimilé au problème de fertilité du sol ainsi que la nécrose peut être causée par une carence en calcium ou la présence des éléments polluants dans les milieux (Sane, 2021).

Des différences sont notées sur l'incidence des attaques selon les effets d'âge et de biopesticides sur les plantes de chou. Quelques études antérieures ont considéré que le seuil de risque de dommages correspond de 9 à 15 adultes capturés par piège par semaine à l'aide de pièges à phéromones (Blair, 1975). Une étude de Luka et Koller (2019) a renseigné les seuils de tolérance de noctuelles, 10 petites chenilles ou 3 à 4 grandes chenilles par 10 plantes ou des chenilles sur les feuilles intérieures pour envisager un traitement.

L'incidence de l'attaque de ces bioagresseurs était cependant légèrement plus élevée au niveau des parcelles témoin. L'action potentiellement bénéfique de la solution de biopesticides est qu'ils constituent une méthode de contrôle plus respectueuse de l'environnement et inoffensive pour la santé humaine (RAP, 2010). L'application de biopesticide a permis de réduire de manière significative l'incidence et la

sévérité des attaques d'*A. ipsilon*. Ces résultats ont montré que dans les conditions de l'essai, au 42<sup>e</sup> jour, environ 75 % des plantes témoins ont manifesté l'ensemble des dégâts précédemment décrits, comparé avec 25,9 % et 26,4 % de plants traités avec *B. bassiana* et *T. vogelii* respectivement. Hicks *et al.* (2001) ont observé une réduction d'incidence inférieure à 20 % pour la noctuelle lorsqu'il est traité avec *B. bassiana*. Ainsi, même si les dégâts de ce bioagresseur n'empêchent pas la consommation des feuilles de choux de Chine, ils contribuent à la dépréciation de la récolte (Balasha, 2017).

#### 4.5. Corrélation entre les paramètres de croissance, l'*A. ipsilon* et le rendement

Les résultats sur la culture de chou de Chine ont révélé que certains paramètres de croissance ont été corrélés avec le rendement et d'autres non. Ceci étant, le taux de reprise est corrélé négativement avec le rendement, car les parcelles (R4) ayant enregistré un taux de reprise élevé ont été influencées par la proximité du lit de rivière (le stress causé par le taux élevé d'humidité du sol) et cela a induit une faible performance. Par contre, le diamètre de la couronne, la longueur de feuille et le nombre de feuilles sont à leur tour positivement corrélés au rendement de la culture. Une étude en Roumanie a démontré : une corrélation positive et significative entre le poids et la longueur de feuille, le diamètre au collet et le nombre de feuilles. Il peut être conclu qu'avec l'augmentation de la longueur, de diamètre et du nombre de feuilles ; le poids de la plante augmentait également, dans une mesure plus ou moins grande (Laczi *et al.*, 2013). Cependant, des études antérieures du même auteur n'ont pas montré de résultats statistiquement significatifs en matière de relation entre les caractéristiques mentionnées (Laczi & Apahidean, 2012).

S'agissant des bioagresseurs présents lors de l'expérimentation, la présence d'*A. ipsilon* était corrélée positivement avec tous les dégâts observés. Cela a été en accord avec les travaux du Réseau d'Alertes Phytosanitaires (2010) et de Balasha et Kesonga (2019) porté sur les ravageurs principaux et leurs dégâts causés dans les cultures maraîchères.

## 5. CONCLUSION

Ce travail a abordé les aspects d'efficacité biologique des biopesticides sur le contrôle d'*Agrotis ipsilon* dans les exploitations des périmètres maraîchers au Sud- Est de la RD Congo. L'objectif était d'évaluer les effets de biopesticides sur la croissance de la culture et le rendement en feuilles de chou de Chine, de déterminer la répartition de populations d'*A. ipsilon*, de déterminer la sévérité et l'incidence des attaques au niveau de feuilles de chou de Chine et d'établir la corrélation

entre les paramètres de croissance, les *A. ipsilon* et le rendement.

Il ressort de cette étude que l'application des biopesticides n'a pas influencé les paramètres de croissance, par contre, des différences très hautement significatives ( $p < 0,002$ ) ont été observées entre les biopesticides appliqués pour le rendement de chou de Chine. De tous les biopesticides apportés, *T. vogelii* a connu un rendement plus élevé que le témoin. Lors de la surveillance, un nombre abondant d'*A. ipsilon* étaient capturés ; l'application de *T. vogelii* et *C. pubescens* se sont révélés aussi efficaces.

Les meilleurs résultats en termes de la sévérité d'attaque au niveau de feuilles et l'incidence d'attaque des plants sont observés dans *B. bassiana* et *T. vogelii*, en comparaison avec le témoin. Une corrélation forte et positive existe entre la présence d'*A. ipsilon* et celle de plants morts, de tâches nécrotiques et de feuilles détruites. Par ailleurs, l'application des biopesticides (*T. vogelii*, *B. bassiana*, *T. diversifolia* et *C. pubescens*) entraîne une augmentation de rendement et inversement, le témoin induit une diminution de ce dernier. Par ailleurs, les pièges à phéromone se montrent efficaces dans la mesure où, ils ont permis de capturer un nombre non négligeable d'*A. ipsilon* et l'utilisation des biopesticides a généralement contribué au contrôle de ce ravageur dans la culture de chou de Chine.

Enfin, l'évaluation systématique des performances économiques des biopesticides s'avère nécessaire afin de disposer d'un référentiel technico-économique solide pour chacun de ceux-ci avant de recommander les plus performants aux producteurs.

## Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier de l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) dans le cadre de notre master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et périurbain à l'Université de Liège-Gembloux Agro Bio Tech/Belgique.

## Références

Agboyi K., Ketoh K., Martin T., Glitho A. & Tamò M., 2016. *Pesticide et résistance*. Projet FAO/PNUD CHD/89/011 ; Via delle Terme di Caracalla, 00200 Rome, Italie, 212p.

Akira O., Masaya M. & Makoto T., 2020. Dispersal of the Common Cutworm, *Spodoptera litura*, Monitored by Searchlight Trap and Relationship with Occurrence of Soybean Leaf Damage. *Insects*, 11, 427; doi:10.3390/insects11070427.

Amoatey A., & Acquah, E., 2010. Basil (*Ocimum basilicum*) intercrop as a pest management tool in okra cultivation in the Accra plains. *Ghana Journal Horticulture*, 8, 65-70.

Balasha M. & Kesonga N., 2019. Pesticide Use Practices by Chinese Cabbage Growers in Suburban Environment of Lubumbashi (DR Congo): Main Pests, Costs and Risk. *Journal of Applied Agricultural Economics and Policy Analysis*, 2 (1), 56-64. DOI:10.12691/jaaepa-2-1-8.

Balasha M., 2017. *Evaluation des pratiques phytosanitaires en agriculture urbaine et périurbaine à Lubumbashi : Etat de lieu et perceptions des risques. Mémoire de master complémentaire en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain*. Gembloux Agro- BioTech, Bruxelles, Belgique, 111p.

Bijlmakers L. & Verhoek A., 1995. Guide de défense des cultures du Tchad: Cultures vivrières et maraîchères. Projet FAO/PNUD CHD/88/001 ; Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, 414p.

Blair W., 1975. Behavioural studies on the larvae of *Agrotis segetum* (Denis and Schiffermuller) and *A. ipsilon* Hufnagel (*Lepidoptera: Noctuidae*): towards better pest management. In: *Durr HJR, Giliomee JH, Neso S, ed. Entomological Society of Southern Africa: Proceedings of the First Congress of the Entomological Society of Southern Africa, 1974 Stellenbosch*. Entomological Society of Southern Africa. South Africa, pp. 19-33. <https://doi.org/10.1079/cabicompndium.3801>

Bohm A. & Stuessy, T.F., 2001. Flavonoids of the Sunflower Family (Asteraceae). *Springer Science & Business Media*, Vienna, Austria, 840 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-7091-6181-4>

Cutler C., Scott-Dupree D., Tolman H. & Harris R., 2006. Toxicity of the insect growth regulator novaluron to the non-target predatory bug *Podisus maculiventris* (*Heteroptera : Pentatomidae*). *Biological Control*, 38, 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.12.016>

Easmin D., Islam J. & Bégum K., 2009. L'effet des différents niveaux d'azote et de paillage sur la croissance des choux. *Progressive Agriculture*, 20, 27-33. DOI : 10.4314/IJBCS.V314.47182

FAO, 2020. La gestion des ravageurs et des maladies en agriculture biologique. *TECAFAO*, 8-575, 44 p.

Gosselin M., 2008. *Potentiel du spinosad et de Beauveria bassiana comme agents de lutte contre le ver gris (Agrotis ipsilon)*. Mémoire de master, Université de Montréal, 74 p

Grubben H. & El Tahir M., 2004, 11. *Capsicum annuum* L. In: *Grubben H. & Denton A. (Editeurs). Protas 2, Vegetables, Légumes. Wageningen, Pays-Bas*, 19 p. <https://memoireonline.com>

Haque K., 2005. Influence de la variété et du moment de la plantation sur le rendement et la teneur en éléments nutritifs du chou (*Brassica oleraceae* L.). Dhaka, Bangladesh. *Bangladesh Conseil de la recherche scientifique et industrielle*, 40, 211-218.

Haynes F., 1988. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annu Rev Entomol.*, 33, 149-168. doi:10.1146/annurev.en.33.010188.001053.

Hicks B., Watt A. & Cosens D., 2001. The potential of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) as a biological control agents against the pine beauty moth,

- Pana lis flammea (Lepidoptera: Noctuidae). *Forest Ecology and Management*, 149, 275-281. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00561-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00561-2)
- Horikiri M., Fukamachi S. & Kamiwada H., 1978. Occurrence of Spodoptera litura (F.) with sex pheromone traps. *Kyushu Pl. Prot. Res.*, 24, 117-118. doi:10.4241/kyubyochu.24.117.
- Houenou C., 2019. *Etude de l'efficacité des bokashis, du compost et de la solution de biopesticide promus par le centre Songhai pour améliorer la production de la laitue et de l'amarante au Sud du Bénin*. Mémoire de Master en Production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et périurbain, Faculté de Gembloux, Université de Liège. 103p. <https://orbi.uliege.be>
- Humber A., 1997. Fungi: Identification. In *Manual of Techniques in Insect Pathology*. (L. Lacey, Ed.). Academic Press, San Diego, CA. pp 153-186.
- Ivey W. & Seth J., 1997. Efficacy of Bacillus thuringiensis and cabbage cultivar resistance to diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Florida Entomologist*, 80(3), 396-399. <https://www.jstor.org>
- James B., Atcha-Ahowé C., Godonou I., Baimey H., Goergen G., Sikirou R. & Toko M., 2010. *Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest*. Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria, 120 p. <https://bibliol1.iita.org>
- Kasanda N., Balasha A., Kitsali H., Nkulu J. & Bogaert J., 2015. Maraichage périurbain à Lubumbashi : modes d'accès à la terre et gestion des superficies agricoles. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 1, 27-36. <https://orbi.uliege.be>
- Kashimbo S., Kanda G., Kiyukeno Y., Masengo L., Kirongozi S. & Kazadi P., 2016. Diagnostic de la contamination des eaux de la rivière Mulungwishi par les éléments traces métalliques (ETM) : Lubumbashi, Haut-Katanga, RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17, 1, 204-214. <https://search.proquest.com>
- Kasongo E., Mwamba M., Tshipoya P., Mukalay J., Useni Y., Mazinga M. & Nyembo L., 2013. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsole à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 63, 4727 - 4735. <https://www.ajol.info>
- Katinka W. & Srinivasan R., 2009. Farmer's management of cabbage and cauliflower pests in India and their approaches to crop protection. *J. of Asia-Pacific Entomology*, 12, 253-259. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2009.08.003>
- Kesonga M., 2017. *Enquête sur l'usage des matières fertilisantes en agriculture urbaine et périurbaine de Lubumbashi (République Démocratique du Congo)*. Mémoire de master complémentaire en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain, Gembloux Agro- BioTech, Gembloux, Belgique, 107 p. <https://orbi.uliege.be>
- Krief S., 2003. *Métabolites secondaires des plantes: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (Pan troglodytes schweinfurthii) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées*. Thèse de doctorat, Muséum national d'histoire naturelle, Kampala, Ouganda, 348 p.
- Kulimushi Z., Anthony A., Laurent F., Sébastien S. & Ongena M., 2017. Stimulation of Fengycin-Type Antifungal Lipopeptides in Bacillus amyloliquefaciens in the Presence of the Maize Fungal Pathogen *Rhizomucor variabilis*. *Front. Microbiol.* 8, 1-12. <https://pubmed.ncbi.nih.gov>
- Laczi E. & Apahidean S. 2012. Étude de la culture protégée de Collection de variétés et d'hybrides de choux chinois (Brassica campestris var. pekinensis) cultivés en Transylvanie Conditions spécifiques aux Tablelands. *Bruckenthal Acta Musei VII*, 3, 579-588. <https://agritrop.cirad.fr>
- Laczi E., Apahidean S., Dumitraş A., Boancă P., Apahidean I. & Tomoş C., 2013. La culture du chou chinois : en intérieur ou en plein air ? *Bulletin de l'Université des sciences agricoles et de médecine vétérinaire Cluj-Napoca, Horticulture*, 70, 251-252.
- Larkcom H., 2008. Oriental vegetables: The complete guide for the gardening cook, *Kodansha international*, 97, 232 p. ISBN-13, 978-1568363707
- Liu B. & Sengonca C., 2003. Effect of GCSC-BtA biocide on abundance and diversity of some cabbage pests as well as their natural enemies in southeastern China. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110(5), 484-491. DOI: 10.1007/BF03356125
- Luka H. et Koller M., 2019. Régulation des ravageurs en culture de choux pommés bio. Fiche technique, Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), CH-5070 Frik. 634- 661.
- Mpundu M., Useni Y., Ntumba F., Muyambo E., Kapalanga P., Mwansa M. & Kimuni L., 2013. Évaluation des teneurs en éléments traces métalliques dans les légumes feuilles vendus dans les différents marchés de la zone minière de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 66, 5106-5113. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v66i0.95008>
- Mutshail G., 2014. *Aperçu technologique sur l'horticulture urbaine et périurbaine de la RDC : cas de la ville de Lubumbashi*. Rapport annuel, 67 p.
- Ngosong T., Boamah D, Fening O., Kotey A. & Afreh-Nuamah K., 2021. The efficacy of two bio-rational pesticides on insect pests complex of two varieties of white cabbage (Brassica oleracea var. capitata L.) in the coastal savanna region of Ghana. *Phytoparasitica*, 49, 397-406. DOI :10.1007/s12600-020-00859-8
- Nkuku C. & Rémon M., 2006. *Stratégies de survie à Lubumbashi (R-D Congo)*. Enquête sur 14000 ménages urbains, Archive congolaise, l'Harmattan, Paris. 130 p. ISBN : 9782296009882

- Ntumba F., Tshomba J., Muyambo E., Kirika B. & Nkulu J., 2015. Le maraîchage et l'accès aux facteurs de production dans le contexte socio-économique de Lubumbashi. *International Journal of Innovation and Applied studies*, 270, 3985-7, 13 p. <https://www.ijia.issr-journals.org/>
- Oerke E., 2006. Crop losses to pests. *The journal of Agricultural Science*, Volume 144, Issue 1, pp. 31- 43. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Olfati A., Peyvast G., Shabani H. & Nosratie-Rad Z., 2010. Une estimation de la surface foliaire individuelle du chou et du brocoli à l'aide de méthodes non destructrices. *Journal de l'agriculture Sciences et technologie*, 12, 627-632.
- Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP), 2010. Guidance for the assessment of risks to bees from the use of plant protection products under the framework of council Directive 01/414 and Regulation 1107/2009. *International Plant Protection Convention*, 40 (2), 196-203. DOI: 10.1111/j.1365-2338.2010.02376.x
- Paulus D., Zorzi C. & Rankrape F., 2019. Plages de stress hydrique du sol : efficacité de l'utilisation de l'eau et production de chou chinois en culture protégée. *Horticulture Brasil*, 37(3), 231-244.
- Petit P. & Kakoma Z., 2001. *Lubumbashi : situation des ménages dans une économie de précarité*, Rapport de recherche effectuée durant la première session des travaux de l'observation de changement urbain en juin-octobre 2000, Université de Lubumbashi, 195 p.
- Potter A., 1998. Destructive turfgrass insects: biology, diagnosis and control. Ann. Arbor Press. Chelsea. MI, 400 p. ISBN: 978-1-575-04023-3.
- Rehan A. & Freed S., 2015. Fitness cost of methoxyfenozide and the effects of its low-lethal doses on development, reproduction, and survival of *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera : Noctuidae). *Neotrop Entomol.*, 44, 513-520. doi : 10.1007/s13744-015-0306-5.
- Réseau d'Alertes phytosanitaires (RAP), 2010. Le vers gris noir : biologie, dépistage et stratégie d'intervention. *Bulletin d'informations*, 5, 14 p. <http://www.agrireseau.qc.ca/rap>
- Sane B., 2021. *Efficacité biologique des extraits d'Azadirachta indica A. Juss, Hyptis suaveolens (L.) Poit et Anacardium occidentale Linn. dans la lutte contre Helicoverpa armigera (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) ravageur du cotonnier (Gossypium hirsutum L.) au Sénégal*. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop du Sénégal, 166 p.
- Schiffers B., 2011. Lutte biologique et protection intégrée, Manuel de formation du COLEACP-PIP. 124 p. Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech.
- SENAHUP, 2008. Rapport annuel du service national de l'horticulture urbaine et périurbaine à Lubumbashi, Projet HUP en RD Congo. *TECAFAO*, 14- 472, 55 p. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/ak159f/ak159f20.pdf>
- Shin N. & Sachan C., 1993. *Spodoptera litura* male moth catches in pheromone traps and their relationship with oviposition in groundnut field at Pantnagar. *India Int. J. Tropical Insect Sci.*, 14, 11-14. doi:10.1017/S1742758400013333.
- Tamaki Y., Noguchi H. & Yushima T., 1973. Sex pheromone of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae): isolation, identification and synthesis. *Appl. Entomol. Zool.*, 8, 200-203. doi:10.1303/aez.8.200.
- Useni Y., Baboy L., Kanyenga A., Assani Bin L., Mbuyi M., Kasanda N., Mbayo J., Mpundu M. & Nyembo L., 2014. Problématique de la valorisation agricole des biodéchets dans la ville de Lubumbashi : identification des acteurs, pratiques et caractérisation des déchets utilisés en maraîchage, Lubumbashi, RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 76, 6326- 6337. ISSN 1997-5902.
- Walangululu M. & Mushagalusa N., 2000. Les principaux ravageurs des choux pommés (*Brassica oleracea* var capitata subs sabouda) à Bukavu. *Tropicultura*, 18(2), 55-57.
- White J., 1980. Cabbage yield, head weight, and size as affected by plant growing containers. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 93, 266-267. <https://worldwidescience.org>