DEGÂTS CAUSES PAR LES LARVES DE LEPIDOPTERES RAVAGEURS DU MAÏS AU CHAMP ET LEUR GESTION PAR DES INSECTICIDES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES

DAMAGE CAUSED BY PESTICULOUS LEPIDOPTERA LARVAE IN FIELDS AND THEIR MANAGEMENT WITH CHEMICAL AND BIOLOGICAL INSECTICIDES

Armand Nahoulé ADJA*, Appolinaire Bley BLEY-ATSE, Jean Ayékpa GNAGO, Eric-Olivier TIENEBO et Mathias DANHO

Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny Yamoussoukro, Ecole Supérieure d'Agronomie, UMRI Sciences Agronomiques et Procédés de Transformation, Côte d'Ivoire
***Auteur correspondant** : nahouleadja@gmail.com / nahoule.adja@inphb.ci*

RESUME
Diverses larves de Lépidoptères causent de graves dommages aux cultures de maïs. La lutte contre ces larves, principaux ravageurs du maïs au champs, est devenue nécessaire depuis l'apparition et la dissémination de *Spodoptera frugiperda* en Afrique. Cette étude a été réalisée en vue de déterminer l'importance de ce nuisible dans le complexe de larves de Lépidoptères et d'évaluer l'efficacité de trois produits chimiques ; Viper 46 EC (acétamipride 16 g/l et indoxacarbe 30 g/l), K-Optimal 35 EC (lambdacyhalothrine 15 g/l et acétamipride 20 g/l) et Ampligo 150 ZC (chlorantanlipol 100 g/l et lambdacyhalothrine 50 g/l) en comparaison avec un produit biologique Bio-Elit (azadirachtine, salanine, nimbine et mélandriol). Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher et comprend cinq traitements et quatre répétitions. Les résultats révèlent cinq espèces de Lépidoptères, appartenant à trois familles (Noctuidae, Crambidae et Pyralidae). *Spodoptera frugiperda* était un ravageur majeur (indice de dommage I < 75 %) avec une occurrence de C = 20,9% et très abondante (Ar = 65,79%). Les autres espèces étaient rares (C < 5%). Cependant, *Sesamia calamistis* était un ravageur important (I < 25 %), et abondant (Ar = 15,22%), tandis qu'*Eldana saccharina* (Ar = 9,44%) et *Ostrinia nubilalis* (Ar = 5,25%) étaient assez abondantes. *Helicoverpa zea* était peu abondant (Ar = 4,3 %). Ces trois dernières espèces étaient des ravageurs mineurs (I < 10 %). Sur les parcelles non traitées, plus de 76% des plantes étaient modérément ou fortement attaquées. Cependant, sur les parcelles traitées, les plantes présentaient des attaques modérées à isolées. Les rendements obtenus sur les parcelles non traitées (2,26±0,21 t/ha) étaient inférieurs à ceux des parcelles traitées (3,29±0,11 à 3,60±0,09 t/ha). Le taux d'augmentation du rendement était compris entre 45,74 et 59,63%. Le meilleur contrôle des ravageurs a été enregistré avec Ampligo (59,63%) et Bio-Elit (50,83%), comparé à Viper (49,41%) et K-Optimal (45,74%). Les applications d'insecticides ont permis de contrôler les populations de ravageurs, de réduire les dégâts et d'augmenter le rendement. Aussi, l'utilisation alternée d'insecticides synthétiques et biologiques, pas toxiques pour l'homme et l'environnement, mais efficaces sur les insectes nuisibles, améliore l'efficacité de la lutte et apporte une réponse positive au problème de la résistance des insectes nuisibles tout en protégeant l'environnement.
Mots clés : Maïs, Larves, Lépidoptères, dégâts, insecticides

ABSTRACT
Various larvae of Lepidoptera cause severe damage to maize crops. Control of lepidopteran larvae, the main pests in maize fields, has become necessary since the appearance and spread of *Spodoptera frugiperda*. This study was carried out at the Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny in Yamoussoukro (Central Côte d'Ivoire). This study was conducted to determine the importance of this pest among the Lepidoptera larvae and to evaluate the effectiveness of three chemical insecticides; Viper 46 EC (acetamiprid 16 g/l and indoxacarb 30 g/l), K-Optimal 35 EC (15 g/l lambda-cyhalothrin and 20 g/l acetamiprid) and Ampligo 150 ZC (100 g/l chlorantraniliprole and 50 g/l lambda-cyhalothrin) compared with a biological one, Bio-Elit (azadirachtin, salanin, nimbin, and melandriol). Experimental design consisted of a randomized complete block with five treatments and four replications. The results reveal five Lepidoptera species, belonging to three families (Noctuidae, Crambidae and Pyralidae). *S. frugiperda* was a major pest (damage index I < 75%) with occurrence of C = 20.9% and very abundant (Ar = 65.79%). The other species were rare (C < 5%). However, *Sesamia calamistis* was a significant pest (I < 25%) and abundant (Ar = 15.22%), while *Eldana saccharina* (Ar = 9.44%) and *Ostrinia nubilalis* (Ar = 5.25%) were abundant. *Helicoverpa zea* was less abundant (Ar = 4.3%). These last three species were minor pests (I < 10%). On untreated plots, more than 76% of plants were moderately or severely attacked. However, on treated plots, plants showed moderate to isolated attacks. The yields obtained on untreated plots (2.26±0.21 t/ha) were lower than those on treated plots (3.29±0.11 to 3.60±0.09 t/ha). The yield increase ranged from 45.74 to 59.63%. The best pest control was achieved with Ampligo (59.63%) and Bio-Elit (50.83%), compared to Viper (49.41%) and K-Optimal (45.74%). Insecticide applications helped control pest populations, reduce damage, and increase yield. Therefore, the alternating use of synthetic or biological insecticides, which are not very toxic for humans and the environment but are effective on insect pests, increases the effectiveness of the control and provides a positive response to the problem of pest resistance while protecting the environment.
Keywords: Lepidoptera, larvae, damage, insecticides, maize, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L., Poaceae), est une culture vivrière importante pour la sécurité alimentaire et le revenu agricole populations Africaines (Midega *et al*., 2018). En Côte d'Ivoire, le maïs est principalement produit par des petits exploitants (Cairns *et al*., 2013). La production nationale est estimée entre 600 000 et 700 000 tonnes par an (FAO, 2022). Mais, les rendements grains restent faibles (moins de 1,8 tonne/ha) (Abate *et al*., 2017). Cela peut être dû à plusieurs contraintes abiotiques et biotiques, tels que les insectes ravageurs (Kfir *et al*., 2002 ; Nandjui *et al*., 2018). Plus récemment, la chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae), est devenu un ravageur majeur du maïs en Afrique (Goergen *et al*., 2016 ; Kumela *et al*., 2018). Les larves se nourrissent de nombreuses graminées cultivées (millet, sorgho, riz et canne à sucre) (Georgen *et al*., 2016). Elle consomme également toutes les parties aériennes des plantes (tiges, feuilles, fleurs et épis) (De Almeida *et al*., 2002). Aussi, les

infestations de ce ravageur en plantation conduisent à des pertes de rendement de 15 à 73% (Hruska & Gould, 1997). En Côte d'Ivoire, plusieurs larves de Lépidoptères ont été signalées sur le maïs (Nandjui *et al*., 2018 ; Moyal & Tran, 2023). Cette étude vise à déterminer l'importance de chaque larve de Lépidoptère et évaluer l'efficacité de produits insecticides sur ces nuisibles. De façon spécifique, il s'agit de suivre la dynamique des populations larvaires des Lépidoptères ravageurs en culture de maïs ; déterminer l'importance de chaque ravageur ; évaluer la sévérité des dégâts de chaque ravageur et évaluer l'efficacité de certains insecticides chimiques et biologiques contre ces nuisibles.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site de l'étude

Cette étude a été réalisée à la ferme expérimentale agro-pastorale de L'ESA/INP-HB de Yamoussoukro, avec pour Coordonnés Géographiques 6°53'6" de Latitude Nord (LN) et -5°-13'-13'' de Longitude Ouest (LW) et 700 m d'altitude. Le site est soumis à un climat équatorial de transition, situé entre les climats soudanéen et guinéen (N'guessan *et al*., 204). De 2015 à 2020, le climat de Yamoussoukro était caractérisé par des températures moyennes oscillant entre 24° et 28° C, et des précipitations moyennes annuelles variant entre 1000 et 1300 mm de pluies. Ce climat était marqué par une alternance entre saison sèche et saison des pluies et une variabilité climatique d'une année à l'autre. L'humidité relative variait entre 65 et 95%.

2.2. Matériel

Le matériel était constitué de semence de maïs de la variété EV8728-SR, de matériel technique de champ (pulvérisateurs, balance) pour les activités au champ et de matériel technique de laboratoire (loupe binoculaire, microscope optique, aiguilles entomologiques, boîtes de pétri, de clés d'identification) pour l'observation et l'identification des insectes.

2.2. Méthodes

2.2.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Le dispositif expérimental était un Blocs de Fisher Complètement Randomisé, divisé en 20 parcelles élémentaires. Ce dispositif comprenait 5 Traitements (T0 : Témoin Non Traité (TNT), T1 : VIPER 46 EC (40ml/400m²), T2 : K-OPTIMAL 35 EC (40 ml/400m²), T3 : AMPLIGO 150 ZC (300ml/ha), T4 : BIO-ELIT (500ml/2500m²)) et 4 répétitions. Chaque parcelle élémentaire couvrait une superficie de 81 m² (9 m x 9 m), soit 13 lignes et 19 poquets. Les parcelles étaient distantes de de 2 m.

2.2.2. Conduite de la culture

Le semis a été réalisé à raison de quatre grains par poquet (0,5m x 0,75m), soit une densité de 26 667 plants par hectare. Le sarclage manuel et démariage à 2 plants par

poquet, sont réalisés 14 jours après levée. Les observations sont faites trois jours avant et après application des produits insecticides à chaque phase de développement. Ces observations sont réalisées sur 30 pieds des cinq lignes centrales des parcelles élémentaires. La production (nombre d'épis attaqués et sains, poids des grains séchés) a été évaluée sur 30 plants par parcelle élémentaire.

2.2.3. Données collectées

Les données collectées ont porté sur l'inventaire, la fréquence d'occurrence, l'abondance relative des larves de Lépidoptères (Tableau I) et la sévérité des dégâts (Tableau II),

- **Fréquence d'occurrence et Abondance relative**

$$\textbf{Fréquence d'Occurence (C)} = \textbf{Pi} * \textbf{100/P}$$ **(**Dajoz, 2006)

$$\textbf{Abondance relative (Ar)} = \textbf{Ai} * \textbf{100/At}$$ **(**Adja, 2016)

Tableau I : Classes d'occurrence et d'abondance relative

Occurrence	Classe occurrence	Abondance relative	Classe d'abondance relative
Espèces omniprésentes	C = 100%	Espèces très abondantes	Ar ≥ 50%
Espèces constantes	50 % ≤ C < 100%	Espèces abondantes	20% ≤ Ar < 50%
Espèces fréquentes	20% ≤ C < 50%	Espèces assez abondantes	10% ≤ Ar < 20%
Espèces accessoires	5% ≤ C < 20%	Espèces peu abondantes	1% ≤ Ar < 10%
Espèces rares	C < 5%	Espèces très peu abondantes	Ar < 1%

- **Indice de sévérité des dommages** (Ouali-N'goran *et al*., 2021)

$$I = \frac{\left((N \times 10\%) + (N2 \times 25\%) + (N3 \times 50\%) + (N4 \times 75\%) + (N5 \times 100\%)\right)}{(N0 + N1 + N2 + N3 + N4 + N5)}$$

Tableau II : Indices de sévérité de dommages

Indices	Dégâts sur les plants	Observations
0	Aucun dommage visible	**I0**
1	Dommages faibles	**I1 ≤ 10 %**
2	Dommages modérés	**10 % < I2 ≤ 25 %,**
3	Dommages moyens	**25 % < I3 ≤ 50 %,**
4	Dommages importants	**50 % < I4≤ 75 %**
5	Dommages très importants	**I5> 75%**

2.2.5. Analyses statistiques

Les données (l'infestation, les dommages et le rendement) ont été analysées à l'aide de Statistica 10.1 au seuil de 5%.

3.RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

- **Inventaire, Occurrence et Abondance relative des larves de Lépidoptères collectés**

L'inventaire des Lépidoptères ravageurs du maïs en plantation à Yamoussoukro, a révélé la présence de cinq espèces appartenant à trois familles. L'espèce *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) était fréquente (C=22,9%) et très abondante (Ar=64,39%), suivie de *Sesamia calamistis* (Noctuidae) qui était accessoire (C=5,5%) et assez abondante (Ar=15,46%). Les trois autres espèces étaient rares (C < 5%), dont une assez abondante (Ar=10,31%) ; *Eldana saccharina* (Pyralidae) et deux espèces peu abondantes (Ar < 10%) ; *Helicoverpa zea* (Noctuidae) et *Ostrinia nubilalis* (Crambidae) (Tableau III).

Tableau III : Inventaire, occurrence et Abondance relative des espèces de Lépidoptères collectées

Familles	Espèces	Occurrence (C)	Abondance relative (Ar)	Observations
Noctuidae	*Spodoptera frugiperda*	22,9	64,39	Fréquente et très abondante
	Sesamia calamistis	5,5	15,46	Accessoire et assez abondante
	Helicoverpa zea	1,67	4,69	Rare et peu abondante
Crambidae	*Ostrinia nubilalis*	1,83	5,15	Rare et peu abondante
Pyralidae	*Eldana saccharina*	3,67	10,31	Rare et assez abondante
			100	

- **Dommages causés par les larves de Lépidoptères**

Les dégâts causés par les différentes espèces de Lépidoptères ont varié en fonction des différentes phases de développement de la culture de maïs. Ainsi, *Spodoptera frugiperda* a causé des dommages moyens (I3 = 32,76%) sur les plants à la levée, puis des dommages importants de la croissance à la maturation (I4 >50,26%). Cependant *Sesamia calamistis* et *Eldana saccharina* ont entrainé des dommages modérés à la levée et

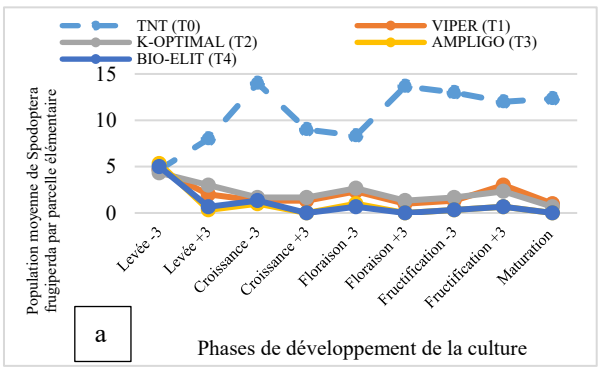
à la croissance (10,9% < I2 ≤ 14,25%), puis faibles de la floraison à la maturation (0,55% < I1 ≤ 6,45%). Les deux autres espèces *Helicoverpa zea* et *Ostrinia nubilalis* ont provoqué des dommages nuls à la levée (I0=0) et faibles, de la floraison à la maturation (2,95% < I1 ≤ 6,85%) (Tableau IV).

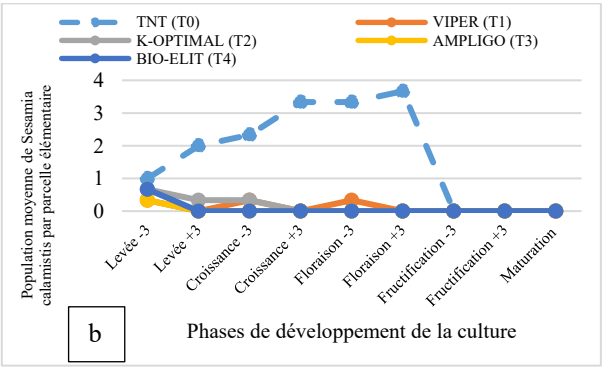
Tableau IV : Sévérité des dommages causés par les différentes espèces de Lépidoptères

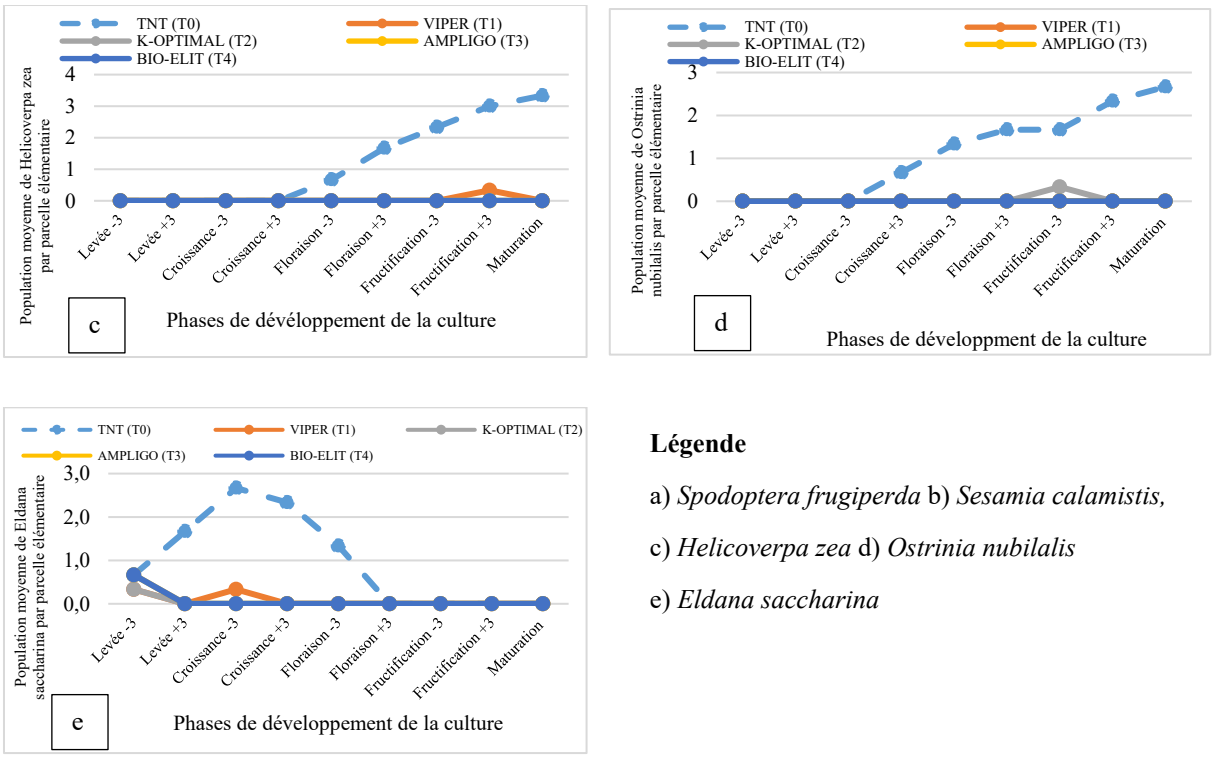
Larves de Lépidoptères	Dommages	Levée	Croissance	Floraison	Fructification	Maturation
Spodoptera frugiperda	Moyennes à Importantes	32,76	61,96	50,26	62,01	52,86
Sesamia calamistis	Faibles à Modérés	12,5	14,25	10,6	2,25	4,85
Eldana saccharina	Faibles à Modérés	10,9	6,45	4,9	0,55	0
Helicoverpa zea	Faibles	0	0	3,25	2,95	6,85
Ostrinia nubilalis	Faibles	0	0	6,85	6,85	4

❖ **Effet des produits insecticides sur les larves de Lépidoptères**

L'espèce *Spodoptera frugiperda* était présente à tous les stades de développement de la plante ; de la levée à la maturation. La population *S. frugiperda* a fluctué sur les parcelles témoin non traitées (8 à 14 individus par parcelle) (Figure 1a). Après les applications de produits insecticides, la population de *S. frugiperda* sur les parcelles non traitées (8±1 à 14±1individus) était significativement supérieure à celles des parcelles traitées (0,33±0,57 à 2 individus). Cette population sur K-Optimal et Viper (2 individus) était supérieure à celle de Ampligo et Bio-Elit (0,67±0,57 individu). L'espèce Sesamia calamistis était présente sur toutes les parcelles. Sur les parcelles non traitées, la population de S. calamistis a augmenté de la croissance (2,33±0,57 individus) à la floraison (3,67±0,57 individus) (Figure 1b). Cette population était significativement supérieure à celles des parcelles traitées (moins de 0,33±0,57 individu).







Légende

a) *Spodoptera frugiperda* b) *Sesamia calamistis,*

c) *Helicoverpa zea* d) *Ostrinia nubilalis*

e) *Eldana saccharina*

Figure 1 : Evolution des populations des différentes espèces de Lépidoptères en fonction des traitements

L'espèce *Helicoverpa zea* était absente sur les parcelles de la levée à la croissance. De la floraison à la maturation, la population de *H. zea* a augmenté (Figure 1c). Après application insecticide, cette population sur les parcelles non traitées (0,66±0,57 to 3,33±1,15 individus) était significativement supérieure à celles des parcelles traitées (moins de 0,33± 0,57 individu par parcelle élémentaire). L'espèce *Ostrinia nubilalis* était absente de la levée à la croissance. De la floraison à la maturation, la population de *O. nubilalis* a augmenté (Figure 1d). Après application insecticide, cette population sur les parcelles non traitées (0,66±0,57 to 2,66±0,57 individus) était significativement supérieure à celles des parcelles traitées (moins de 0,33±0,57 individu). L'espèce *Eldana saccharina* était faiblement présente sur les parcelles. Sur les parcelles non traitées, la population de *E. saccharina* a augmenté de la levée à la croissance, puis diminué à la floraison pour disparaitre à la maturation (Figure 1e). Après application, cette population sur les parcelles non traitées (1,66±0,57 to 2,66±1,15 individus) était supérieure à celle des parcelles traitées (moins de 0,33±0,57 individu).

- **Effet des produits insecticides sur le rendement grains de maïs**

Le rendement sur les parcelles non traitées (2,26±0,21 t/ha) était significativement inférieur à ceux de T2 K-optimal (3,29±0,11 t/ha) et T1 Viper (3,37±0,06) et T4 Bio-Elit (3,41±0,09) qui restaient inférieurs à celui de T3 Ampligo (3,61±0,22 t/ha). Le taux d'augmentation de rendement par rapport au témoin non traité était plus important

sur T3 (59,63%) par rapport aux autres parcelles traitées ; T1 (49,41%), T2 (45,74%), and T4 (50,83%) (Figure 2).

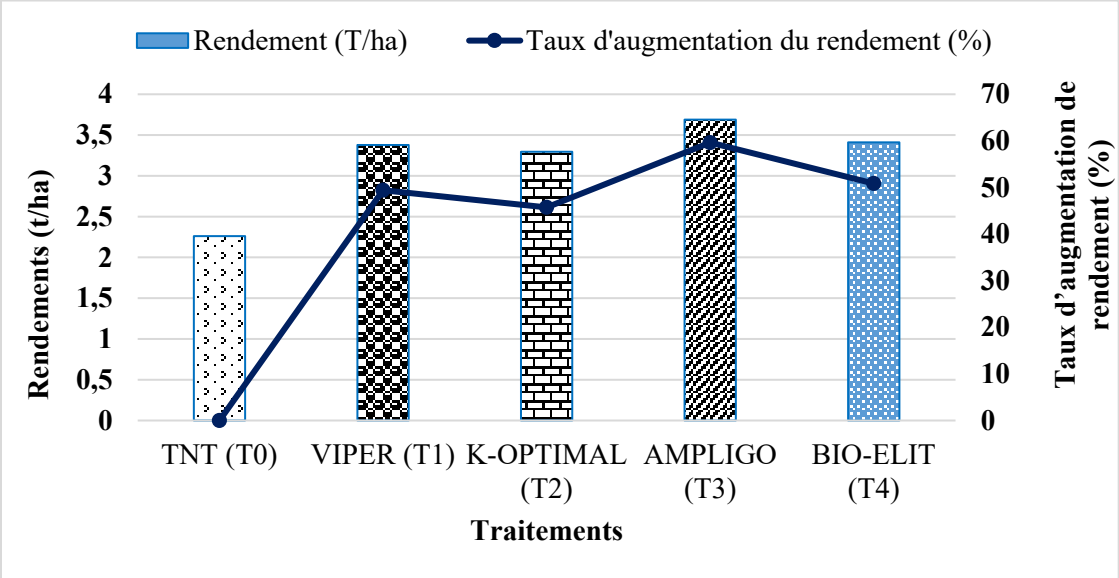


Figure 2 : Rendement moyen et taux d'augmentation du rendement des traitements

3.2. DISCUSSION

Cette étude a révélé la présence de cinq espèces de larves de Lépidoptères appartenant à trois familles. Ces larves de Lépidoptères ont été signalées par plusieurs auteurs en Côte d'Ivoire (Nadjui *et al*., 2018 ; Moyal et Tran, 2023) et en Afrique (Kfir *et al*., 2002). Trois espèces observées ont été classées comme ravageurs mineurs (*Eldana saccharina, Ostrinia nubilalis* et *Helicoverpa zea*), tandis que les deux autres, *Sesamia calamistis* et *Spodoptera frugiperda*, étaient respectivement des ravageurs importants et majeurs. Des infestations de *S. frugiperda* ont été observées pour la première fois dans des champs de maïs du sud-ouest du Nigéria en janvier 2016 (IITA, 2016), puis peu après au Bénin et au Togo (Goergen *et al*., 2016), et enfin au Ghana depuis 2017 (Cock *et al*., 2017). Les populations de larves de Lépidoptères ont fluctué au cours des stades de développement de la plante sur toutes les parcelles. Cette étude a révélé une bonne efficacité des insecticides qui semblent être liée à leur mode d'action et à leursdosages. L'insecticide le plus efficace est Ampligo (chlorantraniliprole et lambda-cyhalothrine). Chlorantraniliprole appartient à la famille chimique des diamides anthraniliques, utilisé contre divers insectes nuisibles en agriculture (Lépidoptères, Coléoptères et certains Diptères) (Hannig *et al*., 2009). Lambda-cyhalothrine (pyréthrinoïde) est une substance systémique qui agit également par contact avec divers ravageurs larvaires (Lewis *et al*., 2016). K-Optimal 35 EC et le Viper 46 EC sont modérément efficaces sur les larves de Lépidoptères. K-Optimal contient de la lambda-cyhalothrine (pyréthroïdes) et de l'acétamipride (néonicotinoïdes). L'acétamipride est une substance systémique qui agit sur les chenilles par ingestion et par contact. Les

néonicotinoïdes ont eu un effet additif lorsqu'ils ont été mélangés aux pyréthrinoïdes testés (Kandil *et al*., 2022). Viper contient de l'acétamipride (néonicotinoïdes) et de l'indoxacarbe (oxadiazines). L'indoxacarbe est très actif sur les larves de lépidoptères. Les insectes affectés cessent de se nourrir, deviennent paralysés et meurent. Ce mélange combiné, composé d'indoxacarbe aux propriétés de translocation exceptionnelles et d'acétamipride aux excellentes propriétés systémiques, a une efficacité remarquable et durable (EFSA, 2013). Bio-Elit, contenant des substances naturelles du neem (azadirachtine, salanine, nimbine, melandriol), s'est révélé très efficace contre les larves de *S. frugiperda* et les autres larves de Lépidoptères (Mordue *et al*., 2000 ; Gnago *et al*., 2010). En raison de leur relative sélectivité, les produits à base de neem peuvent être recommandés pour de nombreux programmes de lutte intégrée contre les ravageurs (Morgan *et al*., 2009).

Les dégâts étaient nuls à faibles sur les parcelles traitées avec Ampligo et Bio-Elit, tandis que les dégâts étaient faibles sur les parcelles traitées avec Viper et K-Optimal. Cependant, les parcelles non traitées ont subi des dégâts très importants. Les applications d'insecticide ont réduit les populations d'insectes nuisibles et, par conséquent, la gravité des dégâts qu'ils causent. Les larves de Lépidoptères étaient plus importantes sur les parcelles non traitées que sur les parcelles traitées et leurs dégâts ont été observés sur les feuilles, les tiges, les fleurs et les fruits, réduisant ainsi la qualité des fruits et, par conséquent, les rendements (Adja *et al*., 2023). Dans cette étude, les rendements en grains obtenus sur la parcelle non traitée (2,26 ± 0,21 t/ha) étaient inférieurs à ceux des parcelles traitées (3,29±0,11 à 3,68±0,22 t/ha). En Côte d'Ivoire, les rendements grains de maïs varient entre 1,64 et 2,34 t/ha [Nandjui et al., 2018]. En outre, le taux d'augmentation du rendement était élevé sur la parcelle traitée avec Ampligo (59,63 %) et moyen sur les parcelles traitées avec Bio-Elit (50,85 %), Viper (49,41 %) et K-Optimal (45,74 %). Au Kenya, les pertes de rendement causées par le foreur des tiges varient de 10 % à 88 % (Odendo *et al*., 2003). Par ailleurs, des pratiques agricoles telles que la fertilisation organique et minérale, l'amélioration des cultures de couverture en jachère, l'utilisation de plantes répulsives ou insecticides, la culture intercalaire, la formation des agriculteurs à la reconnaissance des ravageurs et à l'estimation des dégâts, ainsi que les traitements à seuil d'alerte pourraient améliorer la lutte contre les ravageurs (Vasileiadisa *et al*., 2011).

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de déterminer l'importance de chaque larve de Lépidoptère et évaluer l'efficacité de produits insecticides sur ces nuisibles. Cinq espèces de Lépidoptères, ravageurs appartenant à trois familles en culture de maïs ont été observées à Yamoussoukro. Parmi les Lépidoptères, *Spodoptera frugiperda* apparaît comme le ravageur majeur du maïs au champ. Les produits insecticides utilisés ont

montré leur efficacité sur les ravageurs ; ce qui a permis de réduire leurs populations, leurs dégâts et accroître les rendements. L'utilisation en alternance de produits chimiques systémiques ou de produits biologiques, peu toxiques pour l'homme et l'environnement, mais efficaces sur les insectes ravageurs permet d'accroître l'efficacité de la lutte et d'apporter une réponse positive au problème de résistance des ravageurs tout en protégeant l'environnement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CARINS J.E., HELLIN J., SONDER K., ARAUS J.L., MACROBERT J.F., THIERFELDER C. and PRASANNA M. (2013). Adapting maize production to climate change in Sub-Saharan Africa. *Food security*. 5:345-360. https://doi.org/10.1007/s12571-013-0256-x

COCK M.J.W., BESEH P.K., BUDDIE A.G., CAFA G. and Crozier J. (2017). Molecular methods to detect Spodoptera frugiperda in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*. 7:4103. https://doi.org/l0.10381s41598-017-04238

Dajoz R. (2006). Précis d'écologie. 8ème Édition Dunod (Paris), 631 p

DE ALMEIDA S. R., DE SOUZA A. R.W., VIEIRA S.M.J., DE OLIVEIRA H.G. and HOLTZ A.M. (2002). Biology review, occurrence and control of Spodoptera frugiperda (lepidoptera, noctuidae) in corn. *Brazil. Biosci J*. 18:41-8.

EFSA (2013). Scientific Opinion the developmental neurotoxicity potential of acetamiprid and imidacloprid. EFSA Panel on *Plant Protection Products and their Residues* (PPR)2, 3. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. *EFSA Journal*., 11(12):3471.

FAO. (2022). Country summary reports. Global Information and Early Warning System (GIEWS).

GNAGO A.J., DANHO M., AGNEROH A.T., FOFANA I.K. and KOHOU G.A. (2010). Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) and papaya (Carica papaya) extracts in controlling insect pests of okra (*Abelmoschus esculentus*) and cabbage (*Brassica oleracea*) in Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 4(4):953-966.

GOERGEN G., KUMAR P.L., SANKUNG S.B., TOGOLA A. and TAMÒ M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm spodoptera frugiperda (Smith JE) (Lepidoptera, noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *Plos One*. 2016;11:e0165632. DOI: 10.1371/journal.pone.0165632

HANNIG G.T., ZIEGLER M. and MACRON P.G. (2009). Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several

insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. *Pest Manag Sci*. 2009;65(9):969-974. Doi: 10.1002/ps.1781.33.

HRUSKA A. and GOULD F. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and Diatraea lineolata (Lepidoptera: Pyralidae): Impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. *Journal of Economic Entomology*. 1997;90(2):611-622. DOI: 10.1093/jee/90.2.611. https://dx.doi.org/10.4314/jab.v127i1.6

IITA. (2016). First report of outbreaks of the "Fall Armyworm" on the African continent. IITA Bulletin, No. 2330. http://bulletin.iita.org/index.php/2

ABATE T., FISHER M., ABDOULAYE T., KASSIE G.T., LUNDUKA R., MARENYA P. and ASNAKE W. (2017). Characteristics of maize cultivars in Africa: how modern are they, and how many do smallholder farmers grow? *Agric. Dry food*. 6:30. https://doi.org/10.1186/s40066-017-0108-6.

ADJA N. A. (2016). Impact des insectes ravageurs dans les systèmes culturaux et les stocks de Cucurbitaceae oleagineuses africaines « pistaches » : cas de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl., 1930 et de *Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum & Nakai, 1916 à Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). Thèse Unique de Doctorat en Entomologie Agricole, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan. 279 p.

ADJA N.A., BLEY-ATSE B.A. GNAGO A. J. and DANHO M. (2023). Damage Caused by Lepidopteran Pests on Maize Fields in Yamoussoukro, Central Côte d'Ivoire. *International Journal of Plant & Soil Science*. 35 (18): 815-823, DOI: 10.9734/IJPSS/2023/v35i183348.

KANDIL M.A., FOUAD E.A. and MOKBEL E.S.M.S. (2022). Efficiency of certain Neonicotinoid Mixtures against the Cowpea Aphid, Aphis craccivora (Koch). *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci*. 14(2):91-99. ISSN:2092-0791. http://eajbsf.journals.ekb.eg/

KFIR R., OVERHOLT W.A., KHAN Z.R. and POLASZEK A. (2002). Biology and management of economically important Lepidopteran cereal stem borers in Africa. *Annu. Rev. Entomol*. 2002;47: 701-31.11.

KUMELA T., SIMIYU J., SISAY B., LIKHAYO P., MENDESIL E., GOHOLE L. and TEFERA T. (2018). Farmers' knowledge, perceptions, and management practices of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ethiopia and Kenya. *Int, J. Pest Manage*. https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1423129.

LEWIS K.A., TZILIVAKIS J., WARNER D. and GREEN A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An *International Journal*. 22(4):1050-1064. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242. https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242

MIDEGA C.A.O., PITTCHAR J.O., PICKETT J.A., HAILU G.W. and KHAN Z.R. (2018). A climate-adapted pushpull system effectively controls fall armyworm,Spodoptera frugiperda (Smith JE), in maize in East Africa. Elsevier, *Crop Protection*. 105:10-15. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003

MORDUE A.J.L. and NISBET A.J. (2000). Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *An Soc Entomol Bras*., 29:615-632.

MORGAN E.D. (2009). Azadirachtin, a Scientific Gold Mine. *Bioorg. Med. Chem*. 17:4096-4105. DOI:10.1016/j.bmc.2008.11.081.

MOYAL P. and TRAN M. (2023). Morphological study of the preimaginal stages of maize borer lepidoptera in the Savannah zone of Côte d'Ivoire. *Annals of the Entomological Society of France* (N.S). *International Journal of Entomology*. 2023;25(4):461-472. https://doi.orghttps://doi.org/10.1080/21686351.

NANDJUI J., ADJA N.A., KOUADIO K.T., N'GOUAND M-P.A. and IDRISSOU L. (2018). Impact of Soil Fertility Management Practices on Insect Pests and Diseases of Maize in Southwest Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 2018;127:12809-12820. ISSN 1997-5902.

N'GUESSAN K. A., KOUASSI A. M., GNABOA R., TRAORE K.S. & HOUENOU P. V. (2014). Analyse de phenomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé : cas de la ville de Yamoussoukro

(Centre de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 17 : 135-154.

ODENDO M, OUMA J, WACHIRA S, WANYAMA J. (2003). Economic assessment of maize yield loss due to stem borer in major maize agro-ecological zones of Kenya. African crop science conference proceedings. *African Crop Science Siciety*. 6:683-687. ISSN 1023-070X $ 4.00.

OUALI-N'GORAN S.W.M., KOUASSI A.M. and COULIBALY A. (2021) Assessment of damage caused by insect pests of apple cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.) in Korhogo, northern Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(1):106-116. http://ajol.info/index.php/ijbc

VASILEIADISA V.P., SATTIN M. and Van Der W.R.Y. (2011). Crop protection in European maize-based cropping systems: Current practices and recommendations for innovative Integrated *Pest Management*. Agricultural Systems. 104(7):533–540. ISSN 0308-521X.