

Article de Recherche Originale

## Infestations et composition spécifique des Lépidoptères ravageurs du sorgho en zone Soudano-sahélienne du Cameroun

HAMAN ABDOULAYE<sup>1</sup>, ARMAND R. P. DOUMTSOP FOTIO<sup>2</sup>, LAURENTINE SOUFO<sup>2</sup>, YANICK CLAIR K. NZOUENDJA<sup>1</sup>, AHMED HAMANA<sup>3, 4</sup>, MAURICE TINDO<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes Animaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, BP 24157 Douala, Cameroun

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences Biologiques, Faculté des sciences, Université de Maroua, BP 814 Maroua, Cameroun

<sup>3</sup> Institut De Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 33 Maroua, Cameroun

<sup>4</sup> Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua (ENSPM), BP 55 Maroua, Cameroun

\* Correspondance : [tindodouala@yahoo.com](mailto:tindodouala@yahoo.com) ; +237 673590228 ; ORCID : 0000-0001-6217-6982

Reçu: 16 mai 2025, Revu: 14 juillet 2025, Révisé: 28 juillet 2025, Accepté: 14 août 2025, Publié: 03 Septembre 2025.

### RÉSUMÉ

Le sorgho est la cinquième céréale la plus cultivée au monde alors qu'au Cameroun, il en est la deuxième. Les Lépidoptères ravageurs (LR) constituent l'une des contraintes majeures à sa production mais les données bioécologiques sur ces ravageurs demeurent limitées. Cette étude a été entreprise afin d'actualiser les données sur les infestations et la composition spécifique des LR du sorgho en considérant les saisons et des stades phénologiques de la plante dans trois sous-unités agroécologiques de la zone Soudano-Sahélienne. L'échantillonnage a été effectué dans les champs des producteurs. La présence et la sévérité des dégâts ont été notées sur 20 plantes choisies selon le schéma X proposé par la FAO (2018). Ensuite, les œufs et les chenilles présentes ont été collectés et incubés au Laboratoire jusqu'à l'émergence des adultes qui ont été identifiés à l'aide des clés disponibles. La fréquence d'occurrence des infestations a été élevée au niveau des champs (60,5%) mais l'incidence a été modérée au niveau de la plante (27,1%). La fréquence d'occurrence et l'incidence des infestations ainsi que la sévérité des attaques ont été significativement ( $p < 0.05$ ) moins élevés en saison de pluies qu'en saison sèche et ont aussi varié significativement entre les stades phénologiques de la plante et entre les sous-unités agroécologiques. Les spécimens collectés appartenaient à 5 Familles et 11 espèces. *Spodoptera frugiperda* Smith et *Sesamia cretica* Lederer ont été les espèces les plus abondantes en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement. Certaines espèces n'ont été observées qu'à la montaison ou à la maturation et d'autres tout au long du cycle de développement de la plante. Les données actuelles ne permettent pas d'inféoder une espèce à une sous unité agroécologique. Ces résultats constituent une mise à jour importante sur les infestations du sorgho par les Lépidoptères, pouvant servir de base pour le développement des méthodes de gestion des LR dans la zone soudano-sahélienne.

Mots-clés : Infestation, Maroua, phénologie, saisonnalité, sorgho, *Spodoptera frugiperda*, foreurs de tige.

### ABSTRACT

Sorghum is the fifth most cultivated cereal in the world, while in Cameroon, it is the second. Lepidopteran Pests (LP) constitute one of the major constraints to its production. Bio-ecological data on these devastating insects remains limited. This study was undertaken to update information on the infestation and the specific composition of sorghum LP according to season and phenological stages of the plant in three agro-ecological (AE) sub-units of the Sudano-Sahelian zone. Sampling was carried out in farmer fields. The presence and damage severity were recorded on 20 plants, selected in each field following the X scheme suggested by FAO (2018). Then the attacked plants were carefully inspected, eggs and caterpillars were collected and maintained in the Laboratory until adults' emergence, which were identified using

available keys. A high infestation rate (60.5%) was found at the field level, but moderate on the plant (27.1%). Rates and severities of infestation were significantly lower in the rainy season than in the dry season, varied significantly ( $p < 0.05$ ) between phenological stages of the plant, and also between the AE subunits. *Spodoptera frugiperda* Smith and *Sesamia cretica* Lederer were the most abundant species in the rainy season and in the dry season, respectively. Some species were observed only at the vegetative or at the maturation and others throughout the development cycle of the plant, but current data do not make it possible to subjugate a species to an AE subunit. These results constitute an important update on sorghum infestation by Lepidoptera, which can be used while designing the management strategies of LP in the Sudano-sahelian zone.

Keywords: Infestation, Maroua, phenology, seasonality, sorghum, *Spodoptera frugiperda*, stem borers.

## 1. INTRODUCTION

Le sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] est une plante de la famille des Poaceae originaire de l'Afrique mais cultivée actuellement dans les régions arides et sémi-arides du monde entier pour l'alimentation humaine et du bétail (Dahlberg *et al.* 2011, Mukisa *et al.* 2017). Le sorgho est la cinquième céréale la plus cultivée au monde, après le maïs (*Zea mays* L.), le blé, (*Triticum aestivum* L.), le riz (*Oryza sativa* L.) et l'orge (*Hordeum vulgare* L.) (FAOSTAT 2022). Très riche en calories et en minéraux, il sert par ailleurs de matière première pour l'industrie alimentaire et chimique (Nathalie *et al.* 2005, Mukisa *et al.* 2017). Le record de la production mondiale du sorgho est détenu par les Etats-Unis alors que le Nigeria est le premier producteur africain et le Cameroun occupe le 14<sup>ème</sup> rang (FAOSTAT 2022). Au Cameroun, le sorgho est la deuxième céréale la plus cultivée après le maïs en termes de superficie et de production (AGRISTAT 2012, FAOSTAT 2022). Son bassin de production majeur est la zone agroécologique de savane soudano-sahélienne (95% de la production) où on rencontre plusieurs variétés (*ajagamari*, *bourgouri*, *madjeri*, *dalasi*, *zouaye*, *S35* etc.) regroupées en deux types : le sorgho de saison pluvieuse (sp) et le sorgho de saison sèche (ss) encore appelé sorgho repiqué ou sorgho de contre-saison (Djimadounngar 2001, Kenga & Djorowe 2008). La production du sorgho est sujette à de nombreuses contraintes parmi lesquelles les attaques des Lépidoptères ravageurs (Deschamps 1954, Nwanze & Youm 1995, Tuo *et al.* 2020, Singh *et al.* 2023).

Les Lépidoptères constituent un des Ordres les plus diversifiés de la classe des Insectes avec plus de 157 000 espèces déjà décrites (Sholtz & Holm 1985, Nieukerken & Berggren 2011). Quelques familles à l'instar de celles des Noctuidae, Pyralidae, Crambidae regorgent des espèces qui causent des sérieux dommages aux plantes cultivées et ornementales de la famille des Poaceae, entraînant des pertes économiques considérables (Le Rü *et al.* 2006, Ong'amo *et al.* 2014, Ong'amo *et al.* 2018). Des travaux antérieurs effectués sur les infestations et la composition spécifique des LR du sorgho dans la zone agroécologique de la savane Soudano-Sahélienne (Nonveiller 1969, Ayaji *et al.* 1996, Djimadounngar 2001, Aboubakar *et al.* 2005, Mathieu *et al.* 2006, Djodda *et al.* 2013, Iliassa *et al.* 2015) se sont focalisés sur les foreurs de tiges et ont signalé les espèces suivantes : *Buseola fusca* Fuller, *Chilo partellus* (Swinhoe), *Eldana saccharina* Hampson, *Sesamia calamistis* Hampson, *Sesamia cretica* (Lederer), *Sesamia botanephaga* Tams and Bowden et *Sesamia poephaga* Tams and Bowden. A cette liste il faut ajouter les défoliateurs *Mythimna loreyi* (Duponchel), *Spodoptera frugiperda* (Smith) et les ravageurs de panicule *Eublemma gayneri* Rothschild, *Pyroderces hemizopa* (Meryick) et *Salebria mesozonella* Bradley (Nonveiller 1969, 1984, Fotso Kuate *et al.* 2019). Presque toutes ces espèces sont natives du continent africain à l'exception de *Ch. partellus*, originaire d'Asie (Kfir *et al.* 2002) et de *Sp. frugiperda* originaire d'Amérique tropicale (Sparks 1979, Suby *et al.* 2020). Si *Ch. partellus* a été introduite en Afrique avant 1930 (Tams 1932 cité par Matama-Kauma *et al.* 2008, Ong'amo *et al.* 2014, Moeng *et al.* 2018), *Sp. frugiperda* est d'une introduction récente (Goergen *et al.* 2016, Tindo *et al.* 2017, Fotso Kuate *et al.* 2019). Cette dernière est hautement polyphage et peut s'attaquer à plus de 350 espèces de plantes comme le maïs, le sorgho, le riz, la canne à sucre, le chou, l'arachide, le soja, l'oignon, la tomate, les herbes de jardin, le petit mil, la pomme de terre et le coton pour ne citer que celles-là (Montezano *et al.* 2018, Kenis *et al.* 2022). En Afrique, le maïs et le sorgho sont les plantes les plus attaquées par *Sp. frugiperda* (Prasanna *et al.* 2018).

Les dommages des LR se résument en la défoliation et au minage de l'intérieur des tiges pouvant causer la cassure de celles-ci en cas de fort vent ou le dessèchement de la partie apicale de la plante encore appelé « cœur mort » (Ratnadass *et al.* 1992, Ajayi & Ratnadass 1998, Overholt *et al.* 2001). On y enregistre de même le forage des

pedoncules floraux dont la conséquence est un mauvais développement des panicules et un mauvais remplissage des grains (Mathieu 2005, Chantreau *et al.* 2013, FAO 2020 ; Olabimpe *et al.* 2021). Les jeunes larves de *Sp. frugiperda* consomment d'abord l'épiderme des feuilles visibles puis partent se loger dans le cornet qu'elles peuvent détruire (Fontaine *et al.* 2018). *Spodoptera frugiperda* peut causer des pertes de rendement allant de 22 à 67% (Day *et al.* 2017). *Sesamia cretica*, ravageur principal du sorgho cause des dégâts pouvant aller jusqu'à 40% sur la variété de type *safrari* (Djodda *et al.* 2019).

Les données sur la bio-écologie des LR du sorgho en zone soudano-sahélienne du Cameroun restent limitées (Deschamps 1954, Nonveiller 1969, 1984). Tabo *et al.* (1993) et Ajayi *et al.* (1996) montrent que les seuls ravageurs importants du sorgho de contre-saison au Cameroun, Nigeria et Tchad sont les foreurs de tiges : *Se. poephaga*, *Se. calamistis*, *Sesamia sp.* et *El. saccharina*, avec une incidence variant de 10 à 100%. Selon Djodda *et al.* (2019), en 2012 et 2013, les foreurs de tiges particulièrement les espèces du genre *Sesamia* constituaient les ravageurs majeurs du sorgho repiqué à l'Extrême Nord avec un taux d'infestation variant de 4% à 17% en fonction de la variété. Illiassa *et al.* (2015) ont collecté trois espèces de foreurs de tige parmi lesquelles *Se. cretica* était la plus abondante suivie de *Se. poephaga* et de *Se. calamistis* mais en terme de distribution, cette dernière était présente seulement dans la vallée du Logone. Avec l'introduction récente de *Sp. frugiperda* et son invasion rapide du continent, il s'avère indispensable de comprendre les conséquences sur la structure des communautés indigènes. Déjà en 2019, Fotso Kuate *et al.* (2019) reportent les attaques de *Sp. frugiperda* sur le sorgho avec un taux d'infestation de 10,6%. Abang *et al.* (2021) démontrent que dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, cette dernière est capable de déplacer les espèces de foreurs de tiges vers le stade de maturité de la plante du maïs. Ce phénomène a d'ailleurs été confirmé par Nzouendja *et al.* (2023) dans la zone forestière à pluviométrie monomodale. Le présent travail a pour objectif d'évaluer les niveaux d'infestation et la composition spécifique des LR du sorgho en fonction des saisons et des stades phénologiques de la plante dans trois sous-unités agroécologiques de la zone soudano-sahélienne du Cameroun.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans la région de l'Extrême-Nord, Cameroun (8°36" à 12°54" de latitude Nord, et 12°30" à 15°42" de Longitude Est) pendant les campagnes agricoles de 2018/2019 et 2019/2020. Pour des raisons d'insécurité, l'étude a été circonscrite dans quatre des six Départements de la région. Le climat est de type soudano-sahélien. La végétation dominante est une savane arbustive. La température moyenne annuelle est de 28,3°C avec des précipitations moyennes annuelles de 794 mm (Lucas *et al.* 2017). La saison sèche et la saison pluvieuse durent 8 mois et 4 mois respectivement. En relation avec ces saisons, la campagne agricole de saison pluvieuse s'étend de juin à septembre et celle de saison sèche s'étend d'octobre à mai. Le sorgho pluvial est semé directement en début juin alors que le sorgho repiqué commence en mi-août et la récolte débute en mi-février. La culture du sorgho repiqué débute par la mise en place de la pépinière qui est transplantée sur la parcelle proprement dite, entre 25 et 30 jours après le semis. Dans sa croissance, la plante du sorgho pluvial est dépendante d'un apport en eau de pluies alors que l'alimentation hydrique de la plante du sorgho repiqué est assurée entièrement ou en partie par l'humidité résiduelle du sol (Bretraudeau *et al.* 2002).

Selon Dugue (1997), trois sous-unités agroécologiques peuvent être distinguées dans la région (fig. 1) : les Piemonts des Monts Mandara (PMM), la Plaine du Diamaré et Mayo-Kani (PDMK) et la Grande Plaine Inondable (GPI). Les PMM se distinguent des autres sous-unités par une altitude plus haute (600 à 1200 m), un climat légèrement plus doux et une pluviométrie nettement plus élevée, avec des lames d'eau de 900 à 1000 mm/an. Le relief est constitué des terres incultes (bloc rocheux, cailloux) marqué par une pauvreté du couvert végétal (INS 2018). La PDMK est caractérisée par une altitude relativement faible et se démarque comme une zone intermédiaire des autres sous-unités. Elle est constituée des principaux bassins collecteurs des eaux des Mayos qui proviennent pour l'essentiel des PMM. Le climat de cette zone lui confère des potentialités agricoles élevées, propices à la culture du coton, des céréales et de plus en plus des cultures maraichères. La GPI par contre constitue le domaine de la platitude totale. Les eaux venant des Monts Mandara passant la plaine du Diamaré sortent de leurs lits en saison pluvieuse. Cela se traduit par une bonne couverture des champs de sorgho repiqué en eaux. Le sol de cette zone est constitué des alluvions argileuses propice au développement du sorgho de contre saison. La pluviométrie dans sa partie nord

(Kousseri-Makari) est faible. L'une des différences entre ces trois sous-unités réside au niveau de la période du semis et du repiquage du sorgho qui se font de manière précoce respectivement dans les PMM et la PDMK, mais tardive dans la GPI.

Pour la présente étude, les activités ont été menées dans 299 champs paysans répartis dans les trois sous-unités agroécologiques et visités globalement pendant les campagnes agricoles de 2018/2019 et 2019/2020 (fig.1) pendant la saison des pluies et la saison sèche. Les échantillonnages étant faits dans les champs paysans, il a été difficile de déterminer l'âge des plantes ainsi que les variétés de sorgho au moment de la collecte de données car, les propriétaires des champs n'y étaient pas toujours présents.

En saison des pluies, 129 champs répartis dans la PDMK (105), les PMM (12) et la GPI (12) ont été visités. En saison sèche, 170 champs répartis dans la PDMK (110), les PMM (14) et la GPI (46) ont été visités.

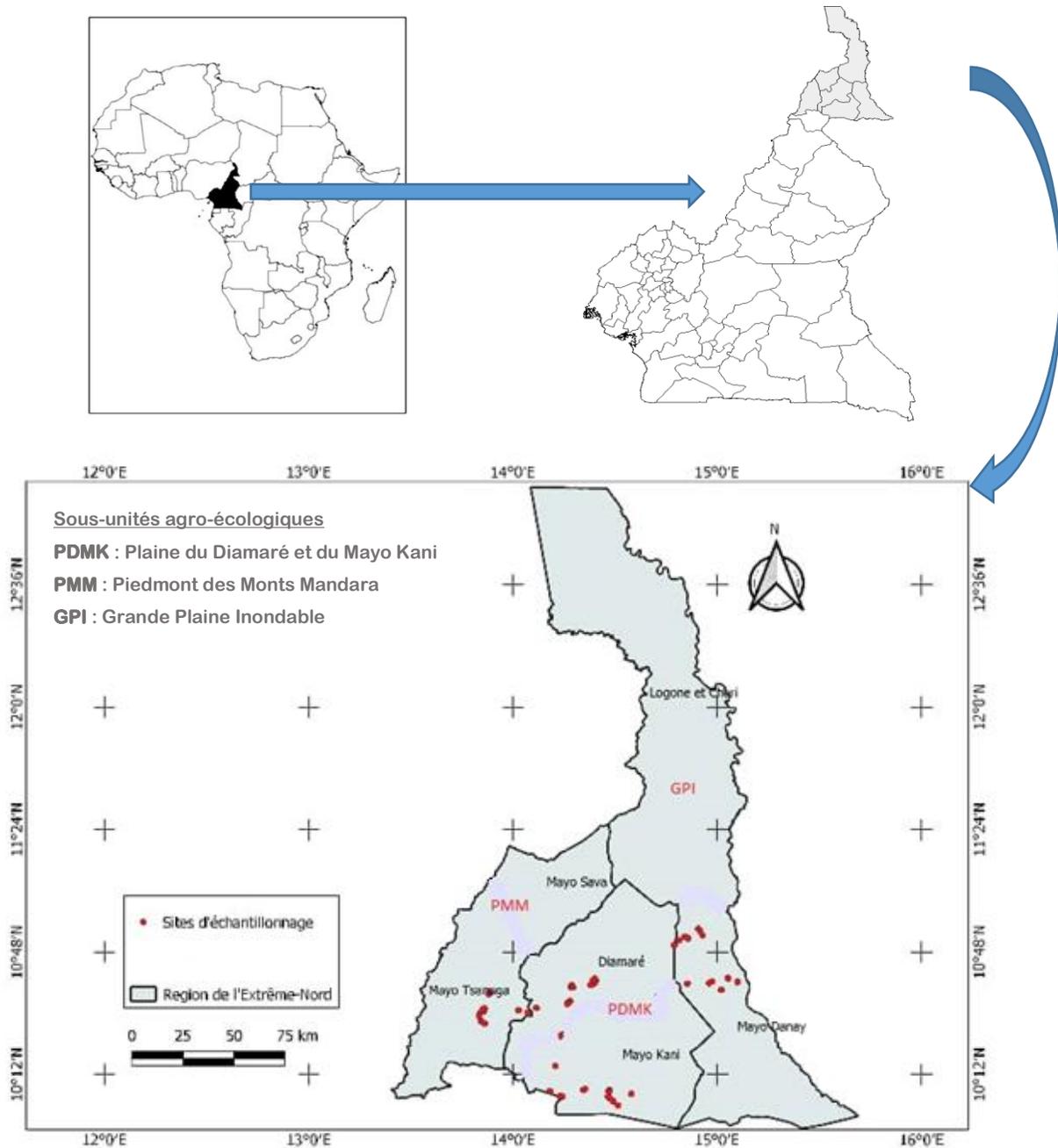


Figure 1 : Extrait de la carte de la zone d'étude (Extrême Nord Cameroun) indiquant les sites d'échantillonnage des Lépidoptères ravageurs du sorgho.

## 2.2. Procédure d'échantillonnage

Dans chaque champ, les observations ont été faites sur 20 plantes de sorgho choisies selon un schéma en X proposé par FAO (2018). Chaque angle du schéma et le point de rencontre des diagonales formaient une station constituée chacune de quatre plantes de sorgho sur la même ligne. Sur chaque plante, la présence des dégâts et la sévérité ont été notées. La sévérité a été estimée sur le feuillage, sur une échelle variant de 1 à 5 (Fotso Kuate *et al.* 2019) : 1= pas d'attaque ; 2= pertes de surface foliaires comprises entre 1 et 10% ; 3= pertes comprises entre 11 et 25% ; 4= pertes comprises entre 26 et 50% ; 5= pertes supérieures à 50%. Ensuite, les plantes attaquées ont été inspectées soigneusement puis disséquées, les œufs et les chenilles de LR rencontrés ont été collectés puis gardés vivants dans des boîtes en plastiques recouvertes d'un tissu blanc transparent à maille faible pour permettre l'aération pendant l'élevage au laboratoire. L'échantillonnage dans chaque champ a tenu compte des trois phases de développement du sorgho que sont : la montaison, la floraison et la maturation. La montaison ou phase végétative va de la levée à l'initiation des panicules dans le cas du sorgho pluvial et à partir du repiquage à l'initiation des panicules dans le cas du sorgho de contre saison. La floraison ou phase reproductive va de l'initiation des panicules au remplissage des graines, tandis que la phase de maturation va du remplissage des graines à la maturité physiologique des graines.

## 2.3. Elevage et identification des Lépidoptère ravageurs

Au Laboratoire, les stades immatures (œufs et larves) ont été élevés à température ambiante. Des fragments de feuilles fraîches de sorgho ont été introduits dans les boîtes contenant les larves pour leur alimentation. Ces élevages ont été suivis et l'aliment renouvelé chaque 24 heures jusqu'à la nymphose. Les chenilles sortant des œufs tout comme les adultes émergés des chrysalides ont été identifiés avec l'aide du manuel d'identification de Barrion *et al.* (2007) et le guide de gestion intégrée de la Chenille légionnaire d'automne (CLA) en Afrique (FAO 2018).

## 2.4. Analyses des données

La fréquence d'occurrence des LR (adaptée de Dajoz 1985) a été évaluée dans chaque sous-unité agro-écologique ou pour chaque saison, comme le pourcentage de champs présentant des signes de dégâts de LR par rapport à tous les champs enquêtés dans une sous-unité agro-écologique ou au cours d'une même saison.

L'incidence des LR ou taux d'infestation sur les plants de sorgho a été calculée comme le pourcentage de plantes présentant les signes d'attaque sur le nombre total de plantes échantillonnées dans chaque champ (Tindo *et al.* 2017).

La fréquence des différents niveaux de sévérité (distribution des scores 2 à 5 tel que décrits par Fotso Kuate *et al.* (2019)) des ravageurs sur le feuillage a été calculée pour chaque phase de développement du sorgho et pour chaque sous-unité agroécologique, comme le pourcentage de plantes présentant un niveau de sévérité (score) particulier divisé par le nombre total de plantes évaluées par phase ou sous-unité. L'abondance relative des espèces a été déterminée par calcul du rapport du nombre d'individus d'une espèce quelconque au nombre total d'individus des espèces rencontrées dans chaque stade phénologique de la plante, puis dans chaque sous-unité agroécologique. L'effet du stade phénologique (phase de développement) du sorgho et des sous-unités agroécologiques sur la fréquence d'occurrence des dégâts des LR et la fréquence des niveaux de sévérité des dégâts ont été évalués grâce au test du Chi-deux ( $\chi^2$ ). L'effet du stade phénologique (phase de développement) du sorgho et des sous-unités agroécologiques sur l'incidence moyenne des dégâts des LR a été évalué par le test d'ANOVA. La séparation des moyennes a été effectuée par les tests de Bonferroni et de Dunnett. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel JMP Pro 16.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Fréquence d'occurrence des attaques au niveau des champs

Le nombre total des champs infestés par les LR était de 181 pendant ces deux saisons, soit une fréquence d'occurrence globale de 60,5%. Globalement, il y a eu significativement ( $\chi^2 = 19,812$  ; ddl = 1 ;  $P < 0,05$ ) moins de champs attaqués en saison pluvieuse (46,5%,  $N=129$ ) qu'en saison sèche (71,1%,  $N = 170$ ).

Pendant la saison pluvieuse (tableau I), indépendamment de la sous-unité agroécologique, plus de champs ont été significativement ( $\chi^2 = 15,405$  ; ddl = 2 ;  $P < 0,05$ ) attaqués pendant la montaison (61,1% ;  $N = 54$ ) que pendant la

floraison (50% ; N =36) et à la maturation (33,3% ; N=39). De même, indépendamment du stage de développement de la plante, tous les champs observés dans les PMM et la GPI ont été attaqués alors que 34,3% (N = 105) seulement de ceux observés dans la PDMK ont été attaqués.

Tous les champs observés dans les PMM et la GPI ont été tous attaqués à tous les stades phénologiques alors que les champs observés dans la PDMK ont été significativement ( $\chi^2 = 15,043$  ; ddl = 2 ; P= 0,001) plus attaqués au stade montaison (53,3%, N = 45) qu’au stade floraison (30,8%, N = 26) et maturation (11,8%, N = 34).

**Tableau I :** Nombre de champs de sorgho prospectés, fréquence d’occurrence (en %) des attaques par les Lépidoptères ravageurs en saison pluvieuse en fonction des stades phénologiques de la plante de sorgho et des sous-unités agroécologiques dans la région de l’Extrême Nord Cameroun.

Stades phénologique	Sous-unités agro écologiques			
	PDMK	PMM	GPI	Total
Montaison	45 (53,3%) <sup>Ab</sup>	3 (100%) <sup>Aa</sup>	6 (100%) <sup>Aa</sup>	54 (61,1%) <sup>A</sup>
Floraison	26 (30,8%) <sup>Cb</sup>	4 (100%) <sup>Aa</sup>	6 (100%) <sup>Aa</sup>	36 (50,0%) <sup>C</sup>
Maturation	34 (11,8%) <sup>Bb</sup>	5 (100%) <sup>Aa</sup>	-	39 (33,3%) <sup>B</sup>
Total	105 (34,3%) <sup>b</sup>	12 (100%) <sup>a</sup>	12 (100%) <sup>a</sup>	129 (46,5%)

PMM = Piemonts des Monts Mandara, PDMK = Plaine du Diamaré et Mayo-Kani et GPI = Grande Plaine Inondable. Différentes lettres majuscules indiquent des différences significatives à l’intérieur des colonnes. Différentes lettres minuscules indiquent des différences significatives à l’intérieur des lignes.

Pendant la saison sèche (tableau II), indépendamment de la sous-unité agroécologique, la variation de la fréquence d’occurrence des attaques n’a pas été significative ( $\chi^2 = 2,752$  ; ddl = 2 ; P = 0,25) entre la floraison (76,19% ; N = 58), la montaison (73,9%, N = 111) et la maturation (60,5%, N = 38). Par contre, indépendamment du stage de développement de la plante, tous les champs observés dans les PMM ont été attaqués alors que 89,1% (N = 46) et 60,0%, (N = 110) de ceux observés respectivement dans la GPI et la PDMK ont été attaqués.

Tous les champs évalués au stade montaison dans les PMM ont été infestés alors que 68% (N = 75) et 72,3% (N = 22) des champs ont été infestés à ce même stade de développement de la plante respectivement dans la PDMK et la GPI. Au stade floraison, tous les champs prospectés dans la GPI ont été infestés alors que 54,5% (N = 11) de ceux observés dans la PDMK l’ont été. En fin, tous les champs évalués dans la GPI au stade maturation ont été infestés contre 37,5% (N = 24) de ceux observés dans la PDMK.

**Tableau II :** Nombre de champs de sorgho prospectés, fréquence d’occurrence (en %) des attaques par les Lépidoptères ravageurs en saison sèche en fonction des stades phénologiques de la plante de sorgho et des sous-unités agroécologiques dans la région de l’Extrême Nord Cameroun

Stades phénologique	Sous-unités agro écologiques			
	PDMK	PMM	GPI	Total
Montaison	75 (68%) <sup>Ab</sup>	14 (100%) <sup>ca</sup>	22 (72,3%) <sup>Ab</sup>	111 (73,9%) <sup>A</sup>
Floraison	11 (54,54%) <sup>Bb</sup>	-	10 (100%) <sup>Ba</sup>	21 (76,2%) <sup>A</sup>
Maturation	24 (37,5%) <sup>Cb</sup>	-	14 (100%) <sup>Ba</sup>	38 (60,5%) <sup>B</sup>
Total	110 (60,0%) <sup>c</sup>	14 (100%) <sup>a</sup>	46 (89,1%) <sup>b</sup>	170 (71,2%)

PMM = Piemonts des Monts Mandara, PDMK = Plaine du Diamaré et Mayo-Kani et GPI = Grande Plaine Inondable. Différentes lettres majuscules indiquent des différences significatives à l’intérieur des colonnes. Différentes lettres minuscules indiquent des différences significatives à l’intérieur des lignes.

Dans la PDMK on a observé significativement ( $\chi^2 = 7,199$  ; ddl = 2 ; P = 0,02) plus de champs infestés à la montaison (68%) qu’à la floraison (54,5%) et à la maturation (37,5%). Dans le PMM, les prospections n’ont été effectuées qu’à la montaison et tous les champs évalués ont été infestés. En revanche dans la GPI, les champs ont été

significativement ( $\chi^2 = 6,120$  ; ddl =2;  $P = 0,04$ ) moins infestés à la montaison (72,3%) qu'à la floraison (100%) et à la maturation (100%) (tableau II).

### 3.2. Incidence des attaques au niveau des plantes

Un total de 4580 plantes de sorgho a été échantillonné dont 2580 et 3400 en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement. Un total de 1242 (27,1%) plantes a été attaqué par les LR dont 400 (15,5% ;  $N = 2580$ ) et 842 (24,8% ;  $N = 3400$ ) en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement. L'incidence moyenne globale a été significativement ( $t = 9,01$  ;  $ddl = 5920,31$  ;  $P < 0,05$ ) moins élevée en saison pluvieuse (15,5±0,7%) qu'en saison sèche (24,7±0,7%) (tableaux III et IV).

En saison pluvieuse, indépendamment de la sous-unité agroécologique, l'incidence moyenne des infestations a varié significativement entre les stades phénologiques de la plante ( $F_{2, 2578} = 35,264$ ;  $p < 0,05$ ). Elle a été significativement plus élevée pendant la floraison et la montaison que pendant la maturation. De même, indépendamment du stade de développement de la plante, l'incidence moyenne des infestations a varié significativement entre les sous-unités agroécologiques ( $F_{2, 2578} = 188,037$ ;  $p < 0,05$ ). Elle a été significativement plus élevée dans la GPI que dans les PMM et le PDMK.

Dans la PDMK, l'incidence moyenne des infestations a varié significativement d'un stade phénologique à un autre ( $F_{2, 2098} = 14,727$ ;  $p < 0,05$ ). Elle a été significativement plus élevée pendant la montaison que pendant la floraison et la maturation. Il en était de même dans les PMM, où elle a été significativement ( $F_{2, 237} = 5,394$ ;  $p = 0,005$ ) plus élevée pendant la floraison que pendant la montaison et la maturation. Aucune différence significative n'a été observée entre les stades phénologiques de la plante dans la GPI.

Pendant le stade montaison, l'incidence moyenne des infestations des plantes a varié significativement d'une sous-unité agroécologique à une autre ( $F_{2, 1078} = 85,649$ ;  $p < 0,05$ ). Elle a été plus élevée dans la GPI que dans les PMM et la PDMK. Il en était de même pendant la floraison et pendant la maturation (tableau III).

**Tableau III:** Incidence moyenne des infestations (%±écart type) des plantes de sorgho par les Lépidoptères ravageurs en saison pluvieuse en fonction des stades phénologiques de la plante de sorgho et des sous-unités agroécologiques dans la région de l'Extrême Nord Cameroun.

Phénologie	Sous-unités agro écologiques			Total
	PDMK	PMM	GPI	
Montaison	14±01,1 <sup>Ac</sup>	20±05,2 <sup>Bb</sup>	59,2±4,5 <sup>Aa</sup>	19±1,2 <sup>A</sup>
Floraison	11±01,4 <sup>Ac</sup>	35±05,4 <sup>Ab</sup>	49,2±04,6 <sup>Aa</sup>	20±1,5 <sup>A</sup>
Maturation	05±0,9 <sup>Bb</sup>	14±03,6 <sup>Ca</sup>	-	07±0,9 <sup>B</sup>
Total	10±0,7 <sup>c</sup>	23±02,7 <sup>b</sup>	54,2±3,2 <sup>a</sup>	15±0,7

PMM = Piemonts des Monts Mandara, PDMK = Plaine du Diamaré et Mayo-Kani et GPI = Grande Plaine Inondable. Différentes lettres majuscules indiquent des différences significatives à l'intérieur des colonnes ; Différentes lettres minuscules indiquent des différences significatives à l'intérieur des lignes.

En saison sèche (tableau IV), indépendamment de la sous-unité agroécologique, l'incidence moyenne des infestations a varié significativement ( $F_{2, 3397} = 12,239$ ;  $p < 0,05$ ) d'un stade phénologique à un autre. Elle a été significativement plus élevée pendant la montaison et la floraison que pendant la maturation. De même, indépendamment du stade de développement de la plante, l'incidence moyenne des infestations a varié significativement ( $F_{2, 3397} = 46,264$ ;  $p < 0,05$ ) d'une sous-unité agroécologique à une autre. Elle a été significativement plus élevée dans la GPI et dans les PMM que dans la PDMK.

Dans la PDMK, l'incidence moyenne des infestations a varié significativement ( $F_{2, 2197} = 45,868$ ;  $p < 0,05$ ) d'un stade phénologique de la plante à un autre. Elle était significativement plus élevée pendant la montaison et la floraison que pendant la maturation. Dans les PMM, tous les champs observés étaient au stade montaison alors que dans la GPI il n'y avait pas de différence significative entre les stades phénologiques.

Pendant le stade montaison, l'incidence moyenne des infestations des plantes a varié significativement ( $F_{2, 2223} = 6,057$ ;  $p = 0,002$ ) d'une sous-unité agroécologique à une autre. Elle a été plus élevée dans le PMM et la GPI que

dans la PDMK. Elle a été significativement plus élevée dans la GPI que dans la PDMK pendant la floraison ( $t = - 5,577$  ;  $ddl = 345,166$  ;  $p < 0,05$ ) de même que pendant la maturation ( $t = - 10,6$  ;  $ddl = 354,663$  ;  $p < 0,05$ ) (tableau IV).

**Tableau IV:** Incidence moyenne des infestations (%écart type) des plantes de sorgho par les Lépidoptères ravageurs en saison sèche, en fonction des stades phénologiques de la plante de sorgho et des sous-unités agroécologiques dans la région de l'Extrême Nord Cameroun.

Phénologie	Sous-unités agro écologiques			
	PDMK	PMM	GPI	Total 1
Montaison	25±01,1 <sup>Ab</sup>	33±02,8 <sup>a</sup>	31±02,2 <sup>Aa</sup>	27±0,9 <sup>Aa</sup>
Floraison	13±02,3 <sup>Bb</sup>	-	36±03,4 <sup>Aa</sup>	24±02,1 <sup>Ab</sup>
Maturation	6±01,1 <sup>Cc</sup>	-	39±02,9 <sup>Aa</sup>	18±01,4 <sup>Bc</sup>
<b>Total 2</b>	20±0,8 <sup>b</sup>	33±02,1 <sup>a</sup>	35±01,6 <sup>a</sup>	25±0,7

PMM = Piemonts des Monts Mandara, PDMK = Plaine du Diamaré et Mayo-Kani et GPI = Grande Plaine Inondable. Différentes lettres majuscules indiquent des différences significatives à l'intérieur des colonnes ; Différentes lettres minuscules indiquent des différences significatives à l'intérieur des lignes.

### 3.3. Sévérité des attaques

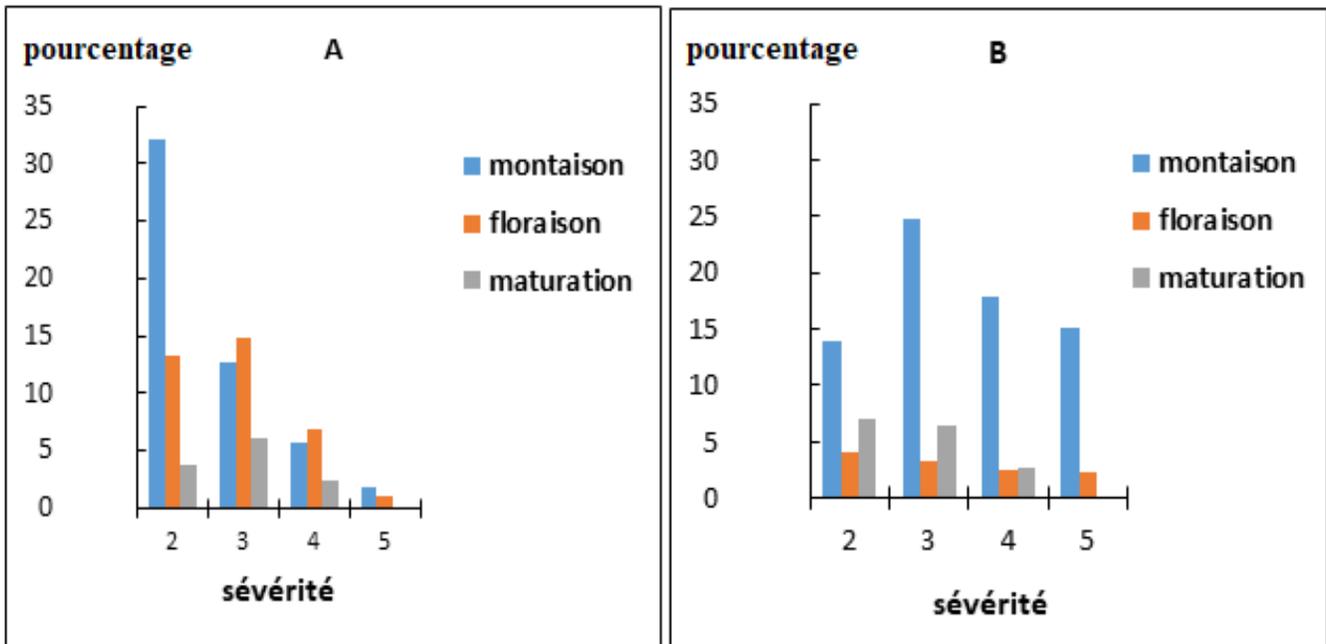
Globalement, 400 et 842 plantes de sorgho ont subi des attaques en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement avec un niveau de sévérité allant de 2 à 5 (tableau V, fig. 2 et 3). Que ce soit en saison de pluie ou en saison sèche, les attaques de niveau 2 sont plus fréquentes que celles du niveau 3 ainsi de suite jusqu'aux attaques du niveau 5 qui sont les moins fréquentes. Les plantes ont été significativement plus attaquées au niveau 2 en saison de pluie (48,2% N= 193) qu'en saison sèche (25,1% N = 211). Au niveau 3, il n'y a pas eu de différence significative alors que pour les niveaux supérieurs, il y a eu significativement plus d'attaque en saison sèche qu'en saison de pluie (tableau V).

**Tableau V :** Distribution des pourcentages d'attaque du sorgho en champ par les Lépidoptères ravageurs par niveau de sévérité en fonction des saisons dans la région de l'Extrême Nord Cameroun.

Saison	Niveau de sévérité d'attaque				Total
	2	3	4	5	
Pluvieuse	193(48,2%)	135(33,8%)	60(15,0%)	12(3,0%)	400(100%)
Sèche	211(25,1%)	290(34,4%)	194(23,0%)	145(13,0%)	842(100%)

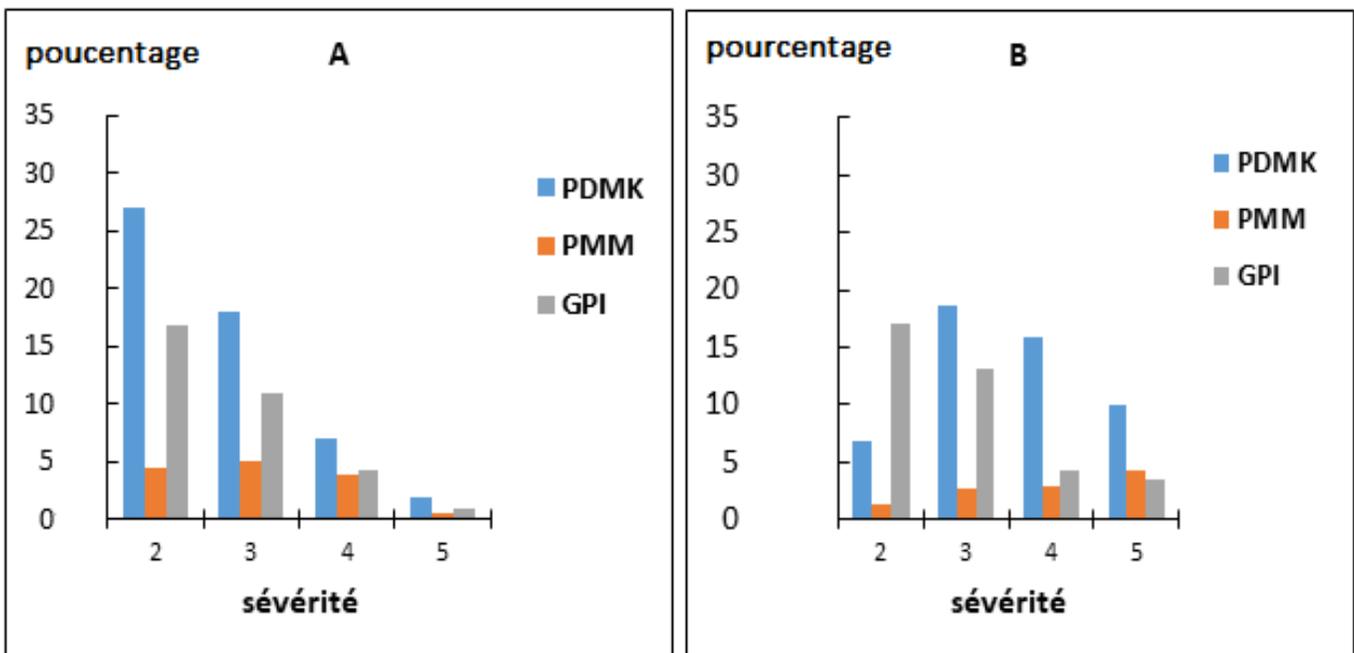
En saison pluvieuse (fig. 2A), le pourcentage des plantes attaquées au niveau 2 a varié significativement d'un stade phénologique de la plante à l'autre ( $x^2 = 153,1$ ;  $ddl = 2$   $p = 0,01$ ). Il était significativement ( $x^2 = 55,12$ ;  $ddl = 1$  ;  $p = 0,01$ ) plus élevé à la montaison (31,2%) qu'à la floraison (13,2%) et la maturation (3,8%). Au niveau 3, il n'y a pas eu de différence entre la montaison et la floraison mais il était significativement ( $x^2 = 12,44$ ;  $ddl = 1$  ;  $p = 0,001$ ) élevé à la floraison (14,8%) et à la montaison (12,8%) qu'à la maturation (6,2%). Il en est de même au niveau 4 où il était significativement ( $x^2 = 11,36$ ;  $ddl = 1$  ;  $p = 0,001$ ) élevé à la floraison (6,8%) et à la montaison (5,8%) qu'à la maturation (2,5%). Par contre, les plantes en montaison (1,8%) sont significativement ( $x^2 = 6,572$ ;  $ddl = 1$  ;  $p = 0,02$ ) plus attaquées au niveau 5 que celles en maturation (0,2%). La différence n'étant pas significative entre la montaison et la floraison (1%) ainsi qu'entre la floraison et la maturation.

En saison sèche (fig. 2B), le pourcentage des plantes attaquées au niveau 2, 3, 4 et 5 a varié significativement d'un stade phénologique de la plante à l'autre (niveau 2 :  $x^2 = 77,08$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,007$ ; niveau 3 :  $x^2 = 299,4$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,01$ ; niveau 4 :  $x^2 = 263,8$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,01$  niveau 5 :  $x^2 = 328,4$ ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,01$ ). Tant au niveau 2, qu'au niveau 3, il était significativement plus élevé à la montaison qu'à la maturation, puis à la floraison. Au niveau 4, il était significativement élevé à la montaison (17,9%) et la différence n'était pas significative entre la floraison (2,4%) et la maturation (2,7%). Au niveau 5, il était significativement élevé à la montaison (15,2%) qu'à la floraison (2,3%). Aucune attaque de ce niveau n'ayant été observée à la maturation.



**Figure 2 :** Distribution des pourcentages d'attaque du sorgho en champ par les Lépidoptères ravageurs par niveau de sévérité en fonction de la phénologie de la plante dans la région de l'Extrême Nord Cameroun, en saison pluvieuse (A), en saison sèche (B).

En saison pluvieuse (fig. 3A), le pourcentage des plantes attaquées au niveau 2, 3 et 4 a varié significativement d'une sous-unité agro-écologique à l'autre (niveau 2 :  $x^2 = 102,6$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,005$ ; niveau 3 :  $x^2 = 46,35$ ; ddl = 2 ;  $p = 0,04$ ; niveau 4 :  $x^2 = 7,107$ ; ddl = 2 ;  $p = 0,02$ ) mais pas au niveau 5 ( $x^2 = 4,841$ ; ddl = 2 ;  $p = 0,08$ ). Du niveau 2, au niveau 3, il était significativement plus élevé dans la PDMK que dans la GPI et les PMM où le pourcentage des plantes attaquées était le plus faible aux deux niveaux. Au niveau 4, la différence est significative seulement entre la PDMK et les PMM.



**Figure 3 :** Distribution des pourcentages d'attaque du sorgho en champ par les Lépidoptères ravageurs par niveau de sévérité en fonction de la sous-unité agro-écologique dans la région de l'Extrême Nord Cameroun, en saison pluvieuse (A), en saison sèche (B).

En saison sèche (fig. 3B), le pourcentage des plantes attaquées au niveau 2, 3, 4 et 5 a varié significativement d'une sous-unité agroécologique à l'autre (niveau 2 :  $\chi^2 = 213,7$ ; ddl = 2 ; p = 0,009; niveau 3 :  $\chi^2 = 164,8$ ; ddl = 2 ; p = 0,009; niveau 4 :  $\chi^2 = 168,4$ ; ddl = 2 ; p = 0,01 niveau 5 :  $\chi^2 = 353,2$ ; ddl = 2 ; p = 0,01). En dehors du niveau 2 où il était significativement plus élevé dans la GPI que dans la PDMK et les PMM, du niveau 3 au niveau 5, il était significativement plus élevé dans la PDMK que dans la GPI et les PMM qui a toujours le pourcentage des plantes attaquées le plus faible sauf au niveau 5 où il était plus élevé que dans la GPI quoique statistiquement non significatif.

### 3.4. Composition spécifique, abondance relative et distribution

Au total 1284 larves de Lépidoptères ont été collectées au cours de cette étude, dont 235 et 1049 en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement. Les adultes émergés ont été identifiés comme appartenant à 11 espèces et à 5 familles (tableaux VI). Il s'agit de : *Buseola fusca* Fuller, *Charax* sp., *Chilo partellus* Swinhoe, *Cnaphalocrocis trapezalis* Guenée, *Eublemma gayneri* Rothschild, *Helicoverpa armigera* Hübner, *Mythimna Loreyi* Duponchel, *Plodia interpunctella* Hübner, *Sesamia cretica* Lederer, *Spodoptera frugiperda* Smith et une espèce d'Hesperidae non encore identifiée. La famille des Noctuidae représentait 55% (N = 11) des espèces identifiées. Les autres étaient réparties entre les Crambidae (9%), Hesperidae (9%), Nymphalidae (9%) et les Pyralidae (18%).

Indépendamment des sous-unités agroécologiques, la communauté des LR du sorgho en saison pluvieuse est dominée par *Sp. frugiperda* (61,3%) suivie de *Se. cretica* (19,6%). Trois espèces attaquent le sorgho à tous les stades de son développement à savoir : *Sp. frugiperda*, *Se. cretica* et *Charax* sp. Deux espèces le font à la montaison et floraison seulement. Il s'agit de *M. loyeri* et *Ch. partellus*. De même, *B. fusca* et l'Hesperide indéterminée l'attaquent à la montaison puis à la maturation. Par contre, la rouleuse des feuilles *Cn. trapezalis* ne le fait que pendant la montaison, *Eu. gayneri*, *H. armigera* et *P. interpunctella* ne l'attaquent que pendant la maturation (tableau VI).

**Tableau VI** : Composition spécifique des Lépidoptères ravageurs du sorgho, abondance relative (%) et distribution selon les stades phénologiques de la plante en saison pluvieuse dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Familles	Espèces	Stades phénologiques			
		Montaison	Floraison	Maturation	Total
Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith	26,8	27,7	6,8	61,3
	<i>Sesamia cretica</i> Lederer	7,7	10,2	1,7	19,6
	<i>Mythimna loreyi</i> (Duponchel)	1,7	0,8	-	2,6
	<i>Busseola fusca</i> Fuller	1,3	-	1,7	3,0
	<i>Eublemma gayneri</i> Rothschild	-	-	0,8	0,8
	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	-	-	1,7	1,7
Crambidae	<i>Chilo partellus</i> (Swinhoe)	1,3	0,4	-	1,7
Hesperidae	Indéterminé	0,8	-	0,4	1,3
Nymphalidae	<i>Charax</i> sp.	1,7	1,3	0,4	3,4
Pyralidae	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	-	-	1,7	1,7
	<i>Cnaphalocrocis trapezalis</i> (Guenée)	3,0	-	-	3,0
<b>Total</b>		<b>44,3</b>	<b>40,4</b>	<b>15,3</b>	<b>100</b>

Indépendamment des stades phénologiques, si en termes d'abondance, *Sp. frugiperda* (61,3%) est toujours dominante et suivie par *Se. cretica* dans la PDMK et la GPI, dans le PMM c'est plutôt *Se. cretica* qui est la plus dominante. Ces deux espèces ont été trouvées dans toutes les sous-unités agroécologiques alors que *B. fusca*, *Ch. partellus* et *H. armigera* ont été trouvées seulement dans la PDMK et les PMM. *Mythimna loreyi* et *Charax* sp. ont été collectées seulement dans la PDMK et la GPI. Toutes les espèces ont été collectées dans la PDMK (tableau VII).

**Tableau VII :** Composition spécifique des Lépidoptères ravageurs du sorgho, abondance relative (%) et distribution selon les sous-unités agroécologiques en saison pluvieuse dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Familles	Espèces	Sous-unités agro écologiques			
		PDMK	PMM	GPI	Total
Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	43,83	0,85	16,60	61,28
	<i>Sesamia cretica</i> (Lederer)	5,10	5,10	9,36	19,56
	<i>Mythimna loreyi</i> (Duponchel)	0,43	-	2,13	2,56
	<i>Busseola fusca</i> (Fuller)	1,28	1,71	-	2,99
	<i>Eublemma gayneri</i> (Rothschild)	0,85	-	-	0,85
	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	0,85	0,85	-	1,70
Crambidae	<i>Chilo partellus</i> (Swinhoe)	0,85	0,85	-	1,70
Hesperiadae	Indéterminé	0,85	-	0,42	1,27
Nymphalidae	<i>Charax</i> sp.	0,85	0,42	2,56	3,41
Pyralidae	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	1,28	-	-	1,70
	<i>Cnaphalocrocis trapezalis</i> (Guenée)	2,99	-	-	2,99
<b>Total</b>		<b>59,16</b>	<b>9,78</b>	<b>31,06</b>	<b>100</b>

En saison sèche (tableau VIII) au contraire, indépendamment des sous-unités agroécologiques, *Se. cretica* est globalement plus abondante (55,6%) suivie de *M. loreyi* (12,4%) et de *Sp. frugiperda* (11,3%) et ceci à la floraison uniquement car *Sp. frugiperda* n'a pas été observée à la maturation. Deux espèces ont été collectées à tous les stades de développement de la plante à savoir : *Se. cretica* et *M. loreyi*. *Ch. partellus* a été observée à la montaison et floraison seulement. Toutes les autres espèces n'ont pas été collectées pendant la saison sèche.

**Tableau VIII :** Composition spécifique des Lépidoptères ravageurs du sorgho, abondance relative (%) et distribution selon les stades phénologiques de la plante en saison sèche dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Familles	Espèces	Stades phénologiques			
		Montaison	Floraison	Maturation	Total
Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith	10,5	0,8	-	11,3
	<i>Sesamia cretica</i> Lederer	43,0	6,9	5,7	55,6
	<i>Mythimna loreyi</i> (Duponchel)	9,0	2,9	0,4	12,4
	<i>Busseola fusca</i> Fuller	-	-	-	-
	<i>Eublemma gayneri</i> Rothschild	-	-	-	-
	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	-	-	-	-
Crambidae	<i>Chilo partellus</i> (Swinhoe)	18,1	2,5	-	20,6
Hesperiadae	Indéterminé	0,1			0,1
Nymphalidae	<i>Charax</i> sp.	-	-	-	-
Pyralidae	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	-	-	-	-
	<i>Cnaphalocrocis trapezalis</i> (Guenée)	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>80,7</b>	<b>13,1</b>	<b>6,1</b>	<b>100</b>

Indépendamment des stades phénologiques, si en termes d'abondance, *Se. cretica* est toujours dominante et suivie par *Sp. frugiperda* dans la PDMK et le PMM, dans la GPI, *Sp. frugiperda* est relayée au quatrième rang après *Se. cretica*, *M. loyeri* et *Ch. partellus* (tableau IX). Quatre espèces à savoir : *Sp. frugiperda*, *Se. cretica*, *M. loyeri* et

*Ch. partellus* ont été observées dans toutes les sous-unités agroécologiques alors que l'Hesperide indéterminée a été trouvée seulement dans la GPI. Toutes les autres espèces n'ont pas été collectées pendant la saison sèche.

**Tableau IX:** Composition spécifique des Lépidoptères ravageurs du sorgho, abondance relative (%) et distribution selon les sous-unités agro-écologiques en saison sèche dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Familles	Espèces	Sous-unités agro écologiques			
		PDMK	PMM	GPI	Total
Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	8,87	0,43	2,00	11,30
	<i>Sesamia cretica</i> (Lederer)	32,63	6,01	16,97	55,61
	<i>Mythimna loreyi</i> (Duponchel)	2,96	0,19	9,25	12,40
	<i>Busseola fusca</i> (Fuller)	-	-	-	-
	<i>Eublemma gayneri</i> (Rothschild)	-	-	-	-
	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	-	-	-	-
Crambidae	<i>Chilo partellus</i> (Swinhoe)	9,25	0,38	10,97	20,60
Hesperidae	Indéterminé	-	-	0,09	0,09
Nymphalidae	<i>Charax</i> sp.	-	-	-	-
Pyralidae	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	-	-	-	-
	<i>Cnaphalocrocis trapezalis</i> (Guenée)	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>53,71</b>	<b>7,01</b>	<b>39,28</b>	<b>100</b>

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Infestations

L'évaluation du niveau d'infestation de plantes cultivées par les ravageurs est une étape préliminaire et indispensable dans le processus de protection des plantes. Cette évaluation devrait être régulière surtout dans un contexte où des nouveaux ravageurs peuvent être introduits parfois accidentellement. La production du sorgho dans ses différentes zones comme à l'extrême nord du Cameroun est limitée entre autres par des insectes (Deschamps 1954, Nonveiller 1969, 1984, Nwanze & Youm 1995, Tuo *et al.* 2020, Singh *et al.* 2023) et surtout des LR parmi lesquels les foreurs de tiges semblent être les plus importants (Iliassa *et al.* 2015, Djodda *et al.* 2019a). La dernière évaluation des infestations du sorgho par les insectes dans cette zone a été conduite depuis 2015 par Iliassa *et al.* (2015) même si Fotso Kuate *et al.* (2019) ont reporté suite à une évaluation rapide, un taux d'infestation par *Sp. frugiperda* seule de 10,6%. Djodda *et al.* (2019a) avaient déjà signalé un taux d'infestation global moyen de 9,34% en 2011 et de 8,24 % en 2012. Ces données devraient être actualisées, surtout que *Sp. frugiperda*, un nouveau ravageur signalé dans la zone (Goergen *et al.* 2016, Tindo *et al.* 2017) pourrait avoir des conséquences sur la structuration des communautés des espèces déjà présentes. Le présent travail conduit entre 2019 et 2021 apporte des données plus récentes sur les infestations du sorgho par les Lépidoptères dans la région de l'Extrême Nord Cameroun.

### 4.2. Fréquence d'occurrence des attaques au niveau des champs

Très peu d'études antérieures ont reporté l'occurrence des dégâts des LR au niveau des champs. La fréquence d'occurrence globale de 60,5% de champs attaqués par les LR indiqué ici est assez élevée.

### 4.3. Incidence des attaques au niveau des plantes

De même, au niveau de la plante, l'incidence moyenne globale des dégâts de 27,1% indiquée est plus élevée que les 9,3% et 8,2% observés par Djodda *et al.* (2019a) en 2011 et 2012 respectivement pour les foreurs de tiges et les 10,6% observé par Fotso Kuate *et al.* (2019) pour *Sp. frugiperda* uniquement. Cette augmentation peut s'expliquer aisément par le fait que notre étude prend en compte non seulement les attaques par les foreurs de tiges mais aussi celles par toutes les autres espèces de Lépidoptères. Par ailleurs l'introduction très récente de *Sp. frugiperda*

et sa voracité contribueraient à expliquer cette augmentation de l'incidence des dégâts. Que ce soit au niveau du champ ou de la plante, les incidences des attaques ont varié significativement entre les saisons, les stades phénologiques et les sous-unités agroécologiques. Elles sont plus élevées en saison sèche qu'en saison de pluie. Aucune donnée sur les infestations des LR sur le sorgho en saison des pluies n'a été rapportée antérieurement. Puisque l'arrivée de *Sp. frugiperda* peut expliquer l'augmentation de l'incidence des attaques, elle peut aussi expliquer sa baisse en saison de pluies car il a été démontré que les pluies peuvent lessiver ses amas d'œufs sur les feuilles ou noyer ses chenilles qui préfèrent se cacher dans l'entonnoir pendant la journée (Varella *et al.* 2015). Ce qui pourrait entraîner une baisse des infestations en saison des pluies. Au cours du présent travail, les champs et les plantes sont généralement plus attaqués par les LR au stade montaison que pendant la floraison et la maturation. Puisque les jeunes larves de *Sp. frugiperda* préfèrent se nourrir sur des feuilles tendres, la femelle pond ses œufs plus sur des plantes en développement que sur des plantes matures (De Melo *et al.* 2006). Iliassa *et al.* (2015) avaient déjà montré que l'incidence varie en fonction du stade phénologique de la plante. En plus de l'incidence, la sévérité des dégâts varie également en fonction de la variété du sorgho (Djodda *et al.* 2019a). De même, les champs et les plantes sont généralement moins attaqués dans la PDMK que les PMM et la GPI. L'échantillonnage moins intense dans les deux dernières sous unités pourrait avoir introduit un biais dans les données. Ainsi, un échantillonnage conséquent dans ces sous unités pourraient apporter des informations différentes. D'après Djodda *et al.* (2013), l'incidence des foreurs de tiges sur le sorgho varie en fonction des localités. Cet auteur n'a cependant travaillé que dans la plaine du Diamaré. D'après Iliassa *et al.* (2015), l'incidence était relativement constante dans la plaine du Diamaré (11%) à tous les stades de développement du sorgho. Mais, elle était très élevée au stade végétatif comparée aux stades plus âgés (floraison, formation des graines et maturation) dans la vallée du Logone et les Piedmonts Mandara.

#### 4.4. Sévérité des attaques

A côté de l'incidence ou le taux d'attaque c'est-à-dire le rapport du nombre de plantes attaquées sur le nombre total examinées, la sévérité ou le niveau de dégâts causés sur la plante par les LR est un indice intéressant de la gravité des dégâts. Plusieurs classes d'indices ont été développées pour évaluer la sévérité des attaques des LR sur les céréales (Ndemah *et al.* 2003, Fotso Kuate *et al.* 2019). Ceux développés pour *Sp. frugiperda* surtout avec son introduction hors de sa zone d'origine (Fotso Kuate *et al.* 2019, Toepfer *et al.* 2021, Ojumoola *et al.* 2022) ne considèrent que la perte de la surface foliaire et ne prennent malheureusement pas en compte certains dégâts de foreurs de tiges qui s'évalueraient en termes de nombre de trous par tige ou la longueur des tunnels laissés dans les tiges (Ndemah *et al.* 2003) que nous n'avons d'ailleurs pas évalué pendant le présent travail. Nous avons considéré l'échelle à 5 niveaux (Fotso Kuate *et al.* 2019) qui prend en compte toute la plante et est plus indiquée pour une évaluation rapide sur le terrain que l'échelle dite de Davis (1992) à 9 niveaux qui semble plus indiquée pour des études de sélection variétale. Au cours du présent travail le niveau d'infestation 2 c'est-à-dire une perte de 1 et 10% de la surface foliaire totale est généralement le niveau le plus fréquent suivi du niveau 3 (pertes comprises entre 11 et 25%). Les autres niveaux (4 et 5) sont plutôt moins fréquents. Ceci indiquerait que les attaques sont rarement sévères.

Tout comme l'incidence et probablement pour les mêmes raisons évoquées plus haut, la sévérité des dégâts a été plus élevée en saison sèche qu'en saison de pluie, plus élevée pendant la montaison que pendant les autres stades phénologiques. Contrairement à l'incidence, elle a été plus élevée dans la PDMK que dans les autres sous-unités agroécologiques.

#### 4.5. Composition spécifique, abondance relative et distribution

La majorité des travaux précédents effectués sur la diversité des LR du sorgho dans la zone agroécologique de savane soudano-sahélienne du Cameroun ont reporté beaucoup plus les Lépidoptères foreurs de tige du sorgho mais aussi une espèce défoliatrice et des ravageurs de panicules (Deschamps 1954, Nonveiller 1969, 1984). Il ressort de la littérature qu'à côté des espèces de foreurs de tige comme *B. fusca*, *Ch. partellus*, *El. saccharina*, celles du genre *Sesamia* sont plus diversifiées (*Se. calamistis*, *Se. cretica*, *Se. botanephaga* et *Se. poephaga*) avec *Se. cretica* comme la plus dominante (Ayaji *et al.* 1996, Djimadounngar 2001, Mathieu *et al.* 2006, Aboubakar *et al.* 2008, Djodda *et al.* 2013, Iliassa *et al.* 2015). Le présent travail utilisant une approche holistique, s'est intéressé à toutes les espèces de Lépidoptères s'attaquant au sorgho dans cette zone. Ainsi en plus des espèces des foreurs de tiges

et des espèces bien connues comme la défoliatrice *M. loyeri* et le ravageur des panicules *Eu. gayneri*, des espèces non encore signalées sur le sorgho au Cameroun comme la rouleuse des feuilles *Cn. trapezalis*, *Charax* sp., l'Hespéride indéterminée, la chenille de la capsule de coton *H. armigera* et surtout la chenille légionnaire d'automne sont reportées ici. Par contre certains ravageurs de panicule comme *P. hemizopa* et *Sa. mesozonella* (Nonveiller 1969, 1984, Ratnadass & Ajayi 1995, Mathieu 2005) n'ont pas été observés. Un travail plus méticuleux focalisé sur les ravageurs des panicules permettrait sûrement de mettre en évidence ces deux espèces. De même, au cours du présent travail, nous pensons n'avoir observé que l'espèce *Se. cretica* mais une identification plus fine des échantillons de foreurs de tige récoltés peut être avec l'outil moléculaire permettrait sûrement d'obtenir d'autres espèces du genre *Sesamia*. Si les espèces comme *Cn. trapezalis*, *Charax* sp., l'hespéride indéterminée sont plutôt rares et peuvent être considérées comme des ravageurs mineurs, la CLA et *H. armigera* méritent une attention particulière en dehors des foreurs de tiges. En effet, originaire d'Amérique tropicale, *Sp. frugiperda* est d'une introduction récente en Afrique (Goergen *et al.* 2016, Tindo *et al.* 2017). C'est un ravageur hautement polyphage qui peut s'attaquer à plus de 350 espèces de plantes comme le maïs, le sorgho (Montezano *et al.* 2018) chez les quelles elle peut infliger des pertes de rendement considérables (Day *et al.* 2017). D'ailleurs selon la présente étude, son introduction aurait fait augmenter le niveau d'infestation des plantes de sorgho à l'Extrême Nord du Cameroun. Il est important de mettre sur pied une stratégie de gestion prenant en compte l'environnement et la santé humaine. Heureusement que les travaux actuels orientés dans ce sens ont déjà identifié un certain nombre d'ennemis naturels comme le parasitoïde des œufs *Telenomus remus* Nixon, 1937 qui est déjà présent dans le système et qui devrait être entretenu pour réguler la population de la CLA (Sisay *et al.* 2019, Kenis *et al.* 2019, Abang *et al.* 2021). *Helicoverpa armigera* est également un ravageur hautement polyphage s'attaquant aux plantes cultivées comme sauvages appartenant à 39 familles (Sarate *et al.* 2012, Cunningham & Zalucki 2014, Mapuranga *et al.* 2015). Il est connu comme un ravageur important de coton d'où son nom commun de 'ver de la capsule de coton'. Il a été aussi signalé au Sénégal (Nwanze & Youm 1995), en grande quantité pendant certaines périodes de production de sorgho en Afrique de l'Est (Pedgley 1985, Pogue 2004, Kumar *et al.* 2009) mais jamais au Cameroun (Nonveiller 1969, 1984, Ratnadass & Ajayi 1995). Des attaques récentes sur le sorgho de saison sèche à l'Extrême Nord du Cameroun lui ont d'ailleurs été définitivement attribuées (Tindo *et al.*, unpl.) après avoir incriminé au paravent la CLA. Un travail de surveillance est nécessaire pour détecter à temps la pullulation de ce ravageur qui doit être dépendante de certaines conditions climatiques. Signalons qu'elle est toujours présente dans le système sur ses hôtes comme le coton, la tomate etc. (M. Tindo Obs. Pers.), mais ses attaques sur le sorgho sont rarement reportées.

Le présent travail montre que *Sp. frugiperda* est le LR le plus abondant en saison de pluie alors qu'en saison sèche il passe au troisième rang laissant la place à *Se. cretica* et *M. loyeri*. La diversité des plantes hôte y compris la présence de son hôte de prédilection le maïs pendant la saison de pluie pourrait être invoquée pour expliquer cette différence d'abondance. Malgré cette abondance, les infestations ont été moins élevées et moins sévères qu'en saison sèche. On peut spéculer que l'adversité climatique par exemple la pluie abondante qui peut déloger les amas d'œufs et aussi noyer les larves dans les entonnoirs (Varella *et al.* 2015) pourraient limiter les dégâts.

Tout comme indiqué dans beaucoup de travaux antérieurs (Deschamps 1954, Nonveiller 1969, 1984, Ratnadass & Ajayi 1995, Mathieu 2005), les résultats du présent travail montrent clairement une répartition des espèces de Lépidoptères en fonction du stade phénologique du sorgho. Certaines espèces comme *Cn. trapezalis* et *M. loyeri*, qui sont principalement des défoliatrices ne l'attaquent qu'en phase végétative quand les feuilles sont abondantes contrairement aux ravageurs de panicules comme *Eu. gayneri*, et *P. interpunctella* qui ne sont observés que pendant la maturation. Les foreurs de tige comme *Se. cretica* qui est plus observée à partir de la floraison. *Spodoptera frugiperda* semble attaquer le sorgho à tous les stades mais avec une préférence pour la phase de montaison (présente étude). Il a été démontré que *H. armigera* s'attaque principalement aux panicules et se nourrit des graines en formation (Ratnadass & Ajayi 1995, Riaz *et al.* 2021, Tindo *et al.*, unpl.). Elle peut d'ailleurs occasionner des pertes de productions considérables si les attaques commencent en période de formation des graines que lorsque les graines sont à un stade plus avancé de leur développement (Pedgley 1985, Pogue 2004). Les données collectées ici ne permettent pas de mettre en évidence le déplacement par *Sp. frugiperda* des autres espèces de LR vers les stades matures du sorgho comme démontré sur le maïs (Abang *et al.* 2021).

En termes de répartition spatiale, toutes les espèces ont été collectées dans la PDMK alors que certaines ont été absentes dans d'autres sous unités agroécologiques. L'effort d'échantillonnage moindre dans le PMM et le GPI serait à l'origine de ce résultat. Ces données sont insuffisantes pour inféoder une espèce à une sous unité-agroécologique.

## 5. CONCLUSION

Cette étude montre que la fréquence d'occurrence des dégâts des LR est élevée au niveau des champs mais l'incidence des dégâts est modérée au niveau de la plante. L'incidence moyenne des dégâts et la sévérité des attaques sont moins élevées en saison de pluies qu'en saison sèche, généralement plus élevées à la montaison que pendant les autres stades phénologiques de la plante, plus élevées dans les PMM et la GPI que dans la PDMK où l'échantillonnage a été plus intense. Parmi les 11 espèces de LR collectées, *Sp. frugiperda* et *Se. cretica* sont les plus abondantes en saison pluvieuse et en saison sèche respectivement. L'étude confirme que la répartition des espèces de LR est fonction du stade phénologique du sorgho mais les données collectées ne permettent pas de mettre en évidence le déplacement des autres espèces de LR vers les stades matures du sorgho par *Sp. frugiperda*. De même, elles ne permettent pas d'inféoder une espèce à une sous unité-agroécologique.

**CONFLIT D'INTERET.** Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

**CONTRIBUTION DES AUTEURS.** Haman Abdoulaye, Maurice Tindo, Armand R. P. Doumtsop Fotio, Laurentine Soufo: Conceptualisation. Haman Abdoulaye, Ahmed Hamana, Armand R. P. Doumtsop Fotio, Laurentine Soufo: Mise en place de l'essai, collecte des données. Haman Abdoulaye, Maurice Tindo, Armand R. P. Doumtsop Fotio : Nettoyage des données et rédaction du premier document. Haman Abdoulaye, Maurice Tindo, Armand R. P. Doumtsop Fotio, Laurentine Soufo, Yanick Clair K. Nzouendja: Relecture et mise en forme du document.

**FINANCEMENT.** Ce travail n'a reçu aucun financement.

## REFERENCES

- Abang A F, Fotso Kuate A, Nanga N S, Okomo R M, Ndemah R, Masso C, Fiaboe K K M, and Hanna R (2021). Spatio-temporal partitioning and sharing of parasitoids by fall armyworm and maize stemborers in Cameroon. *Journal of Applied Entomology* 145, 55-64. <https://doi.org/10.1111/jen.12827>
- Aboubakary, Ratnadass A and Mathieu B (2008). Chemical and botanical protection of transplanted sorghum from stem borer (*Sesamia cretica*) damage in northern Cameroon. *Journal of SAT Agricultural Research* 6, 1-5.
- AGRISTAT (2012) Annuaire des statistiques du secteur agricole, Campagne 2009 et 2010. N° 17 MINADER 123 p.
- Ajayi O, Tabo R and Ali D (1996). Incidence of stem borers on post rainy-season transplanted sorghum in Cameroon, Nigeria and Chad in 1995/96. *International Sorghum and Millets Newsletter* 37, 58-59.
- Ajayi O and Ratnadass A (1998). Sorghum insect pest distribution and losses in West Africa. Pages 81-90. In: Ratnadass A, Chantereau J and Gigou J. (éditeurs), 1998. Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad, 17-20 mars 1997, Bamako, Mali. *Collection Colloques*, Montpellier, Cirad-ca, 315 p
- Bretraudeau A, Comas J, Ifra D, Gomez-MacPherson H, Mathieu B and Ratnadass A (2002). La culture du sorgho de décrue, définition et harmonisation des terminologies existantes. In : Comas J, Gomez-MacPherson H, (eds.). *La culture du sorgho de décrue en Afrique de l'Ouest et du Centre : situation actuelle et définition d'un plan d'action régional*, Madrid, AECI/FAO. ISBN 84-7232-898-8 Réunion internationale sur la culture du sorgho de décrue en Afrique du Centre et l'Ouest, Nouakchott, Mauritanie, pp 209-218.
- Barrion A T, Copeland R S and Khan Z R (2007). Manual for the identification of grass stemborers and associated parasitoids in Kenya. *ICRISAT Science Press*, Nairobi, 213p.
- Chantereau J, Cruz J, Ratnadass A and Gilles T (2013). Le sorgho. In : *Agricultures tropicales en poches*. éds : *Presse agronomiques de Gembloux*, Belgique. 267p.

- Cunningham J P and Zalucki M P (2014). Understanding heliothine (Lepidoptera: Heliothinae) pests: What is a host plant? *Journal of Economic Entomology* 107, 881-896. Doi.org/10.1603/EC14036
- Dahlberg J, Berenji J, Sikora V and Latkovic D (2011). Assessing sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) germplasm for new traits: food, fuels and unique uses. *Maydica* 56(2), 1750
- Dajoz R (1985). Précis d'écologie. *Bordas* (Ed.), Paris, France, 505 p.
- Davis F M, Ng S S, and Williams W P (1992). Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station-Technical Bulletin* 186, 9.
- Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, Clotley V, Cock M, Colmenarez Y, Corniani N, Early N, Godwin J, Gomez J, Moreno P G, Murphy S T, Oppong-Mensah B, Phiri N, Pratt C, Silvestri S and Witt A (2017). Fall armyworm: impacts and implications for Africa. *Outlooks Pest Management* 28,196-201. DOI:10.1564/v28\_oct\_02
- Descamps M (1954). Insectes nuisibles aux cultures et insectes prédateurs récemment observés dans le Nord Cameroun. *Agronomie Tropicale* 9,174-182.
- Djimadomngar K (2001). Inventaire et cycles biologiques des Lépidoptères foreurs des tiges du sorgho et de leurs principaux parasitoïdes dans la région de N'Djamena (Tchad). *Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de N'Djamena/UMR INRA/INSA Biologie fonctionnelle*, Lyon, Paris.194p.
- Djodda J, Nukenine E, Ngassam P and Hamawa Y (2013). Degree of infestation of transplanted sorghum *Sorghum bicolor* (L) Moench by Lepidoptera stem borers and their biodiversity in Diamaré (Maroua, Cameroon). *American Open Journal of Agricultural Research* 1, 1-7
- Djodda J, Nukenine E, Ngassam P and Djilé Bouba (2019a). Resistance of sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) to lepidopterous stem borers: Case of off-season local varieties in the Far North Region of Cameroon. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 26(4), 926-937.
- Djodda J, Nukenine E, Ngassam P and Djilé Bouba (2019b). Abundance and biological diversity of lepidopterous stem borers infesting the transplanted sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) in the Far-North Region of Cameroon. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 6(8), 81-87.
- Dugue P (1997). Zonage de la province du Nord Cameroun et propositions pour la localisation des interventions du PRASAC. *IRAD, PRASAC*, Garoua, Cameroun, 10p.
- FAO (2018). Gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne sur le maïs. Un guide pour les champs-écoles des producteurs en Afrique. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*, Rome Italie. 135p.
- FAO (2020). Manuel technique de protection du maïs en culture et en stockage au Bénin, 96p. consulté le 13 Mai 2023
- FAOSTAT (2022). Profil des systèmes alimentaires au Cameroun. Activer la transformation durable et inclusive de nos systèmes alimentaires. Rome, Bruxelles et Montpellier France.  
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9ba1a265-b5ed-4170-87ac70ed6539ea73/content>. PDF, 52p
- Fotso Kuate A, Hanna R, Doumtsop A, Abang A, Nanga N, Ngatat S, Tindo M, Cargele M, Rose N., Christopher S and Komi K (2019). *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants. *PLoS ONE* 14(4), e0215749. Doi.org/10.1371/journal.pone.0215749
- Fontaine R, Clain C and Franck A (2018). *Spodoptera frugiperda*, la chenille légionnaire d'automne. *Fiche phytosanitaire*. 2p. <https://plateforme-esv.fr/sites/default/files/2020-09/Fiche-phytosanitaire-S-frugiperda-R%C3%A9union>.
- Goergen G, Kumar P, Sankung S, Togola A and Tamo M (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLOS ONE* 11(10), 1-9 Doi:10.1371/journal.pone.0165632

- Iliassa N, Ngamo T and Mapongmestsem P (2015). Diversity and spatial distribution of stem borers and their natural enemies on off-season sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Poaceae), in the Sudano-sahelian zone of Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 5(7), 51-58.
- INS (2018). *Annuaire statistique de la région de l'Extrême-Nord Cameroun*. 276 p.
- Kenga R and Djorowe G (2008). Variabilité morphologique des sorghos de saison sèche [Muskwari] du Nord Cameroun. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 153, 9-14.
- Kenis M, Du Plessis H, Van den Berg J, Ba M N, Goergen G, Kwadjo K E, Baoua I, Tefera T, Buddie A, Cafà G, Offord L, Rwomushana I, and Polaszek A (2019). *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects* 10, 92. Doi:10.3390/insects10040092
- Kenis M, Benelli G, Biondi A, Calatayud P A, Day R, Desneux N, Harrison R D, Kriticos D, Rwomushana I, van den Berg J, Verheggen F, Zhang Y J, Agboyi L K, Ahissou R B, Ba M N, Bernal J, Freitas de Bueno A, Carrière Y, Carvalho G A, ... Wu K (2022). Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis* 43(2), 187-241. DOI: [10.1127/entomologia/2022/1659](https://doi.org/10.1127/entomologia/2022/1659)
- Kfir R, Overholt W, Khan Z and Polaszek A (2002). Biology and management of economically important lepidopteran cereal stem borers in Africa. *Annual Review of Entomology* 47, 701-731. Doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145254
- Kumar S, Sain S K and Ram P (2009). Natural mortality of *Helicoverpa armigera* (Hubner) eggs in the cotton ecosystem. *Journal of Agricultural Science and Technology* 11(1), 17-25.
- Le Rü B, Ong'amo G, Stéphane D, Moyal P, Calatayud P and Silvain J (2006). Distribution, pest status and agro-climatic preferences of lepidopteran stem borers of maize in Kenya. *Annales de la Société Entomologique de France* (N.S.). 42 (2), 171-177. DOI:[10.1080/00379271.2006.10700620](https://doi.org/10.1080/00379271.2006.10700620)
- Lucas B, Sophie S, Bernard G and Pierre-Alain A O A (2017). Tendances pluviométriques et aléas. Inondation à l'Extrême-Nord Cameroun. *Geologie-Ecologie-Tropicale* 41(3), 339-358.
- Mathieu B (2005). Une démarche agronomique pour accompagner le changement technique. Cas de l'emploi du traitement herbicide dans les systèmes de culture à sorgho repiqué au Nord-Cameroun. *Thèse Agronomie, Agro*. Paris (INA-PG). 376 p.
- Mathieu B, Ratnadass A, Aboubakary A, Beyo J and Moyal P (2006). Losses Caused by Stem Borer to Transplanted Sorghum Crops in Northern Cameroon. *International Sorghum and Millets Newsletter* 47, 75-77.
- Matama-Kauma T, Fritz S, Le Ru B, Mueke J, Ogwang J and Omwega C (2008). Abundance and diversity of lepidopteran stemborers and their parasitoids on selected wild grasses in Uganda. *Crop Protection* 27, 505-513. DOI:[10.1016/j.cropro.2007.08.003](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.08.003)
- Mapuranga R, Chapepa B, Mudada N (2015). Strategies for integrated management of cotton bollworm complex in Zimbabwe: A review. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 7(1), 23-35.
- Moeng E, Mutamiswa R, Conlong E Assefa Y, Le Ru B, Gofitshu M and Nyamukondiwa C (2018). Diversity and distribution of lepidopteran stemborer species and their host plants in Botswana. *Arthropod-Plant Interactions* 12,733-749. DOI:[10.1007/s11829-018-9622-0](https://doi.org/10.1007/s11829-018-9622-0)
- Montezano D G, Specht A, Sosa-Gómez D R, Roque-Specht V F, Sousa-Silva J C, Paula-Moraes S V, Peterson J A and Hunt T E (2018). Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology* 26, 286-300. Doi.org/10.4001/003.026.0286
- Mukisa I, Byaruhanga Y, Muyanja C, Langsrud T and Narvhus J (2017). Production of organic flavor compounds by dominant lactic acid bacteria and yeasts from Obushera, a traditional sorghum malt fermented beverage. *Food science & nutrition* 5, 702-712.
- Nathalie P, Sobda G and Bertrand M (2005). Biodiversité et usages alimentaires des sorghos, Maroua Extrême-Nord Cameroun. *Documentation IRD, Ressources vivrières et choix alimentaires dans le bassin du lac Tchad* 244-261.

- Ndemah R, Schulthess F, Korie S, Borgemeister C, Hans-Michael P and Cardwell K (2003). Factors affecting infestations of the stalk borer *Busseola fusca* (Lepitoptera: Noctuidae) on maize in the forest zone of Cameroon with special reference to scelionid egg parasitoid. *Environmental Entomology* 32(1), 51-60. DOI:[10.1603/0046-225X-32.1.51](https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.1.51)
- Ndemah R, Schulthess F, Le Ru B and Bame I (2007). Lepidopteran cereal stemborers and associated natural enemies on maize and wild grass hosts in Cameroon. *Journal of Applied Entomology* 131(9-10), 658-668. DOI:[10.1111/j.1439-0418.2007.01219.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01219.x)
- Nieukerken E and Berggren K (2011). *Ectoedemia rosae*, a new species from the French Alps and Norway (Lepidoptera Nepticulidae). *Tijdschrift voor Entomology* 154, 181-191. DOI:[10.1163/22119434-900000316](https://doi.org/10.1163/22119434-900000316)
- Nonveiller G (1969). Note sur les chenilles des panicules de sorgho au Cameroun et la corrélation entre l'intensité de l'attaque et la compacité des panicules. *Agronomie Tropicale* 24, 610-633.
- Nonveiller G (1984) Catalogue des insectes du Cameroun d'intérêt agricole. Institut pour la protection des plantes. Mémoires XV, Presses de l'imprimerie "NOVI DANI", Beograd, Vojvode Brane 13, 210 p.
- Nwanze K F and Youm O (1995). Panicle Insect Pests of Sorghum and Pearl Millet, *Proceedings of an International Consultative Workshop* 4-7 Oct 1993 ICRISAT Sahelian Center Niamey, Niger 315 p.
- Nzouendja K, Abdoulaye H, Kentsop T, Dim M, Kengne S and Tindo M (2022). Overall dominance of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) within the lepidopteran pests community infesting maize fields in the Littoral Region of Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science* 43, 163-172. DOI:[10.1007/s42690-022-00927-y](https://doi.org/10.1007/s42690-022-00927-y)
- Ojummola O, Omolaye A, Kehinde T (2022). Maize Farmers' Knowledge and Management of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Southwest Nigeria. *Journal of Agricultural Extension* 26, 4. Doi.org/[10.4314/JAE.V26I4.4](https://doi.org/10.4314/JAE.V26I4.4)
- Olabimpe O, Kerry C, James P, and Gadi V P R (2021). Biology, Ecology, and Management of Key Sorghum Insect Pests. *Journal of Integrated Pest Management* 12, 1-18. DOI:[10.1093/jipm/pmaa027](https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa027)
- Ong'amo G, Le Gall P, Ndemah R and Le Ru B (2014). Diversity and host range of lepidopteran stemborer species in Cameroon. *African Entomology* 22(3), 625-635. Doi.org/[10.4001/003.022.0316](https://doi.org/10.4001/003.022.0316)
- Ong'amo G, Pallangyo B, Ali A, Njaku M and Le Ru B P (2018). Diversity and abundance of lepidopteran stem borers and their respective native hosts in different vegetation mosaics in Tanzania. *African Entomology* 26(1), 50-62. Doi/full/[10.4001/003.026.0050](https://doi.org/10.4001/003.026.0050)
- Overholt W A, Maes K V N and Goebel F R (2001). Field guide to the stem borer larvae of maize, sorghum and sugarcane in Eastern and Southern Africa. *ICRISAT Science Press* P.O.Box 72913, Nairobi, Kenya. ISBN: 92 9064 132 X, 31p.
- Pedgley D E (1985). Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles. *Entomologists Gazette* 36(1), 15-20. [Doi.org/10.1111/j.1365-2311.1986.tb00325.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1986.tb00325.x)
- Pogue M G (2004). A New Synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and Differentiation of Adult Males of *H. zea* and *H. armigera* (Hu"bner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 97(6), 1222-1226. DOI:[10.1603/0013-8746\(2004\)097\[1222:ANSOHZ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[1222:ANSOHZ]2.0.CO;2)
- Prasanna B, Huesing J E, Eddy R and Peschke V M (2018). Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management. 1st ed. Mex. CDMX CIMMYT. 120 p.
- Ratnadass A, Doumbia Y and Hamadoun A (1992). *Neolimninus aegypticus* Matsumara (Hemiptera:Cicadellidae) et *Sesamia penniseti* Tams et Bowden (Lepidoptera: Noctuidae), deux nouveaux ravageurs du sorgho de décrue dans la zone des lacs au nord du Mali. *Agronomie tropicale* 46, 321-326.
- Ratnadass A, Ajayi O (1995). Panicle insect pests of sorghum in West Africa. In: Nwanze K F and Youm O (Eds), *Panicle Insect Pests of Sorghum and Pearl Millet, Proceedings of an International Consultative Workshop* 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger, pp 29-39.

- Riaz S, Johnson J B, Ahmad M, Fitt G P and Naiker M (2021). A review on biological interactions and management of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* 145, 467-498. [Doi.org/10.1111/jen.12880](https://doi.org/10.1111/jen.12880)
- Sarate A P J, Tamhane V A, Kotkar H M, Ratnakaran N, Susan N, Gupta V S, Giri A P (2012). Developmental and Digestive Flexibilities in the Midgut of a Polyphagous Pest, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science* 12(42), 1-16. DOI:[10.1673/031.012.4201](https://doi.org/10.1673/031.012.4201)
- Singh S, Moond V, Dhapola P and Gupta S (2023). Insect Pests of Sorghum and Their Management. In : Kumar A, Kumar Rai A, Zaman M I, Maheshwari S, Upadhyay D (Eds) *Insect pest management of field crops*, pp 56-76
- Scholtz C and Holm E (1985). Insects of Southern Africa. *Cabidirect. org.*, Durban South Africa Book, 502 p.
- Sisay B, Simiyu J, Mendesil E, Likhayo P, Ayalew G, Mohamed S, Subramanian S and Tefera T (2019). Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* Infestations in East Africa: Assessment of Damage and Parasitism. *Insects* 10, 195. [Doi.org/10.3390/insects10070195](https://doi.org/10.3390/insects10070195)
- Sparks A (1979). A review of the biology of the fall armyworm. *Florida Entomology* 62, 82-87. [Doi.org/10.2307/3494083](https://doi.org/10.2307/3494083)
- Suby S B, Soujanya P L, Yadava P, Patil J, Subaharan K, Prasad G S, Babu K S, Jat S L, Yathish K R, Vadassery J, Kalia V K, Bakthavatsalam N, Shekhar J C and Rakshit S (2020). Invasion of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in India: nature, distribution, management and potential impact. *Current Science* 119(1), 44-51.
- Tabo R, Olabanji O G, Ajayi O, Flower D J and Kaigama B K (1993). Performance of dry-season sorghum at varying plant densities in northeastern Nigeria. *Agronomy Abstracts* 1993, 147.
- Tindo M, Tagne A, Tigui A, Kengni F, Atanga J, Bila S, Doumtsop A and Abega R (2017). First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) in Cameroon. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences* 25, 30-32
- Toepfer S, Fallet P, Kajuga J, Bazagwira D, Mukundwa I P, Szalai M, Turlings T C J (2021). Streamlining leaf damage rating scales for the fall armyworm on maize. *Journal of Pest Science* 94, 1075-1089. DOI:[10.1007/s10340-021-01359-2](https://doi.org/10.1007/s10340-021-01359-2)
- Tuo Y, Traore D, Yapom M L and Koua H K (2020). Evaluation de la diversité de l'entomofaune du sorgho au nord de la Cote d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *African Crop Science Journal* 28(3) : 329 - 339
- Varella A C, Menezes-Netto A C, Alonso J D S, Caixeta D F, Peterson R K D and Fernandes O A (2015). Mortality Dynamics of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Immatures in Maize. *PLOS ONE* 10(6), 0130437. [Doi:10.1371/journal.pone.0130437](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130437)