



Open Access



Diversité des insectes associés aux épis de maïs (*Zea mays* Linné, 1753) au cours du stockage dans le Nord de la Côte d'Ivoire

Stephane COULIBALY SIE YANN^{1,2,3,4*}, Felicia JOHNSON^{1,3,5}, Fanlégué COULIBALY LANCINA⁶, Mohamed DOUMBOUYA⁶, Thérèse Appoh Périne KISSI^{1,4}, Felicienne N'DRI AMENAN LAETICIA^{1,3,4}, & Daouda KONE^{1,7}

¹Université Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire.

²Ecole Doctorale Sciences, Technologies et Agriculture Durable, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire.

³Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire.

⁴Ecole Doctorale Biologie, Environnement et Santé, 22 BP 582 Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire.

⁵Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la biodiversité, 22 BP 582 Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire.

⁶Departement de Biologie Végétale, BP 1328, Korbogo, Côte d'Ivoire.

⁷Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, 22 BP 582 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Corresponding author, E-mail: coulibaly.stephane03@ufhb.edu.ci

Copyright © 2025, COULIBALY et al. | Published by LENAF/ IFA-Yangambi | [License CC BY-NC-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Received: 16 November 2024

Accepted: 20 January 2025

Published: 28 January 2025

RÉSUMÉ

Le maïs (*Zea mays* Linné, 1753) est la céréale la plus cultivée au monde. Dans le nord de la Côte d'Ivoire, les stocks de maïs fortement attaqués par les insectes ravageurs enregistrent des dégâts importants. Pourtant cette céréale est l'aliment de base des populations de cette région. L'objectif de cette étude est d'identifier les périodes de forte pullulation des insectes ravageurs des stocks d'épis de maïs dans la sous-préfecture de Kanakono. Pour réaliser cette étude, vingt-sept (27) structures de stockage ont été prospectées et 90 épis ont été collectés par structure de stockage. Les épis de maïs ont été prélevés en début de stockage puis à 3, 6 et 9 mois de stockage sur deux années successives de conservation que sont 2021 et 2022. Les insectes ont été collectés après l'égrenage et le tamisage des échantillons prélevés. L'étude a permis d'identifier 18 espèces d'insectes dans les échantillons prélevés. Les espèces d'insectes ravageurs tels que *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus* et *Tribolium castaneum* étaient les plus abondants dans les stocks. Les résultats ont montré qu'au bout de trois mois de stockage *Prostephanus truncatus* est l'insecte majoritaire avec une abondance relative de 79 % dans les greniers prospectés. Ainsi, les stocks d'épis de maïs de Kanakono sont la cible de nombreux insectes ravageurs, dont, *Prostephanus truncatus* s'est révélé le plus dominant. Compte tenu des importants dommages que cet insecte cause au maïs stocké, des méthodes de lutte efficaces doivent être envisagées afin de les protéger et réduire les risques d'insécurité alimentaire.

Mots clés : Bostrichidae, Coleoptera, *Prostephanus truncatus*, Conservation, Sécurité alimentaire, Post-récolte, Ravageurs, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Diversity of insects associated with corn cobs (*Zea mays* Linné, 1753) during storage in northern Ivory Coast

Maize (*Zea mays* Linné, 1753) is the most widely grown cereal in the world. In the north of Côte d'Ivoire, maize stocks have been severely damaged by insect pests. Yet maize is a staple food for people in Kanakono, north of the country. The aim of this study was to identify the periods of greatest outbreaks of insect pests of corn cobs stocks in the Kanakono sub-prefecture. In order to carry out this study, twenty-seven (27) storage structures were surveyed and 90 cobs were collected per storage facility. The maize cobs were sampled at the start of storage and then after 3, 6 and 9 months of storage over two successive storage years, i.e. 2021 and 2022. The insects were collected after the samples had been shelled and sieved. This study identified 18 insect species in the samples taken. Insect pest species such as *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus* and *Tribolium castaneum* were the most abundant in the stocks. The results show that after three months' storage, *Prostephanus truncatus* is the majority insect, with a relative abundance of 79% in the granaries surveyed. Thus, stocks of maize cobs in northern Côte d'Ivoire are the target of numerous insect pests, of which *Prostephanus truncatus* proved to be the most dominant. Given the serious damage that this insect causes to stored maize, efficient control methods must be considered in order to protect them and reduce the risk of food insecurity.

Keywords: Bostrichidae, Coleoptera, *Prostephanus truncatus*, Conservation, Food security, Post-harvest, Pests, Ivory Coast

INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* Linné, 1753) est la céréale la plus cultivée au monde (FAO, 2016) avec une superficie totale de 33 millions d'hectares (Kambale et al., 2023). Cette céréale est l'un des principaux piliers de la sécurité alimentaire mondiale. Sur la période 2023-2024, la demande en céréales estimée à environ 2842,9 millions de tonnes (FAO, 2024) devrait atteindre pour 2024-2025, avec le maïs en tête, 2856,4 millions de tonnes (FAO, 2024). Le rôle du maïs dans la sécurité alimentaire est encore plus important pour les pays d'Afrique subsaharienne victime de nombreuses crises alimentaires (Macauley & Ramadjita, 2015). Malheureusement, pendant le stockage, cette denrée est soumise à d'importantes attaques de ravageurs, ce qui entraîne des pertes post-récoltes considérables (Waongo, 2016), aggravées par la variation des paramètres climatiques au cours de ces dernières années (PNUD, 2013). Ces pertes constituent une contrainte majeure pour la sécurité alimentaire des ménages en Afrique subsaharienne (Quellhorst et al., 2022) et peuvent atteindre 100 % en neuf mois de stockage si aucune mesure phytosanitaire n'est prise (Johnson, 2009). Les principaux ravageurs des stocks de maïs sont les insectes. Au nombre de ces derniers, le grand capucin des grains *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878) et le charançon du maïs *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 sont les plus nuisibles aux stocks de maïs (Johnson et al., 2024 ; Quellhorst et al., 2022). Ces ravageurs réduisent non seulement la quantité, mais également déprécient la qualité des stocks de maïs. En Côte d'Ivoire, la sous-préfecture de Kanakono

(département de Tengrela), située dans le Nord, constitue l'une des principales zones de production du maïs, aliment de base des populations rurales. Les populations de cette sous-préfecture sont confrontées à la destruction de leurs maïs stockés dans les greniers paysans. Compte tenu de l'importance des pertes occasionnées, il est nécessaire de connaître les insectes qui causent ces dégâts pendant la période de stockage en vue de proposer une méthode de lutte efficace. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'identifier les périodes de forte pullulation des insectes ravageurs des stocks de maïs de la sous-préfecture de Kanakono.

MATERIELS ET METHODES

Zone d'étude

Cette étude s'est déroulée au Nord de la Côte d'Ivoire, dans le département de Tengrela (10°29'13 "N et 6°22'48 "W) qui fait partie de la région de la Bagoué. Ce département est l'une des principales zones de production de maïs. Il se situe dans la zone Sub-soudanaise et est limité au nord par la République du Mali et compte quatre Sous-préfectures dont celle de Kanakono qui est le site d'étude (Figure 1). Les collectes se sont déroulées dans les localités de Kanakono, Sissengué et Lomara. Cette Sous-préfecture compte deux saisons climatiques que sont la saison sèche (Novembre à Avril) et la saison pluvieuse (Mai à Octobre). Elle présente respectivement une température et une humidité relative moyenne annuelle de 28,05 °C (Celsius) et de 78,10 %.

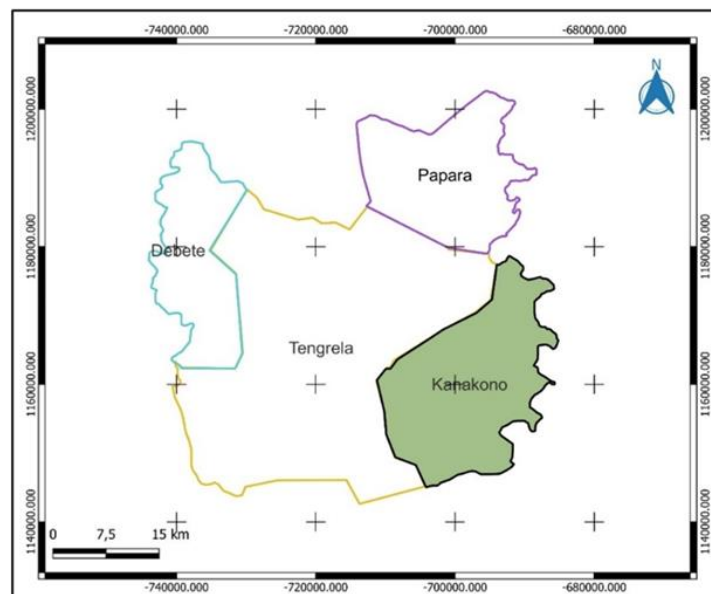


Figure 1. Carte du département de Tengrela, mettant en évidence la sous-préfecture de Kanakono (site d'étude).

Equipement technique

Il comprenait un bras mécanique, des pinces entomologiques et un tamis à mailles carrées de 2 mm pour l'échantillonnage des épis et la collecte des insectes. Des piluliers, contenant de l'alcool dilué à 70 % ont été utilisés pour conserver les insectes collectés. Une loupe

binoculaire, un mini-microscope portable Mustcam et des clés d'identification ont été utilisés pour identifier les insectes collectés.

Echantillonnage des épis de maïs, collecte et identification des insectes

Deux types de structures de stockage des agriculteurs ont

été utilisés pour l'échantillonnage au cours de cette étude. Il s'agit de greniers en terre battue et de greniers en ciment. Au total, 27 greniers dont 09 greniers en ciment et 18 greniers en banco ont été prospectés dans le cadre de cette étude. Dans chaque grenier, 90 épis ont été prélevés durant deux années. Au cours d'une année, les épis de maïs ont été collectés 24h (heures) avant le début de l'entreposage (Mi-Janvier) et, après trois (Mi-Avril), six (Mi-juillet), et neuf mois (Mi-Novembre) de stockage. Ainsi au bout d'une année 9720 épis ont été utilisés soit 19 440 épis pour les deux années d'étude. Dans chaque grenier, pour la collecte des insectes, trois sous-échantillons de 1 kg de maïs ont été constitués selon la méthode des quartiers opposés (FAO, 2018) et adapté dans cette étude aux épis de maïs. En pratique, dans un grenier prospecté, trois répétitions de 30 épis de maïs ont été constitués. A partir de ces trois répétitions, trois sous-lots de 20 épis ont été constitués. Chacun de ces sous-lots a été subdivisé en 04 quartiers de 05 épis de maïs. Deux (02) quartiers opposés sont sélectionnés parmi les quatre, constituant ainsi un sous-échantillon de 10 épis de maïs, faisant 1 kg de maïs en grain. Cette opération a été réalisée lors de chaque échantillonnage. Au laboratoire, les échantillons ont été tamisés afin de collecter les insectes qui ont été identifiés sur la base de critères morphologiques sous une loupe binoculaire. Ils ont ensuite été classés en Ordres, Familles, Genres et Espèces à l'aide des clés d'identification de Weidner & Rack (1984), Bousquet (1990), Delobel & Tran (1993), Farrell & Haines (2002) et Koehler et al. (2006). Les insectes identifiés ont été classés en fonction de leur statut agronomique. Ils peuvent être des ravageurs primaires (I), des ravageurs secondaires (II), des ravageurs tertiaires (III), des parasitoïdes (Po) ou des prédateurs (Pt) (Huchet, 2017).

Analyse de la diversité des insectes collectés

Les indices écologiques que sont la richesse spécifique (S), l'indice de Shannon (H'), l'indice de diversité de Simpson (1-D) et l'indice d'équitabilité de Piéluou (E) ont été utilisés pour analyser la diversité des insectes. Ces indices ont été déterminés à l'aide du logiciel PAST 4.0. L'abondance relative (Ar), rapport entre le nombre d'individus d'une espèce donnée et le nombre total d'individus collectés et la fréquence d'occurrence (C), rapport entre le nombre de relevés contenant l'espèce et le nombre total de relevés (Noudjoud, 2006), ont été déterminés à partir de Excell 2019. En fonction de la valeur d'Abondance relative (Ar), l'espèce considérée est dite très abondante ($Ar > 10\%$) ; abondante ($5\% \leq Ar < 10\%$) ; assez abondante ($1\% \leq Ar < 5\%$) et peu abondante ($Ar < 1\%$). En ce qui concerne la fréquence d'Occurrence (C), l'espèce considérée peut être omniprésente ($C = 100\%$) ; constante si ($50\% \leq C < 100\%$) ; fréquente ($25\% \leq C < 50\%$) ; accessoires ($5\% \leq C < 25\%$) ou rare ($C < 5\%$).

Analyses statistiques

Les tests de normalité de Shapiro-Wilk et celui d'homogénéité des variances de Levene ont été utilisés pour choisir les tests de comparaison de moyenne

appropriés. Le test t de Student a été utilisé pour comparer le nombre d'insectes collectés en fonction de la structure de stockage. Les tests de Scheffé et de Comparaison multiple de Kruskal-Wallis ont permis de stratifier les différentes catégories comparées, lorsque la différence était significative. L'analyse de classification hiérarchique (HCA) a été utilisée pour classer les espèces d'insectes en fonction de leur similarité sur la base de leur abondance relative. Tous ces tests ont été réalisés à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 27.

RESULTATS

Insectes collectés et statut agronomique

Cette étude a permis de collecter 24319 insectes à partir des stocks d'épis de maïs. Ces insectes sont regroupés en cinq (05) Ordres, douze (12) Familles, seize (16) Genres et dix-huit (18) Espèces. L'ordre des Coléoptères (95%) avec la famille des Bostrichidae (79%) a été le plus représenté des insectes collectés. Une proportion de 98,89 % de ces insectes a été identifiée comme des ravageurs et 1,11% des auxiliaires (Tableau 1).

Entomofaune associée aux épis de maïs 24h avant l'entreposage

Avant l'entreposage, un effectif total de 56 insectes adultes a été enregistré dans les stocks paysans après l'échantillonnage de 2430 épis provenant de 27 greniers. L'effectif moyen d'insectes collectés a varié de 0 à 03 adultes pour un échantillon de dix épis avec une moyenne de $1,17 \pm 0,16$ adultes. Les greniers en banco et les greniers en ciment, avec respectivement une moyenne de $1,33 \pm 0,19$ et de $0,66 \pm 0,25$ insectes collectés en moyenne dans un lot de dix épis connaissent un début d'infestation. Tous les insectes collectés des épis de maïs dans les greniers des agriculteurs appartiennent à deux Ordres, cinq Familles, six Genres et sept Espèces. L'ordre des Coléoptères et la famille des Nitidulidae avec des effectifs respectifs de 49 (87,50%) et 16 (28,57%) insectes adultes collectés (Tableau 1) ont été les plus représentés. En termes de fréquence d'occurrence, *Cathartus quadricolis* et *Carpophilus hemipterus* sont des espèces accessoires et toutes les autres espèces collectées avant l'entreposage des espèces rares (Tableau 2).

Entomofaune associée aux épis de maïs après trois mois de stockage

A trois mois de stockage, l'effectif total d'insectes collectés sur l'échantillon de 2430 épis est de 248 individus. En moyenne $05,17 \pm 0,53$ insectes adultes ont été collectés pour un échantillon de dix épis de maïs. A ce stade, les stocks les plus infestés ont enregistré un effectif maximum de 11 insectes adultes collectés. L'effectif moyen d'insecte a varié en fonction du type de grenier. Les greniers en banco et en ciment, ont enregistré un effectif moyen d'insectes collectés de $4,86 \pm 0,52$ et de $06,08 \pm 1,43$ dans un lot de dix épis de maïs. Les insectes infestant les stocks de maïs après trois mois de stockage appartiennent tous à l'ordre des Coléoptères. Ces insectes sont répartis en quatre familles, quatre genres et cinq

espèces. Les familles des Bostrichidae et Tenebrionidae sont les plus représentées avec des effectifs respectifs de 121 (48,79 %) et 74 (29,84 %) insectes collectés. Parmi les espèces identifiées, *P. truncatus* est le plus abondant (Tableau 1). En termes de fréquence d'occurrence, seuls *P. truncatus* et *T. castaneum* sont des espèces constantes de cette période de stockage (Tableau 2).

Entomofaune associée aux épis de maïs après six mois de stockage

Après six mois de stockage, dans les 27 greniers et pour un total de 2430 épis, un effectif de 12 494 insectes adultes a été collecté. Pour un échantillon de dix épis de maïs $314 \pm 15,20$ insectes ont été collectés en moyenne avec des valeurs oscillant entre 117 et 484 insectes adultes collectés. Cette moyenne a varié en fonction du type de grenier. Les greniers les plus infestés étaient en banco, avec un effectif moyen d'insectes collectés de $333 \pm 17,70$ dans un lot de dix épis de maïs contre $255 \pm 23,30$ insectes pour les greniers en ciment. Le test t de Student a révélé une différence significative entre ces deux moyennes ($p = 0,025$). Au cours de cette période, les insectes collectés se répartissent en trois Ordres, dix Familles, douze Genres et treize Espèces. L'ordre des Coléoptères et la famille des Bostrichidae ont été les plus importants avec des effectifs respectifs de 12 216 (98,23 %) et 10 621 (85,02 %) des insectes collectés. Parmi les espèces colonisant les stocks d'épis de maïs après six mois de stockage, *P. truncatus* est l'espèce dominante avec une abondance relative de 85,01 % des insectes collectés (Tableau 1). En tenant compte du pourcentage d'occurrence, *P. truncatus* est une espèce omniprésente (Tableau 2).

Entomofaune associée aux épis de maïs après neuf mois de stockage

Après neuf mois de stockage, un total de 11 521 insectes adultes a été collecté dans les 27 greniers d'étude sur 2430 épis. En moyenne, $480 \pm 10,10$ insectes adultes ont été collectés pour un lot de dix épis avec des valeurs comprises entre 413 et 580 insectes adultes. Les greniers en banco sont les plus infestés avec une moyenne de $493 \pm 11,40$ insectes collectés dans un lot de dix épis de maïs contre $442 \pm 12,40$ insectes collectés dans les greniers en ciment. Le test t de Student a montré que la différence observée entre ces deux moyennes est très significative ($p < 0,001$). L'ensemble des insectes collectés sur les échantillons d'épis de maïs a été réparti en quatre Ordres, onze Familles et seize Espèces. L'ordre des Coléoptères et la famille des Bostrichidae étaient les plus importants avec des effectifs respectifs de 10 792 (95,52 %) et 8 470 (79 %) insectes adultes collectés. Parmi les espèces

identifiées, *P. truncatus*, seule espèce de Bostrichidae identifiée, est l'insecte dominant avec une abondance relative de 79 % des insectes collectés (Tableau 1). En tenant compte du pourcentage d'occurrence, il s'agit d'une espèce omniprésente (Tableau 2).

Statut agronomique des espèces d'insectes collectées

Les stocks d'épis de maïs dans cette étude, ont permis d'identifier de nombreuses espèces d'insectes ravageurs et auxiliaires qui ont représenté respectivement 98,89 et 1,11 % des insectes collectés. Parmi les espèces d'insectes ravageurs, *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878), *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855, *Ephestia cautella* (Walker, 1763), *Corcyra Cephalonica* (Staiton, 1866) et *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813), sont classées comme ravageurs primaires et représentent 91,89 % des insectes ravageurs collectés. Les espèces, *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797), *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) et *Tribolium confusum* (Du Val, 1868), classées comme ravageurs secondaires, ont représenté 06,93 % des insectes ravageurs collectés. Une troisième catégorie de ravageurs a été identifiée. Ce sont les ravageurs tertiaires tel que *Carpophilus hemipterus* (Linné, 1758), *Carpophilus lugubris* Murray, 1864, *Palorus depressus* (Fabricius, 1790), *Cathartus quadricollis* (Guérin-Méneville, 1844), *Oryzaephilus surinamensis* (Linné, 1758) et *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831). Ces derniers ont représenté 01,18 % des insectes ravageurs collectés. Au nombre des insectes auxiliaires, *Teretrius nigrescens* (Lewis, 1891), *Rhynocoris erythropus* (Linné, 1833), *Forficula auricularia* Linné, 1758 sont classées comme des prédateurs et représentent 55,39 % des insectes auxiliaires collectés. L'espèce *Lariophagus distinguendus* (Foster, 1841) est l'unique espèce classée comme parasitoïde avec une proportion de 44,61 % des insectes auxiliaires collectés.

Classification hiérarchique et diversité des insectes collectés en fonction de la durée de stockage

Les insectes collectés dans les stocks de maïs ont été divisés en trois groupes à l'aide de la classification hiérarchique ascendante. Le premier groupe est composé de *P. truncatus*, qui est le groupe d'insecte majoritaire des stocks d'épis de maïs et le deuxième, composé de *T. castaneum* et de *S. zeamais* qui est le second groupe le plus abondant de ces stocks. Enfin, le troisième groupe comprend quinze espèces, dont neuf Coléoptères, trois Lépidoptères, un Hyménoptère, un Dermaptère, un Hémiptère et représente le groupe le moins abondant des stocks d'épis de maïs (Figure 2).

Tableau 1 : Variation temporelle de la richesse spécifique et de l'abondance relative (Ar) des espèces d'insectes collectées dans des sous échantillons de dix épis de maïs en fonction de la période de collecte dans la commune de Kanakono (Tengrela, Côte d'Ivoire).

Période de collecte	Ordres	Familles	Genres	Espèces	Effectif	Ar (%)	Statut
Avant le stockage	Coleoptera	Curculionidae	<i>Sitophilus</i>	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, 1855	11	19.64	I
		Nitidulidae	<i>Carpophilus</i>	<i>Carpophilus hemipterus</i> (Linnaeus, 1758)	13	23.21	III
				<i>Carpophilus lugubris</i> Murray, 1864	3	5.36	III
		Silvanidae	<i>Cathartus</i>	<i>Cathartus quadricolis</i> (Guérin-Méneville, 1844)	11	19.64	III
		Tenebrionidae	<i>Tribolium</i>	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)	10	17.86	II
				<i>Tribolium confusum</i> (Du Val, 1868)	1	1.79	II
Total	Dermaptera 02	Forficulidae 06	<i>Forficula</i> 06	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758 07	7 56	12.50 100	P
Après trois mois de stockage	Coleoptera	Bostrichidae	<i>Prostephanus</i>	<i>Prostephanus truncatus</i> (Horn, 1878)	121	48.79	I
		Curculionidae	<i>Sitophilus</i>	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, 1855	40	16.13	I
		Tenebrionidae	<i>Tribolium</i>	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)	71	28.63	II
				<i>Tribolium confusum</i> (Du Val, 1868)	3	1.21	II
		Silvanidae	<i>Oryzaephilus</i>	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	13	5.24	III
Total	01	04	04	05	248	100	

Ar : Abondance relative (Ar < 1% : Espèces peu abondante ; 1% ≤ Ar < 5% : Espèces assez abondantes ; 5% ≤ Ar < 10% : Espèces abondantes ; Ar>10% : Espèces très abondante); Type de ravageur : I (Ravageur primaire) ; II (Ravageur secondaire) ; III (Ravageur tertiaire) ; P (Predateur) ; Po (Parasitoïde)

Tableau 1 : Variation temporelle de la richesse spécifique et de l'abondance relative (Ar) des espèces d'insectes collectées dans des sous échantillons de dix épis de maïs en fonction de la période de collecte, dans la commune de Kanakono (Tengrela, Côte d'Ivoire) (suite 1/2).

Après six mois de stockage	Coleoptera	Bostrichidae	<i>Prostephanus</i>	<i>Prostephanus truncatus</i> (Horn, 1878)	10 621	85.01	I		
		Curculionidae	<i>Sitophilus</i>	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, 1855	701	5.61	I		
		Cucujidae	<i>Cryptolestes</i>	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens, 1831)	49	0.39	III		
		Nitulidae	<i>Carpophilus</i>	<i>Carpophilus hemipterus</i> (Linnaeus, 1758)	13	0.10	III		
		Tenebrionidae		<i>Tribolium</i>	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)	776	6.21	II	
					<i>Tribolium confusum</i> (Du Val, 1868)	11	0.09	II	
		Silvanidae		<i>Oryzaeophilus</i>	<i>Oryzaeophilus surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	3	0.02	III	
					<i>Cathartus</i>	<i>Cathartus quadricollis</i> (Guérin-Méneville, 1844)	20	0.16	III
		Histeridae		<i>Teretrius</i>	<i>Teretrius nigrescens</i> (Lewis, 1891)	22	0.18	P	
		Hymenoptera	Pteromalidae	<i>Lariophagus</i>	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	50	0.40	Po	
		Lepidoptera	Pyralidae		<i>Ephestia</i>	<i>Ephestia cautella</i> (Walker, 1763)	2	0.02	I
					<i>Corcyra</i>	<i>Corcyra Cephalonica</i> (Staiton, 1866)	76	0.61	I
<i>Plodia</i>	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813)				150	1.20	I		
Total	03	09	12	13	12 494	100			

Ar: Abondance relative (Ar < 1% : Espèces peu abondante ; 1% ≤ Ar < 5% : Espèces assez abondantes ; 5% ≤ Ar < 10% : Espèces abondantes ; Ar>10% : Espèces très abondante); Type de ravageur : I (Ravageur primaire) ; II (Ravageur secondaire) ; III (Ravageur tertiaire) ; P (Predateur) ; Po (Parasitoïde)

Tableau 1 : Variation temporelle de la richesse spécifique et de l'abondance relative (Ar) des espèces d'insectes collectées dans des sous échantillons de dix épis de maïs en fonction de la période de collecte, dans la commune de Kanakono (Tengrela, Côte d'Ivoire) (suite 2/2).

Après neuf mois de stockage	Coleoptera	Bostrichidae	<i>Prostephanus</i>	<i>Prostephanus truncatus</i> (Horn, 1878)	8 470	73.55	I	
		Curculionidae	<i>Sitophilus</i>	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, 1855	1 242	10.78	I	
		Cucujidae	<i>Cryptolestes</i>	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephen, 1831)	56	0.48	III	
		Nitulidae	<i>Carpophilus</i>	<i>Carpophilus hemipterus</i> (Linnaeus, 1758)	3	0.02	III	
		Tenebrionidae	<i>Tribolium</i>	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)	745	6.47	II	
				<i>Tribolium confusum</i> (Du Val, 1868)	17	0.14	II	
				<i>Alphitobius</i>	<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer, 1797)	32	0.28	III
				<i>Palorus</i>	<i>Palorus depressus</i> (Fabricius, 1790)	4	0.03	III
				Silvanidae	<i>Oryzaeophilus</i>	<i>Oryzaeophilus surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	56	0.48
		<i>Cathartus</i>	<i>Cathartus quadricollis</i> (Guérin-Méneville, 1844)		40	0.35	III	
		Histeridae	<i>Teretrius</i>	<i>Teretrius nigrescens</i> (Lewis, 1891)	110	0.95	P	
				<i>Rhynocoris</i>	<i>Rhynocoris erythropus</i> (Linnaeus, 1767)	10	0.09	P
		Hemiptera	Reduviidae					
		Hymenoptera	Pteromalidae	<i>Lariophagus</i>	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	70	0.61	Po
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Ephestia</i>	<i>Ephestia cautella</i> (Walker, 1763)	67	0.58	I		
		<i>Corcyra</i>	<i>Corcyra Cephalonica</i> (Staiton, 1866)	170	1.47	I		
		<i>Plodia</i>	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813)	429	3.72	I		
Total	04	10	15	16	11 521	100		

Ar : Abondance relative (Ar < 1% : Espèces peu abondante ; 1% ≤ Ar < 5% : Espèces assez abondantes ; 5% ≤ Ar < 10% : Espèces abondantes ; Ar > 10% : Espèces très abondante); Type de ravageur : I (Ravageur primaire) ; II (Ravageur secondaire) ; III (Ravageur tertiaire) ; P (Predateur) ; Po (Parasitoïde)

Tableau 2 : Distribution temporelle des insectes associés aux stocks d'épis de maïs et fréquence d'occurrence (C)

C : Fréquence d'occurrence (1 : Espèces rares ; 2 : Espèces accessoires ; 3 : Espèces fréquentes ; 4 : Espèces constantes ; 5 : Espèces omniprésentes)

	Avant le stockage			Après 3 mois de stockage			Après 6 mois de stockage			Après 9 mois de stockage		
	S	C (%)	Classe	S	C (%)	Classe	S	C (%)	Classe	S	C (%)	Classe
<i>Prostephanus truncatus</i> (Horn, 1878)	-			+	59.72	4	+	100	5	+	100	5
<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky, 1855	+	4.17	1	+	29.17	3	+	79.17	4	+	87.50	4
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephen, 1831)	-			-			+	45.83	3	+	68.06	4
<i>Carpophilus hemipterus</i> (Linné, 1758)	+	5.56	2	-			+	8.33	2	+	1.39	1
<i>Carpophilus lugubris</i> Murray, 1864	+	1.39	1	-			-			-		
<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer, 1797)	-			-			-			+	41.67	3
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)	+	1.39	1	+	51.39	4	+	100	5	+	81.94	4
<i>Tribolium confusum</i> (Du Val, 1868)	+	0.14	1	+	1.39	1	+	4.17	1	+	18.06	2
<i>Palorus depressus</i> (Fabricius, 1790)	-			-			-			+	2,78	1
<i>Cathartus quadricollis</i> (Guérin-Méneville, 1844)	+	5.56	2	-			+	9.72	2	+	12.50	2
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linné, 1758)	-			+	9.72	2	+	2.78	1	+	5.56	2
<i>Teretrius nigrescens</i> (Lewis, 1891)	-			-			+	50,00	4	+	48.61	3
<i>Forficula auricularia</i> Linné, 1758	+	4.17	1	-			-			-		
<i>Rhynocoris erythropus</i> (Linné, 1767)	-			-			-			+	2.78	1
<i>Lariophagus distinguendus</i> (Foster, 1841)	-			-			+	26.39	3	+	55.56	4
<i>Ephestia cautella</i> (Walker, 1763)	-			-			+	1.39	1	+	16.67	2
<i>Corcyra Cephalonica</i> (Staiton, 1866)	-			-			+	41.67	3	+	23.61	2
<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813)	-			-			+	66.67	4	+	29.17	3

S (Statut) : - (Absent) ; + (Présent)

Les indices de biodiversité tels que la richesse spécifique, l'indice de diversité de Simpson, l'indice de Shannon et l'indice d'Équitabilité de Piélou varient en fonction de la durée de stockage. Cette analyse révèle que les plus grandes richesses taxonomiques ont été observées après six et neuf mois de stockage, respectivement avec 13 et 16

espèces identifiées. En début de stockage, l'indice de Shannon présente la valeur de 1,775 plus élevée que celle des autres périodes d'échantillonnage. En ce qui concerne l'indice d'équitabilité de Piélou (E), la valeur la plus élevée a également été observée pendant cette même période de stockage, avec une valeur de 0,912 (Tableau 3).



Figure 2. Structure hiérarchique des espèces d'insectes associées aux stocks d'épis de maïs dans la sous-préfecture de Kanakono en fonction de leur abondance, dans la sous-préfecture de Kanakono, nord de la Côte d'Ivoire.

Tableau 3. Variation des indices de biodiversité dans le temps

Période de collecte	Richesse spécifique	Indice de Simpson	Indice de Shanon	Indice d'Équitabilité
Avant le stockage	7	0.818	1.775	0.912
Après 3 mois de stockage	6	0.678	1.335	0.745
Après 6 mois de stockage	13	0.270	0.638	0.249
Après 9 mois de stockage	16	0.442	1.042	0.376

DISCUSSION

Le suivi des stocks de maïs dans les structures paysannes durant deux années successives de conservation a permis d'étudier la composition spécifique des insectes et leur abondance en fonction de la durée de stockage. Pendant une année de conservation, 18 espèces d'insectes sont retrouvées dans le maïs stockés à Tengrela. Cette grande diversité d'insectes pourrait s'expliquer par les caractéristiques physico-chimiques du maïs, qui favorisent la prolifération des insectes. Ces résultats sont similaires à ceux de Sankara et al. (2017), qui ont rapporté une grande diversité d'espèces d'insectes dans les stocks de maïs dans leur étude. La taille du grain de maïs offre plus de nourriture que les autres céréales, dont les grains sont plus petits. En effet, Johnson et al (2012) et Waongo et al. (2013) ont fait ce constat en travaillant respectivement sur le riz, le maïs en Côte d'Ivoire et sur

le mil ainsi et le sorgho au Burkina Faso. Les stocks de maïs échantillonnés par ces auteurs étaient les plus infestés aussi bien en termes d'espèces que d'abondance numérique des insectes présents.

La présence et l'abondance des insectes est fonction de la durée et du type de structure de stockage. Dans cette localité, deux types de structures que sont les greniers en banco et les greniers en ciment sont utilisés pour la conservation de maïs. Dès le début du stockage jusqu'à l'épuisement du stock de maïs, les greniers en banco ont été les plus infestés. Ainsi, à 0 mois de stockage, un effectif moyen de $1,33 \pm 0,99$ insectes a été collecté dans les greniers en banco contre $0,75 \pm 0,86$ dans ceux en ciment pour 10 épis échantillonnés. Ils se répartissent en sept espèces et cinq familles. Trois espèces d'insectes ravageurs, consommateurs de débris y ont été identifiés. En effet, *Carpophilus hemipterus*, *Carpophilus lugubris*,

Cathartus quadricolis se nourrissent des débris issus de l'alimentation des ravageurs secondaires (Huchet, 2017). Cela montre qu'avant l'arrivée du maïs dans les greniers, ces structures hébergeaient déjà les insectes. Johnson et al (2012), lors de ces travaux sur les pratiques de conservation du maïs a montré que certains paysans ne vidaient pas totalement leurs greniers avant la nouvelle saison. Ils y entreposent les nouvelles récoltes sur les anciennes. D'autres faisait un nettoyage sommaire avant de les remplir à nouveau ; ce qui entraîne une très forte infestation qui est exacerbée pendant tout le temps de stockage en milieu paysan. Le nombre d'insectes plus élevé dans les greniers en banco pourrait s'expliquer par la nature de la structure de stockage. Le matériau de construction des greniers en banco est très peu résistant au cours du temps. Ces greniers sont construits en terre battue mélangée à de la paille avec le toit soutenue par une charpente en bois qui ne résiste pas aux attaques de certains insectes tels que *Prostephanus truncatus*. Au fil du temps, ce matériau se désagrège entraînant de nombreuses fissures dans les murs du grenier, parfois visibles à l'extérieur (Waongo, 2016). Les insectes peuvent donc trouver refuge dans les fissures du grenier lorsque celui-ci se vide et infester ainsi le nouveau stock. Ces infestations résiduelles constituent les sources de réinfestation de nouveaux stocks constitués. Par contre le matériau de construction du grenier en ciment est plus robuste et résisterait au cours du temps.

Au cours de cette étude, 5 ordres d'insectes ont été identifiés dans les stocks de maïs. Il s'agit des Coléoptères, des Lépidoptères, des Hyménoptères, des Hémiptères et des Dermaptères. *Forficula auricularia*, seule espèce représentante de l'Ordre des Dermaptères a été identifiée dans les stocks de maïs uniquement en début de stockage. Cette espèce qui vit dans des endroits sombres et humides aurait pu trouver refuge dans les spathes du maïs lors du pré-stockage au champ (Sahayaraj & Hassan, 2023). Ces Dermaptères se seraient retrouvés dans le grenier par accident. Les structures de stockage n'étant pas propice à leur survie (Pacheco et al., 2021), ils n'ont plus été identifiés lors des prochains échantillonnages.

Les échantillonnages réalisés à 3 mois de stockage ont permis d'identifier 5 espèces d'insectes repartis en 4 familles et un seul ordre, les Coléoptères. Cet Ordre regroupe la majorité des espèces qui infestent les denrées alimentaires stockés (Johnson et al., 2024 ; Waongo et al., 2013). De nombreux travaux ont révélé qu'ils sont inféodés aux produits post-récoltes. Ils ont ainsi su s'adapter aux conditions de conservation des aliments. Parmi les espèces identifiées, *Prostephanus truncatus* et *Oryzaephilus surinamensis* absents des échantillons prélevés en début de stockage ont été identifiés. Cela pourrait s'expliquer par la méthode de collecte. Dans la présente étude, seules les formes adultes des insectes ont été collectées et identifiées lors de chaque échantillonnage. Ces espèces pourraient être présente dans les stocks aux stades immatures, œuf et larve en début de stockage.

À 6 et 9 mois de stockage, des effectifs moyens respectifs de $313,75 \pm 98,71$ et $480,04 \pm 49,32$ insectes, pour un lot de 10 épis de maïs, ont été identifiés après le dépouillement d'insectes. Ces importants effectifs d'insectes pourraient s'expliquer par le climat sub-soudanais dont bénéficie le site d'étude. En effet, le département de Tengrela est soumis à deux (2) saisons climatiques durant l'année (Diomandé 2016). La saison pluvieuse est comprise entre le mois de Mai et de septembre. Durant cette saison, l'humidité et la température élevées créent un microclimat propice au développement des insectes dans les stocks de maïs. Roques et al (2013) affirment que les facteurs abiotiques influencent fortement le comportement de reproduction, de ponte et d'éclosion ainsi que le comportement alimentaire des insectes.

Les insectes collectés durant la saison pluvieuse se répartissent en 13 espèces à 6 mois de stockage et en 16 espèces à 9 mois. *Prostephanus truncatus* est l'espèce prédominante dans les échantillons collectés. Dès son identification à 3 mois de stockage jusqu'à l'épuisement du stock, son abondance relative est la plus élevée avec un taux de 85% à 6 mois de stockage. La forte présence et l'abondance de l'espèce *P. truncatus* pourrait s'expliquer par la forme de stockage du maïs récolté et conservé sous forme d'épis. Le stockage du maïs sous forme d'épi constitue donc un milieu de développement très favorable à cette espèce. Cette observation est confirmée par les travaux d'Agbaka (1995) qui montre que sur des grains de maïs stabilisés, substrat d'ovi-position similaire aux épis de maïs, la population de *P. truncatus* obtenu après élevage était supérieure à celle enregistrée sur des grains libres.

Un effectif important de ravageurs secondaires du maïs a été identifié notamment celui de *Tribolium castaneum*. Cette forte présence de ce ravageur peut s'expliquer par l'importance numérique des ravageurs primaires tels que *P. truncatus* qui ouvrent la voie aux ravageurs secondaires et tertiaires par leur activité alimentaire. En effet, Waongo (2016) affirme que la capacité d'un ravageur secondaire à s'établir dans les stocks dépend des dommages causés par les ravageurs primaires aux grains stockés.

CONCLUSION

Ce travail prouve que les structures telles que les greniers en terre battue mélangée à de la paille, appelés greniers en banco, sont les plus infestés. Cette étude a permis l'identification de dix-huit espèces d'insectes infestant les stocks de maïs des agriculteurs. Pour la première fois, elle permet d'apprécier les populations d'insectes infestant les stocks d'épis de maïs tout au long de la période de stockage. A partir du sixième mois de collecte jusqu'au neuvième mois, l'effectif d'insectes collectés atteint des valeurs très élevées. Parmi ces insectes, *Prostephanus truncatus* a été identifié, pour la première fois comme l'insecte et le ravageur primaire le plus abondant des stocks d'épis de maïs dès le troisième mois de stockage. En plus de ce dangereux ravageur, quatre ravageurs primaires ont été identifiés. Il s'agit de *Sitophilus zeamais*, *Ephestia cautella*, *Corcyra cephalonica* et *Plodia*

interpunctella. Cette forte présence d'insectes ravageurs menace la sécurité alimentaire des populations rurales de cette partie du pays. Ainsi, après l'évaluation des dégâts qu'ils causent, il faudrait mettre en place une lutte basée sur des techniques biologiques durables afin de contrôler ces populations de ravageur.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Banque mondiale, l'AFD et le Centre d'excellence africain sur le changement climatique, la biodiversité et l'agriculture durable (WASCAL/CEA-CCBAD) pour le développement du projet ACE-Impact, dont la mise en œuvre a permis de réaliser les travaux qui ont abouti aux résultats de cette étude.

REFERENCES

- Agbaka A. (1995). Etude biologique et possibilité de lutte intégrée contre *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae) ravageurs des stocks de maïs en milieu paysan en République de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 145 p.
- Bousquet Y. (1990). Beetles associated with stored products in Canada : an identification guide. *Agriculture Canada, Canada*, 214 p.
- Delobel, A., & Tran, M. (1993). Les coléoptères des denrées stockées dans les régions chaudes. ORSTOM, Paris, 362 p.
- Dro, B., Soro, D., Koné, MW., Bakayoko, A., & Kamanzi K. (2013). Évaluation de l'abondance des plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17(3), 2631-2646.
- FAO (2018). Directives sur la mesure des pertes post-production. FAO, Rome, 125 p.
- FAO (2016). Les dégâts causés par *Spodoptera frugiperda* à Sao tomé et principe. FAO. Disponible sur : <http://www.ippc.int/fr/countries/saotomeandprincipe/pestreports/>
- FAO (2024). Situation alimentaire mondiale. Disponible sur : <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>
- Farrell, G., & Haines, CP. (2002). The taxonomy, systematics and identification of *Prostephanus truncatus* (Horn). *Integrated Pest Management Reviews*, 7, 85–90. DOI : 10.1023/A:1026349200016
- Guèye, MT., Seck, D., Wathel, JP., & Lognal, G. (2012). Typologie des systèmes de stockage et de conservation du maïs au Sénégal oriental et méridional. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16 (1), 49-58.
- Huchet, JB. (2017). Le Coléoptère, la Graine et l'Archéologue : In Approche archéontomologique de quelques ravageurs des denrées stockées. M-F Diestch-Sellami Ch Hallavant L Bouby B. Pradat (eds.): Plantes, produits végétaux et ravageurs. Actes des X Recontres d'Archéobotanique (Les Eyzies-de-Tayac 2014). *Aquitania, supplément*, 36, 17- 42.
- Johnson, F. (2009). Quelques aspects d'éthologie de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) principal déprédateur des stocks de riz et de maïs dans la région de Bouaflé, Côte d'Ivoire: lutte par des substances naturelles et stratégie de conservation durable. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 213p.
- Johnson, F., N'Zi, KG., Sery, K., & Foua-Bi, K. (2012). Aperçu des problèmes de stockage et des impacts des insectes sur la conservation du riz et du maïs en milieu paysan : Cas de la région de Bouaflé - Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 83, 349-363.
- Johnson, F., Kouadio, ERE., Coulibaly, LF., Coulibaly, SYS., Doumbouya, M., Kissi, TAP., & Koné D. (2024). Insect pests of corn (*Zea mays* Linné, 1753) stocks and impact on storage and preservation in the Bagoué region, Northern Côte d'Ivoire. *Journal of Stored Product Research*, 15 (1), 17-23. DOI: <https://doi.org/10.5897/JSPPR2024.0340>
- Kambale, MH., Mbusa, W., Jean, MM., & Kasika, LE. (2023). Incidence de la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) et performances agronomiques de six cultivars de maïs cultivés à Butembo, Nord-Kivu. *Journal of Applied Biosciences*, 184, 19245- 19258. DOI: [10.35759/JABs.183.2](https://doi.org/10.35759/JABs.183.2)
- Diomandé (2016). Monographie du Département de Tengrela. Archives de la Sous-préfecture de Tengrela, Côte d'Ivoire, 3 p
- Macaulay, H., & Ramadjita, T. (2015). Nourrir l'Afrique : Cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé. BAD, Dakar, Sénégal, 38p.
- Noudjoud, M. (2006). Contribution à la connaissance des abeilles sauvages (Hyménoptères ; Apoidea) dans les milieux naturels et cultivés de la région de Khenchela. Mémoire de Master, Université de Constantine, Algérie, 139 p.
- Pacheco, RC., Silva, DD., Mendes, SM., Lima, KP., Figueiredo, JEF., & Marucci, RC. (2021). How omnivory affects the survival and choices of earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera : Forficulidae) Brazilian Journal of Biology, 83, 243-890. DOI : <https://doi.org/10.1590/1519-6984.243890>
- Yao N'Guettia, R., Oule, AF., & N'goran Kouadio, D. (2013). Etude de Vulnérabilité du Secteur Agricole face aux Changements Climatiques en Côte d'Ivoire. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, *Rapport de PNUD Final*, 105 p.
- Quellhorst, HE., Arthur, FH., Bruce, A., Zhu, KY., & Morrison, III WR. (2022). Exposure to a Novel Insecticide Formulation on maize and Concrete Reduces Movement by the Stored Product Pests, *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Frontiers in Agronomy*, 4, 868-509. DOI: [10.3389/fagro.2022.868509](https://doi.org/10.3389/fagro.2022.868509)

- Roques, A., Dangles, O., Gauthier, N., Sarah, JL., Vayssières, JF., & Vidal C. (2013). Les insectes bio-invasifs. In : *Interactions insectes-plantes*, p 33-56.
- Sahayaraj, K., & Hassan, E. (2023). Méthodes de collecte des insectes prédateurs. In : *Worldwide Predatory Insects in Agroecosystems*. Springer, Singapore, 858 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-1000-7_1
- Sankara, F., Gafar, SA., Waongo, A., Somda, M., Toé, P., & Somda, I. (2017). Pratiques paysannes post-récolte du maïs dans la région des Hauts-Bassins au Burkina Faso. *Journal Animal Plant Sciences*, 33(1), 5274-5288.
- Throne, JE., & Weaver, DK. (2013). Impact of temperature and relative humidity on adult life cycle parameters of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera : Gelechiidae). *Journal of Stored Product Research*, 55, 128-133.
- Waongo, A. (2016). Insectes ravageurs des stocks de sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en zone nord-soudanienne du Burkina faso : Bioécologie et stratégies de lutte *Rhyzopertha dominica* f. (Coleoptera : Bostrichidae). Thèse de doctorat. Université Pr Joseph Ki Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso, 119 p.
- Waongo, A., Yamkoulga, M., Dabire-Binso, CL., Ba MN., & Sanon A., (2013). Conservation post-récolte des céréales dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso : Perceptions des agriculteurs et évaluation des stocks. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3),1157-1167. DOI: 10.4314/ijbcs.v7i3.22
- Weidner, H, & Rack, G. (1984). Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées alimentaires stockées dans les pays chauds. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn, 157 p.