

Date	Submitted	Accepted	Published
	30 th November 2023	6 th August 2024	31 st August 2024

EVALUATION DE LA RESISTANCE VARIETALE DE 40 MORPHOTYPES DE VOANDZOU [*VIGNA SUBTERRANEA* (L.) VERDC. (*FABACDEAE*)] A *CALLOSOBRUCHUS MACULATUS* FAB. (*COLEOPTERA* : *CHRYSOMELIDAE*)

Chantal M^{1*}, Augustin G², Leonard NTS³ et N Robert ⁴



Madou Chantal

*Email de l'auteur correspondant: chantal.madou@yahoo.fr

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Laboratoire d'Entomologie, Yaoundé Cameroun

²Université de Maroua, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua, Département d'Agriculture, Elevage et Produits Dérivés, Maroua Cameroun

³Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, Ngaoundéré Cameroun

⁴Université de Ngaoundéré, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro Industrielles, Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, Ngaoundéré Cameroun



RESUME

Bien que considérée comme culture mineure ou culture « orpheline » le voandzou peut contribuer efficacement à résoudre d'importantes problématiques mondiales telles que la faim, la pauvreté et l'adaptation aux changements climatiques. Il est une source prometteuse de protéines végétales et a l'avantage d'avoir de nombreux morphotypes largement cultivés par les populations rurales. Malheureusement pendant le stockage cette ressource est en proie à une pression des ravageurs qui engendrent des pertes quantitatives et qualitatives. L'objectif de cette étude, est de déterminer en condition contrôlée, le degré de vulnérabilité de 40 morphotypes codé CM/Région/Collection/n°(01 à 40) vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus*. Au cours de trois campagnes de collecte des données et interviews menées dans le Cameroun septentrional, des informations sur la diversité de graines de voandzou ont été collectées, puis ramenées en laboratoire. L'évaluation de la sensibilité variétale de cette collection, a reposé sur l'analyse des paramètres qui définissent l'échelle de sensibilité à savoir : le nombre d'œufs pondus, le nombre d'œuf et de larves morts, le nombre d'individus émergés et l'indice de susceptibilité. Il ressort que le nombre d'œufs pondus par *C. maculatus* est compris entre $56,5 \pm 19,65$ (CM/EN/DW/01) et $111,5 \pm 58,69$ CM/EN/MC/34. Le taux d'émergence varie entre 58,23% (CM/EN/EA/02) et 96,70% (CM/EN/DW/24). L'analyse statistique des valeurs liées à l'indice de susceptibilité montre une différence très hautement significative ($p < 0,0001$). Il existe une forte corrélation négative entre l'émergence et la mortalité larvaire ($r = -0,97$). La classification ascendante hiérarchisée a permis de réaliser un dendrogramme regroupant les morphotypes en 7 classes distinctes en fonction du degré de susceptibilité. La classe I montre de façon spécifique trois morphotypes les plus résistants aux attaques de la bruche (CM/EN/DW/09, CM/EN/AE/02 et CM/EN/MC/49) dans cette expérimentation. Les variétés qui ont présenté une résistance à la bruche peuvent être adoptées ou exploitées pour le développement des variétés plus intéressantes pour les producteurs, les consommateurs et les transformateurs. D'autre part, compte tenu des changements globaux qui affectent l'agriculture en générale et certaines espèces mineures dites négligées et sous-utilisées en particulier, il serait impératif de trouver des stratégies de conservation efficaces à court, moyen et long terme pour répondre à la demande alimentaire de plus en plus importante au Cameroun.

Mots clés: voandzou, indice de susceptibilité, résistance, évaluation, bruche, attaque, émergence larvaire, Cameroun



ABSTRACT

Although considered a minor crop or “orphan” crop, Bambara groundnut can effectively contribute to solving important global problems such as hunger, poverty and adaptation to climate change. It is a promising source of plant protein and has the advantage and has the advantage of having numerous morphotypes to be widely cultivated by rural populations. Unfortunately during storage this resource is subject to pest pressure which leads to quantitative and qualitative losses. The objective of this study is to determine, under controlled conditions, the degree of vulnerability of 40 morphotypes code CM/Region Collection/ n°(01 to 40) collected with regard to *C. maculatus*. During three campaigns of data collection and interviews conducted in northern Cameroon, information on the diversity of voandzou seeds was collected, seeds were collected in the field during three campaigns in the three northern regions of Cameroon, then brought back to the laboratory. The assessment of varietal sensitivity for this collection, is based on an analysis of the parameters that define the sensitivity scale, namely: the number of eggs laid, the number of dead eggs and larvae, the number of emerged individuals and the susceptibility index. The number of eggs laid by *C. maculatus* ranged from 56.5 ± 19.65 (CM/EN/DW/01) to 111.5 ± 58.69 CM/EN/MC/34. Emergence rates ranged from 58.23% (CM/EN/EA/02) to 96.70% (CM/EN/DW/24). Analysis of susceptibility index values shows a highly significant difference ($p < 0.0001$). There is a strong negative correlation between emergence and larval mortality ($r = -0.97$). Cluster analysis was used to produce a dendrogram grouping morphotypes into 7 distinct classes according to degree of susceptibility. Class I specifically shows three of the most resistant morphotypes to bruchid attacks (CM/EN/DW/09, CM/EN/AE/02 and CM/EN/MC/49) in this experiment. Varieties that have shown a resistance to bruchid beetle may be adopted or exploited for the development of more interesting varieties for growers, consumers and processors. On the other hand, given the global changes affecting agriculture in general and certain neglected and under-utilised minor species in particular, it would be imperative to find effective short-, medium- and long-term conservation strategies to meet the growing demand for food in Cameroon

Key words: Bambara groundnut, susceptibility index, resistance, evaluation, weevil, attack larval emergence, Cameroun



INTRODUCTION

Les estimations récentes de l'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde, parues en juillet 2022, font état de ce que le nombre de personnes souffrant d'une sous-alimentation dans le monde a augmenté jusqu'à atteindre 828 millions en 2021, soit une hausse de 150 millions depuis l'apparition de la pandémie de covid-19 et de 46 millions par rapport à 2020 [1]. Selon les estimations révisées et présentées par la banque mondiale, la pandémie de COVID-19 et la guerre en Ukraine sont des facteurs qui ont basculé plusieurs millions de personnes supplémentaires dans l'extrême pauvreté et aggravé la faim, et la malnutrition en 2023 [2]. Face à cette situation, l'adoption d'une alimentation saine et diversifiée est à encourager, en mettant l'accent sur des aliments à base de plantes riches en nutriments et abordables, tels que les fruits, les légumes, les grains entiers et les légumineuses pouvant contribuer à une sécurité alimentaire et nutritionnelle durables [3, 4] et à la réalisation de l'Objectif de Développement Durable II (ODD2). L'intégration des légumineuses en général et celles sous utilisées en particulier dans les systèmes alimentaires peut être un élément fondamental pour renforcer cette résilience. Le pois bambara (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) est une légumineuse indigène d'Afrique et est cultivée dans toute la région semi-aride de la partie subsaharienne [5]. Cette légumineuse riche en nutriments est parfois qualifiée d' "aliment complet" en raison de sa composition équilibrée en macronutriments [6]. Elle est une source de protéine végétale substituable aux protéines animales moins accessible à tous. Parmi les contraintes liées à sa production, il ya en bonne place le manque d'intérêt des producteurs du fait des difficultés relative à la conservation des graines au cours du stockage. Les pertes engendrées par les ravageurs sont de l'ordre de 10 à 40% par an [7]. Il devient urgent de développer des stratégies de préservation des ressources alimentaires pour sauvegarder ces denrées durement acquises. Bien que, le problème se pose de manière globale, il est plus important dans les pays en voie de développement et dans ceux de l'Afrique en particulier à cause des conditions climatiques favorables à leur croissance [8]. La préservation des stocks de graines de légumineuses contre les attaques d'insectes nuisibles se résume à la lutte contre les bruches qui s'installent aussi bien dans les graines immatures au champ au moment de la formation et du développement des gousses qu'en cours de conservation dans les graines sèches [9]. Les enquêtes menées dans le Cameroun septentrional, ont révélé que *C. maculatus* et *C. subinnotatus* sont les insectes ravageurs les plus fréquemment rencontrés dans les stocks de légumineuses chez les paysans [10, 11]. Les élevages en laboratoire ont montré que *Callosobruchus maculatus* est l'espèce



qui a la plus grande densité d'insectes ravageurs en nombre d'individus (99,64%), étant donné qu'il est le principal ravageur des graines du voandzou en stock. Ainsi il a été relevé que *C. maculatus* provoque énormément de pertes en stock des légumineuses et dans un délai très bref [12, 13, 14]. Face à l'étendue de leurs attaques et les conséquences sur la qualité et la quantité des graines, ces déprédateurs constituent une des contraintes majeures au développement des cultures de légumineuses à graines et dont le voandzou. Plusieurs méthodes sont préconisées pour le contrôle des ravageurs des légumineuses en stocks. Parmi celles-ci, la lutte chimique par les insecticides de synthèse dangereux est la stratégie la plus utilisée pour le contrôle des ravageurs du voandzou et bien d'autres légumineuses [15]. Toutefois, l'utilisation des insecticides de synthèse n'est pas une stratégie recommandable pour plusieurs raisons : leur toxicité, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème, le coût élevé des insecticides, la faible maîtrise des techniques d'utilisation et le développement des souches résistantes [9]. Les résultats actuels de nos recherches dans le Cameroun septentrional, ont mis en évidence la diversité morphologique des graines de voandzou en recensant une collection de 54 morphotypes [10] qui peut être mise à profit. Face aux nombreuses contraintes liées à l'utilisation des pesticides chimiques, il y a une nécessité d'entreprendre une démarche de lutte durable qui serait le choix des variétés les plus résistantes. De ce fait l'objectif de cette étude est d'évaluer la susceptibilité de 40 de ces morphotypes de voandzou en présence du principal ravageur *C. maculatus*, afin de déterminer les variétés résistantes et prometteuses à promouvoir. L'utilisation des variétés résistantes dans la lutte contre ce ravageur est une méthode de contrôle très intéressante dans la préservation des stocks.

MATERIELS ET METHODE

Zone de collecte des échantillons et origine des graines de voandzou

L'espace d'étude se situe entre le 6° et le 13° latitude Nord et entre le 11° et le 15° parallèle longitude Est [16] (Figure 1). La zone d'étude, sur le plan administratif comprend trois Régions (Extrême-Nord, Nord et Adamaoua) subdivisées en 15 Départements. Les 40 morphotypes de voandzou utilisés dans cette manipulation, proviennent de la collection de voandzou constituée au cours des trois campagnes agricoles ciblées (2014-2017) dans les trois régions septentrionales du Cameroun.



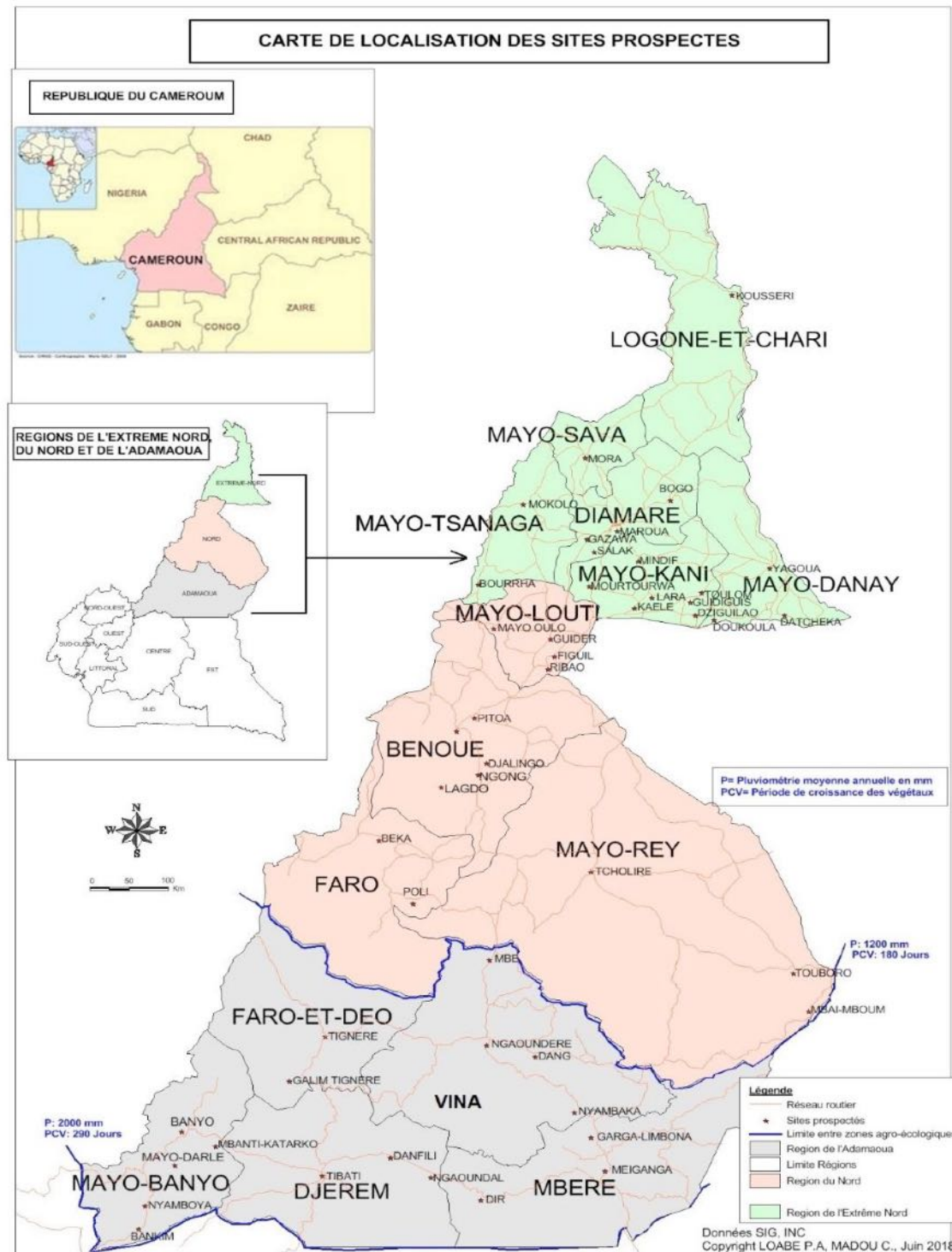


Figure 1: Carte du Cameroun septentrional et localisation des sites prospectés sur le voandzou

Evaluation de la susceptibilité des graines de voandzou à *Callosobruchus maculatus*

Dispositif expérimental des échantillons de voandzou

Les observations ont été faites au Laboratoire d'Entomologie Appliquée de l'Université de Ngaoundéré. La constitution des échantillons a consisté à peser et à introduire 10 g de graine répété quatre fois pour chacun des morphotypes, dans des tubes à essai en verre sec, préalablement étiquetés et les refermer avec une boule de coton sec, afin d'aérer le tube. Les tubes ont été rangés sur un charriot pour faciliter les manutentions.

Elevage de masse des insectes

L'élevage de masse a été réalisée dans des bocaux en verre. Il consistait à mettre en contact les adultes de *C. maculatus* d'âge et de sexe indéterminés provenant d'une souche de bruche en élevage sur du voandzou au Laboratoire. Les bocaux sont gardés dans l'obscurité, à une température de $28 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $50 \pm 5\%$ dans une étuve réfrigérée. Le but de cet élevage était d'obtenir de nouvelles générations, en nombre suffisant et nécessaire pour les différents tests expérimentaux.

Infestation des graines par les couples de *Callosobruchus maculatus*

En ce qui concerne l'infestation des graines, deux jeunes couples de *C. maculatus* âgés de 48h ont été prélevés à l'aide d'un aspirateur à bouche dans les pots d'élevage, puis introduits dans chacun des tubes à essai préparé à cet effet.

L'identification des sexes a été faite selon la technique de Ouédraogo, [17] basée sur les caractéristiques abdominales des mâles et femelles. Les tubes infestés ont été mis en observation dans une étuve réglée à 28°C . Après six jours, toutes les bruches de chaque tube ont été extraites et les œufs pondus sur les graines ont été comptés à l'aide d'une loupe manuelle. Les graines ont été remises dans chaque tube. A partir de la troisième semaine, des observations ont été faites chaque jour afin d'enregistrer d'éventuelles émergences. La fin de l'émergence de la progéniture a été observée pour chaque morphotype lorsqu'il n'y a plus l'émergence trois et à quatre jours de suite.

Les paramètres pris en compte dans l'évaluation de cette vulnérabilité ont été : le nombre d'œufs pondus, le nombre d'œuf et de larves mort et le nombre d'individus émergés. Ces paramètres ont permis de déterminer:



- L'indice de susceptibilité (IS_2) qui est déterminé grâce à la méthode de Dobie [19] par la formule suivante :

$$SI = [LnF/MDT] \times 100 \quad (1)$$

Avec: SI: Indice de susceptibilité ; Ln : Logarithme népérien; MDT (Temps médiane de développement) : c'est-à-dire le temps (jour) à partir de la moitié de la période d'oviposition jusqu'à 50% d'émergence des progénitures [18]; F : Nombre total de progénitures émergées.

Les morphotypes dont l'indice était compris entre $0 \leq SI \leq 3,9$ étaient dits résistants, entre $4 \leq SI \leq 7,9$ moyennement résistants, entre $8 \leq SI \leq 10,9$ susceptibles et ceux dont l'indice de susceptibilité était supérieur ou égale à 11 très susceptibles.

- Taux d'émergence des adultes de *C. maculatus* a été calculé selon la formule de [19]

$$E = (\text{nombre total d'individus émergés} / \text{nombre total d'œufs pondus}) \times 100 \quad (2)$$

- Taux de mortalité au stade œuf de *C. maculatus* est donnée par la formule de [19]

$$\text{Mortalité au stade œuf} = \frac{\text{nombre total d'œufs stériles} + \text{nombre total d'œufs pondus}}{\text{nombre total d'œufs pondus}} \times 100 \quad (3)$$

- Taux de mortalité larvaire de *C. maculatus* est donnée par la formule de [19]

$$\text{Mortalité larvaire} = \frac{(\text{nombre d'œufs fertiles} - \text{nombre d'adultes émergés})}{(\text{nombre d'œufs fertiles})} \times 100 \quad (4)$$

Analyse des données

La formule d'Abbott (Abbot, 1925) a été utilisée pour corriger la mortalité du contrôle si elle dépasse le seuil de 5%. Les différences significatives entre la sensibilité des morphotypes du voandzou vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* ont été établies par une analyse de variance (ANOVA I) suivie du test de séparation des moyennes de Turkey au seuil de 5 % à l'aide de STATISTICA 7. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) expliquant la sensibilité des morphotypes de voandzou a été réalisée à l'aide des logiciels Past 3_16 et R version 3.5.1.

RESULTATS ET DISCUSSION

Préférence de *Callosobruchus maculatus* à 40 morphotypes de voandzou en condition de stock

L'analyse des pontes montre que le nombre d'œufs pondus par la femelle de *C. maculatus* est compris entre $56,5 \pm 19,65$ et $111,5 \pm 58,69$ œufs, correspondant aux morphotypes CM/EN/DW/01 et CM/EN/MC/34 (Tableau 1). Le nombre moyen d'œufs pondus sur les différents morphotypes ne diffère pas significativement d'un morphotype à un autre ($p = 0,83$ NS). En outre, la mortalité au stade œufs est comprise entre 2,11-14,52% correspondant aux morphotypes (CM/EN/MC/49 et CM/EN/MC/38) et celui du stade larvaire comprise entre 8,62-43,13 (CM/EN/DW/24 et CM/EN/DW/09). Cette différence observée est significative pour ce qui est de la mortalité au stade œuf ($p < 0,05^*$). La mortalité larvaire quant à elle présente une différence très hautement significative ($p < 0,001^{***}$). Pour ce qui est du taux d'émergences des différents morphotypes de voandzou après l'infestation, la plus grande est de 96,70% pour le morphotype CM/EN/DW/24, ce qui signifie que la quasi-totalité des œufs pondus a conduit à l'émergence d'une bruche. La plus petite en revanche est de 55,28% pour le morphotype CM/EN/MC/40. Les analyses indiquent qu'il existe une différence très hautement significative ($p < 0,001^{***}$) pour les 40 morphotypes de voandzou étudiés.

Chez la femelle de *C. maculatus*, la ponte varie peu en fonction des substrats de ponte (morphotype). Les femelles déposent les œufs sur les graines et le développement post-embryonnaire s'effectue à l'intérieur de celle-ci, aux dépens des réserves nutritives localisées dans les cotylédons et du germe [20, 21]. En effet, les précédentes enquêtes menées dans cette zone d'étude, ont révélé que *C. maculatus* et *C. subinnotatus* sont les insectes les plus fréquemment rencontrés dans les stocks paysans [22, 11]. Les observations des stocks paysans en laboratoire ont permis de montrer que *Callosobruchus maculatus* est l'espèce qui a la plus grande densité d'individus (99,64%), étant donné qu'il est le principal ravageur des graines du voandzou en stock [10]. De même le nombre d'œufs pondus est fortement corrélé avec le nombre d'individus émergés ($r = 0,89^{**}$) et l'indice de susceptibilité ($r = 0,71$). De nombreux travaux ont montré que l'activité reproductrice des insectes était conditionnée non seulement par des facteurs climatiques ou trophiques, mais aussi par des facteurs externes susceptibles d'agir par voie nerveuse ou endocrine sur l'émission et la production des ovocytes [23, 24]. D'autres cependant, évoquent la



morphologie (taille de l'hôte), la qualité nutritionnelle en relation avec la composition chimique, l'abondance et/ou la disponibilité de l'hôte [25, 26].

Susceptibilité des graines de voandzou à l'attaque de *Callosobruchus maculatus*

L'indice de susceptibilité (IS) est défini comme étant le degré de sensibilité des différents morphotypes de voandzou vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus*. Cet indice dans le cadre de ce travail diffère d'un morphotype à un autre, en fonction des intervalles de susceptibilité (Tableau 2). Deux grands groupes sont observés: Ceux moyennement résistants c'est-à-dire peu sensibles aux attaques des *C. maculatus* avec un intervalle variant entre (4-7) et ceux susceptibles compris entre (8-10) c'est-à-dire vulnérables à l'agressivité des *C. maculatus* [19]. Les morphotypes CM/EN/AE/02; CM/EN/DW/09; CM/EN/DW14; CM/EN/DW/20; CM/EN/MC/33; CM/EN/MC/34; CM/EN/MC/49 sont désignés comme étant du groupe I dit modérément résistants et le reste de morphotypes appartient au groupe II considéré comme étant sensibles ou vulnérables. De façon générale les valeurs liées à l'indice de susceptibilité sont très hautement significatives ($p < 0,0001^{***}$).

En se référant aux résultats des taux de mortalité œufs, larvaires et l'émergence, il est remarqué que la mort d'un individu peut survenir à tous les stades de développement et pour des raisons diverses. Les composés antimétaboliques (éléments antinutritionnels) contenus dans les graines des différents morphotypes peuvent agir de deux manières différentes: certains peuvent afficher une activité antimétabolique et donc retarder le développement de l'insecte nuisible sans le tuer, d'autres peuvent tuer les larves des ravageurs sans avoir d'activité antimétabolique [27]. D'après les valeurs enregistrées, le taux d'émergence oscille entre 55,28% et 96,7% pour l'ensemble des morphotypes testés, on peut dire que *C. maculatus* est une espèce qui s'épanouit très bien sur les graines de voandzou en stock dans les trois régions septentrionales. Au Niger, des pertes de 61,8% des grains de Voandzou dont 83,9% dues à *C. maculatus* (Fab.) et *C. subinnotatus* après 7 mois de stockage sans traitement ont été signalées [28]. De ce fait plusieurs phénomènes peuvent intervenir au cours du développement des bruches et nuire à leur croissance. Il a été suggéré que les variétés qui expriment une résistance ont des attributs physiques ou biochimiques modifiant les réponses comportementales (xénobiose) ou nuisant au développement ou à la survie de l'insecte nuisible par le biais d'aberrations métaboliques (antibioses) [29].



Corrélation des paramètres de susceptibilité de 40 morphotypes de voandzou

Les individus observés dans cette étude sont représentés par : les points de couleur rouges (sept) qui sont les morphotypes collectés dans la région de l'Adamaoua, les triangles verts (huit), ceux collectés dans la région de l'Extrême-Nord et les carrés bleus (vingt-cinq) ceux du Nord. Les ellipses de concentration présentées à la figure 2 montrent une concentration des individus des trois régions, démontrant ainsi leur susceptibilité vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* à l'exception des quelques morphotypes issus de la région de l'Extrême-Nord. L'axe 1 est corrélé positivement aux paramètres nombre d'œufs pondus et indice de susceptibilité alors que l'axe 2 est corrélé à l'émergence. Plus spécifiquement, il ressort qu'il existe une forte corrélation entre le nombre d'œufs pondus et le nombre d'individus émergés ($r = 0,89$) et de même que l'indice de susceptibilité ($r = 0,71$). De même il existe une forte corrélation négative entre l'émergence et la mortalité larvaire ($r = -0,97$). Cette corrélation négative exprime le fait que lorsque l'émergence augmente et la mortalité au stade œuf diminue. Les dégâts enregistrés dus à ce ravageur résultent du fait que les femelles pondent leurs œufs sur les gousses et les larves néonates pénètrent dans les graines immatures qui poursuivent leur développement et murissement pendant le stockage [30].



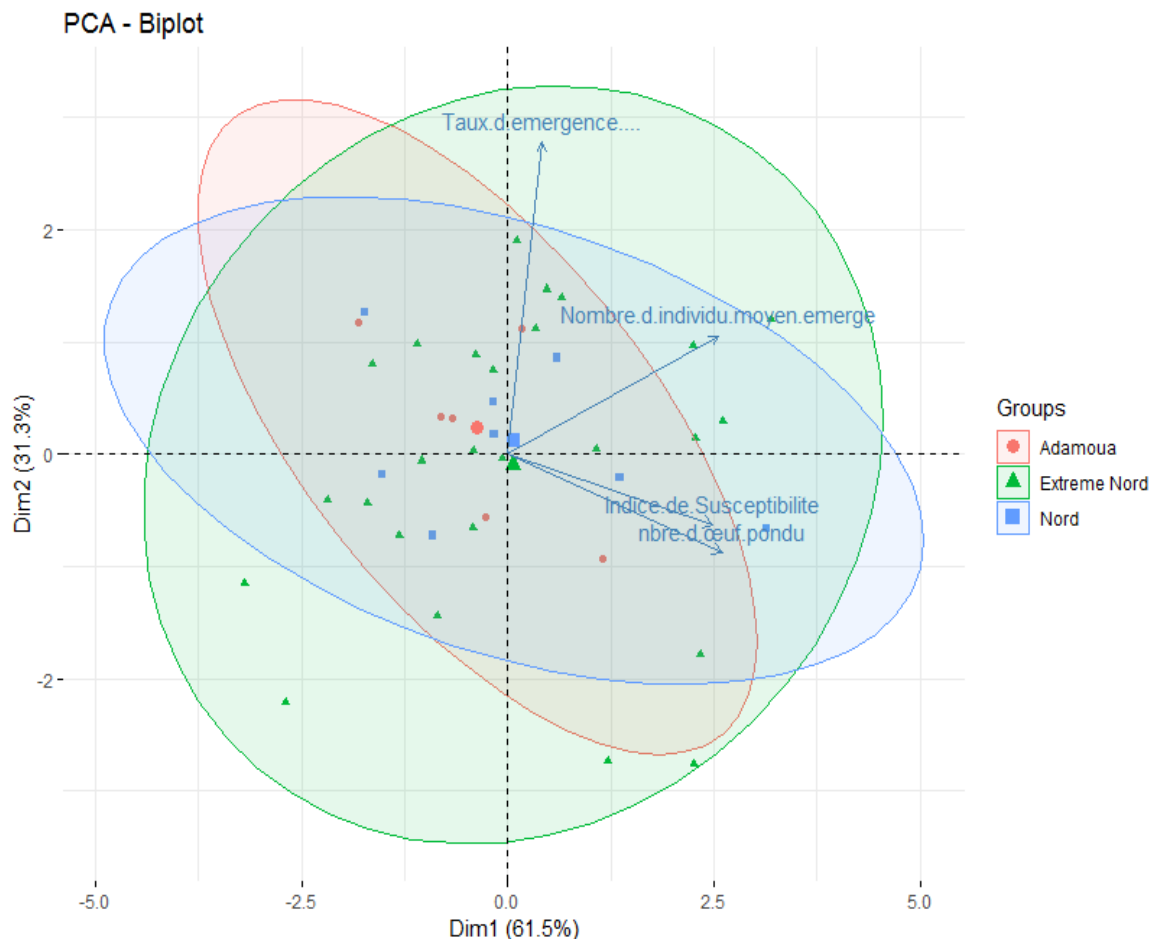


Figure 2: Graphique de corrélation des paramètres de susceptibilité des morphotypes collectés dans les régions de l'Adamaoua, du Nord et de l'Extrême-Nord

Classification ascendante hiérarchisée des morphotypes de voandzou en fonction de leur susceptibilité vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus*

La classification ascendante hiérarchisée a permis de réaliser un dendrogramme regroupant les morphotypes en sept classes distinctes en fonction du degré de susceptibilité (Figure 3). Les sept classes sont rangées en fonction des morphotypes les plus résistants vers les moins résistants. Ainsi, les trois premières classes constituent les morphotypes les plus résistants, les classes quatre, cinq et six moyennement résistants et la classe sept très peu résistantes.

Classification Hiérarchique

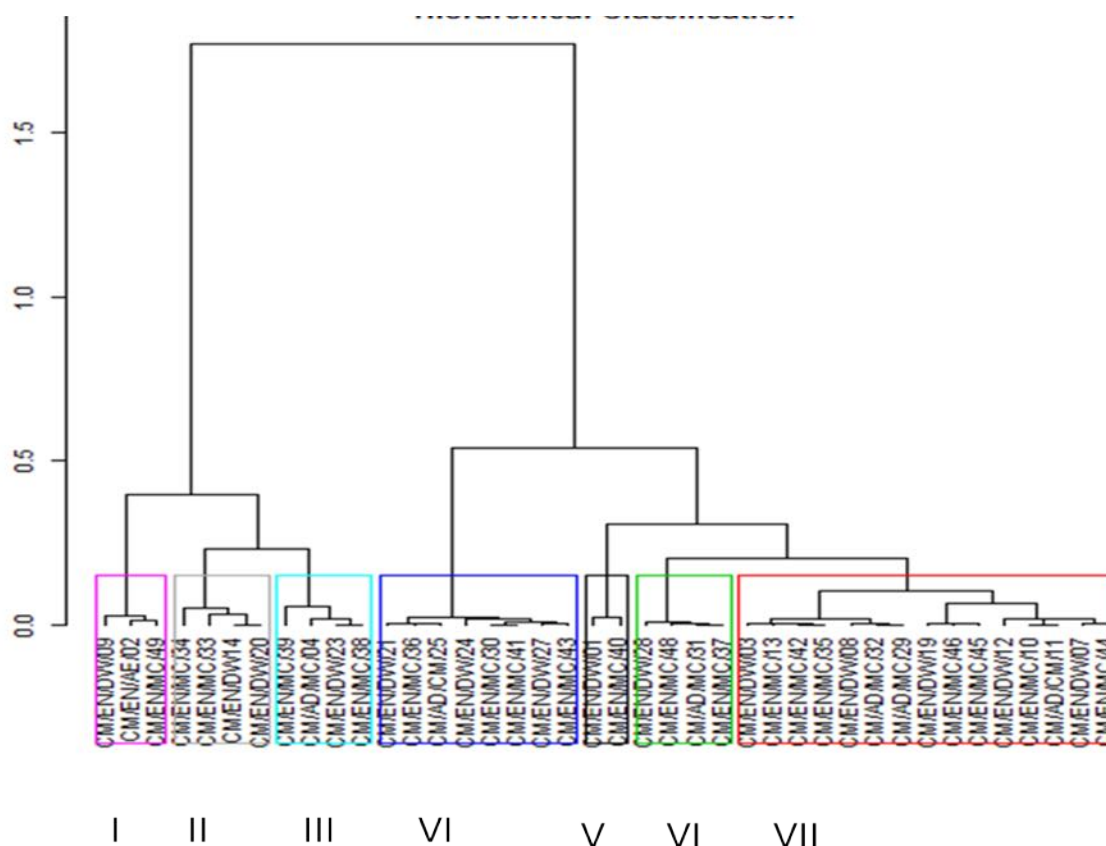


Figure 3: Dendrogramme à 7 classes construites à partir des paramètres de susceptibilité des 40 morphotypes de voandzou collectés

Les morphotypes de voandzou les moins infestés de classe I et II sont considérés comme étant peu susceptibles et peuvent avoir des facteurs biologiques qui font en sorte que les adultes de *C. maculatus* émergent moins que d'autres [31]. Ces caractéristiques peuvent entrer dans le mécanisme de résistance aux attaques des bruches de certaines légumineuses comme le niébé [32]. L'aptitude des légumineuses à être infestées par les insectes nuisibles change selon les variétés [33] et des critères tels que l'émergence des adultes, la période de développement et l'indice de sensibilité qui sont les indicateurs les plus fiables de la résistance de la plante hôte aux dommages causés par ses parasites en stockage [29]. Plusieurs auteurs ont affirmé que la résistance variétale est un aspect important de la stratégie de lutte antiparasitaire durable et particulièrement efficace pour réduire les pertes après récolte dues aux ravageurs [34, 35], il pourrait y avoir des éléments toxiques dans la composition de la graine, avec des propriétés ovicides et larvicides. Etant donné que plusieurs facteurs interagissent pour contribuer à la résistance naturelle des graines

d'une plante donnée contre les attaques des insectes ravageurs, le choix des graines pour la ponte peut s'expliquer d'une part par le spectre des molécules chimiques perçues par les femelles et d'autre part par la variation des caractéristiques physiques des graines (texture et la taille des graines).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS DE DEVELOPPEMENT

Les résultats obtenus au cours de cette étude, montrent l'existence d'une différence de sensibilité des 40 morphotypes de voandzou vis-à-vis de *C. maculatus*. Les paramètres analysés pour évaluer leur sensibilité nous ont permis de déterminer l'indice de susceptibilité des différents morphotypes. La classification ascendante hiérarchisée a permis de réaliser un dendrogramme regroupant les morphotypes en sept classes distinctes en fonction du degré de susceptibilité. Il ressort que les morphotypes les plus résistants ont été CM/EN/AE/02, CM/EN/DW/09 et CM/EN/MC/49 de classe I, et CM/EN/MC/34, CM/EN/MC/33, CM/EN/DW14 et CM/EN/DW/20 de classe II. Ces sept morphotypes ont montré une résistance variétale très importante qui peut être utilisée dans le développement des variétés peu ou pas sensibles à la bruche. Cette méthode est une alternative respectueuse du consommateur et de l'environnement, car elle protège l'utilisateur contre les produits phytosanitaires de synthèses. De même, les caractéristiques agronomiques peuvent être observés pour ces 40 morphotypes afin de fournir davantage d'informations qui permettront de mettre à la disposition des producteurs des semences certifiées de qualité produites à partir des variétés répondant aux exigences des producteurs et des consommateurs. On note un bon potentiel agronomique (cycle court, haute productivité, tolérant aux stress acide et hydrique) et un bon potentiel technologique (cuisson facile). Ainsi, le stockage sera plus aisé et constituera une solution durable pour accroître la disponibilité alimentaire.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Les auteurs ont participé de diverses manières à la conception de cet article. Spécifiquement, MC réalisé les manipulations et les analyses des données et a rédigé le manuscrit initial, NTSL et GA ont contribué à l'analyse des données, à la discussion des résultats et à la correction du manuscrit ; NR a supervisé et a édité la version finale de l'article.



Tableau 1: Evaluation de la mortalité au stade œuf, larvaire et de l'émergence de *Callosobruchus maculatus* sur les différents morphotypes de voandzou en laboratoire

Ecotypes	Nombre d'œuf moyen pondu	Mortalité œuf moyen (%)	Mortalité larvaire moyen (%)	Emergence (%)
CM/EN/DW/01	56,5±19,65 ^a	4,18±1,00 ^{ab}	35,21±8,82 ^{ab}	66,30±8,49 ^{abc}
CM/EN/AE/02	108,75±8,25 ^a	2,77±0,68 ^{ab}	43,06±8,77 ^{ab}	58,23±8,30 ^{ab}
CM/EN/DW/03	83,25±21,05 ^a	4,03±1,16 ^{ab}	23,67±4,06 ^{ab}	77,24±4,04 ^{abc}
CM/AD/MC/04	103±35,39 ^a	3,31±1,15 ^{ab}	32,15±5,40 ^{ab}	69,06±4,81 ^{abc}
CM/EN/DW/07	72,25±25,07 ^a	4,32±0,85 ^{ab}	30,66±8,51 ^{ab}	70,70±8,15 ^{abc}
CM/EN/DW/08	73,75±39,28 ^a	6,11±2,75 ^{ab}	25,00±2,41 ^{ab}	76,55±2,31 ^{abc}
CM/EN/DW/09	96±11,20 ^a	2,34±0,17 ^{ab}	43,13±5,52 ^{ab}	57,89±5,34 ^{ab}
CM/EN/MC/10	81,5±19,09 ^a	9,24±1,70 ^{ab}	30,59±4,38 ^{ab}	72,30±3,82 ^{abc}
CM/AD/CM/11	83,5±16,16 ^a	3,49±0,62 ^{ab}	27,25±5,93 ^{ab}	73,61±5,80 ^{abc}
CM/EN/DW/12	84,5±39,68 ^a	7,89±2,04 ^{ab}	38,90±7,48 ^{ab}	64,11±6,89 ^{abc}
CM/EN/MC/13	81±24,10 ^a	14,19±2,79 ^b	29,41±6,98 ^{ab}	79,35±8,93 ^{abc}
CM/EN/DW14	90,75±39,20 ^a	4,89±0,51 ^{ab}	17,58±6,64 ^{ab}	83,19±6,42 ^{abc}
CM/EN/DW/19	64,5±18,36 ^a	6,43±0,32 ^{ab}	29,01±9,02 ^{ab}	72,86±8,44 ^{abc}
CM/EN/DW/20	93,5±29,24 ^a	8,92±2,98 ^{ab}	16,52±1,55 ^{ab}	84,49±1,62 ^{abc}
CM/EN/DW/21	75,25±33,81 ^a	8,92±2,98 ^{ab}	16,42±5,45 ^{ab}	85,24±4,92 ^{abc}
CM/EN/DW/23	95±10,81 ^a	7,32±0,40 ^{ab}	23,46±6,13 ^{ab}	78,28±5,65 ^{abc}
CM/EN/DW/24	74±25,22 ^a	7,92±1,54 ^{ab}	8,62±3,42 ^a	96,70±0,81 ^c
CM/AD/CM/25	78,5±25,22 ^a	11,78±2,37 ^{ab}	16,78±4,10 ^{ab}	88,99±3,43 ^{abc}
CM/EN/DW/27	80,25±27,39 ^a	6,44±2,41 ^{ab}	13,96±6,12 ^a	87,36±5,17 ^{abc}
CM/EN/DW/28	66,25±22,89 ^a	10,62±1,56 ^{ab}	15,52±4,78 ^{ab}	86,34±3,92 ^{abc}
CM/AD/MC/29	74±9,97 ^a	3,33±0,45 ^{ab}	20,63±1,65 ^{ab}	80,77±1,88 ^{abc}
CM/EN/MC/30	80,25±25,81 ^a	11,15±1,10 ^{ab}	14,13±0,86 ^a	92,40±1,61 ^c
CM/AD/MC/31	61,75±35,96 ^a	5,48±2,03 ^{ab}	12,47±4,20 ^a	88,45±3,87 ^{abc}
CM/AD/MC/32	72,25±7,39 ^a	2,32±0,81 ^{ab}	19,81±7,48 ^{ab}	80,48±7,56 ^{abc}
CM/EN/MC/33	97,75±34,65 ^a	5,65±1,77 ^{ab}	9,14±3,19 ^a	91,51±2,92 ^{abc}



CM/EN/MC/34	111,5±58,69 ^a	5,26±2,68 ^{ab}	24,88±4,20 ^{ab}	76,21±4,28 ^{abc}
CM/EN/MC/35	79,75±17,42 ^a	9,17±1,27 ^{ab}	24,49±6,87 ^{ab}	79,76±4,23 ^{abc}
CM/EN/MC/36	75,5±21,31 ^a	5,93±1,76 ^{ab}	15,51±6,32 ^{ab}	85,54±5,88 ^{abc}
CM/NO/MC/37	60,25±39,93 ^a	8,80±1,28 ^{ab}	12,62±2,48 ^a	88,53±2,21 ^{abc}
CM/EN/MC/38	98±29,35 ^a	14,52±4,95 ^{ab}	29,66±11,05 ^{ab}	75,98±8,34 ^{abc}
CM/EN/MC/39	100±23,90 ^a	4,098±0,41 ^{ab}	13,87±3,49 ^a	86,67±3,37 ^{abc}
CM/EN/MC/40	67±35,57 ^a	11,15±7,41 ^{ab}	51,97±16,77 ^{ab}	55,28±14,59 ^a
CM/EN/MC/41	81,5±8,07 ^a	7,60±1,84 ^{ab}	11,29±3,70 ^a	90,87±1,83 ^{bc}
CM/NO/MC/42	80,5±27,57 ^a	4,51±1,47 ^{ab}	18,19±6,90 ^{ab}	82,32±6,89 ^{bc}
CM/NO/MC/43	85±20,35 ^a	11,77±1,37 ^{ab}	17,61±4,09 ^{ab}	86,27±4,45 ^{abc}
CM/NO/MC/44	76,75±19,21 ^a	3,68±0,28 ^{ab}	30,49±9,11 ^{ab}	70,63±8,75 ^{abc}
CM/EN/MC/45	68,25±33,033 ^a	3,68±0,93 ^{ab}	25,53±4,21 ^{ab}	75,44±3,96 ^{abc}
CM/EN/MC/46	70±46,69 ^a	6,25±2,11 ^{ab}	28,91±6,93 ^{ab}	72,64±6,92 ^{abc}
CM/EN/MC/48	62,25±20,75 ^a	7,82±2,10 ^{ab}	16,21±4,11 ^{ab}	85,02±3,80 ^{abc}
CM/EN/MC/49	105±3,67 ^a	2,13±0,45 ^a	34,46±8,19 ^b	66,15±8,19 ^{abc}
P value	0,83 ^{ns}	0,00 [*]	0,00 ^{**}	0,00 ^{***}

NB : Les valeurs portant les mêmes lettres dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil 5% D'après le test Turkey

Tableau 2 : Evaluation de la susceptibilité des morphotypes de voandzou vis à vis de *Callosobruchus maculatus* en condition de laboratoire

Code	Nombre moyen d'individu émergé	Indice de Susceptibilité	Intervalle de susceptibilité	Classement de commodité
CM/EN/DW/01	35±6,81 ^a	4,80±0,20 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/AE/02	64±19,11 ^a	8,54±0,59 ^f	8 – 10,9	S
CM/EN/DW/03	64,5±19,04 ^a	5,63±0,19 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/AD/MC/04	73±29,90 ^a	5,70±0,40 ^{cdef}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/07	51,75±22,27 ^a	5,46±0,52 ^{abc}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/08	56,75±31,64 ^a	5,27±0,54 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/09	56±12,50 ^a	8,33±0,52 ^{def}	8 – 10,9	S
CM/EN/MC/10	58±10,88 ^a	5,81±0,21 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/AD/CM/11	60±6,04 ^a	5,72±0,08 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/12	54,25±29,88 ^a	5,22±0,37 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/13	58,75±14,44 ^a	5,66±0,13 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/14	75,25±35,87 ^a	8,51±0,71 ^{ef}	8 – 10,9	S
CM/EN/DW/19	46,75±17,45 ^a	4,84±0,75 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/20	78,75±24,57 ^a	8,57±0,55 ^f	8 – 10,9	S
CM/EN/DW/21	65±31,32 ^a	5,47±0,57 ^{abc}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/23	74,25±11,88 ^a	5,92±0,15 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/24	67,75±22,99 ^a	6,09±0,34 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/AD/CM/25	67,25±18,01 ^a	6,00±0,17 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/27	72±27,68 ^a	5,75±0,42 ^{abcde}	4 -7,9	MR
CM/EN/DW/28	58,5±23,32 ^a	5,44±0,37 ^{abc}	4 -7,9	MR
CM/AD/MC/29	59,25±7,94 ^a	5,66±0,17 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/30	70,5±23,64 ^a	6,08±0,24 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/AD/MC/31	52,5±30,48 ^a	4,95±0,94 ^a	4 -7,9	MR
CM/AD/MC/32	59±14,54 ^a	5,57±0,18 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/33	89,5±32,71 ^a	8,18±0,58 ^{cdef}	8 – 10,9	S

CM/EN/MC/34	80,75±38,77 ^a	8,05±0,84 ^{bcdef}	8 – 10,9	S
CM/EN/MC/35	62,75±17,85 ^a	5,86±0,2 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/36	63±13,20 ^a	6,07±0,2 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/NO/MC/37	54,5±37,37 ^a	5,03±0,79 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/38	75,75±27,93 ^a	6,13±0,23 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/39	87±23,72 ^a	6,41±0,2 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/40	39,25±33,01 ^a	4,69±1,14 ^a	4 -7,9	MR
CM/NO/MC/41	73,5±11,07 ^a	6,07±0,1 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/NO/MC/42	64±17,90 ^a	5,59±0,21 ^{abcd}	4 -7,9	MR
CM/NO/MC/43	71±13,50 ^a	6,00±0,20 ^{abcdef}	4 -7,9	MR
CM/NO/MC/44	55,5±20,59 ^a	5,52±0,37 ^{abc}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/45	52±26,04 ^a	5,26±0,4 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/46	50,75±35,70 ^a	4,94±0,79 ^a	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/48	52,5±16,07 ^a	5,31±0,3 ^{ab}	4 -7,9	MR
CM/EN/MC/49	69,5±15,00 ^a	8,31±0,60 ^{def}	8 – 10,9	S
Pvalue	0,82 ^{ns}	0,00 ^{***}		

ns : p<0,05 non significatif ; *** : p<0,0001 très hautement significatif

NB : Les valeurs portant les mêmes lettres dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil 5% D'après le test Turkey



REFERENCES

1. **FAO.** Défis liés à la sécurité alimentaire mondiale et principales causes: conflits et guerres en Ukraine et dans d'autres pays, ralentissements et fléchissements, et changement climatique, Cent soixante-douzième session Rome, 2023; 24-28 avril 2023.
2. **Banque Mondiale.** Agir face à une crise alimentaire mondiale, 2023; November, 2023; edition of the Agricultural Market Information System (AMIS) Market Monitorshar.
3. **FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO.** The State of Food Security and Nutrition in the World, 2020. Rome.
4. **EAT-Lancet.** Commission Summary Report, 2019. Available online at: https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EATLancetCommission_Summary_Report.pdf Accessed February 2020.
5. **Massawe FJ, Dickinson M, Roberts JA and SN Azam-Ali** Genetic diversity in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces revealed by AFLP markers, Genome. 2002; **45**:1175–1180.
6. **Nizar M, Marahaini N, Jahanshiri E, Tharmandram AS, Salama A, Sinin SSM, AbdullahZolkepli H, Wimalasiri EM, Suhairi TASTM, Hussin H, Gregory P J and SN Azam-Ali** Underutilised crops database for supporting agricultural diversification, Computers and Electronics in Agriculture. 2021; **180**: 105920. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105920>
7. **Sanon A, Zakaria I, Dabire-binsou C, Niango BM and NRC Honora** Potential of Botanicals to Control *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae), a Major Pest of Stored Cowpeas in Burkina Faso. *International Journal of Insect Science*. 2018; **10**: 1–8.
8. **Ngamo TLS, Goudoum A, Djakissam W and C Madou** Les bruches du voandzou *Vigna subterranea* (L.) et les outils de protection post récolte dans le Nord du Cameroun, Entomologie Faunistique, 2016; **69**: 83–89.



9. **Fleurat-Lessard F** La lutte chimique contre les maladies et ravageurs des légumineuses en pré-et post-récolte - Systèmes de protection phytosanitaire durables applicables en Afrique. *Mycologie et Sécurité des Aliments*. 2016; 31p.
10. **Madou C, Watching D, Vatsou J, Ardjoune F, Ndjouenkeu R, Goudoum A, Ngassoum Martin B and SL Ngamo Tinkeu** Pratiques paysannes de production durable des graines de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc.] pour la sécurité alimentaire dans le Cameroun septentrional. *European Scientific Journal*. 2018; 1857 – 7881.
<https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p424>
11. **Fotso TG, Tofel HK, Abdou JP, Tchao N, Zourmba CM, Adler C and EN Nukenine** Control of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Chrysomelidae) Using Fractionated Extracts from Cameroonian *Hemizygia welwitschii* (Lamiaceae) Leaf on Stored *Vigna unguiculata* (Fabales : Fabaceae). *Journal of Isects Sciences*. 2019; **10**: 1–9.
12. **Kpatinvoh B, Adjou ES, Dahouenon-Ahoussi E, Konfo TRc, Atrevy Bc and D Sohounhloue** Problématique de la conservation du niébé (*Vigna unguiculata* (L), Walp) en Afrique de l'Ouest : étude d'impact et approche de solution. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 2016; **31**: 4831-4842.
13. **Cissokho PS, Guèye MT, Sow EH and K Diarra** Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2015; **9**: 1644-1653.
14. **Chougourou DC, Agossa CH, Zoclanclounon YAB, Nassara MG and A Agbaka** Efficacy of two plant powders as cowpea grain protectants against *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera, Chrysomelidae: Bruchinae). *Journal of Applied Biosciences*. 2016; **105**: 10152 –10156.
15. **Sankara F, Dabire LCB and S Dugravot** Capacités de discrimination des femelles de quatre souches de *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptera : Chrysomelidae, Bruchinae) pour la localisation de l'hôte et la ponte aux dépens d'hôtes secondaires : *International Journal of Biological and Chemical Science*. 2012; **6**: 1303–1315.



16. **Erasmus NT, Christopher S, Valentine N and AN Francis** Cartographie des acteurs et des pratiques de l'agroécologie au Cameroun, 2022; rapport IRAD/SAILD.
17. **Ouedraogo AP, Monge JP and J Huignard** Importance of temperature and seed water content on the induction of imaginal polymorphism in *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Entomology Express of Application*. 1991; **59**: 59-66.
18. **Dobie P** The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*. 1974; **10**: 183-197.
19. **Doumma A, Salissou O, Sembène M, Sidikou RSD, Sanon A, Ketoh G K and I Glitho** Etude de l'activité reproductrice de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) sur dix variétés de niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. en présence ou non de son parasitoïde, *Dinarmus basalis* R. (Hymenoptera : Pteromalidae). *Journal of Animal & Plant Sciences*. 2011; **2**: 2071 – 7024.
20. **Sankara F, Dabire LCB and S Dugravot** Capacités de discrimination des femelles de quatre souches de *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptera : Chrysomelidae, Bruchinae) pour la localisation de l'hôte et la ponte aux dépens d'hôtes secondaires. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 2012; **6**: 1303–1315.
21. **Adepoju AO** Ovipositional Response of Seed Beetle *Callosobruchus Maculatus* (F.) Coleoptra : Chrysomelidae on Some Selected Varieties of Cowpea, *Vigna Unguiculata* (L.) Walp. *International Journal in Agriculture and Forestry*. 2016; **3**: 28–34.
22. **Ngamo TLS, Madou C, Djakissam W, Goudoum A and R Ndjouenkeu** Post-harvest storage systems and insect pests occurring on Bambara groundnuts (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) in the Sudano-Guinean savannah of Cameroon. *Journal of entomology and Zoology Studies*. 2016; **4**: 167–173.

23. **Lale NES and MS Makoshi** Role of chemical characteristics of the seed coat in the resistance of selected cowpea varieties to *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in Nigeria. *International Journal Pest Manage.* 2000; **46**: 97–102.
24. **Messina FJ, Mendenhall M and JC Jones** An experimentally induced host shift in a seed beetle. *Entomology Express of Application.* 2009; **132**: 39-49
25. **Yang RL and H Fushing** Quantifying the effects of host discrimination on egg laying decision of the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Entomology Express of Application.* 2008; **129**: 325-331.
26. **Nyamador SW, Mondédji AD, Ketoh GK, Amévoin K and IA Glitho** Potential Reproductive Activity of *Callosobruchus subinnotatus* Pic. (Coleoptera: Bruchinae), Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* Verd.). *Depredator.* 2016; **10**: 134–144.
27. **Kosini D, Saidou C and EN Nukenine** Physico-chemical Properties and Resistance of Ten Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) Varieties to Attack by *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Chrysomelidae) in the Sudano-sahelian and Sudano-guinean Zones of Cameroon. *Journal of Experimental Agriculture International.* 2017; **10**: 1–14.
28. **Baoua IB, Amadou L, Abdourhamane M, Baributsa D and LL Murdock** Grain Storage Insect Pests and Associated Losses in Rural Niger. *J. Stored Prod. Res.*, 2015; **64**: 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.04.007>
29. **Amusa OD, Ogunkanmi AL, Bolarinwa K and O Ojobo** Evaluation of four cowpea lines for bruchid (*Callosobruchus maculatus*) tolerance. *Journal of Natural Sciences Research.* 2013; **3**: 46– 52.
30. **Kayombo MA, Mutombo TJM, Somue MA, Muka MP, Wembonyama OM, Tshibangu BKE and KJ Kaboko** Effet de la poudre de Basilic (*Ocimum basilicum*) dans la conservation des graines de Niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en stock contre *Callosobruchus maculatus* F. à MbujiMayi (RD. Congo) in *Congosciences*, 2014; 66.

31. **Lale NES and S Vidal** Effect of constant temperature and humidity on oviposition and development of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) on Bambara groundnut, *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt. *Journal of Stored Products Research*. 2003; **39**: 459–47.
32. **Somta C, Somta P, Tomooka N, Ooi PAC, Vaughan DA and P Srinives** Characterization of new sources of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) resistance to bruchids, *Callosobruchus* spp. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 2008; **44**: 316–321.
33. **Mogbo TC, Okeke TE and CE Akunne** Studies on the resistance of cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) to weevil (*Callosobruchus maculatus*) infestations. *American Journal of Zoological*. 2014; **2**: 37–40.
34. **Hubert B and D Couvet** La transition agroécologique. Quelles perspectives en France et ailleurs dans le monde. Tome I et Tome II. 259 p et 185p. Académie d'agriculture de France, 2021; IMPM-BP 6163 - Yaoundé, Cameroun, 346 p.
35. **Roby D, Ravigné V, Hannachi M and B Moury** L'immunité des plantes. Pour des cultures résistantes aux maladies. Editions Quae. 2021; 390 p.