

## Caractérisation morphométrique des populations de *Bruchidius atrolineatus* Pic (coleoptera-Bruchinae) à travers une analyse factorielle discriminante (AFD)

Moumouni Dan Mairo Adamou<sup>1</sup>, Doumma Ali<sup>2</sup>, and Mbacké Sembène<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Tahoua, Faculty of Agricultural Sciences (FSA), B.P. 255 Tahoua, Niger

<sup>2</sup>University Abdou Moumouni of Niamey, Faculty of Science and Technology, B.P. 10662 Niamey, Niger

<sup>3</sup>Cheik Anta Diop University of Dakar (UCAD), Faculty of Science and Technology, Niger

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** *Bruchidius atrolineatus* (Coleoptera-Bruchinae) est un ravageur important du niébé dans les champs et dans les stocks. Des individus mâles appartenant à des populations de cette bruche du niébé obtenus des graines de la taille différente ont été comparées au moyen d'une analyse factorielle discriminante (AFD) portant sur 17 variables morphologiques. La taille moyenne de chaque variété a été mesurée. L'analyse des données montre que les individus issus des graines de grandes tailles sont plus grands que ceux issus de petite taille. Ceux issus des graines de petite taille se caractérisent par la distance minimale entre les yeux ventralement (dvy) et de la plus grande dimension du tibia 3 (Lt3). Les individus mâles issus de graines de grande taille se distinguent par la longueur de l'antenne (Lan), la distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf), de la longueur maximale de tête (Lmt), de la largeur du pronotum au centre (Lap), de la plus grande dimension de la fémur 3 (Lf3), la longueur maximale de la cellule radiale de l'aile postérieure (Loc), de la longueur de l'élytre (Loe), la plus grande dimension du coxa 3 (Lmc), la longueur du premier sternite abdominale (Los), de la largeur du premier sternite abdominal (Las) la longueur (Lpy) et largeur (lpy) du pygidium (Figures 3 et 4). L'examen de la valeur de F montre que les variables possédant globalement le plus fort pouvoir discriminant sont par ordre de F décroissant: Lap (F=1007,33), Lmf (F=273,94), Lmt (F=159,38), Las (F=123,25), Lf3 (F=74,14), Lmc (F=47,41), Loe (F=43,03), Lpy (F=24,50), Lt3 (F=28,36), Lan (F=26,71), dvy (F=25,35), lpy (F=24,50), Loc (F=16,82), Los (F=9,28).

**KEYWORDS:** Taille des graines d'une même variété du niébé; *Bruchidius atrolineatus*; Analyse morphométrique; AFD (Analyse Factorielle Discriminante); Niger.

### 1 INTRODUCTION

La quantification des variations ou des différences entre les caractères morphologiques est une nécessité pour les disciplines qui doivent décrire les organismes qui font la biodiversité passée ou présente que ce soit du point de vue de l'ontologie, de l'évolution ou de la taxonomie (Barour, 2012). L'analyse des caractères morphologiques, permet d'apprécier le degré de variabilité des populations d'insectes (Guillaumin, 1971; Cornuet et al, 1975; Pintureau, 1980). Les caractères morphologiques sont les attributs les plus directement et facilement observables. De ce fait, ils représentent le premier support de discrimination et de reconnaissance de formes vivantes différentes. Cain (1954) définit ainsi les morpho-espèces comme des espèces dont la description et l'identification sont essentiellement basées sur des caractères morphologiques.

Chez les espèces du genre *Bruchidius* la systématique est peu claire et la définition même du genre *Bruchidius* n'est pas simple. En effet, le genre *Bruchidius* rassemble un nombre important d'espèces morphologiquement hétérogènes. Ce genre est défini par rapport à des combinaisons d'états de caractères (Borowiec, 1987) qui varient sensiblement d'une espèce à une autre (longueur et dimorphisme sexuel au niveau des antennes par exemple). En Afrique, la littérature apporte très peu d'informations sur les caractéristiques morphométriques des espèces du genre *Bruchidius*. En Afrique de l'ouest en particulier, l'essentiel des travaux sur les caractères morphologiques des bruches ont concerné essentiellement les populations de *Caryedon serratus* (Delobel, 1992; Sembene, 1996). Ces auteurs ont montré que, chez cette espèce, la morphologie dépend

des zones agro-écologiques et de plusieurs plantes-hôtes. En outre, pour beaucoup d'insectes ravageurs, la disponibilité et la qualité du substrat alimentaire influencent la taille des œufs déposés, la qualité de la descendance et la taille des adultes.

Or en Afrique, les zones de culture du niébé sont différentes aussi bien en termes de caractéristiques climatiques que sur le plan de la qualité du substrat. Dans cette étude, il est question d'identifier morphologiquement les populations de *Bruchidius atrolineatus* issus des graines d'une même variété de la taille différentes.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 ECHANTILLONNAGE, MÉTHODE D'ÉLEVAGE, ORIGINE DES POPULATIONS ÉTUDIÉES

Les populations ont été obtenues à partir des graines de niébé de la variété KVX30-309-6G collectées dans la zone de Gaya, région de Dosso. Un échantillon de 10 Kg de graines de niébé a été prélevé directement dans les greniers des producteurs. Ensuite, les graines de grande taille ont été choisies et mesurées ainsi que celles de petite taille. Ces deux lots échantillons sont ensuite ramenés et maintenus au laboratoire jusqu'à l'émergence des adultes de *B. atrolineatus* dont les mâles sont directement utilisés pour l'expérience. L'analyse a porté au total sur 60 individus en raison de 30 individus dans chaque groupe (population issue des graines de grande taille ou de petite taille). Pour chaque groupe des graines, 30 individus mâles ont été prélevés au hasard et conservés dans l'alcool 90°C. Les populations de *Bruchidius atrolineatus* ont ainsi été constituées comme suit:

- les adultes mâles issus des graines de la variété KVX30-309-6G de grande taille sont notés KVXGT
- les adultes mâles issus des graines de la variété KVX30-309-6G de petite taille sont notés KVXPT.

### 2.2 TAILLE ET ÉPAISSEUR MOYENNE DES GRAINES DE KVX 30-309-6G UTILISÉES

Le tableau 1 montre que la différence de taille entre les graines de KVX (KVXGT, KVXPT) est statistiquement significative avec une valeur de probabilité P inférieure à 0,0001. Les graines de KVX de grande taille (KVXGT) mesurent en moyenne 0,85 mm de longueur et 2,25 mm d'épaisseur alors que celles de petite taille (KVXPT) mesurent seulement 0,69 mm de taille et 0,8 mm d'épaisseur.

**Tableau 1. Tailles et épaisseurs moyenne des graines de KVX**

Variété KVX	Taille moyenne (mm)	Épaisseur moyenne (mm)
KVXGT	0,85±0,02a	2,25±0,12a
KVXPT	0,69±0,23b	0,8±0,09b
	P<0,0001	

N.B : Dans une même colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

La figure 1 présente les graines de grande taille (KVXGT) et de petite taille (KVXPT) de la variété KVX30-309-6G utilisées.



**Fig. 1. Graines de la variété KVX 30-309-6G utilisées. KVXPT: Graine de petite taille de KVX; KVXGT: Graines de grande taille de KVX**

### 2.3 CHOIX DES VARIABLES

Au cours de cette étude, 17 variables mesurables représentant les différentes parties du corps de l'insecte ont été choisies. La méthodologie utilisée consiste dans un premier temps à laver à l'eau distillée les individus mâles préalablement conservés dans l'alcool à 90° et à les disséquer immédiatement après afin de procéder aux mensurations. Chaque pièce étant soigneusement séparée des pièces voisines. La mensuration de chaque pièce a été faite sur un papier millimétré monté sur une loupe binoculaire. Les 17 variables choisies se répartissent comme suit :

**La Tête** est représentée par quatre (4) variables qui sont:

- La Longueur de l'antenne (Lan);
- La distance minimale entre les yeux ventralement (dvy);
- La distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf) et
- La longueur maximale de la tête (Lmt).

**Le thorax** est représenté par neuf (9) variables qui sont:

- La longueur du pronotum au centre (Lop);
- La largeur du pronotum (Lap);
- La plus grande dimension du fémur 3 (Lf3);
- La plus grande dimension du tibia 3 (Lt3);
- La longueur maximale de l'élytre (Loe);
- La largeur maximale de l'élytre (Lae);
- La plus grande dimension de la cellule radiale de l'aile postérieure (Loc);
- La largeur maximale de la cellule radiale (Lac) et
- La plus grande dimension de la coxa 3 (Lmc).

**L'abdomen** tout comme la tête est aussi représenté par quatre (4) variables qui sont: La longueur maximale du premier sternite abdominal (Los);

- La largeur maximale du premier sternite abdominal (Las);
- La longueur maximale du pygidium (Lpy) et
- La largeur maximale du pygidium (lpy).

### 2.4 MÉTHODES D'ANALYSE

Les analyses ont été effectuées grâce au logiciel MINITAB 16 version 2013. La méthode utilisée est l'analyse factorielle discriminante (AFD) qui combine l'analyse de variance et l'analyse en composante principale. Elle permet de séparer au mieux plusieurs groupes à l'aide de plusieurs variables en effectuant une discrimination des populations définies a priori mais aussi d'affecter un individu dont l'origine est inconnue à une population donnée. Dans un premier temps, les données brutes ont été soumises à une analyse des variances totalement emboîtées. Ce test permet de constater que la valeur de P Value est inférieure à 0,05 pour chacune des 14 variables parmi les 17. Les autres variables ont été rejetées. Les 14 variables présentent dans ce cas une meilleure discrimination entre elles et toutes ont été conservées. Les données ont été soumises à une analyse factorielle discriminante et plusieurs paramètres ont été déterminés à travers cette analyse:

- Le pouvoir discriminant (Valeur de F) ainsi que les valeurs de P value pour chaque variable mesurée ont été générés à travers l'analyse de variance totalement emboîtée dans l'ANOVA sous MINITAB 16;
- La subdivision finale des variables en fonction des groupes étudiés a été obtenue grâce à une analyse hiérarchique des variables dans l'analyse multi variée sous MINITAB 16 ;
- Le coefficient de corrélation multiple pour chaque variable ainsi que le coefficient d'Alpha de Cronbach a été généré grâce à une analyse des éléments dans l'analyse multi variée sous MINITAB. Sa valeur s'établit entre 0 et 1, étant considérée comme "acceptable" à partir de 0,7;
- La distance entre les points centraux des groupes (Distance de Mahalanobis) a été obtenue grâce à une analyse hiérarchique des observations dans l'analyse multi variée sous MINITAB 16.

La distance de Mahalanobis est une mesure de distance introduite par Prasanta Chandra Mahalanobis. Elle est basée sur la corrélation entre des variables par lesquelles différents modèles peuvent être identifiés et analysés.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 CARACTÉRISATION DES POPULATIONS ÉTUDIÉES

Les résultats issus de l'analyse en composante principale (ACP) effectuée sur les différentes mensurations montrent deux groupes bien distincts (figure 2). L'axe 1 horizontale possède la plus grande d'inertie (54,87%) suivi de l'axe 2 (10,64%). Le plan formé par l'axe 1 et l'axe 2 et qui porte sur 65,51% d'inertie donne la meilleure qualité de représentation (Figure 2). La proportion de bien classé est de 91,91% ce qui est normale puisque qu'on observe sur la figure 2 un individu issu de graine de petite taille qui se classe dans le groupe de la population de KVXGT. L'analyse hiérarchique et la représentation graphique des variables (Figures 3, et 4) montrent que les individus mâles de *B. atrolineatus* issus des graines de petite taille de la variété se caractérisent par la distance minimale entre les yeux ventralement (dvy) et de la plus grande dimension du tibia 3 (Lt3). Les individus mâles issus de graines de grande taille se distinguent par la longueur de l'antenne (Lan), la distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf), de la longueur maximale de tête (Lmt), de la largeur du pronotum au centre (Lap), de la plus grande dimension de la fémur 3 (Lf3), la longueur maximale de la cellule radiale de l'aile postérieure (Loc), de la longueur de l'élytre (Loe), la plus grande dimension du coxa 3 (Lmc), la longueur du premier sternite abdominale (Los), de la largeur du premier sternite abdominal (Las) la longueur (Lpy) et largeur (lpy) du pygidium (Figures 3 et 4). L'examen de la valeur de F montre que les variables possédant globalement le plus fort pouvoir discriminant sont par ordre de F décroissant: Lap (F=1007,33), Lmf (F=273,94), Lmt (F=159,38), Las (F=123,25), Lf3 (F=74,14), Lmc (F=47,41), Loe (F=43,03), Lpy (F=24,50), Lt3 (F=28,36), Lan (F=26,71), dvy (F=25,35), lpy (F=24,50), Loc (F=16,82), Los (F=9,28) (tableau 3). L'analyse de corrélation entre variables et l'axes discriminants montre que toutes les variables à l'exception de dvy et Lt3 qui possèdent une corrélation négative, sont bien représentées sur le premier axe (F1) (Figure 3, tableau 2). Sur le second axe (F2) on observe jusqu'à dix variables qui sont corrélées négativement (Lan, dvy, Lmf, Lf3, Lt3, Loe, Loc, Lmc, Los, Lpy) (figure 3, tableau 2) L'analyse du coefficient de corrélation multiple montre que la distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf) est la plus corrélée à la plupart des autres variables. Le coefficient de corrélation multiple est de 0,98 pour Lmf. Les individus issus des graines de grandes tailles sont plus grands que ceux issus de petite taille. La distance entre les points centraux des groupes (Mahalanobis) est la suivante: KVXGT\_KVXPT (0,93). Le coefficient Alpha de Cronbach trouvé a été de 0,85.

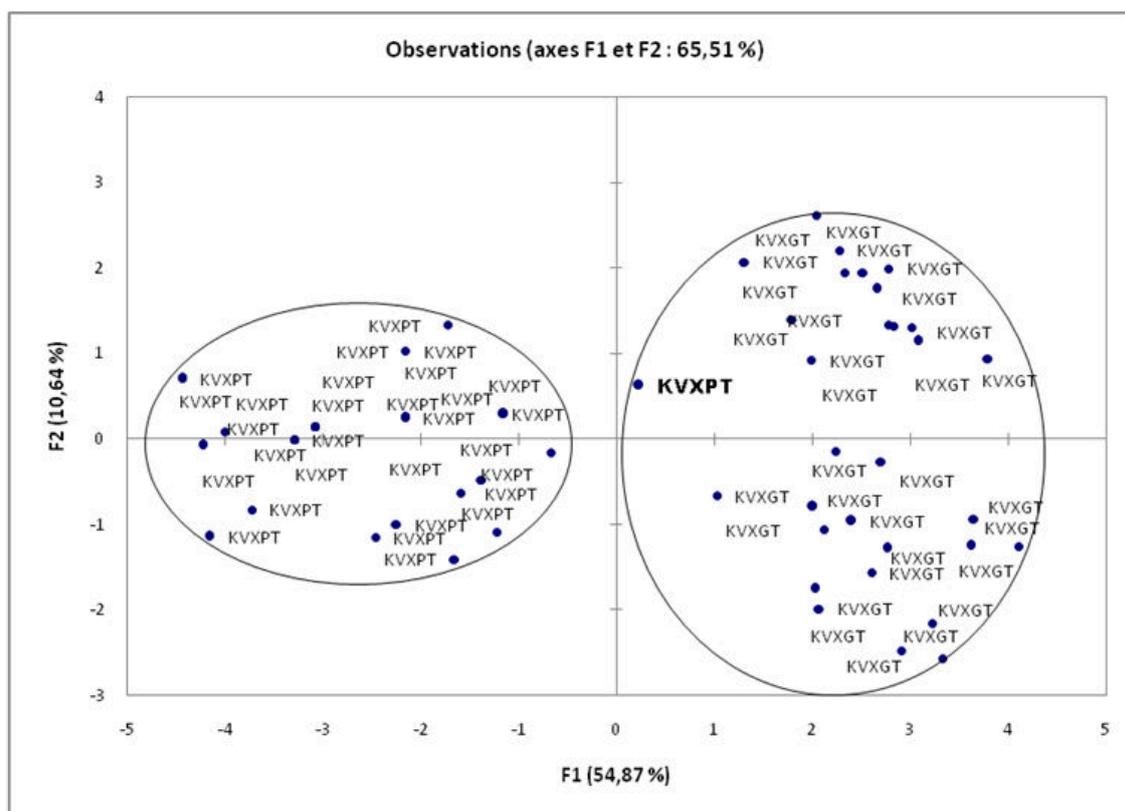


Fig. 2. Représentation dans le plan principal des populations de *B. atrolineatus*: KVXGT: Individus issus des graines de grande taille de KVX. KVXPT: Individus issus des graines de petite taille de KVX.

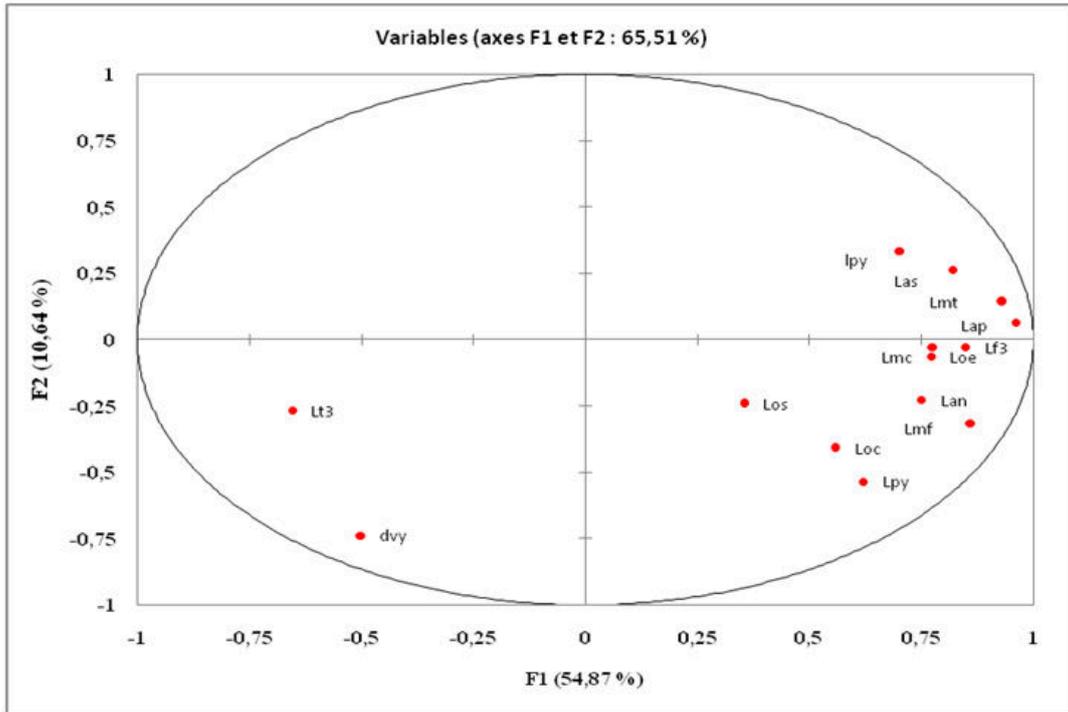


Fig. 3. Représentation dans le plan principal des variables mesurées

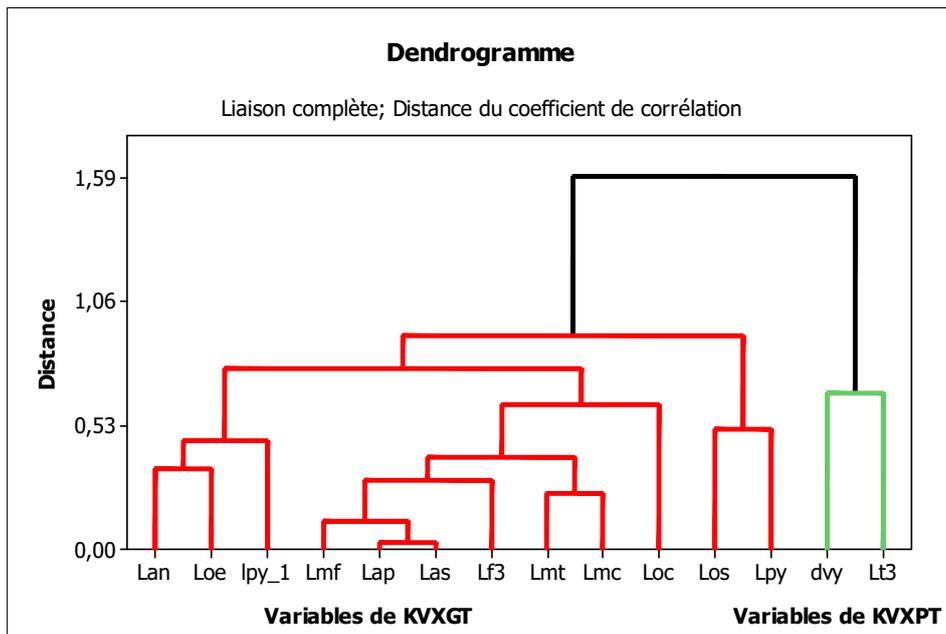


Fig. 4. Dendrogramme des variables caractérisant chaque groupe

Tableau 2. Corrélation et contribution de chaque variable conservée

Variables	Corrélations entre variables		Contributions (%)	
	F1	F2	F1	F2
Lan	0,749	-0,228	4,023	20,352
dvy	-0,500	-0,738	19,716	0,485
Lmf	0,861	-0,315	19,716	0,485
Lmt	0,932	0,142	4,098	16,011
Lap	0,962	0,064	1,132	2,251
Lf3	0,849	-0,029	4,141	0,949
Lt3	-0,655	-0,268	1,172	6,533
Loe	0,773	-0,065	0,004	22,539
Loc	0,559	-0,410	4,640	11,089
Lmc	0,776	-0,030	0,000	0,000
Los	0,355	-0,243	0,096	1,044
Las	0,819	0,263	14,897	8,781
Lpy	0,620	-0,535	11,470	0,699
lpy	0,703	0,332	14,897	8,781

Tableau 3. Taille moyenne, valeur de F et P affecter à chaque variable conservé

Variables mesurées	Mensuration moyenne de KVXGT en mm	Mensuration moyenne de KVXPT en mm	Valeur F	P Value
Lan	1,56±0,09	1,42±0,10	26,712	0,000
dvy	0,15±0,05	0,20±0,00	25,375	0,000
Lmf	0,25±0,05	0,10±0,00	273,946	0,000
Lmt	0,99±0,04	0,82±0,05	159,334	0,000
Lap	0,99±0,02	0,42±0,09	1007,332	0,000
Lf3	1,00±0,02	0,90±0,05	74,148	0,000
Lt3	0,77±0,11	1,21±0,43	28,365	0,000
Loe	1,76±0,13	1,53±0,13	43,035	0,000
Loc	3,32±0,27	3,11±0,09	16,825	0,000
Lmc	1,00±0,00	0,92±0,05	47,419	0,000
Los	0,81±0,07	0,74±0,10	9,288	0,003
Las	1,14±1,14	0,92±0,09	123,250	0,000
Lpy	1,73±0,19	1,44±0,16	38,022	0,000
lpy	1,14±0,06	1,06±0,07	24,505	0,000

#### 4 DISCUSSION

*Bruchidius atrolineatus* est un ravageur important de niébé en zone sahélienne et la plupart des études qui lui ont été consacrées l'ont été surtout sur sa biologie (Alzouma, 1987; Lenga, 1991; Doumma, 1998) et la dynamique de ses populations tant au champ que dans les structures de stockage (Germain et al., 1985; Alzouma, 1985; Glitho, 1990, Doumma et al., 2006 etc.). Très peu d'études ont concerné ses caractéristiques morphologiques. Ce travail est, à notre connaissance, le premier traitant de l'influence de la taille des graines d'une même variété du niébé sur les caractères morphométriques de l'espèce au Niger. D'abord le coefficient Alpha de Cronbach trouvé est supérieur à 0,7. Selon George et Mallery (2003), un coefficient Alpha supérieur à 0,7 est satisfaisant pour confirmer la fiabilité des tests effectués. Nos résultats montrent que les individus issus des graines de grande taille de KVX sont plus grands que ceux issus des graines de petite taille. Cette variation des paramètres morphométriques de *B. atrolineatus* en fonction des variétés ou taille des graines vient renforcer l'idée développée par Appleby et Gredland (2003). Selon ces auteurs la différence des paramètres morphologiques observée chez *Callosobruchus maculatus* pourrait aussi être liée à une coévolution entre des insectes et le substrat variétal sur lequel a lieu le développement. De plus les travaux d'Archer (2010) montrent que les premières ouvrières, élevées uniquement par la reine au moment de la fondation de la colonie, souffrent d'une alimentation restreinte et sont plus petites que leurs sœurs élevées plus tard par de nombreuses ouvrières. Etudiant les paramètres morphométriques de *Caryedon serratus* issue de plusieurs plantes hôtes, Sembene et Delobel (1996) ont montré que la variété hôte a joué un rôle important dans la discrimination observée entre les

individus et précise que cette discrimination est liée aussi bien en fonction de la taille et de la forme du ravageur. Chez *Heterorhabditis bacteriophora*, collectée au Nord-Est d'Azarbaijan en provenance d'Iran, les analyses morphométriques et morphologiques ont montré que chez les mâles de cette espèce qui ont un régime alimentaire différent, la partie proximale du gubernaculum est sensiblement courte (Nikdel et al., 2012). Selon ces auteurs, les femelles hermaphrodites ont un motif cuticulaire particulier, de formation d'un certain nombre de crêtes séparées par des rainures transversales et faisant saillie vers l'extérieur avec des motifs en forme de croissant et les lèvres de la vulve distinctes hypertrophiées. Chez *Apis mellifera adansonii* au Nord-Est du Bénin, Les mesures relatives aux caractères morphométriques des ouvrières, ont permis de classer ces abeilles en trois groupes bien distinct selon leur taille (Paraïso et al., 2011) et précisent que les longueurs des abeilles ont varié significativement ( $P < 0,05$ ) allant de  $10,86 \pm 0,69$  mm pour les abeilles de petite taille à  $11,97 \pm 0,30$  mm pour les abeilles de grande taille. Chez les Acrididae de la région ouest paléarctique, l'analyse morphométrique a permis de constater que les mâles présentent par rapport aux femelles un élargissement des champs sous-costaux antérieur et postérieur, et du champ radial, lié à un déplacement distal de la bifurcation entre les radiales antérieure et postérieure, ce qui entraîne un élargissement de la surface de résonance (Daniel Petit et al., 2006). Cependant, l'interprétation de ces données doit être faite avec prudence. En effet, chez *B. atrolineatus*, la densité larvaire entraîne une miniaturisation des adultes à l'émergence (Desroche et al., 1991). Dans notre étude, les insectes ont été choisis au hasard et plusieurs adultes ont pu émerger d'une seule graine. De plus, des facteurs tels que le degré d'humidité, la texture ou l'odeur, la qualité nutritionnelle, la dureté des graines peuvent jouer un rôle non négligeable sur la morphologie d'un insecte (Delobel et Tran, 1993).

## RÉFÉRENCES

- [1] Alzouma, I. 1987. Reproduction et développement de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera: Bruchidae) aux dépens des cultures de *Vigna unguiculata* L. Walp (Leguminosae: Papilionaceae) dans un agrosystème sahélien au Niger. *Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. François-Rabelais, Tours France*, 162p.
- [2] Archer, M. E. 2010. The queen colony phase of vespine wasps (Hymenoptera, Vespidae). *Insectes Sociaux*, 57: 133-145.
- [3] Barour, Ch. 2012. Analyse de la biodiversité des populations d'abeilles Mellifères *Apis mellifera* intermissa dans le Nord d'Algérie: Morphométrie moderne basée sur la configuration des Points- Repères. *Thèse de Doctorat, Université Badji-Mokhtar Annaba, Faculté des sciences*, 292 pages.
- [4] Borowiec, L. 1986. The seed-beetle from Yugoslavia, Albania and Greece (Coleoptera, Bruchidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, 56: 577-592.
- [5] Cain, A. J. 1954. Animal species and their evolution. *Hutchinson University Library, London*, 115 pages
- [6] Cornuet, J.M. Fresnaye, L. Tassencourt, M. 1975. Discrimination et classification de populations d'abeilles à partir de caractères biométriques. *Apidologie*, 6 (2): 145-187.
- [7] Daniel Petit, Frédérique Picaud & Lahsen Elghadraoui, 2006. Géométrie morphologique des ailes des Acrididae (Orthoptera : Caelifera) : sexe, stridulation, caractère, *Ann. soc. entomol. Fr. (n.s.)*, 2006, 42 (1) : 63-73
- [8] DELOBEL, A. 1992. La bruche de l'arachide: un exemple contemporain de déplacement du spectre alimentaire. Rapport pour l'Antenne ORSTOM *Museum National d'Histoire Naturelle*, 14p.
- [9] Delobel, A. et Tran, M. 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *ORSTOM/CTA. Paris*, pp : 312-316.
- [10] Desroches, P. & Huignard, J. 1991. Effect of larval density on development and induction of reproductive diapause in *Bruchidius atrolineatus*. *Entomol. Exp. Appl.*, 61, 255-263.
- [11] Doumma, A. 1998. Contribution à la recherche de méthodes de lutte contre *Bruchidius atrolineatus* Pic. Et *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidæ), Ravageur de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en zone sahélienne. *Thèse de doctorat. Univ. Abdou Moumouni de Niamey*, 136 p.
- [12] Doumma, A. Liman, A.I. Toudou, A. et Alzouma, I. 2006. Comportement de 20 variétés locales de niébé (*V. unguiculata* (L.) Walp) vis de *B. atrolineatus* P. et *C. maculatus* F., ravageurs du niébé en zone sahélienne: cahiers d'Agriculture, N° 15 ; Vol. 2.
- [13] George, D. & Mallery, P. 2003. SPSS for Windows step by step: A simple guide and référence. 11.0 Update (4th ed.). *Boston: Allyn & Bacon*, 52 p.
- [14] Germain, J. F. Huignard, J. Monge, J. P. 1985. Influence des inflorescences de la plante hôte (*Vigna unguiculata*) sur la levée de la diapause reproductrice de *Bruchidius atrolineatus*. *Ent. Exp. Appl.*, 39, 35-42.
- [15] Glitho, I. A. 1990. Les Bruchidae ravageurs de *Vigna unguiculata* Walp. en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de *Bruchidius atrolineatus* Pic. *Thèse de Doctorat, Université F. Rabelais, Tours*, 100 p.
- [16] Guillaumin, M. 1971. Étude de la variabilité morphologique et biométrique des populations naturelles de *Pyrgus malvae* L et *P malvoides* Elv et Edw dans leur zone de contact (Lep Hesperiidæ). Discussion sur les rapports taxonomiques entre ces 2 formes. *Vie Milieu (Serie C)* 22, 91-151

- [17] Lenga, A. 1991. La diapause reproductrice chez *Bruchidius atrolineatus* Pic. Conséquences physiologiques et évolutives – Analyse de la variabilité des réponses aux facteurs inducteurs de la diapause. *Thèse de Doctorat ès-Sciences*. Uni. F. Rabelais Tours, 109 p.
- [18] Nikdel, M. Niknam, G. and Eliasy, G. 2012. Morphological and molecular characterization of a new isolate of *heterorhabditis bacteriophora* poinar, 1976 from east azarbaijan, iran. *Nematol. medit.* (2012), 40: 135-141
- [19] Paraïso, A. Viniwanou, N. Akossou, A.Y.J. Mensah, G. A. et Abiola, W. 2011. Caractérisation morphométrique de l'abeille *Apis mellifera adansonii* au Nord-Est du Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(1): 331-344
- [20] Philippeau, G. 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. *I.T.C.F., Paris*, 63 pp.
- [21] Sembène, M. Delobel, A. 1996. Identification morphométrique de populations soudano-sahéliennes de bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera Bruchidae). *African Journal of Entomology*.