

Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.)

GUEYE Amy Collé^{1,3*}, DIOME Toffène^{1,3}, THIAW Cheikh², SEMBENE Mbacké^{1,3}

¹Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005 Dakar, Sénégal

²CERAAS-ISRA, Khombole Road, B.P. 3320, Thiès, Sénégal

³BIOPASS UMR 022 IRD-CBGP Bel-Air, B.P. 1386, Dakar, Sénégal

*Corresponding author email : gueyeamycolle@gmail.com ; acolle23@live.fr ; Tel : 00221776517691

Original submitted in on 16th April 2015. Published online at www.m.elewa.org on 30th June 2015
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v90i1.8>

RESUME

Objectif : L'objectif de cette étude est de voir l'effet des différents substrats du mil (entier, décortiqué, brisé et farine) sur les capacités de développement de *T. castaneum* provenant du mil d'une part et du maïs d'autre part, à la température et à l'humidité relative ambiante.

Méthodologie et résultats : Le développement de *T. castaneum* a été suivi après des infestations contrôlées des grains de mil entier d'abord, puis décortiqué, ensuite brisé et en fin transformé en farine. Le cycle de développement a été suivi de la ponte jusqu'à l'apparition des adultes pour déterminer les différentes paramètres biodémographiques. Les résultats ont montré que quel que soit sa provenance mil ou maïs, *T. castaneum* est capable de se développer sur le mil décortiqué, brisé et farine. En effet, *T. castaneum* provenant du maïs ne s'est pas développé sur le mil entier, contrairement aux *T. castaneum* provenant du mil.

Conclusion et application des résultats : Au terme de cette étude, nous pouvons confirmer que *T. castaneum* est un ravageur primaire du mil. Le mil semble plus tenir aux attaques de *T. castaneum* après décortiquage ou après sa transformation en farine. En effet, la nature du substrat et l'origine de *T. castaneum* ont une influence sur le développement et le devenir du poids de l'insecte. Ainsi, pour limiter l'infestation de *T. castaneum* dans les stocks de mil, il faut le conservé après décortiquage ou après sa transformation en farine.

Mots clés : *Tribolium castaneum*, Paramètres biodémographiques, mil, maïs, dégâts, stocks.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to see the effect of different substrates of millet (whole, husked, broken and flour) on the development capacity of *T. castaneum* from millet on the one hand and of corn secondly, at the temperature and the ambient relative humidity.

Methodology and results : The development of *T. castaneum* was followed after controlled infestations on the whole millet grains first, then husked and then broken and then the flour. The development cycle was followed by the laying until the emergence of adults to determine the different biodemographic parameters. The results showed that regardless of its origin millet or corn, *T. castaneum* is able to develop on millet hulled, broken and flour. Indeed, *T. castaneum* from corn did not develop on the whole millet, unlike *T. castaneum* from millet.

Conclusion and application of the results : *T. castaneum* is a primary pest of millet. Millet seems to hold the attacks of *T. castaneum* after shelling or after processing into flour. Indeed, the nature of the substrate and the source of *T. castaneum* influence the development and future of the weight of the insect. Thus, to contain the infestation of *T. castaneum* in stocks of millet, it must be kept after shelling or after processing into flour or stored them on the same storage area as corn.

Keywords : *Tribolium castaneum*, Biodemographic parameter, millet, corn, damage, stocks.

INTRODUCTION

Au Sénégal, parmi les cultures céréalières, le mil reste la céréale dominante aussi bien au niveau de la production que de la commercialisation (Info conseil et Paoa, 2006). Le rendement actuel du mil est largement en deçà des attentes de la couverture nationale en nourriture. En effet, plusieurs facteurs contribuent à la limitation de l'augmentation de la production du mil parmi lesquels, nous avons les contraintes de la dégradation de l'environnement agroécologique, celles liées au faible niveau d'utilisation des semences et d'engrais, de la pénibilité du battage du mil, des problèmes de financement, des besoins de producteurs et les contraintes liées au relèvement fréquent du prix au producteurs des cultures de rente (Arachide et Cotons) (MAE, 2001). Mais, les pertes liées aux conditions de stockage sont plus importantes et atteignent 20 à 30% après 6 mois de stockage (CILSS, 1998). Ainsi selon Kouassi (1991), les denrées alimentaires analysées sont infestées, essentiellement, par des Coléoptères dont la présence est, sans doute, en rapport avec les températures et le degré hygrométrique

constamment élevés auxquels sont soumis les stocks de céréales. En effet, les insectes ravageurs peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés (Bounechada, 2011). Parmi ces ravageurs, il y a le *Tribolium castaneum* (Herbst) (*Tribolium* rouge de la farine) qui est, parmi les insectes des stocks, le plus ubiquiste, le plus polyphage et le plus redoutable. Les larves sont mobiles et se nourrissent. Ils sont d'une teinte blanche avec du jaune et passent par 5 à 11 mues avant d'atteindre 5 mm à la fin de leur croissance (figure 1A). A la fin du dernier stade larvaire, les larves s'immobilisent, cessent de se nourrir et se transforment en nymphes immobiles (figure 1B). Ce processus s'étend sur 3 à 9 semaines. Les nymphes se retrouvent, nues, dans les mêmes aliments que les larves. Elles sont blanches au départ mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adultes (figure 1C), ce qui a lieu 9 à 17 jours plus tard. Les adultes se nourrissent des mêmes aliments que les larves et vivent entre 15 et 20 mois.



Figure 1: Larve (A), Nymphe(B) et Adulte (C) de *T. castaneum*
Source : <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/tri-dvt.htm>

On peut rencontrer cinq générations par an. Les adultes et les larves ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvre la porte (Camara, 2009) ou lorsque les grains sont brisés (Seck et al., 1992). Les souillures de *T. castaneum* corrompent de très nombreuses denrées amylacées notamment les farines de céréales (Bonneton, 2010). *T. castaneum* est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks de mil battu dans toutes les zones sahéniennes (Roorda et al., 1982). Les recherches de Seck, (1983) ont montré que l'infestation de *T. castaneum* est plus souvent notée sur le mil battu et conservé en sacs, que sur les épis entiers stockés dans les greniers traditionnels. En plus, l'augmentation du taux de brisure dans le substrat réduit la mortalité larvaire ainsi que la durée du cycle de développement de l'insecte et entraîne une plus grande production de larves et d'adultes par kilogramme de substrat (Seck et al., 1992). Ainsi, l'insecte a été longtemps classé parmi les ravageurs secondaires mais la commission canadienne des grains (CCG) l'a classé actuellement dans le groupe des ravageurs primaires. Pour comprendre cette stratégie, il est fondamental d'avoir une bonne connaissance de la biologie de l'insecte. Afin de comprendre la

biologie de *T. castaneum*, il est essentiel de savoir comment l'insecte réagit face aux différents états du mil (entier, décortiqué, brisé et farine). Des études de Gueye et al., (2012), ont montré que la température ambiante, l'humidité relative de l'air et le type de nourriture (grain entier et farine) ont un effet sur la durée du cycle de développement de *T. castaneum*. Toutefois, peu de données récentes dans la littérature décrivent l'impact des variations du substrat sur les caractères biodémographiques (le nombre de larves et d'adultes, le poids, le sex-ratio des descendants, la durée de développement, etc.) de *T. castaneum*. Les caractères biodémographiques influencent directement la reproduction et la survie et par conséquent affectent la vigueur biologique (Stearns, 1992 ; Daan et Tinbergen, 1997). La présente étude a pour objectif de mieux connaître les paramètres biodémographiques dans le désir de mettre au point des techniques de protection intégrée des stocks dans le respect de l'environnement. Il s'agira alors de déterminer l'effet de l'état du mil (entier, décortiqué, brisé et farine) sur les capacités de développement de *Tribolium castaneum* provenant du mil d'une part et du maïs d'autre part, à la température et à l'humidité relative ambiante.

MATERIEL ET METHODES

Préparation des substrats : Le mil a été d'abord gardé au congélateur pendant 72 heures. Après un rééquilibrage à la température ambiante du laboratoire

pendant 24 heures, les grains ont été séchés au soleil pendant 8 heures. Avec ce mil quatre types de substrats sont préparés : un substrat à base de grains

entiers (non décortiqués), un à base de grains décortiqués, un avec des grains brisés et le dernier avec de la farine en poids respectivement (10g).

Élevage de masse et choix des couples : Les insectes utilisés sont élevés au laboratoire dans des bocaux en verre contenant du mil ou du maïs. L'élevage vise le maintien et la multiplication de la souche afin d'avoir un nombre important d'individus à coupler. Pour obtenir des couples, tous les insectes sont d'abord retirés de l'élevage de masse et trois jours après, un tamisage est réalisé. Ensuite, les adultes sont isolés dans des boîtes de Pétri deux jours après pour leur assurer un âge de trois jours. Pour le sexage, Delobel et Tran (1993) ont signalé que chez *T. castaneum*, il y a présence d'un tubercule pilifère arrondi à la base du fémur antérieur chez le mâle qui est absent chez la femelle. Ces derniers sont ensuite placés dans les boîtes de Pétri de 9cm de diamètre et 1,5cm de hauteur contenant la céréale à infester.

Développement de *T. castaneum* sur les quatre substrats : 10 grammes de chaque substrat placés en 20 répétitions dans des boîtes de Pétri stériles, sont infestés avec un couple de *T. castaneum* provenant du mil d'une part et par un couple de *T. castaneum* provenant du maïs d'autre part, âgés de trois jours au moins et de 10 jours au plus pour s'assurer que la ponte a bien commencé (les femelles de *T. castaneum* commencent leur ponte dès l'âge de trois jours). La date d'infestation, correspondant au premier jour de l'expérimentation, est notée. 24h après, les couples sont retirés et les boîtes sont placées dans la salle d'expérimentation. La première expérience est faite avec des *T. castaneum* provenant du mil et la deuxième avec des *T. castaneum* provenant du maïs.

L'observation de l'émergence des larves (qui s'effectue journalièrement) commence au dixième jour car il est difficile, voire impossible de compter les œufs, sans apporter un biais à l'expérience. Le nombre total de larves par boîte et par jour est compté. Cette observation de larves est suivie par celle des nymphes. Pour chacun de ces stades de développement, le premier jour d'apparition est noté. Il en est de même

RESULTATS

L'étude du développement de *T. castaneum* dans les quatre états du mil, est réalisée à une humidité relative variant entre 41-80% et à des températures oscillant entre 24,5-31°C.

Paramètres biodémographiques de *T. castaneum* provenant du mil sur les quatre substrats

pour l'apparition des adultes. A la fin du développement le nombre d'adultes qui émergent par boîte et par jour est compté. Chaque individu est ensuite pesé moins de 24 heures après son émergence. A l'issue de ces expériences, les paramètres biodémographiques suivants sont déterminés :

- ❖ **Cinétique d'apparition des larves ;**
- ❖ **Nombre de larves par femelle** qui correspond au nombre total de larves émergées ;
- ❖ **durée moyenne ponte-nymphe** qui correspond à la durée qui sépare le jour de ponte et le jour moyen d'apparition des nymphes ;
- ❖ **durée moyenne nymphe-adulte** qui correspond à la durée qui sépare la moyenne d'apparition des nymphes à la moyenne d'apparition des adultes ;
- ❖ **La durée moyenne de développement** est le temps qui sépare l'émission d'un œuf sur une graine et l'émergence des adultes y résultant ;
- ❖ **Le taux de fertilité biaisé :** C'est le rapport entre le nombre d'adultes émergés et le nombre total de larves ;

(TF) = (Nombre d'adultes émergés / nombre total de larves) × 100

- ❖ **Le Poids (P) :** le poids moyen est obtenu en divisant la somme des poids individuels par le nombre d'individus.
- ❖ **Le sex-ratio (R)** qui donne le pourcentage des femelles comparativement à l'ensemble des descendants. Si le sex-ratio est supérieur à 50% alors le sex-ratio est en faveur des femelles dans le cas contraire il est en faveur des mâles.

Analyses statistiques : Le logiciel Excel version 14.0.7140.5002 (32bits) a été utilisé pour faire le traitement des données recueillies. Travaillant sur des effectifs réduits, le test "t" de Student a été utilisée pour la comparaison des moyennes.

Cinétique d'apparition des larves : Le nombre moyen de larves de *T. castaneum* observé après dix jours d'expérimentation décroît progressivement (figure 2). Le maximum est observé à la première journée d'apparition des larves allant jusqu'à 5,66 sur le mil brisé ; 5,2 sur le mil décortiqué ; 4,22 sur le mil entier et

Gueye et al. J. Appl. Biosci. Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.)

3,33 sur la farine de mil. Sur le mil entier, il y a une légère hausse du nombre moyen de larves à la troisième journée allant jusqu'à 2,78 par rapport à la

deuxième journée où il a été noté 0,67 comme nombre moyen de larves.

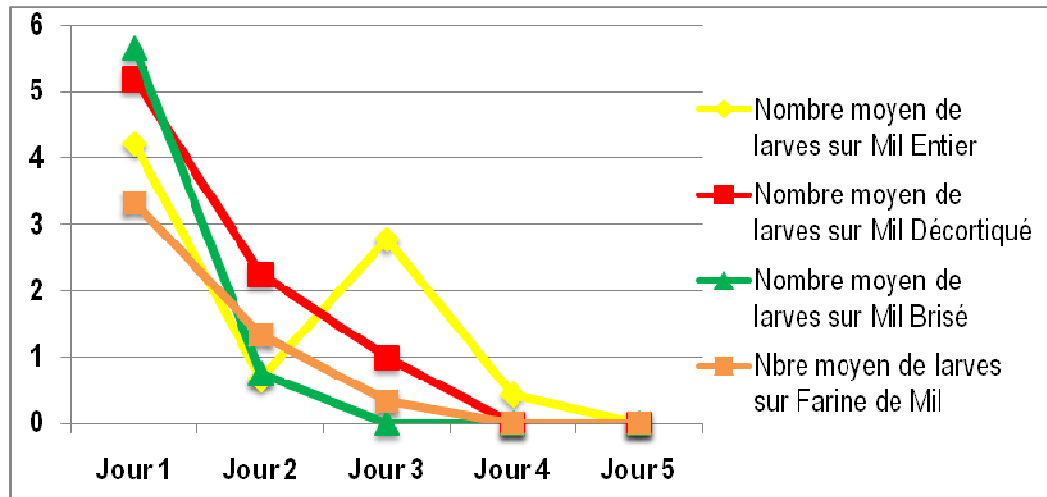


Figure 2 : Cinétique d'apparition des larves de *T. castaneum* provenant du mil sur le mil dans ces quatre états en fonction des jours

Durée moyenne ponte-nymphe : Les paramètres biodémographiques observés varient en fonction des différents substrats du mil (entier, décortiqué, brisé et farine). La durée moyenne ponte-nymphe est de 32,88

± 1,52 jours dans la farine de mil ; 30,2 ± 1,2 jours dans le mil décortiqué ; 26,22 ± 2,34 jours dans le mil entier et 24,17 ± 1,77 jours dans le mil brisé (tableau 1).

Tableau 1 : Paramètres biodémographiques de *T. castaneum* provenant du Mil à 24,5-31°C et à 41-80% H.R.

	Mil Entier	Mil Décortiqué	Mil Brisé	Farine de Mil
Durée moyenne Ponte-Nymphe (jours)	26,22 ± 2,34a	30,2 ± 1,2a	24,17 ± 1,77a	32,88 ± 1,52a
Durée moyenne Nympe-Adulte (jours)	6,89 ± 1,09a	7,2 ± 0,9a	6,25 ± 0,72b	8,33 ± 0,82a
Durée moyenne de Développement (jours)	33,11 ± 3,21 a	37,4 ± 1,9 a	30,42 ± 2,02b	41,55 ± 2,54 a
Nombre de larves	73	36	77	45
Nombre d'adultes	69	36	77	39
Taux de Fertilité biaisé	91%	100%	100%	84,31%
Poids moyen (mg)	1,93 ± 0,11a	1,72 ± 0,12 a	1,81 ± 0,09b	1,9 ± 0,1a
Sex-ratio	62,96%	36,11%	41,79%	35,48%

Pour chaque paramètre les moyennes suivies par la même lettre indique que les valeurs ne diffèrent pas entre elles au seuil de risque $\alpha = 0,05$ (test de Student). En outre, la comparaison des durées moyennes ponte-nymphe n'est pas significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ quelque soit le type de substrat.

Durée moyenne nymphe-Adulte : La durée moyenne nymphe-adulte est de 6,89 ± 1,09 jours dans le mil entier ; 7,2 ± 0,9 jours dans le mil décortiqué ; 6,25 ±

0,72 jours dans le mil brisé et 8,33 ± 0,82 jours dans la farine de mil. La différence des durées moyennes nymphe-adulte n'est pas significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre *T. castaneum* dans le mil décortiqué et *T. castaneum* dans le mil entier ($p = 0,11 > 0,05$) de même qu'entre la farine de mil et le mil brisé ($p = 0,5 > 0,05$). Ces mêmes résultats sont retrouvés entre le mil brisé et le mil entier ($p = 0,23 > 0,05$). Par ailleurs, la différence des durées moyennes nymphe-adulte est

significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre *T. castaneum* dans le mil brisé et *T. castaneum* dans le mil décortiqué ($p = 0,04 < 0,05$).

Durée moyenne de développement : La durée moyenne du cycle de développement est de $33,11 \pm 3,21$ jours dans le mil entier ; $37,4 \pm 1,9$ jours dans le mil décortiqué ; $30,42 \pm 2,02$ jours dans le mil brisé et $41,55 \pm 2,5$ jours dans la farine de mil (tableau 1). La différence des durées moyennes de développement est significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les individus de *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle sur le mil brisé et ceux bouclant leur cycle sur le mil décortiqué ($p = 0,047 < 0,05$).

Nombre de larves, d'adultes et taux de fertilité biaisé : Il y a plus de larves dans le mil brisé (77 larves) qui ont toutes émergé pour donner 77 adultes. Le nombre de larves est de 73 dans le mil entier pour 69 adultes émergés. Dans la farine de mil, il a été dénombré 45 larves pour 39 adultes. Le nombre de larves est plus faible dans le mil décortiqué avec 36 larves qui ont tous émergés pour donner le même nombre d'adultes (tableau 1).

Le taux de fertilité biaisé est de 100% dans le mil décortiqué et le mil brisé. Ce taux diminue dans le mil entier avec 91% et dans la farine de mil 84,31% (tableau 1).

Poids des adultes : Les insectes qui émergent dans chaque aliment sont pesés individuellement 24h après leur sortie. Nos résultats indiquent que le poids moyen de *T. castaneum* est de $1,93 \pm 0,11$ mg dans le mil entier ; $1,72 \pm 0,12$ mg dans le mil décortiqué ; $1,81 \pm$

$0,09$ mg dans le mil brisé et $1,9 \pm 0,1$ mg dans la farine de mil (tableau 1). La différence des poids moyens est très significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle sur le mil brisé et ceux bouclant leur cycle sur le mil décortiqué ($p = 0,005 < 0,05$). En outre, la différence n'est pas significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre *T. castaneum* dans le mil décortiqué et *T. castaneum* dans le mil entier ($p = 0,052 > 0,05$) de même qu'entre la farine de mil et le mil brisé ($p = 0,06 > 0,05$). Ces mêmes résultats sont retrouvés entre le mil brisé et le mil entier ($p = 0,07 > 0,05$).

Sex-ratio : Le sex-ratio (pourcentage de femelle) est en faveur des mâles de *T. castaneum* aussi bien dans le mil brisé (41,79%) ; le mil décortiqué (36,11%) et la farine de mil (35,48%). Cependant, il y a un nombre important de femelle dans le mil entier (62,96%).

Paramètres biodémographiques de *T. castaneum* provenant du maïs sur les quatre substrats

Cinétique d'apparition des larves : Le nombre moyen de larves de *T. castaneum* observé après dix jours d'expérimentation décroît progressivement (figure 3). Il est plus important au premier jour d'apparition allant jusqu'à 2,2 sur le mil brisé ; 1,7 sur la farine de mil et 1,5 sur le mil décortiqué. Une légère hausse du nombre moyen de larves à la deuxième journée d'observation sur la farine de mil (2) par rapport à la première journée d'observation (1,7) est aussi notée. Il n'y a pas eu de développement sur le mil entier, d'où l'absence de larves.

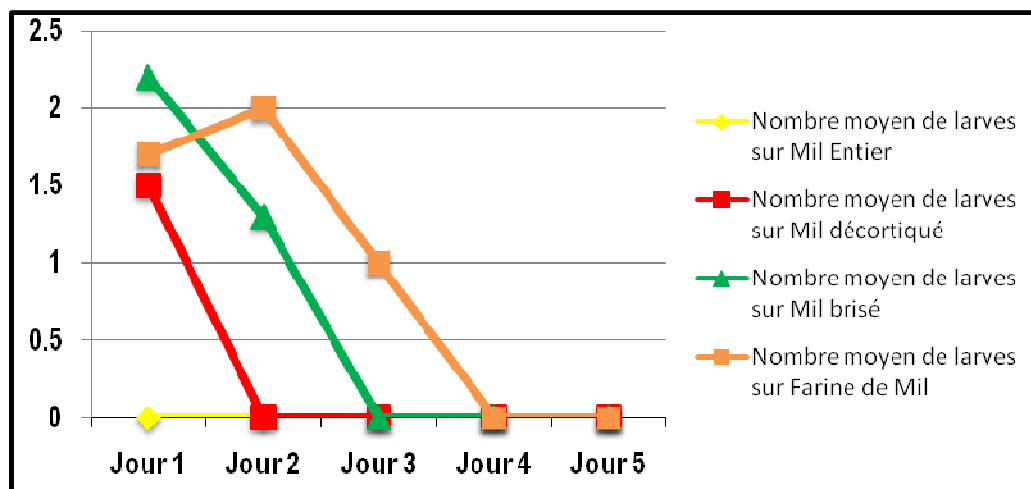


Figure 3 : Cinétique d'apparition des larves de *T. castaneum* provenant du maïs sur le mil dans ces quatre états en fonction des jours

Durée moyenne ponte-nymphe : Nos résultats indiquent que la durée moyenne ponte-nymphe de *T. castaneum* est de $62,45 \pm 6,84$ jours dans la farine de mil ; $57 \pm 6,3$ jours dans le mil brisé et $50,5 \pm 0,5$ jours dans le mil décortiqué. Il n'y a pas eu de

développement de *T. castaneum* provenant du maïs sur le mil entier. Même après cinq jours d'infestation, aucun développement n'a été observé. Ainsi, les paramètres biodémographiques ne sont pas déterminés (tableau 2).

Tableau 2 : Paramètres biodémographiques de *T. castaneum* provenant du maïs sur les quatre états du mil à 24,5-31°C et à 41-80% H.R.

	Mil Entier	Mil Décortiqué	Mil Brisé	Farine de Mil
Durée moyenne Ponte-Nymphe (jours)	—	$50,5 \pm 0,5a$	$57 \pm 6,3b$	$62,45 \pm 6,84c$
Durée moyenne Nymphe-adulte (jours)	—	$6 \pm 1a$	$16,4 \pm 1,02 b$	$16 \pm 1,4c$
Durée moyenne de Développement (jours)	—	$56 \pm 1,5a$	$73,4 \pm 6,5 b$	$78,45 \pm 6,05c$
Nombre de larves	—	3	17	30
Nombre d'adultes	—	3	12	26
Taux Fertilité biaisé	—	100%	81%	90,91%
Poids moyens (mg)	—	$1,55 \pm 0,05a$	$2,04 \pm 0,21c$	$1,9 \pm 0,21a$
Sex-ratio	—	33,33%	50%	38,26%

Pour chaque paramètre les moyennes suivies par la même lettre indique que les valeurs ne diffèrent pas entre elles au seuil de risque $\alpha = 0,05$ (test de Student). En outre, la différence des durées moyennes ponte-nymphe est significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle sur la farine de mil et ceux bouclant leur cycle sur le mil brisé ($p = 0,021 < 0,05$). Par ailleurs, la durée moyenne ponte-nymphe est hautement significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les *T. castaneum* dans la farine de mil et les *T. castaneum* dans le mil décortiqué ($p = 0,0009 < 0,05$). La différence n'est pas significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les populations de *T. castaneum* ayant bouclé leur cycle dans le mil brisé et ceux ayant évolué dans le mil décortiqué ($p = 0,11 > 0,05$).

Durée moyenne nymphe-adulte : La durée moyenne nymphe-adulte est de $16,4 \pm 1,02$ jours dans le mil brisé et $16 \pm 1,4$ jours dans la farine de mil. Cette durée est de 6 ± 1 jour dans le mil décortiqué (tableau 2). La différence des durées moyennes nymphe-adulte est significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre *T. castaneum* dans le mil brisé et *T. castaneum* dans le mil décortiqué ($P = 0,03 < 0,05$; de même que dans la farine de mil et le mil brisé ($P = 0,029 < 0,05$). La

différence est hautement significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les individus de *T. castaneum* ayant bouclé leur cycle dans la farine de mil et ceux ayant évolué dans le mil décortiqué ($P = 0,0002 < 0,05$).

Durée moyenne de développement : La durée moyenne du cycle de développement de *T. castaneum* provenant du maïs est de $78,45 \pm 6,05$ jours dans la farine de mil ; $73,4 \pm 6,5$ jours dans le mil brisé et $56,5 \pm 1,5$ jours dans le mil décortiqué (tableau 2). La différence est significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle sur la farine de mil et ceux bouclant leur cycle sur le mil brisé ($p = 0,02 < 0,05$). La comparaison des durées moyennes de développement entre les populations de *T. castaneum* dans la farine de mil et *T. castaneum* dans le mil décortiqué, révèle une valeur de $p = 0,0009 < 0,05$. La différence entre les durées moyennes de développement des populations de *T. castaneum* issues de la farine de mil et le mil décortiqué est hautement significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$. La différence n'est pas significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$ entre les individus de *T. castaneum* ayant bouclé leur cycle dans le mil brisé et ceux ayant évolué dans le mil décortiqué ($p = 0,08 > 0,05$).

Nombre de larves, d'adultes et taux de fertilité biaisé : Le nombre de larves pour *T. castaneum* provenant du maïs est plus important dans la farine de mil (30 larves) avec 26 adultes émergés. Sur le mil brisé, il y a eu 17 larves pour 12 adultes émergés et dans le mil décortiqué il a été dénombré 3 larves qui se sont tous développés correctement pour donner 3 adultes. Le taux de fertilité biaisé est de 100% sur le mil décortiqué, 90,91% sur la farine de mil et le plus faible taux est observé sur le mil brisé avec 81% (tableau 2).

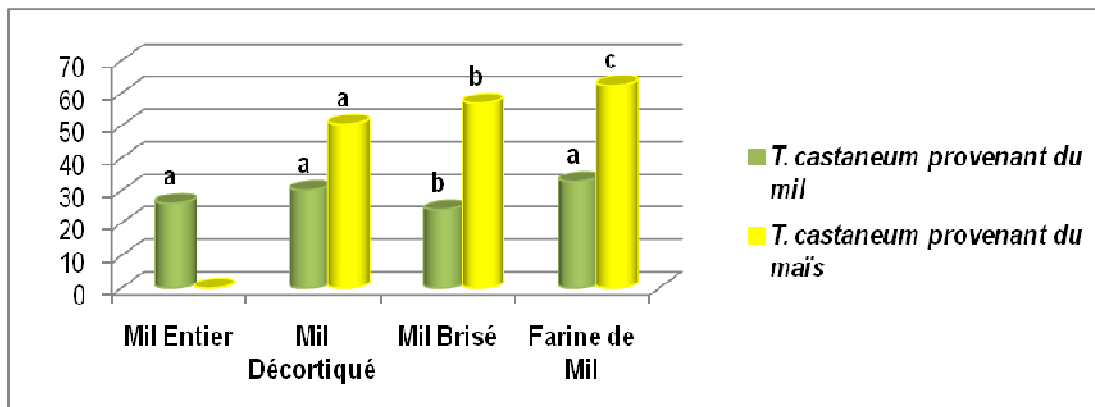
Poids des adultes : Le poids moyen des *T. castaneum* émergés sur le mil brisé est de $2,04 \pm 0,21$ mg ; dans la farine de mil il est de $1,9 \pm 0,21$ mg et $1,55 \pm 0,05$ mg dans le mil décortiqué (tableau 2). La différence des poids moyens est hautement significative au seuil de risque alpha = 0,05 entre les *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle sur la farine de mil et ceux bouclant leur cycle sur le mil décortiqué ($P = 0,0007 < 0,05$). En outre, la différence n'est pas significative au seuil de risque alpha = 0,05 entre les *T. castaneum* dans le mil brisé et les *T. castaneum* dans le mil décortiqué ($p = 0,084 > 0,05$). La comparaison des poids moyens entre les populations de *T. castaneum* dans la farine de mil et les *T. castaneum* dans le mil brisé, révèle une valeur de $p = 0,04 < 0,05$. La différence entre les poids moyens des populations de *T. castaneum* issues de la

farine de mil et le mil brisé est significative au seuil de risque alpha = 0,05.

Sex-ratio : Pour le sex-ratio, Il y a presque un équilibre entre mâle et femelle sur le mil brisé. Le nombre de femelle est faible sur la farine de mil avec un sex-ratio de 38,26% et sur le mil décortiqué avec 33,33% comme sex-ratio (tableau 2).

Comparaison des paramètres biodémographiques selon les substrats et l'origine de *T. castaneum*

Durée moyenne ponte-nymphe : Les paramètres biodémographiques varient selon la provenance de *T. castaneum* (figure 4). Dans le mil entier, la durée ponte-nymphe est $26,22 \pm 2,34$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil. Il n'y a pas eu de développement de *T. castaneum* provenant du maïs dans le mil entier même après cinq jours d'infestation. Dans le mil décortiqué, la durée moyenne ponte-nymphe est de $50,5 \pm 0,5$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs et $30,2 \pm 1,2$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil. La durée moyenne ponte-nymphe dans le mil brisé est de $57 \pm 6,3$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs et $24,17 \pm 1,77$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil. Dans la farine de mil, cette durée est de $62,45 \pm 6,84$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs et $32,88 \pm 1,52$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil.



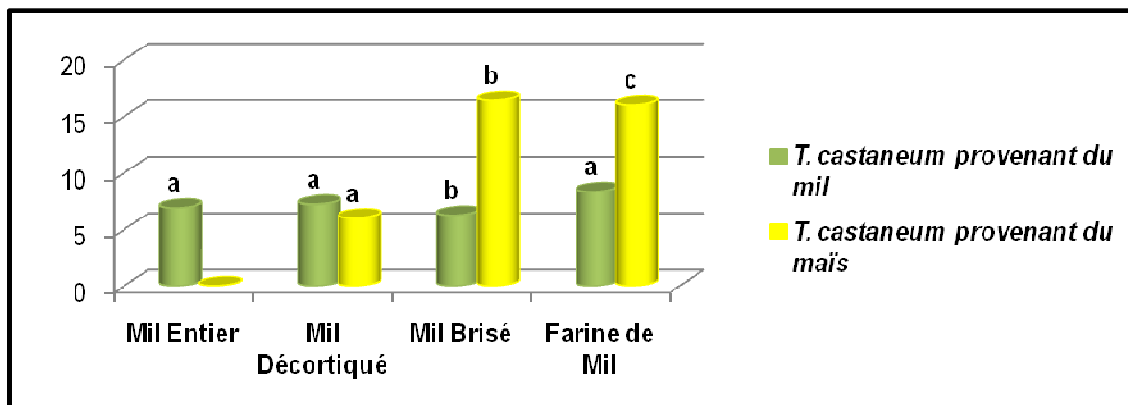
Pour chaque substrat du mil, la même lettre sur les histogrammes montre que les valeurs ne diffèrent pas entre elles au seuil $p < 0,05$ (test de Student).

Figure 4: Durées moyennes ponte-nymphe de *T. castaneum* en fonction de sa provenance et de la nature du substrat

En outre, dans le mil décortiqué, la différence des durées moyennes ponte-nymphe n'est pas significative au seuil de risque alpha = 0,05 entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,31 > 0,05$); de même que dans le mil brisé ($p = 0,48 > 0,05$). En revanche, dans la farine de mil, la différence des durées moyennes ponte-nymphe est significative au seuil de risque alpha = 0,05 entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,02 < 0,05$).

Durée moyenne nymphe-adulte : Dans le mil entier, la durée nymphe-adulte est de $6,89 \pm 1,09$ jours pour

T. castaneum provenant du mil (figure 5). Cette durée dans le mil décortiqué est de $7,2 \pm 0,9$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil et 6 ± 1 jours pour *T. castaneum* provenant du maïs. Dans le mil brisé, la durée nymphe-adulte est de $6,25 \pm 0,72$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil et $16,4 \pm 1,02$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs. En plus, dans la farine de mil, cette durée moyenne est de $8,33 \pm 0,82$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil et $16 \pm 1,4$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs (figure 5).



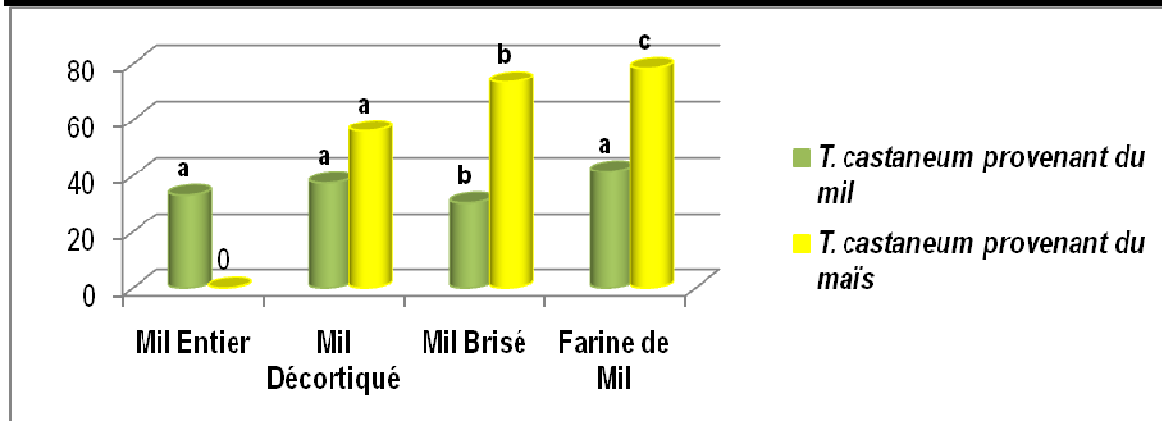
Pour chaque substrat du mil, la même lettre sur les histogrammes montre que les valeurs ne diffèrent pas entre elles au seuil $p < 0,05$ (test de Student).

Figure 5 : Durées moyennes nymphe-adulte de *T. castaneum* en fonction de sa provenance et de la nature du substrat

En plus, dans le mil décortiqué, la différence des durées moyennes nymphe-adulte n'est pas significative au seuil de risque alpha = 0,05 entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,09 > 0,05$); de même que dans le mil brisé ($p = 0,41 > 0,05$). Cependant, dans la farine de mil, la différence des durées moyennes nymphe-adulte est significative au seuil de risque alpha = 0,05 entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,015 < 0,05$).

Durée moyenne de développement : La durée nymphe-adulte dans le mil entier est de $33,11 \pm 3,21$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil (figure 6).

Dans le mil décortiqué, la durée moyenne de développement est $56,5 \pm 1,5$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs et $37,4 \pm 1,9$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil. Ainsi, la durée moyenne de développement dans le mil brisé est de $73,4 \pm 6,5$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs et $30,42 \pm 2,02$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil. Dans la farine de mil, cette durée est de $78,45 \pm 6,05$ jours pour *T. castaneum* provenant du maïs et $41,55 \pm 2,54$ jours pour *T. castaneum* provenant du mil (figure 6).



Pour chaque substrat du mil, la même lettre sur les histogrammes montre que les valeurs ne diffèrent pas entre elles au seuil $p < 0.05$ (test de Student).

Figure 6 : Durées moyennes de développement de *T. castaneum* en fonction de sa provenance et de la nature du substrat

En plus, dans le mil décortiqué, la différence des durées moyennes de développement n'est pas significative entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,26 > 0,05$) de même que dans le mil brisé ($p = 0,49 > 0,05$). Cependant, dans la farine de mil, la comparaison des durées moyennes de développement entre les populations de *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs, révèle une valeur de $p = 0,02 < 0,05$. La différence entre les durées moyennes de développement est significative au seuil de risque $\alpha = 0,05$.

Nombre de larves, d'adultes et taux de fertilité biaisé : Pour *T. castaneum* provenant du mil, le nombre de larves est de 73 dans le mil entier pour 69 adultes émergés. Le taux de fertilité biaisé est de 91%. Sur le mil décortiqué le nombre de larves est plus important pour *T. castaneum* provenant du mil (36 larves) que pour *T. castaneum* provenant du maïs (3 larves). Toutes ces larves ont émergés pour donner

des adultes. Ainsi, le taux de fertilité biaisé est de 100% aussi bien pour *T. castaneum* provenant du maïs que pour *T. castaneum* provenant du mil. Le nombre de larves dans le mil brisé est plus important pour *T. castaneum* provenant du mil (77 larves) que pour *T. castaneum* provenant du maïs (17 larves). Ainsi pour *T. castaneum* provenant du mil toutes les larves ont émergés (77 adultes) d'où un taux de fertilité biaisé de 100%. Par contre, pour *T. castaneum* provenant du maïs, 12 adultes sur les 17 larves ont émergés et le taux de fertilité biaisé est de 81%. Dans la farine de mil, sur les 45 larves dénombrées pour *T. castaneum* provenant du mil, seule 39 adultes ont émergés, d'où un taux de fertilité biaisé de 84,31%. Par contre, pour *T. castaneum* provenant du maïs, 26 adultes ont émergés sur les 30 larves ; d'où un taux de fertilité biaisé plus élevé (90,91%). Les résultats sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Comparaison des nombres de larves, d'adultes et du taux de fertilité biaisé de *T. castaneum* en fonction de sa provenance et de la nature du substrat

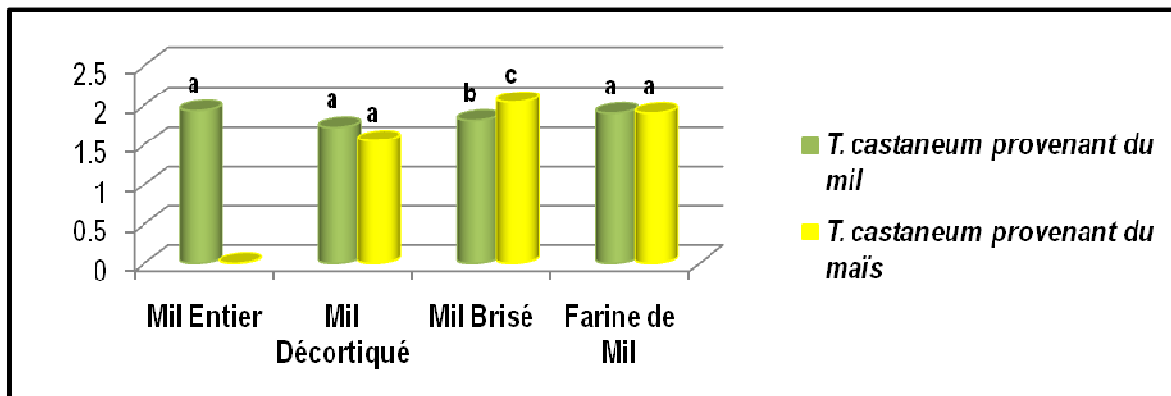
		Nombre de larves	Nombre d'adultes	Taux de fertilité biaisé
Mil Entier	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	73	69	91%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	—	—	—
Mil Décortiqué	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	36	36	100%

Gueye et al. J. Appl. Biosci. Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.)

	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	3	3	100%
Mil Brisé	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	77	77	100%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	17	12	81%
Farine de Mil	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	45	39	84,41%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	30	26	90,91%

Poids moyen des adultes : Nos résultats indiquent que le poids moyen de *T. castaneum* est de $1,93 \pm 0,11$ mg dans le mil entier pour *T. castaneum* provenant du mil (figure 6). Dans le mil décortiqué, le poids moyen des insectes est $1,72 \pm 0,12$ mg pour *T. castaneum* provenant du mil et $1,55 \pm 0,05$ mg pour *T. castaneum* provenant du maïs. Le poids moyen des

insectes dans le mil brisé est $2,04 \pm 0,21$ mg pour *T. castaneum* provenant du maïs et $1,81 \pm 0,09$ mg pour *T. castaneum* provenant du mil. Dans la farine de mil, le poids des insectes émergés est de $1,9 \pm 0,21$ mg pour *T. castaneum* provenant du maïs et $1,9 \pm 0,1$ mg pour *T. castaneum* provenant du mil (figure 7).



Pour chaque substrat du mil, la même lettre sur les histogrammes montre que les valeurs ne diffèrent pas entre elles au seuil $p < 0.05$ (test de Student).

Figure 7 : Poids moyens de *T. castaneum* en fonction de sa provenance et de la nature du substrat

En outre, dans le mil décortiqué, la différence des poids moyens n'est pas significative entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,11 > 0,05$) ; de même que dans la farine de mil ($p = 0,28 > 0,05$). En revanche, dans le mil brisé, il est à noter que la différence des poids moyens des insectes émergés est très significative entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs ($p = 0,006 < 0,05$).

Sex-ratio : Dans le mil entier, le sex-ratio est en faveur des femelle pour *T. castaneum* provenant du mil (62,96%). Cependant, il y a un nombre important de mâles dans le mil décortiqué quelque soit la

provenance de *T. castaneum*. Dans le mil brisé, le nombre de mâle et de femelle sont presque égaux pour *T. castaneum* provenant du maïs. Par contre, il y a plus de mâle chez *T. castaneum* provenant du mil avec un sex-ratio de 41,79%. Dans la farine de mil, le sex-ratio est en faveur des mâles quelque soit la provenance de *T. castaneum*. Mais, le nombre de mâle reste plus important pour *T. castaneum* provenant du mil (35,48%) que pour *T. castaneum* provenant du maïs avec un sex-ratio de 38,26%. Les résultats sont résumés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Comparaison du Sex-ratio de *T. castaneum* en fonction de sa provenance et de la nature du substrat

Gueye et al. J. Appl. Biosci. Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.)

		Nombre de mâle	Nombre de femelle	Sex-ratio
Mil Entier	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	20	34	62,96%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	–	–	–
Mil Décortiqué	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	23	13	36,11%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	2	1	33,33%
Mil Brisé	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	39	28	41,79%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	6	6	50%
Farine de Mil	<i>T. castaneum</i> provenant du mil	20	11	35,48%
	<i>T. castaneum</i> provenant du maïs	16	10	38,26%

DISCUSSION

Le but spécifique de cette étude est de déterminer, l'effet des différents substrats du mil (entier, décortiqué, brisé et farine) sur les capacités de développement de *T. castaneum*, à la température et à l'humidité relative ambiante. C'est pour cette raison que nous avons effectué des infestations contrôlées de *T. castaneum* provenant du mil d'une part et du maïs d'autre part, afin de suivre l'évolution des paramètres biodémographique. Les résultats obtenus pour *T. castaneum* provenant du mil montre que le nombre moyen de larves est plus important au premier jour d'observation allant jusqu'à 5,66 sur le mil brisé ; 5,2 sur le mil décortiqué ; 4,22 sur le mil entier et 3,33 sur la farine de mil. Ce nombre diminue allant jusqu'à s'annuler à la troisième journée d'apparition dans le mil brisé et à la quatrième journée d'apparition dans le mil décortiqué et la farine de mil. Alors que dans le mil entier, ce nombre moyen de larves augmente à la troisième journée d'apparition puis diminue jusqu'à s'annuler à la cinquième journée. Ce constat montre que le mil entier est favorable au développement de *T. castaneum*. Mais, selon Delobel et Tran, (1993) *T. castaneum* n'attaque pas les grains intacts mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à l'insecte d'entamer le grain. Ce qui est différent de nos résultats car les boîtes qui renfermaient du mil entier ont donné plus d'émergence de larves que celles renfermant du mil décortiqué et farine de mil. Ainsi, ce niveau d'infestation larvaire noté sur le mil entier est suffisant pour nuancer l'idée de Roorda et al. (1982) selon laquelle, l'insecte est incapable d'attaquer les

grains entiers. Par ailleurs, la différence des durées moyennes nymphe-adulte et des durées moyennes de développement est significative entre *T. castaneum* sur mil brisé et *T. castaneum* sur mil décortiqué. Il apparaît que la durée moyenne du cycle de développement de *T. castaneum* dépend à la fois de l'humidité, de l'état du support alimentaire (mil décortiqué ou mil brisé) et de la protection du grain. Le développement de *T. castaneum* est plus rapide dans le mil brisé ($30,42 \pm 2,02$ jours) que dans le mil décortiqué ($37,4 \pm 1,9$ jours). En effet La protection du grain a été mise en évidence par Seck et al. (1992), qui selon eux, les brisures sur les grains de mil favorisent le développement de *T. castaneum*. En revanche, le ralentissement du développement de *T. castaneum* dans le mil décortiqué peut s'expliquer par le fait que pendant le décortiquage, le son et une partie du germe sont éliminés (Afrique Vert et INRAN, 2007). Ceci entraîne une diminution de la valeur énergétique donc un ralentissement du développement de l'insecte. Aussi, Delobel et Tran, (1993) affirment que chez *T. castaneum*, seul le germe est consommé la plupart du temps, donc son élimination pourrait entraîner un ralentissement du développement de l'insecte. En plus, le nombre de larves est plus important dans le mil brisé, ces larves ont toutes émergé pour donner 77 adultes, d'où un taux de fertilité biaisé de 100%, de même que dans le mil décortiqué où il a été dénombré moins de larve (36) et le taux de fertilité biaisé est de 100%. Dans le mil entier, le nombre de larves est important mais avec un taux de fertilité biaisé de 91%,

car il y a eu 69 adultes qui ont émergé sur les 73 larves. Ce taux de fertilité biaisé est plus petit dans la farine de mil (84,31%) où 39 adultes ont émergé sur les 45 larves. Ces résultats sont acceptables pour différencier ceux de Goergen et al. (2005) qui ont signalé *T. castaneum* comme ravageur de type secondaire. Car, *T. castaneum* a été longtemps classé parmi les ravageurs secondaires mais la commission canadienne des grains (CCG) l'a classé actuellement dans le groupe des ravageurs primaires. Par ailleurs, la différence des poids moyens est très significative entre les *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle dans le mil brisé et les *T. castaneum* bouclant leur cycle dans le mil décortiqué. En effet, le poids moyen des insectes dans le mil brisé ($1,81 \pm 0,09$ mg) est supérieur à celui obtenu dans le mil décortiqué ($1,72 \pm 0,12$ mg). En effet, la croissance pondérale des insectes dépend de l'état du mil. En effet, il faut rappeler que pour le mil brisé c'est du mil entier, non décortiqué et brisé à 50% donc il renferme les mêmes éléments nutritifs que le mil entier. En plus, selon Vanier (2005) les principaux composants du grain de mil entier sont le germe, le son et l'endosperme. Comparé au germe des autres céréales, celui du mil occupe une plus grande proportion du grain entier. Puisqu'une grande part des nutriments (vitamines, minéraux, protéines et lipides) est contenue dans le germe, cela confère au mil entier une bonne valeur nutritive. Mais, la teneur et la disponibilité de la plupart de ces nutriments sont diminuées par le décorticage et les différents procédés de raffinage du grain. En ce qui concerne le sex-ratio, il est resté globalement en faveur des mâles dans le mil décortiqué, mil brisé et farine de mil. Par contre, dans le mil entier, il est en faveur des femelles (62,96%). Dans ce cas, les femelles l'emportent sur les mâles et tendent à avoir une certaine domination dans l'infestation du mil entier, ce qui pourrait accentuer l'infestation au moment du stockage puis qu'il y aura plus d'œufs pondus d'où l'importance des dégâts. *T. castaneum* provenant du mil est donc capable de se développer sur le mil entier, le mil décortiqué, le mil brisé et la farine de mil et ceci dès le stockage. Les résultats obtenus pour *T. castaneum* provenant du maïs montre que le nombre moyen de larves de *T. castaneum* est plus important au premier jour d'apparition allant jusqu'à 2,2 dans le mil brisé, 1,7 dans la farine de mil et 1,5 dans le mil décortiqué. Ce nombre diminue au deuxième et troisième jour allant jusqu'à s'annuler à la deuxième journée dans le mil décortiqué et à la troisième journée dans le mil brisé.

Alors que, dans la farine de mil ce nombre moyen de larves augmente à la deuxième journée, il diminue au troisième jour allant jusqu'à s'annuler à partir de la quatrième journée. Il faut rappeler qu'il n'y a pas eu de développement dans le mil entier. En effet, l'origine de *T. castaneum* pourrait avoir une influence sur le développement de cet insecte dans le mil entier, car *T. castaneum* provenant du maïs semble avoir un problème d'adaptation dans le mil entier. Pour les durées moyennes ponte-nymphes, il y a une différence hautement significative entre *T. castaneum* dans la farine de mil et *T. castaneum* dans le mil décortiqué. Aussi, cette différence de la durée moyenne ponte-nymphes est significative entre *T. castaneum* dans la farine de mil et *T. castaneum* dans le mil brisé. Il en est de même pour les durées moyennes nymphe-adulte et les durées moyennes de développement. Ainsi, la durée moyenne de développement est plus longue dans la farine de mil ($78,45 \pm 6,05$ jours) que dans le mil brisé ($73,4 \pm 6,5$ jours) et le mil décortiqué ($56 \pm 1,5$ jours). En effet, la température n'étant pas fixe durant nos expériences ce qui pourrait accentuer les différences notées. Car, la température aussi agit sur la durée du cycle de développement des insectes. Ainsi, selon Kafka, (2009) une température de 32°C accélère la durée de développement embryonnaire (3 jours) de *T. castaneum*, 25°C ralentit le développement embryonnaire (7 jours) et pour une température de 23°C et 18°C, les embryons ne se développent pas, les larves qui éclosent ne se développent pas, les adultes survivent mais ont besoin de température plus élevée durant une semaine pour produire à nouveau la progéniture normale. En revanche, ces durées moyennes de développement peuvent différer significativement entre *T. castaneum* dans la farine de mil et *T. castaneum* dans le mil brisé car, selon Mbengue, (1985) la farine de mil et le mil brisé renferme 30 à 35% d'eau ce qui pourrait avoir une influence sur les durées moyennes de développement des *T. castaneum* provenant du maïs. Cette différence pourrait aussi être due au fait que les *T. castaneum* utilisés sont issus du maïs et pourraient avoir du mal à s'adapter et à se développé rapidement sur les différents substrats du mil. En plus, Diome et al. (2014) ont montré que le cycle de développement de *T. castaneum* peut différer entre populations inféodées dans une même céréale et que la différenciation génétique y jouerait un rôle très important. Trois larves ont été dénombrées sur le mil décortiqué, ces larves ont tous émergé pour donner trois adultes d'où un taux

de fertilité biaisé de 100%. Le plus grand nombre de larves a été noté dans la farine de mil avec un taux de fertilité biaisé de 90,91%. En effet, dans la farine de mil il y a une plus grande superficie de contact et d'utilisation facile des éléments nutritifs du fait de l'élimination des enveloppes et la réduction du grain en particules fines. Aussi, il y a eu plus de mortalité larvaire dans le mil brisé d'où un taux de fertilité biaisé de 81%. Ces résultats sont différents de ceux de Seck et al. (1992) qui rapportent qu'une augmentation du taux de brisure dans le substrat réduit la mortalité larvaire. Par ailleurs, la croissance pondérale des insectes dépend en premier lieu de la nature du support alimentaire et de la protection des grains. En effet, suivant nos résultats, ces phénomènes sont plus importants sur le mil brisé. La différence des poids moyens est significative entre les individus de *T. castaneum* qui ont bouclé leur cycle dans la farine de mil et les individus de *T. castaneum* bouclant leur cycle dans le mil brisé. Le poids de *T. Castaneum* est plus important dans le mil brisé que dans la farine de mil. Dans ce cas, il faut noter que les dégâts sont plus importants dans le mil brisé. Ces résultats concordent avec ceux de Bekon et Fleurat-Lessard, (1989) qui ont expliqué que *T. castaneum* cause plus de dégâts sur le mil brisé ou sur des grains de mil entier auparavant troués par des ravageurs primaires. Le sex-ratio est resté globalement en faveur des mâles pour les *T. castaneum* provenant du maïs quelque soit l'état du mil. Mais, il faut noter qu'il y a un équilibre entre les mâles et les femelles dans le mil brisé et ceci pourrait intensifier l'infestation lors du stockage. *T. castaneum* provenant du maïs pourrait avoir des problèmes d'adaptation dans le mil entier. Mais, il est capable de se développer sur le mil décortiqué, brisé ou transformé en farine. Cependant, en comparant les paramètres biodémographiques entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs, le constat est que dans la farine de mil, il y a une différence significative entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs pour les durées moyennes ponte-nymph, nymphe-adulte et de développement. Ainsi, dans la farine de mil, la durée moyenne de développement est plus importante pour *T. castaneum* provenant du maïs (78,45 ± 6,05 jours) que pour *T. castaneum* provenant du mil (41,55 ± 2,54 jours). En effet, les insectes se sont développés sur le même support alimentaire qui est la farine de mil et celle-ci renferme les mêmes éléments nutritifs. Donc l'origine de *T. castaneum* semble avoir une influence

sur le développement de l'insecte. En plus, pour le nombre de larve, le constat est qu'il y a une différence significative en faveur des *T. castaneum* issus du mil quelque soit l'état du mil à l'exception du mil entier. En effet, *T. castaneum* est un coléoptère capable de se développer sur plusieurs céréales (Delobel et Tran, 1993). Ainsi, il a été noté que l'origine de *T. castaneum* influe aussi bien sur le développement de l'insecte mais aussi sur le nombre d'émergence de larves et d'adultes. Dans ce cas, il y a une certaine préférence de *T. castaneum* pour le mil particulièrement quand ce dernier y provient. En effet, Sembène et Delobel, (2004) ensuite Sembène et al. (2012), travaillant sur le déterminisme du choix du substrat de ponte par des souches du Bruche de l'arachide *Caryedon serratus*, issues d'hôtes différents, ont montré que les souches évoluent selon le principe de sélection d'hôte de Hopkins puisque la ponte se fait de manière privilégié sur la plante d'où est issue la femelle. Ainsi, selon ce principe de Hopkins (1917), cité par Sembène et Delobel, (2004) certains insectes polyphages se développent au dépend de plusieurs hôtes, auraient tendance à pondre sur la même plante que celle où elles ont effectué leur développement. Il se produirait chez les femelles pondreuses, au stade larvaire, une mémorisation du substrat de ponte qui serait conservée chez l'adulte après nymphose. C'est ce qui explique dans ce cas, un nombre plus important de larves et d'adultes sur les différents substrats du mil pour *T. castaneum* provenant du mil par rapport aux *T. castaneum* issus du maïs. En ce qui concerne le poids moyens des insectes, il y a une différence significative entre *T. castaneum* provenant du mil et *T. castaneum* provenant du maïs dans le mil brisé. Cette différence de poids moyens n'est pas significative dans le mil décortiqué et la farine de mil. En effet, dans le mil brisé le poids moyens est plus important pour *T. castaneum* provenant du maïs (2,04 ± 0,21 mg) que pour *T. castaneum* issus du mil (1,81 ± 0,09 mg). Ainsi, on peut dire que l'origine de *T. castaneum* peut influencer le devenir du poids des insectes. Par ailleurs, des travaux de Gueye et al. (2012), ont montré que des *T. Castaneum* issus du mil sont capables de se développé dans les grains de maïs et de mil dès leur stockage. En plus, ces *T. castaneum* élevés sur des grains de maïs ont un poids moyen supérieur aux *T. castaneum* qui se sont développés dans le mil. Aussi, selon ces auteurs *T. castaneum* est capable de passer du mil au maïs. Dans le mil décortiqué et la farine de mil, le sex-ratio est en faveur des mâles quelque soit la provenance de

T. castaneum avec un pourcentage de mâle plus important chez les *T. castaneum* provenant du maïs. Le sex-ratio est en faveur des mâles dans le mil brisé quel que soit l'origine de *T. castaneum* avec un nombre de mâle plus important pour *T. castaneum* provenant du

mil. Ici, on aura probablement une compétition entre les mâles sur les femelles disponibles. Aussi, cela nous permet-il de dire que le sex-ratio est toujours en faveur des mâles quel que soit la provenance de *T. castaneum* ?

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons confirmer que *T. castaneum* est un ravageur primaire du mil. En plus, l'état du mil influe sur le développement de *T. castaneum* provenant du mil et que ce dernier est donc capable de se développer sur tous les états du mil (entier, décortiqué, brisé et farine). Le mil semble résister aux attaques de *T. castaneum* provenant du mil ou du maïs quand il est décortiqué ou transformé en farine. Ainsi, pour limiter l'infestation de *T. castaneum*

sur la farine de mil on peut le garder sur le même lieu de stockage que le maïs. Mais compte tenu des pertes quantitatives causées par l'insecte, perte pouvant s'amplifier sur une longue période et de l'ampleur des dégâts qualitatifs, il faut considérer *T. castaneum* comme un insecte véritablement nuisible qui doit faire l'objet d'une lutte rationnelle pour protéger les grains lors du stockage et de la conservation.

REMERCIEMENTS

Cette publication a été produite avec le soutien financier du projet FIRST (Fonds d'Impulsion de la Recherche Scientifique et Technique) du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche du

Sénégal. Nous remercions tous les techniciens du labo CBGP IRD Bel-Air pour l'aide reçue lors des expérimentations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afrique vert et INRAN 2007. Règlement et normes des produits transformés à base des céréales. 15 pp.
- Bekon K et Fleurat Lessard F 1989. Évaluation des pertes en matière sèche des grains dus à un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum* (Herbst), coléoptère ténébrionidae, lors de la conservation des céréales. John Libbey Eurotext Paris 97-104.
- Bonneton F 2010. Quand *Tribolium* complémente la génétique de la drosophile. *Medecine/Sciences* 26 : 297-303.
- Bounechada M et Arab R 2011. Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera:Tenebrionidae). 6pp.
- Camara A 2009. Lutte contre *Sitophilus orizea* L. (Coléoptères curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (coléoptère ténébrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'élevage traditionnelle pratiquée en Basse Guinée et utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse d'obtention du titre de Docteur en Science de l'environnement, Université du Québec à Montréal. 173 pages.
- CILSS 1998. Rapport sur l'évaluation préliminaire de la production céréalière en Afrique de l'Ouest. 9pp.
- Daan S et Tinbergen JM 1997. Adaptation of life histories. 311-333 in Krebs J.R. et Davies N.B. (éds.), *Behavioural ecology. An evolutionary approach*. 4e Ed. Blackwell Science, Oxford.
- Delobel A et Tran M (1993). Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Edition CTA et ORSTROM. 424pp.
- Diome T, Thiaw C, Guèye AC, Ndong A, Sarr M, Cissé N, Sembène M, 2014. L'effet de la structuration génétique sur la durée du cycle de développement de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). *In press*.
- Goergen G, Fandoham P, Hell K, Lamboni Y, 2005. Petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest. IITA Cotonou / Bénin, 25pp.
- Guèye AC, Diome T, Thiaw C, Ndong A, Guèye A, Sembène M, 2012. Capacity of biodemographic development of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, tenebrionidae) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae) in stored cereals in Senegal.

Gueye et al. J. Appl. Biosci. Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.)

- South Asian Journal of Experimental Biology 2 (3): 108-117.
- Info conseil et Paoa 2006. État des lieux de la filière céréales locales au Sénégal, Dakar, Sénégal, Gret, Enda graf, SNC Lavalin, Cintech, MAE, CDE, ACDI, MIA, 54pp.
- Kafka F 2009. The Beetle book. Edition Gregor Brucher. 34pp.
- Kouassi B 1991. Influence de quelques facteurs externes sur le cycle de développement et la survie de *Sitophilus orizea* L. (Coléoptères curculionidae). Thèse d'obtention du titre de Docteur en Sciences Naturelles, Université nationale de Côte d'Ivoire, 92pages.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage 2001. La culture et la production du mil et du sorgho au Sénégal : Bilan-diagnostic et perspectives 130pp.
- Mbengue HM 1985. La transformation des céréales au Sénégal: Étude sur la mécanisation des récoltes et des traitements subséquents des produits agricoles en Afrique tropicale et fabrication des matériels et des équipements correspondants. Bambey-Sénégal 13pp.
- Roorda FA 1982. Laboratory observations on the development of *Tribolium castaneum* HERBST. (Col., Tenebrionidae) on millet at different temperature and relative humidities. Zeitschrift für angewandte Entomologie 93: 446-452.
- Seck D 1983. Étude d'un ravageur des céréales, *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lep. Gelechidea) en milieu paysan au Sénégal. Mémoire de fin d'études, Faculté Sciences Agronomique, Gembloux (Belgique), 123pages.
- Seck D, Sidibé B, Fall A, 1992. Observation sur le développement de *Tribolium castaneum* Herbst sur le mil (*Pennisetum typhoïde* L.), en fonction du taux de brisure dans le substrat. Soc. r. belge Ent 35. 471-475.
- Sembène M, Delobel A 2004. Mythe ou réalité ? Le « principe de Hopkins » dans le cas de la Bruche de l'arachide *Caryedon serratus* (Coleoptera, Bruchidae). Bulletin de la société entomologique de France, 109 (1) : 61-66.
- Sembène M, Thiaw C, Doumma A, Sanon A, Kétoh GK, Delobel A 2012. Préférence de ponte et niveau d'adaptation de différentes souches de *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera, Bruchidae) à l'arachide (*Arachis hypogaea* L., Fabaceae). Annales de la Société Entomologique de France (n. s), 48 (1-2) : xxx-xxx.
- Stearns SC 1992. The evolution of life histories. Oxford University Press, New York. 249pp.
- Vanier P 2005. Le millet au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique, Écologie et environnement. 10p.