

Synthèse bibliographique sur les insectes et autres invertébrés comestibles utilisés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage

S. C. B. POMALÉGN¹¹, D. S. J. C. GBEMAVO¹², S. BABATOUNDE¹³, C. A. A. M CHRYSTOSTOME¹⁴, O. D. KOUDANDE¹¹, R. L. GLÈLÈ KAKAÏ¹⁵ et G. A. MENSAH¹¹

Résumé

Les protéines sont essentielles dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage. Elles sont administrées aux animaux à travers des ingrédients alimentaires comme les légumes à graines et leurs tourteaux (arachide, soja, etc.), les farines de poisson, etc. Ces ressources alimentaires bien qu'étant très indispensables en alimentation du bétail, connaissent une flambée de prix et sont non durables. Les ressources alimentaires alternatives que représentent les insectes et autres invertébrés comestibles constituent une solution durable en alimentation animale mais sont classées dans les sources peu connues et méconnues de protéines animales. Elles ne sont pas onéreuses et n'impliquent pas pour le moment une compétition alimentaire avec l'alimentation des humains. Parmi les invertébrés les plus ciblés et candidats à cette nouvelle approche figurent les larves de mouches ou asticots. Les asticots des mouches domestiques (*Musca domestica*) et des mouches soldats noires (*Hermetia illucens*) sont privilégiés en raison de la facilité de leur production et de l'importance de leur biomasse. Les larves de ces deux types de mouches sont souvent produites avec des déchets de toute nature (substrats) disponibles gratuitement et cédés dans le cas marchand à un prix dérisoire. Les compositions chimiques des insectes comestibles en général et des asticots en particulier sont similaires voire meilleures que celles des ingrédients alimentaires conventionnels et leur utilisation dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage induit de bonnes performances zootechniques aux animaux. Les conséquences liées à ce mode alternatif d'alimentation animale sont minimales et peuvent être atténuées par le choix raisonné des substrats de production, de l'alimentation des insectes eux-mêmes, de l'environnement de leur production et des processus de pré transformation en ingrédients alimentaires assimilables par les animaux.

Mots clés: Protéines, animaux monogastriques, ressources alternatives, invertébrés comestibles, alimentation animale.

Literature review on insects and other edible invertebrates used in diets of reared monogastric animals

Abstract

Proteins are essential in farmed monogastric animals feeding. They are generally supplied to animals through recognized potential food resources such as soybeans, peanut meal and fish meal. The alternative food resources of insects and other edible invertebrates constitute an alternative solution in

¹¹ MSc Ir. Sèthémè Charles B. POMALEGNI, Laboratoire des Recherches Zootechnique, Vétérinaire et Halieutique (LRZVH), Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : cpomalegni@yahoo.fr, République du Bénin

Pr. Dr DMV. Olorounto Delphin KOUDANDE, LRZVH/CRA-Agonkanmey/INRAB, 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : delphin.koudande@gmail.com, République du Bénin

Pr. Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, LRZVH/CRA-Agonkanmey/INRAB, 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : mensahga@gmail.com / ga_mensah@yahoo.com, République du Bénin

¹² Dr Ir. D. S. J. Charlemagne GBEMAVO, Unité de Biostatistique et de Modélisation (UBM), Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques, BP 2282, Abomey, E-mail : charlemagnegbemavo@gmail.com / cgbemavo@yahoo.fr, République du Bénin

¹³ Pr. Dr Ir. Sévérin BABATOUNDE, Laboratoire de Zootechnie, Département de Production Animale (DPA/FSA/UAC), 01 BP 509 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : babatoundesev@yahoo.fr

¹⁴ Pr. Dr Ir. Christophe A. A. M. CHRYSTOSTOME, Laboratoire de Recherche Avicole et de Zoo Économie (LARAZE/DPA/FSA/UAC), 01 BP 509 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail: cchrystostome@gmail.com

¹⁵ Pr. Dr Ir. Romain Lucas KAKAÏ GLELE, Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières (LABEF), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 509 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : glele.romain@gmail.com, République du Bénin

animal feed but little known. They are not onerous and do not currently involve food competition with humans food. Among the most targeted invertebrates and candidates for this new approach are the flies larvae or maggots. Maggots of two types of fly are focused because of the ease of their production and the importance of their biomass. These larvae are frequently produced from waste (substrates) of all kinds, often available free of charge or in the case of merchants at a low price. The chemical compositions of edible insects and maggots are similar or even better than those of conventional food resources and their use in monogastric animal feeding induces good zootechnical performances to the animals. The consequences of this alternative mode of feeding, the feeding of the insects themselves, are minimal and can be mitigated by the careful choice of production substrates, the environment of their production and the processes into food ingredient that can be assimilated by animals.

Key words: Protein, monogastric animals, alternative resources, edible invertebrates, animal feed.

INTRODUCTION

L'approvisionnement en aliments qualitatifs pour l'alimentation de la volaille est bien souvent le principal problème rencontré par les éleveurs et surtout les petits exploitants agricoles en Afrique de l'ouest (Hardouin, 1986). La physiologie des animaux monogastriques de rente comme le porc, les lapins, les aulacodes et les volailles requiert la présence de protéines animales dans leur alimentation pour compenser l'impossibilité de synthèse de certains acides aminés chez ces animaux (Hardouin, 2003). Les aviculteurs traditionnels sont contraints de conduire leurs oiseaux selon le mode de divagation en leur offrant la possibilité de combler leurs propres besoins sur les parcours naturels (Ayssiwédé, 2011). Ainsi, la couverture convenable des besoins alimentaires de ces animaux est tributaire d'ingrédients alimentaires spécifiques pourvoyeurs de protéines mais généralement très coûteux et peu durables. Ces sources potentielles de protéines représentées fréquemment par les farines de poisson, de viande, de légumineuses à graines et les tourteaux d'oléagineux utilisées en alimentation animale sont aussi confrontées à une compétition alimentaire avec les humains (soja) et à une flambée de prix sur les marchés (farine de poisson). Pourtant, certains invertébrés contribuent dans une grande mesure à l'alimentation naturelle d'un large éventail d'animaux domestiques monogastriques en offrant un potentiel à être utilisé comme une alternative aux protéines animales et à celles à base de soja (Van Huis *et al.*, 2013). L'utilisation des invertébrés (insectes prioritairement) aussi bien en alimentation humaine qu'animale est recommandée par van Huis *et al.* (2013) pour des raisons économiques et de durabilité. Les insectes comme les asticots et termites, les vers de terre et les escargots peuvent servir de substituts aux sources classiques de protéines animales dans la mise au point d'une ration alimentaire équilibrée pour les animaux surtout les monogastriques d'élevage (Ravindran et Bair, 1992 et 1993). Au nombre desdits invertébrés, les asticots requièrent un intérêt particulier à cause de la facilité de leur production. Toutes les contrées de par le monde sont assujetties à la production quotidienne de déchets organiques qui constituent des supports excellents pour la production des asticots. Le présent article fait la synthèse des résultats des différentes études effectuées sur la production et de l'utilisation des asticots et autres insectes dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage. La synthèse bibliographique de l'utilisation des insectes dans l'alimentation animale en général a été faite par Makkar *et al.* (2014) et les insectes utilisés de manière spécifique dans l'alimentation animale en Afrique de l'Ouest a été publiée par Kenis *et al.* (2014).

INSECTES UTILISÉS DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX MONOGASTRIQUES D'ÉLEVAGE

Insectes de l'ordre des Diptères

Les insectes de l'ordre *Diptères* et utilisés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage sont les mouches telles que la mouche domestique *Musca domestica* (Muscidae) et la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) (Stratiomyidae) (Kenis *et al.*, 2014). La mouche domestique est privilégiée dans plusieurs parties du monde en raison de sa présence permanente, de la prolificité des asticots sur des substrats variés (Nzamjo, 1999, Mensah *et al.*, 2007, Hwangbo *et al.*, 2009a, Kenis *et al.*, 2014).

Insectes de l'ordre des Blattoptères (Blattaria)

L'ordre des blattoptères regroupe les blattes et les termites. Les blattes (*Blatta orientalis*) ont été utilisées comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation de poulets de chair au

Sud-Kivu en République démocratique du Congo (Mushambanyi et Balezi, 2002). De même, les termites sont valorisés dans l'alimentation aussi bien de poulets de chair que locaux et des pintadeaux (Farina *et al.*, 1991 ; Mushambanyi et Balezi ; 2002, Chrysostome *et al.*; 2009). Des techniques sont développées et rapportées pour une production contrôlée des termites destinées à l'alimentation des poussins et des pintadeaux en élevage villageois au Bénin, au Burkina Faso et au Togo (Chrysostome *et al.*, 2009; Farina *et al.*, 1991; Pomalegni *et al.*, 2017).

Insectes de l'ordre des Orthoptères

Des sauterelles (acrididae et pyrgomorphidae), des criquets (Gryllidae) pèlerins, migrants, de maison et de champ sont les orthoptères très consommés par les oiseaux et autres animaux monogastriques. Des poulets ont été élevés en parcours libre pour contrôler les populations de sauterelles (Khusro *et al.*, 2012). Aux Philippines, les poulets élevés en parcours libre et se nourrissant de sauterelles, ont un goût préféré et ont un prix de marché plus élevé que ceux qui se nourrissent d'aliments commerciaux classiques (Khusro *et al.*, 2012).

Insectes de l'ordre des Hyménoptères

Des hyménoptères comme les abeilles (*Apis mellifera*) sont transformées en farine après séchage pour nourrir les animaux monogastriques d'élevage. Ainsi, Salmon et Szabo (1981) ont produit de la farine d'abeilles séchées à partir d'abeilles tuées après la saison de production de miel afin de l'incorporer dans les régimes alimentaires des dindes en croissance. Grâce à une teneur élevée en protéines (68%), la composition des acides aminés était plus faible que celle de la farine de poisson, mais comparable à celle du soja. Le remplacement de la farine de soja par la farine d'abeilles séchées à 15% et à 30% a diminué linéairement la performance des dindes. Les auteurs ont attribué la contre performance des dindes à la toxicité du venin d'abeilles séchées.

AUTRES INVERTÉBRÉS UTILISÉS DANS L'ALIMENTATION DES ANIMAUX MONOGASTRIQUES

Les vers de farine (*Tenebrio molitor*) sont une alternative potentielle dans les régimes alimentaires de la volaille. La qualité de leurs protéines est semblable à celle de la farine de soja mais la teneur en méthionine est limitante pour les volaille (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002). Leur faible teneur en calcium (Ca) est aussi un problème dans l'alimentation de la volaille.

Le potentiel de la farine d'escargot (*Pila leopoldvillensis*) comme supplément dans les régimes de poulets à chair a été évalué par Barcelo et Barcello (1991). L'analyse chimique a révélé que la farine d'escargot doré cru contenait respectivement 53,22%, 6,01% et 0,49% de protéines brutes (PB), de calcium (Ca) et de phosphore (P). La farine d'escargot doré cuit contenait 52,25% de PB, 6,51% de Ca et 0,41% de P. De même, June *et al.* (1991) ont étudié la performance des poulets de chair nourris avec la farine d'escargot (*Pomacea caniculata*) comme substitut à la farine de poisson, de viande et d'os. La consommation d'aliments et le gain de poids vif n'étaient pas différents entre les sources de protéines et signifient que la farine d'escargot est adaptée pour remplacer les farines de poisson et les farines de viande et d'os.

ANIMAUX MONOGASTRIQUES D'ÉLEVAGE NOURRIS AVEC DES INSECTES ET DES ESCARGOTS

Dans le tableau 1 sont résumés de façon synoptique les animaux monogastriques nourris avec des insectes, les escargots et les vers de terreau. Les insectes, les escargots et les vers de terreau sont généralement séchés et réduits en poudre avant d'être incorporés dans les rations alimentaires des volailles (poulets, canards, dindons et cailles), des poissons (tilapias, *Parachanna obscura* et poissons chats) et des mammifères (porcs et rats). Toutefois, les termites et les vers de farine sont donnés frais à des pintadeaux et à des poulets. Les insectes sont valorisés dans l'alimentation aussi bien des poulets locaux qu'améliorés.

Tableau 1. Animaux monogastriques d'élevage et halieutiques nourris avec les insectes

Espèces animales	Insectes et invertébrés utilisés dans l'alimentation	Auteurs	Pays
Porc	Farine d'asticot	Bayandina et Inkina (1980)	Russie
Poulets locaux	Asticots vivants	Dankwa <i>et al.</i> (2002)	Ghana
	Farine d'asticot	Ekoue et Hadzi (2000).	Togo
Poulet	Farine d'asticot	Makkar <i>et al.</i> (2014)	Nigeria
Poulet de chair	Farine d'asticot	Atteh et Ologbenla (1993); Bamgbose (1999).	Nigeria
Poules pondeuses	Farine d'asticot	Ernst <i>et al.</i> (1984)	Nigeria
Canard	Farine d'asticot	Koudjou <i>et al.</i> (2002) Mensah <i>et al.</i> (2007)	Bénin
Dindonneau	Farine d'asticot	Agodokpessi <i>et al.</i> (2016)	Bénin
Dinde	Farine d'abeilles séchées	Salmon et Szabo (1981)	ND
Pintadeaux	Termites	Farina <i>et al.</i> (1991)	Togo
		Chysostome <i>et al.</i> (2009)	Bénin
Poulet de chair	Farine de sauterelle	Liu et Lian, (2003)	Chine
Cailles	Farine de sauterelle	Haldar (2012)	Inde
Poisson chat africain	Farine d'asticot	Madu et Ufodike, (2003)	Nigeria
Tilapia du Nil			
Rats	Farine d'asticot	Bouafou <i>et al.</i> (2011a)	Côte d'ivoire
Poulet de chair	Vers de farine	Ramos-Elorduy <i>et al.</i> (2002)	
Poulet de chair	Farine d'escargot (<i>Pila leopoldvillensis</i>)	Barcelo et Barcello (1991)	Philippines
	Farine d'escargot (<i>Pomacea caniculata</i>)	June <i>et al.</i> (1991)	
Poisson (<i>Parachanna obscura</i>)	Vers de terreau (<i>Eisenia foetida</i>)	Vodounnou <i>et al.</i> (2015)	Bénin

ND : Non défini

VALEURS NUTRITIONNELLES DES LARVES DE MOUCHE UTILISÉES EN ALIMENTATION ANIMALE

Certains insectes ont pour réputation d'être des aliments très nutritifs, riches en calories, en protéines, en lipides, et en vitamines puis ayant des compositions en acides aminés généralement bien équilibrés pour les besoins humains (Caparros Megido *et al.*, 2015). Cependant, les insectes sont pauvres en hydrates de carbone avec un maximum de 10% de la masse totale chez certaines espèces (Chen *et al.*, 2009). Les compositions nutritionnelles des insectes comestibles sont sujettes à d'importantes variations. Les nutriments qu'ils renferment sont fonction des espèces d'insectes, de leur stade de développement mais également des facteurs extérieurs comme le climat, la nourriture, l'habitat, la préparation (grillés ou bouillis) et/ou la méthode d'analyse (Bukkens, 1997; Verkerk *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2009).

Les compositions nutritionnelles de trois formes physiques d'asticots utilisées dans l'alimentation de la volaille sont présentées dans le tableau 2. La composition chimique des larves de mouches a varié en fonction de la nature sous laquelle elles ont été présentées (tableau 3). Les larves de mouches fraîches et séchées ont des teneurs en protéines similaires (59,10 et 59,48% MS respectivement) alors que celles mises sous la forme farineuse avaient une teneur de 50,4% MS. De même, au niveau des matières minérales (Ca et P) des variations remarquables ont été observées d'une forme à l'autre. Ainsi, la teneur en calcium est de 3,62, de 5,96 et de 4,7 g/kg MS respectivement pour les larves de mouches à l'état frais, séché et farineux. Concernant les acides aminés, les variations de teneurs ont été beaucoup plus remarquables au niveau de la forme farineuse. Les teneurs en Lysine, Méthionine et Cystine ont été respectivement de 6,1, de 2,2 et de 0,7 g/16gN pour la forme farine contre 4,43; 1,53 et 0,43 g/16gN pour la forme fraîche et enfin 4,41, 1,50 et 0,46 g/16gN pour la forme

séchée. Un écart de plus de deux points s'observe en ce qui concerne la teneur en Cystine de la forme farineuse comparativement aux autres formes.

Tableau 2. Composition chimique des larves de mouches fraîches, séchées et farineuses

Composition chimique	Asticots sous forme		
	Fraîche	Séchée	Farine
EM (Kcal/kg)	3.207,457	3.291,109	5.803,955
PB (%MS)	59,10	59,48	50,4 ± 5,3 (42,3, 60,4)
Acide lindenic (%MG)	ND	ND	2,0
NDF (% MS)	4,05	6,66	ND
ENA (% MS)	11,49	8,08	ND
CB (%MS)	13,92	11,53	10,1 ± 3,3
Ca ⁺⁺ (g/Kg MS)	3,62	5,96	4,7 ± 1,7
P (g/Kg MS)	1,95	1,05	5,7 ± 3,5
Cendre (%MS)	11,53	14,24	10,1 ± 3,3
Lysine (g/16gN)	4,43	4,41	6,1 ± 0,9
Méthionine (g/16gN)	1,53	1,50	2,2 ± 0,8
Cystine (g/16gN)	0,43	0,46	0,7 ± 0,2
Auteurs	Dordevic <i>et al.</i> (2008)	Dordevic <i>et al.</i> (2008)	Makkar <i>et al.</i> (2014), Akpodiète <i>et al.</i> (2000), Aniebo <i>et al.</i> (2008), Hwangbo <i>et al.</i> (2009b), Ocio and Vinaras, 1979, Odesanya <i>et al.</i> (2011), Ogunji <i>et al.</i> (2008), Pretorius (2011) et Zuidhof <i>et al.</i> (2003).

Source : Makkar *et al.* (2014) ; ND : Non Défini ; NDF : Neutral Detergent Fiber, ENA : Extractif Non Azoté ; PB : Protéine Brute ; CB : Cellulose Brute ; EM : Energie Métabolisable ; MG : Matières grasses ; MS : Matière sèche.

PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES ANIMAUX NOURRIS À BASE D'INSECTES

Dankwa *et al.* (2002) ont comparé certains paramètres zootechniques (poids vif corporel mensuel, âge à la première ponte, poids des œufs, nombre d'œufs éclos et poids vifs corporels de poussins éclos) des volailles mises sur un régime supplémentaire d'asticots frais (30-50 g) de l'âge de deux semaines jusqu' à la ponte et à leurs premières couvées d'œufs avec des volailles exemptes d'asticots dans leur alimentation. Les résultats ont montré des différences considérables ($p < 0,05$) dans la grandeur de la couvée, du poids des œufs, du nombre d'œufs éclos et des poids vifs corporels des poussins entre les volailles supplémentées et celles de contrôle. La taille moyenne de la couvée était de $11,5 \pm 2,57$, de $43,5 \pm 25,53$, de $9,8 \pm 2,21$, de $34,2 \pm 0,78$ et de $9,5 \pm 1,14$ têtes de poussins, la valeur moyenne du poids d'œufs était de $33,6 \pm 2,72$ g, le nombre moyen d'œufs éclos était de $7,1 \pm 0,70$, le poids vif corporel moyen était de $29,8 \pm 1,89$ g tant chez les volailles supplémentées que chez celles de contrôle.

Au Nigéria, en remplaçant 50% de protéines de farine de poisson par la farine de criquet (1,7% dans l'alimentation), Adeyemo *et al.* (2008) ont observé que les poulets de chair âgés de 1 à 28 jours ont une augmentation du gain de poids corporel et de la consommation alimentaire.

En Chine, Liu et Lian (2003) ont remplacé la farine de sauterelles (*Acrida cinerea*) à 20% et 40% à celle de poisson dans les régimes alimentaires de poulets de chair et ont obtenu un taux de croissance et une consommation d'aliments similaire au régime témoin.

En Inde, les cailles japonaises (*Cotornix japonica Japonica*), ont été nourries avec des régimes divers dans lesquels la farine de sauterelle (*Oxya hyla*) a progressivement remplacé la farine de poisson. Pour une gamme de paramètres de croissance, les meilleurs résultats ont été obtenus avec le régime alimentaire dans lequel 50% de farine de poisson ont été remplacées par la farine de sauterelle. La fécondité (c'est-à-dire le nombre d'œufs pondus par femelle) était significativement plus élevée par rapport au traitement témoin (Haldar, 2012).

Aux Philippines la farine de criquet n'était pas aussi efficace que la farine de poisson mais était aussi bien appréciée lorsqu'elle était utilisée dans la ration alimentaire des poulets de chair (Fronza et Mallonga, 1935).

Les vers de farine séchés incorporés jusqu'à 10% de matières sèches (MS) dans un régime de démarrage à base de sorgho et de farine de soja étaient sans effets négatifs sur la consommation d'aliment, le gain pondéral et l'efficacité alimentaire (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002). Selon Schiavone *et al.* (2014), l'utilisation de 25% de vers de farine en remplacement à la farine de poisson s'est révélée appropriée.

Le gain pondéral des poulets nourris avec la farine d'escargot doré cuit a été comparable à celui des poulets nourris avec la farine de poisson. Les résultats ont montré globalement que les éléments de la farine d'escargot doré sont aussi meilleurs que ceux de la farine de poisson importée dans les rations pour poulets (Barcelo et Barcello, 1991).

CONSÉQUENCES HISTOLOGIQUES ET HISTOPATHOLOGIQUES D'UNE OVERDOSE EN FARINE D'ASTICOTS SÉCHÉS

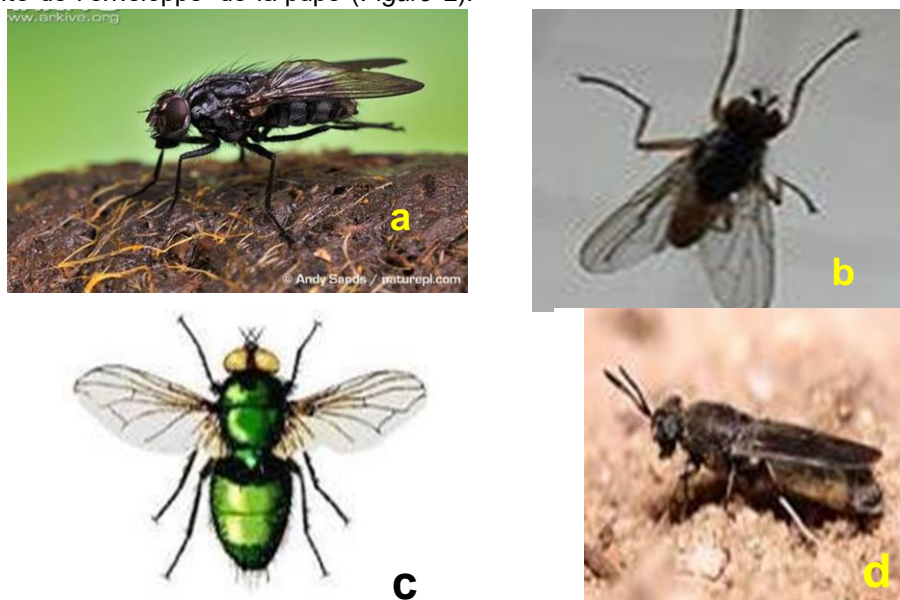
Bouafou *et al.* (2011a) ont montré qu'une substitution de 10% de la farine de poisson à la farine d'asticots séchés pendant 15 jours dans le régime d'un lot de jeunes rats a occasionné au niveau des reins, des lésions tissulaires associés à une fibrose interstitielle et au niveau du foie, une dilatation des veines portes et des vaisseaux sanguins. De même, ont été constatées une diminution significative ($p < 0,05$) du poids des reins de 6,60% et une augmentation du poids des foies de 10,60%. Suite à une lésion rénale conduisant à la destruction du néphron, il est créé une perméabilité des glomérules aux macromolécules protéiniques qui s'accumulent et surchargent les tubules rénaux. Cette surcharge protéique favorise la surproduction des facteurs de croissance ou facteurs profibrosants. Ceci aboutit à la prolifération des fibroblastes dans les reins. Concernant les foies de jeunes rats sous farine d'asticots séchés, l'histologie a montré d'une part la dilatation des capillaires sanguins dans le parenchyme hépatique et d'autre part l'histopathologie a décelé le développement de fibres dans les vaisseaux sanguins de leurs foies. En effet, la fibrose hépatique pourrait entraîner l'obstruction des vaisseaux et des capillaires sanguins et réduire en conséquence la baisse des fonctions hépatiques à savoir la synthèse et l'homéostasie de la glycémie, des lipides circulants de la bile et de nombreuses protéines (Mallat, 2000).

SÉCURITÉ CHIMIQUE LIÉE À L'UTILISATION DES ASTICOTS ET AUTRES INSECTES COMME SOURCES DE PROTÉINES EN ALIMENTATION ANIMALE

Les cas de contamination directe des insectes et autres invertébrés n'ont pas été clairement évoqués mais l'accent est surtout mis sur les conditions probables de contamination des larves et autres insectes issues des systèmes de production. Les considérations en termes de sécurité chimique liée à l'utilisation des insectes en alimentation humaine et animale concernent uniquement quelques espèces. Certains insectes bien connus contiennent une protéine ou un métabolite toxique pour l'homme et l'animal, y compris des venins bien connus présents dans l'abeille et la guêpe. Une large gamme de contaminants et de résidus incluant les métaux lourds, les pesticides et les contaminants environnementaux et vétérinaires peuvent se retrouver au niveau des insectes (Charlton *et al.*, 2015). Les substrats de production des larves tels que les déchets ou ordures peuvent constituer une source potentielle d'accumulation des substances chimiques et des pathogènes au niveau des insectes (Charlton *et al.*, 2015). La substance active d'un médicament vétérinaire, 4,4'-dinitrocarbanilide (Nicarbazin) a été retrouvée dans un échantillon de *Musca domestica* nourris avec du fumier (Charlton *et al.*, 2015). Les toxines industrielles telles que la dioxine peuvent aussi être abondantes selon les processus d'élevage ou de conservation des insectes mais la transformation des insectes en un repas protéine peut réduire le risque chimique encouru dans l'utilisation des insectes comme source de protéines en alimentation animale (Charlton *et al.*, 2015). La tropomyosine qui est un allergène responsable de l'allergie des fruits de mer est aussi présente dans les acariens domestiques et les blattes à 80% des identités séquentielles (Ayuso *et al.*, 2002). La réactivité transversale des individus allergiques aux protéines contenus dans les fruits de mer; aux protéines contenus dans les insectes a été récemment démontrée par Verhoeckx *et al.* (2013). Charlton *et al.* (2015) ont démontré que les conditions environnementales des localités ont un impact significatif sur le niveau de cadmium dans les insectes et dans les larves d'insectes produites.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MOUCHES ET DES LARVES DE MOUCHE

Plusieurs espèces de mouches productrices de larves existent (Figure 1). La mouche la plus répandue et la plus connue des mouches est la mouche domestique (*Musca domestica*), qui appartient à l'embranchement des *Invertébrés (Arthropodes)*, à la classe des *Insectes*, à l'ordre de *Diptères* et à la famille des *Muscidae*. Les diptères représentent l'ordre des insectes le plus important et le plus diversifié de point de vue morphologique et biologique (Hall et Gerhardt, 2002). Les diptères sont des holométabolites caractérisés par le passage de l'état larvaire à l'état adulte par l'intermédiaire d'un état nymphal (Rogowski, 2009). La famille des *Muscidae* est la famille de mouche la plus répandue dans le monde et est constituée des deux groupes que sont les glossines et les mouches domestiques. La mouche domestique passe par les quatre stades de développement suivants au cours de sa vie (Hardouin *et al.*, 2000 ; Hardouin et Mahoux, 2003): l'œuf de couleur blanche; la larve de couleur crème; la puppe de couleur brunâtre; l'adulte ailé de couleur gris noirâtre. Comme l'ont souligné Burton (1969) et Hardouin *et al.* (2000), la larve est vermiforme et passe par trois stades de développement appelés stade larvaire. Au premier et deuxième stade larvaire, les larves préfèrent les milieux humides où ils se nourrissent pendant 4 à 5 jours du substrat de production et tendent à être lucifuges. La larve du troisième stade, à la fin de sa période d'alimentation, migre vers les milieux plus sec et plus lumineux pour se transformer en puppe. Ce stade migratoire peut durer 3 à 4 jours. La puppe ne se nourrit pas, elle reste sur place jusqu'à la sortie de la mouche adulte de l'enveloppe de la puppe (Figure 2).



x 200

Figure 1. a) *Musca domestica* ; b) *Fania canicularis* ; c) *Calliphora erythrocephalla*, d) *Hermetia illucens*

PRÉSENTATION DES LARVES DE MOUCHE OU ASTICOTS

Hardouin *et al.* (2000) et Hardouin et Mahoux (2003) ont mentionné que les asticots (Figure 2) représentent le stade de métamorphose de la mouche correspondant à une accumulation de produits qui normalement donnent naissance à une puppe avant d'évoluer vers la mouche adulte. Les asticots sont issus des œufs pondus sur la surface de matières organiques après une incubation spontanée de durée variable selon les conditions du milieu ambiant. Les asticots sont mobiles et s'enfoncent rapidement dans le substrat sur lequel les œufs ont été pondus. Ils se nourrissent presque en permanence pour accumuler des produits de réserve qui serviront aux métamorphoses et sont par conséquent riches en matières de réserve et notamment en protéines et en graisses (Hardouin *et al.*, 2000 ; Makkar *et al.*, 2014). Les asticots de mouche domestique ont une morphologie et un mode de vie très différents de l'adulte. La larve est apode, hémicylindrique de couleur crème et acéphale, la tête étant repérée grâce à la présence de deux crochets buccaux (Rogowski, 2009). Les larves de mouches domestiques mesurent 1 à 1,3 cm de long et sont effilées à l'extrémité antérieure et tronquées à l'extrémité postérieure (Baker, 2007). Le poids d'un asticot varie en général selon l'âge et

les conditions du milieu (température et humidité surtout) de 0,03 à 0,06 g (Bouafou, 2008). En fonction des conditions locales de température, l'œuf est éclos environ 8 à 12 h après la ponte (Malik *et al.*, 2007). Les larves (figure 2) se développent dans les déchets pendant 3 à 6 jours puis deviennent des pupes (Hardouin, 1986).

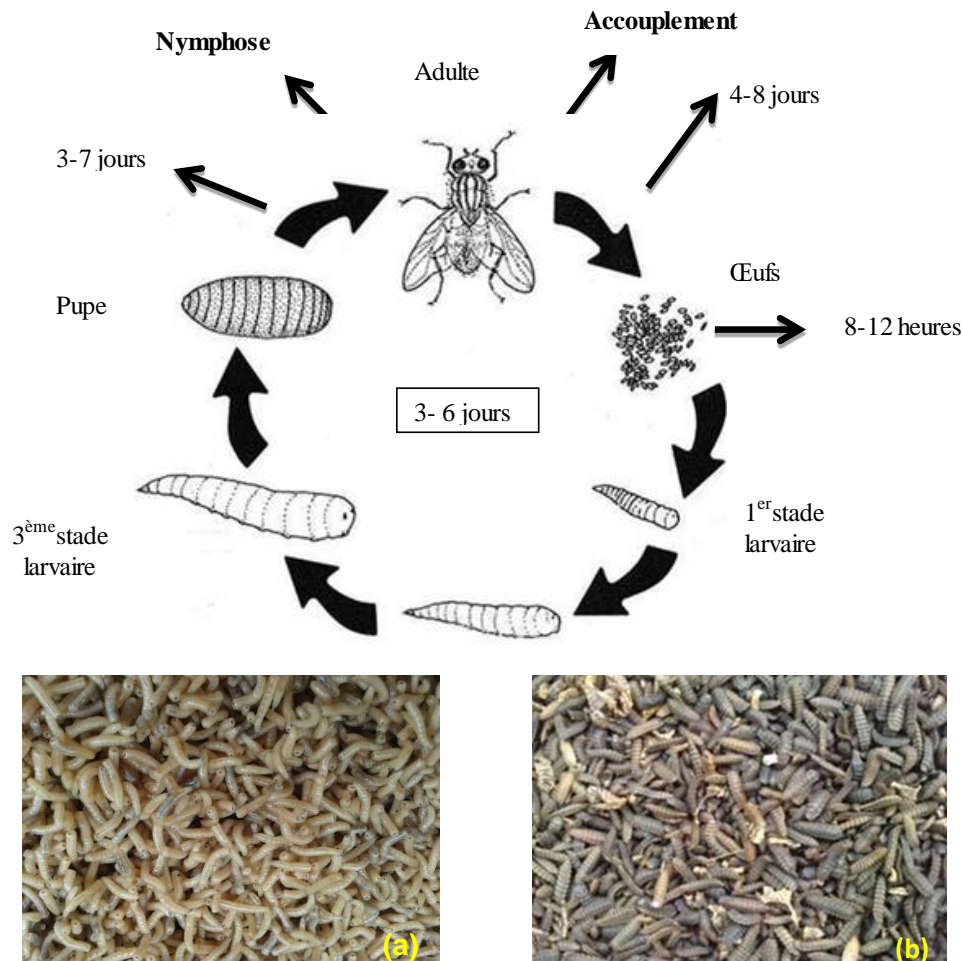


Figure 2. a) Larves de mouche domestique (*Musca domestica*), b) Larves de mouche Soldat noire (*Hermetia illucens*)

CORRÉLATION ENTRE LA NATURE DU SUBSTRAT ET LES ASTICOTS PRODUITS

Les mouches ont de préférence pour les substrats (Nzamujo, 1999). La nature et la taille des substrats ont une influence sur la production quantitative et qualitative des asticots (Loa, 2000). Les substrats attractifs attirent beaucoup de mouches qui s'en alimentent et y pondent, donnant ainsi naissance à des asticots (Nzamujo, 1999). La détection de la molécule 4,4'-dinitrocarbanilide (nicarbazin) dans un échantillon de *Musca domestica* qui a été nourris avec du fumier met en évidence la nécessité d'examiner attentivement la matière première (substrats) qui doit servir à nourrir les larves de mouche car elles peuvent être contaminées par des résidus chimiques (Charlton *et al.*, 2015) voire des éléments traces métalliques et autres polluants organiques persistants (PoPs).

CONCLUSION

Les insectes en général constituent des sources de protéines animales de valeurs nutritives élevées susceptibles d'être bien incorporés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage. Le développement des techniques de production d'insectes pouvant substituer les sources conventionnelles pourvoyeuses de protéines animales dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage est l'une des solutions face au problème de la flambée des prix et de la non durabilité des ressources alimentaires classiques. Ces insectes présentent des qualités nutritionnelles comparables à la farine de poisson, au soja et autres matières azotées classiques.

Parmi la diversité d'espèces d'insectes pouvant être utilisées dans cette nouvelle approche alimentaire, figurent les mouches, comme la mouche domestique (*Musca domestica*) et la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*). Ces deux types de mouche sont de véritables candidats à la formulation de rations alimentaires à valeur azotée appréciable sur les plans qualitatifs pour nourrir les animaux monogastriques d'élevage, qui méritent une attention particulière en raison de la quantité importante de biomasse d'asticots qu'elles offrent en un laps de temps. La mise en place des techniques de production efficaces et accessibles aux agro-éleveurs s'impose afin d'assurer une meilleure productivité des animaux monogastriques d'élevage. L'installation des plateformes d'innovation sur ces ressources alternatives doit être la clé de succès et la porte d'entrée pour des actions de sensibilisation relatives aux influences de ces protéines sur l'extériorisation des performances zootechniques des animaux d'élevage qui les consomment, étant donné que leur utilisation systématique dans l'alimentation animale reste limitée par manque d'informations au niveau des agro-éleveurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adeyemo, G.O., O.G. Longe, H.A. Lawal, 2008: Effects of feeding desert locust meal (*Schistocerca gregaria*) on performance and haematology of broilers. Tropentag, Hohenheim.
- Agodokpessi, B.J., Y. Toukourou, I.T. Alkoiret, M. Senou, 2016 : Performances zootechniques des dindonneaux nourris à base de la farine d'asticots. Tropicultura 34, 253-261.
- Akpodiete, O.J., Inoni, O.E., 2000: Economics of production of broiler chickens fed maggots meal as replacement for fish meal. Nigerian J. Anim. Prod. 27, 59-63.
- Aniebo, A.O., E.S. Erundu, O.J. Owen, 2008: Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. Livest. Res. Rural Dev., -20.
- Atteh, J.O., Ologbenla, F.D., 1993: Replacement of fish meal with maggots in broiler diets: effects on performance and nutrient retention. Nigerian Journal of Animal Production 20, 44-49.
- Ayssiwede, S.B., A. Dieng, M.R.B. Houinato, C.A.A.M. Chrysostome, A. Issay, J.L. Hornick, A. Missohou, 2011 : Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique Subsaharienne : état des lieux et contraintes. Ann. Méd. Vét. 157, 103-119.
- Ayuso, R., S.P. Lehrer, G. Resse, 2002 : Identification of continuous, allergenic of the major shrimp allergen Pen a 1 (tropomyosin). International Archives of Allergy and Immunology. 127, 27-37.
- Baker, M., Jeffrey, W., 2007: Investor sentiment in the stock market. The Journal of Economic Perspectives 21, 129-151.
- Bamgbose, A.M., 1999: Utilization of maggot-meal in cockerel diets. Indian J. Anim. Sci. 69, 1056-1058.
- Barcelo, P.M., Barcelo, J.R., 1991: The potential of snail (*Pila leopoldvillensis*) meal as supplement in broiler diets. Tropicultura. 9, 11-13.
- Bayandina, G.V., Inkina, Z.G., 1980: Effects of prolonged use of housefly larvae in the diet of sows and their offspring on fattening and meat quality of the young. Nauchnye Trudy Novosibirskogo Sel'skokhozyaistvennogo Inst 134, 52-59.
- Bouafou, K.G.M., B.A. Konan, A. Meite, K.G. Kouame, S. Kati-Coulibally, 2011. Substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance : risques pathologiques ?. Int. J. Biol. Chem. Sci. 5, 1298-1303.
- Bouafou, K.G.M., V. Zannou-Tchoko, B.A. Konan, K.G. Kouame, 2008 : Etude de la valeur nutritionnelle de la farine d'asticots séchés chez le rat en croissance. Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie 12, 215-225.
- Bukkens, S.G.F., 1997: The nutritional value of edible insects. Ecol. Food Nutr. 36, 287-319.
- Burton, R., 1969 : L'encyclopédie universelle des animaux Vol 16 Edition 1976, Genève.
- Caparros Megido, R., T. Alabi, S. Larreché, L. Alexandra, E. Haubruge, F. Francis, 2015 : Risques et valorisation des insectes dans l'alimentation humaine et animale. Annales de la Société entomologique de France (NS) 51, 215-258.
- Charlton, A.J., M. Dickinson, M.E. Wakefield, E. Fitches, M. Kenis, R. Han, F. Zhu, N. Kone, M. Grant, E. Devic, G. Bruggeman, R. Prior, R. Smith, 2015: Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. Journal of Insects as Food and Feed 1, 7-16.
- Chen, X., Y. Feng, Z. Chen, 2009: Common edible insects and their utilization in China: invited review. Entomological Research. 39, 299-303.
- Chrysostome, C.A.A.M., P.T. Coubeou, H. Dakpogan, G.A. Mensah, 2009 : Comment collecter des termites avec des noix de rônier pour l'alimentation des pintadeaux ? Référentiel technico-économique pour la production avicole. Volume 1, PADAV /CASPA/OADSA. Dépôt Légal N° 4394 du 17/11/2009, 4ème trimestre, ISBN: 978-99919-323-8-5, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, 29p.

- Dankwa, D., F.S. Nelson, E.O.K. Oddoye, J.L. Duncan, 2002: Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry. Ghana J. Agric. Sci. 35, 185-187.
- Dorđević, M., B. Radenković-Damjanović, M. Vučević, M. Baltić, R. Teodorović, L. Janković, M.Ā. Rajković, 2008: Effects of substitution of fish meal with fresh and dehydrated larvae of the house fly (*Musca domestica* L.) on productive performance and health of broilers. Acta Vet 58, 357-368.
- Ekoue, S.K., Hadzi, Y.A., 2000: Maggot production as a protein source for young poultry in Togo - preliminary observations. Tropicicultura 18, 212-214.
- Ernst, L., R. Vagapov, E. Posdeeva, A. Zhemchuzhina, E. Zvereva, 1984: A high protein feed from poultry manure. In Nutrition Abstracts and Reviews, Vol. 54, p. 445.
- Farina, L., F. Demey, J. Hardouin, 1991: Production de termites pour l'aviculture villageoise au Togo. Tropicicultura. 9, 181-187.
- Fronza, F.M., Mallonga, M.P., 1935: Protein supplements in poultry rations: V. Copra meal as a supplement in rations for growing chicks. Philippine Agriculturalist 24, -326.
- Haldar, P., 2012: Evaluation of nutritional value of short-horn grasshoppers (acridids) and their farm-based mass production as a possible alternative protein source for human and livestock. In: Expert Consultation Meeting on Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in assuring Food Security. 23 -26 January, Rome, FAO.
- Hall, R.D., Gerhardt, R.R., 2002: Flies (Diptera). In: Mullen, G.R., Durden, L.A., Medical and Veterinary Entomology. Elsevier Science (USA). p. 127-145.
- Hardouin, J., 1986 : Mini-Elevage et sources méconnues de protéines animales. Annales de Gembloux 92, 153-162.
- Hardouin, J., 2003 : Production d'insectes à des fins économiques ou alimentaires : Mini-élevage et BEDIM. Notes fauniques de Gembloux 50, 15-25.
- Hardouin, J., T. Dongmo, S.K. Ekoue, C. Loa, M. Malekani, M. Malukisa, 2000 : Guide technique d'élevage. N° 7 sur les asticots. B. E. D. I. M, FUSAGx, 5030 Gembloux. 13p.
- Hardouin, J., Mahoux, G., 2003 : Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM), 164 p.
- Hwangbo, J., E.C. Hong, A. Jang, H.K. Kang, J.S. Oh, B.W. Kim, B.S. Park, 2009: Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. J. Environ. Biol. 30, 609-614.
- June, L., L. Ulep, M.M. Buennafe, 1991: Performance of broilers fed with snail (*Pomacea caniculata*) meal as substitute to fish meal or meat and bone meal. Tropicicultura 9, 58-60.
- Kenis, M., N. Koné, C.A.M. Chrysostome, E. Devic, G.K.D. Koko, V.A. Clottey, S. Nacambo, G.A. Mensah, 2014: Insects used for animal feed in West Africa. Entomologia 2, 107-114.
- Khusro, M., N.R. Andrew, A. Nicholas, 2012: Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. World Poult. Sci. J. 68, 435-446.
- Koudjou, A.L., G.A. Mensah, J.C.G. Cakpovi, 2002 : Influence du taux d'incorporation de la farine d'asticots dans l'alimentation des canetons de barbarie. In Actes de l'Atelier scientifique 2, INRAB, Programme Régional sud-centre du Bénin, Recherche Agricole pour le Développement. In: pp. 372-381.
- Liu, C.M., Lian, Z.M., 2003 : Influence of *Acrida cinerea* replacing Peru fish meal on growth performance of broiler chickens. J. Econ. Anim. 7, 48-51.
- Loa, C., 2000 : Production et utilisation contrôlées d'asticots. Tropicicultura 18, 215-219.
- Madu, C.T., Ufodike, E.B.C., 2003: Growth and survival of catfish (*Clarias anguillaris*) juveniles fed live tilapia and maggot as unconventional diets. J. Aquatic Sci. 18, 51.
- Makkar, H.P., G. Tran, V. Heuzé, P. Ankers, 2014: State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology. 197, 1-33.
- Malik, A., S. Neena, A. Santosh, 2007: House fly (*Musca domestica*): a review of control strategies for a challenging pest. Journal of Environmental Science and Health Part B 42, 453-469.
- Mallat, 2000: Fibrose hépatique. Physiopathologie et perspectives thérapeutiques. Journées Henri mondiale d'hépatologie. Paris (Editeur) 134 p.
- Mensah, G.A., S.C.B. Pomalégni, A.L. Koudjou, J.C.G. Cakpovi, K.Y.K.B. Adjahoutnon, A. Agoundo, 2007 : Farine d'asticots de mouche, une source de protéines bien valorisée dans l'alimentation des canards de barbarie. Acte du 1^{er} Colloque de l'UAC des Sciences et Cultures. Sciences Naturelles et Agronomiques. Abomey-Calavi (Bénin). In.
- Mushambanyi, T.M.B., Balezi, N., 2002 :Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. Tropicicultura 20, 10-16.
- Nzamujo, O.P., 1999: Technique for maggot production. The Songhai experience. Unpublished.

- Ocio, E., Vinaras, R., 1979: House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. Anim. Feed Sci. Technol. 4, 227-231.
- Odesanya, B.O., S.O. Ajayi, B.K.O. Agbaogun, B. Okuneye, 2011: Comparative evaluation of nutritive value of maggots. Int J. Sci. Eng. Res. , -2.
- Ogunji, J.O., W. Kloas, M. Wirth, C. Schulz, B. Rennert, 2008: Housefly maggot meal (magmeal) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.). AsianFish. Sci. 21, 319-331.
- Pomalégni, S.C.B., F. Sankara, S. Pousga, K. Coulibaly, J.P. Nacoulma, D.S.J.C. Gbemavo, C.P. Kpadé, M. Kenis, C.A.A.M. Chrysostome, G.A. Mensah, 2017 : Document Technique et d'Information: Technique de récolte de termites pour l'alimentation de la volaille locale à Siniéna (Ouest du Burkina Faso). Dépôt Légal N°9547 du 04/08/2017. Bibliothèque Nationale du Bénin, 3^{ème} trimestre. ISBN 978-99919-801-6-4.
- Pretrius, Q., 2011: The Evaluation of Larvae of *Musca Domestica* (Common House Fly) as Protein Source for Broiler Production. Thesis (M.Sc. Agric, Animal Sciences). University of Stellenbosch. In.
- Ramos-Elorduy, J., E. Avila Gonzalez, A. Rocha Hernandez, J.M. Pino, 2002: Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. J. Econ. Entomol. 95, 214-220.
- Ravindran, V., Blair, R., 1992: Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific region. II. Plant protein sources. World's Poult. Sci. J. 48, 205-231.
- Ravindran, V., Blair, R., 1993: Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific region. III. Animal protein sources. World's Poult. Sci. J. 49, 219-235.
- Rogowski, J., 2009 : La larvothérapie dans le traitement des plaies (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Université Henri Poincaré-Nancy 1).
- Salmon, R.E., Szabo, T.I., 1981: Dried bee meal as a feedstuff for growing turkeys. Canadian Journal of Animal Science 61, 965-968.
- Schiavone, A., M. De Marco, L. Rotolo, M. Belforti, S. Martínez Miro, J. Madrid Sanchez, F. Hernandez Ruiperez, C. Bianchi, L. Sterpone, V. Malfatto, H. Katz, I. Zoccarato, F. Gai, L. Gasco, 2014: Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. In: Abstract Book.
- Van Huis, A., J. Van Isterbeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme, 2013: Edible insects future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. In.
- Verhoeckx, K.C.M., S. Van Brochhoven, H.C.H.P. Brockman, C.F. Den Hartog Jager, M. Gaspari, G. De jong, H. Wichens, E. Van Hoffen, G.F. Houben, A.C. Knulst, 2013: Are house dust mite or shellfish allergic patients at risk when consuming food containing mealworm protein? Toxicology letters 221, S119-S120.
- Verkerk, M.C., J. Tramper, J.C.M. Van Trijp, D.E. Martens, 2007: Insect cells for human food. Biotechnology Advances 25, 198-202.
- Vodounou, D.S.J.V., D.N.S. Kpoguè, C.E. Tossavi, A.M.S. Djissou, G.A. Mensah, E.D. Fiogbé, 2015 : Utilisation des vers de terreau (*Eisenia fetida*) en pisciculture et en élevage de *Parachanna obscura* : Synthèse bibliographique. Annales des sciences agronomiques volume spécial 19, 263-278.
- Zuidhof, M.J., C.L. Molnar, F.M. Morley, T.L. Wray, F.E. Robinson, B.A. Khan, L. Al-Ani, L.A. Goonewardene, 2003: Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults. Anim. Feed Sci. Technol. 105, 225-230.