

IDENTIFICATION ET COMPOSITION NUTRITIONNELLE DE QUELQUES ESPÈCES D'ORTHOPTÈRES CONSOMMÉES AU TOGO

BADANARO Fègbawè^{1*}, BILABINA Idès¹, AWAGA Kwami Lumo¹, SANBENA BASSAN Banibéa², AMEVOIN Komina², AMOUZOU Kou'santa¹

RÉSUMÉ

La présente étude a pour objectif de promouvoir la consommation des Orthoptères en faveur de la sécurité alimentaire au Togo. Spécifiquement, elle vise (1) à identifier les espèces d'Orthoptères consommées par différents groupes ethniques du Togo d'une part et (2) à déterminer la composition chimique de deux espèces (*Acanthacris ruficornis citrina* et *Kraussaria angulifera*) dont les données chimiques sont manquantes dans la littérature internationale scientifique d'autre part, afin d'évaluer leur qualité nutritionnelle. Des enquêtes ethnoentomologiques ont permis d'identifier 5 espèces d'Orthoptères consommées. L'analyse des constituants organiques et minéraux de *A. ruficornis* et de *K. angulifera* montre que leur teneur moyenne en protéines varie de $58,32 \pm 0,47$ à $64,69 \pm 0,08$ %. La teneur moyenne en matières grasses fluctue entre $9,00 \pm 0,22$ et $11,71 \pm 0,27$ %. Les matières grasses des deux espèces sont riches en acides gras insaturés notamment l'acide oléique, un acide gras mono-insaturé ($40,84 \pm 0,03$ à $47,06 \pm 0,02$ %). Les teneurs moyennes en acides gras polyinsaturés (acide linoléique ($4,49 \pm 0,05$ à $5,07 \pm 0,00$ %) et acide linoléique ($2,18 \pm 0,00$ à $6,35 \pm 0,01$ %) contenus dans ces matières grasses sont relativement faibles. Les espèces étudiées constituent des aliments fortement énergétiques avec des valeurs calorifiques allant de 1432,87 à 1602,41 KJ/100g. La composition en substances minérales (cendres) de *A. ruficornis* ($10,08 \pm 2,02$ %) et de *K. angulifera* ($7,53 \pm 0,33$ %) ne présente pas une très grande variabilité. La teneur en éléments minéraux de ces espèces varie selon la nature de l'élément. Les résultats de cette étude montrent que *A. ruficornis* et *K. angulifera* sont des espèces d'Orthoptères riches en minéraux, en protéines, en matières grasses de haute qualité nutritionnelle et en énergie.

Mots-clés: Orthoptères comestibles, *Acanthacris ruficornis citrina*, *Kraussaria angulifera*, nutriments, énergie, ethnies, Togo

ABSTRACT

This study aims at promoting the consumption of Orthoptera for food security in Togo. Specifically, it intends (1) to identify the species of Orthoptera consumed by different ethnic groups in Togo on one hand, and (2) to determine the chemical composition of the two species (*Acanthacris ruficornis citrina* and *Kraussaria angulifera*), which chemical data are missing in scientific publications on the other hand, in order to assess their nutritional quality. Ethnoentomological surveys have identified five species of edible Orthoptera. The analysis of organic and inorganic constituents of *A. ruficornis* and *K. angulifera* shows that their average protein content varies from 58.32 ± 0.08 to 64.69 ± 0.47 %. The average fat content fluctuates between 9.00 ± 0.22 and 11.71 ± 0.27 %. Fat of both species are rich in unsaturated fatty acids, especially oleic acid, a monounsaturated fatty acid (40.84 ± 0.03 to 47.06 ± 0.02 %). The mean levels of polyunsaturated fatty acids (linoleic acid (4.49 ± 0.05 to 5.07 ± 0.00 %) and linolenic acid (2.18 ± 0.00 to 6.35 ± 0.01 %) contained in these fats are relatively low. The species studied are highly energetic foods with calorific values ranging from 1432.87 to 1602.41 kJ/100g. The average composition of mineral substances (ash) of the two species is respectively 10.08 ± 2.02 and 7.53 ± 0.33 % did not present a very great variability. Mineral element content of these species depends on the nature of the element. The results of this study show that *A. ruficornis* and *K. angulifera* are species of Orthoptera rich in minerals, in proteins, in fat of high quality nutritional and in energy.

Key words: Edible Orthoptera, *Acanthacris ruficornis citrina*, *Kraussaria angulifera*, nutrients, energy, Togo.

¹Laboratoire de Biochimie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation, Faculté des Sciences, Université de Lomé, 01 B.P. 1515 Lomé, Lomé-Togo

²Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Faculté des Sciences,

Université de Lomé, 01 B.P. 1515 Lomé, Lomé-Togo

*Auteur correspondant: fbadanar@yahoo.fr. Tel:00228 90 82 21 01/00228 22 39 49 59

1. Introduction

La population mondiale qui est de sept milliards d'âmes aujourd'hui ne cesse de croître et atteindra neuf milliards en 2050 (UNFPA, 2011). Presque la totalité de cette augmentation de la population se produira dans les pays en développement qui sont les plus touchés par la malnutrition (Nations Unies, 2011). En effet, près d'un milliard d'êtres humains souffrent déjà de la malnutrition dans le monde (FAO, FIDA et PAM, 2012). Pour nourrir une population plus grande et dont le nombre de malnutris est en augmentation, la production alimentaire doit être augmentée (Boer *et al*, 2006). Or, la contribution de l'agriculture conventionnelle aux problèmes de l'environnement est très importante. En

effet, l'élevage traditionnel est l'une des principales causes des problèmes environnementaux les plus pesants à savoir le réchauffement de la planète, la dégradation des terres, la perte de biodiversité, la pollution de l'atmosphère et des eaux (FAO, 2009). Il urge donc de rechercher des alternatives durables et respectueuses de l'environnement à l'élevage traditionnel pour nourrir l'humanité actuelle et à venir. L'élevage des insectes peut répondre à cette problématique. Selon la FAO (2013), l'élevage des insectes présente des avantages environnementaux car il ne demande pas autant d'eau et de terre que l'élevage des animaux conventionnels. En outre, il émet moins de gaz à effet de serre que les élevages classiques dont nous sommes encore aujourd'hui tributaires. Dans de nombreux cas, les insectes peuvent être élevés à

partir de matières organiques en décomposition et même sur du fumier ou du compost (Offenberg, 2011). Par ailleurs, les insectes ont des taux de reproduction élevés, une grande résistance aux maladies, une grande capacité d'adaptation aux écosystèmes et un cycle de vie court (Araujo *et al.*, 2007). Les insectes se nourrissent aussi d'une gamme beaucoup plus vaste de plantes que les animaux de l'élevage conventionnel (Hanboonsong, 2010). Un autre avantage des insectes est leur taux de conversion alimentaire. Les insectes ont un taux de conversion élevé en nutriments car ce sont des animaux à sang froid. Leurs taux de protéines et de matière grasse sont plus élevés que ceux des plantes dont ils se nourrissent et aussi plus élevés que ceux des animaux de l'élevage conventionnel (Van Huis, 2013). Par exemple, l'efficacité de conversion alimentaire des criquets a été estimée à plus de cinq fois celle des animaux de boucherie (Nakagaki et DeFoliart, 1991). Par ailleurs, les insectes présentent des avantages nutritionnels. Ils contiennent d'importantes quantités de protéines et de matière grasse de haute qualité nutritionnelle ainsi que des teneurs élevées en sels minéraux et en vitamines (Malaisse, 1997; Ramos-Elorduy, 2010). Malgré ces avantages environnementaux et nutritionnels des insectes comestibles, plusieurs espèces consommées par les populations locales sont jusqu'alors insuffisamment connues notamment sur le plan de leur diversité et de leur valeur nutritionnelle. La liste non exhaustive du plus grand nombre d'espèces comestibles établie à travers le monde est de 2000 espèces (Jongema, 2014). La plupart des espèces sont ingérées à leur stade immature (Ramos-Elorduy, 1997). Cependant, dans le cas des Orthoptères comestibles précisément, tous les stades de développement sont consommés (Ramos-Elorduy *et al.*, 2012). Leur nombre enregistré à ce jour dans le monde est de 267 espèces (Ramos-Elorduy, 2005). Au Togo, peu d'investigation a été effectuée sur la consommation et la potentialité nutritive des espèces d'Orthoptères.

La présente étude a pour objectif de promouvoir la consommation des Orthoptères en faveur de la sécurité alimentaire au Togo. A cet effet, les espèces d'Orthoptères consommées par les différents groupes ethniques du Togo ont été identifiées puis la composition chimique de deux espèces (*Acanthacris ruficornis citrina* et *Kraussaria angulifera*) dont les données chimiques sont manquantes dans la littérature scientifique internationale a été déterminée en vue d'apprécier leur valeur nutritive.

2. Matériel et méthodes

2.1. Enquêtes ethnoentomologiques

Des enquêtes ethnoentomologiques sur la consommation des Orthoptères se sont déroulées sur toute l'étendue du territoire togolais entre le 8 septembre et le 16 décembre 2012 auprès des groupes ethniques majoritaires du pays. Les groupes d'individus (sans distinction de religion et de niveau d'instruction) ayant fait l'objet de ces enquêtes sont les hommes, les femmes et les enfants. Les informations recueillies auprès des sujets enquêtés concernent les espèces d'Orthoptères consommées dans le milieu visité, le nom vernaculaire de ces espèces, leurs périodes d'abondance dans l'année suivies de leur description sommaire. Les photographies des espèces soupçonnées comme consommées ont été également présentées aux enquêtés en vue de confirmer ou d'infirmer leur consommation au sein des

ethnies visitées. Les enquêtes ethnoentomologiques ont couvert 1520 personnes réparties dans 14 ethnies pour un total de 38 localités visitées. Ces informations préliminaires ont été indispensables pour orienter la suite des travaux sur le terrain relatifs à la capture des Orthoptères consommés et leur identification au laboratoire.

2.2. Echantillonnage et conditionnement des Orthoptères

Après dépouillement des résultats des enquêtes, les périodes d'abondance des Orthoptères signalés comme consommés ont été enregistrées. Les localités où ces Orthoptères ont été signalés comme consommés ont été visitées en fonction des périodes de pullulement de ces insectes à raison d'une sortie par mois. L'étude a duré un an (janvier-décembre 2013). Des guides identifiés comme connaissant bien les espèces d'insectes consommées dans le milieu enquêté ont aidé à la reconnaissance effective des espèces d'insectes consommées sur le terrain. La méthode active (chasse à vue avec des filets fauchoirs) a été utilisée pour la capture des criquets. Le grillon des champs, quant à lui, a été récolté en déterrants ses galeries à l'aide d'une houe. Pendant la période d'activité, ces galeries sont reconnaissables par une petite butte de terre déposée à l'extérieur par l'insecte au moment où il creuse sa galerie. Les échantillons récoltés ont été acheminés au laboratoire d'Entomologie Appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université de Lomé où ils ont été identifiés jusqu'au niveau spécifique à l'aide des clés de détermination.

Les analyses biochimiques ont concerné deux espèces de criquets (*A. ruficornis* et *K. angulifera*) couramment consommées et dont les données relatives à la qualité nutritionnelle manquent dans la littérature scientifique internationale. Les spécimens de ces espèces ont été capturés dans trois localités du Togo à savoir Lotogou (10°47'53,7"N; 0°1'31,6"E), Osacré (10°72'71,6"N; 0°71'48,8"E) et Kparataou (8°57'15,1"N; 1°11'83,8"E). Les échantillons de ces criquets capturés ont été tués au froid en les plaçant dans une glacière avec accumulateur de froid contenant de la glace (Finke *et al.*, 1989).

2.3. Analyses biochimiques

L'analyseur d'humidité électronique de marque SCALTEC (SM01 Instrument GmH) a été utilisé pour la détermination des teneurs en eau des deux espèces. Quinze grammes d'échantillon frais de *A. ruficornis* de chacune des trois localités ramenés au laboratoire ont été pesés et mélangés pour obtenir un échantillon moyen. Il en est de même pour *K. angulifera*. Les échantillons moyens ont été séchés à l'étuve à 40° C et broyées dans un Moulinex pour l'analyse des cendres (substances minérales), des matières grasses, des acides gras, des protéines totales et des fibres alimentaires.

Les cendres ont été déterminées par incinération des échantillons dans un four à 550° C pendant 5 heures (AOAC, 1995). Les protéines totales ont été estimées par le dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1995). La teneur en protéines totales a ensuite été calculée en multipliant l'azote total par le facteur de conversion 6,25. La matière grasse a été extraite par l'hexane grâce au Soxhlet. Les extraits lipidiques ont été évaporés sous vide à

35° C à l'aide d'un rotavapor de type Buchi R114 (AOAC, 1995). Les esters méthyliques des acides gras ont été obtenus par transestérification des lipides bruts en présence d'une solution méthanolique de trifluorure de bore (BF₃-Méthanol) (AOAC, 1995). Ces esters méthyliques sont analysés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un appareil CPG (HP 6890 séries GC System), équipé d'un détecteur à ionisation de flamme et d'une colonne capillaire HP-5 (Crosslinked 5 % ME Siloxane) (de longueur 30m; d'épaisseur du film 0,25µm; de diamètre interne égale à 0,32mm). La programmation de température du four est croissante et comprise entre -60 et +325° C à raison de 1° C/min. La température de l'injecteur est réglée à 275° C et celle du détecteur à 325° C. La pression de l'azote à l'entrée utilisée comme gaz vecteur varie de 6,90 à 47,6 kPa. Le débit est maintenu à 1cm³/min et le temps mort est de 1min 15s (hydrogène 40cm/sec). L'identification des pics représentatifs des esters méthyliques a été réalisée par comparaison des temps de rétention de chaque pic du chromatogramme avec ceux obtenus pour les étalons. Les pourcentages des acides gras saturés et des acides gras insaturés (mono-insaturés et polyinsaturés) de la matière grasse des criquets ont été obtenus par la somme des teneurs des acides gras concernés.

$$\text{Energie} = 17 \times \text{Protéines} + 37 \times \text{Lipides} + 17 \times \text{Cendres} + 8 \times \text{Fibres}$$

La teneur en fibres alimentaires a été déterminée en utilisant la méthode décrite par Weende (AFNOR, 1985). La teneur en glucides totaux a été calculée par différence avec les pourcentages des autres constituants totaux selon la formule suivante (Stadlmayr *et al.*, 2012):

$$\text{Glucides} = 100 - (\text{Eau} + \text{Protéines} + \text{Lipides} + \text{Cendres} + \text{Fibres})$$

Les valeurs en énergie métabolisable des criquets ont été calculées à partir des valeurs des protéines totales, de la matière grasse, des glucides totaux et des fibres alimentaires en appliquant les facteurs de conversion en énergie par la formule (Stadlmayr *et al.*, 2012): La teneur en phosphore a été déterminée en utilisant la méthode phosphovanado molybdate et l'absorbance a été lue par colorimétrie (Pauwels *et al.*, 1992). Les autres minéraux ont été analysés par la méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique (Pauwels *et al.*, 1992). Le rapport Sodium/Potassium ainsi que celui du Calcium/Phosphore ont été calculés en faisant le rapport entre les teneurs de ces sels.

2.4. Analyses statistiques

Les résultats bruts issus des enquêtes ethnoentomologiques ont permis de calculer les fréquences moyennes des espèces d'Orthoptères déclarées comme consommées dans différentes localités de chaque ethnie (Agbidye *et al.*, 2009) grâce au logiciel SPSS 17.0. Concernant les analyses chimiques, tous les essais ont été réalisés en triple. Les valeurs moyennes des composants ont été calculées sur la base des trois répétitions. Elles ont été affectées de leurs déviations standards (SD). L'analyse de variance (ANOVA-1) a été utilisée pour comparer les moyennes grâce au logiciel SPSS 17.0. Les différences observées entre deux moyennes sont considérées comme statistiquement significatives au seuil de 5 %. Le classement des moyennes a été effectué avec le test de Student-Newman et Keuks (SNK) au même seuil.

3. Résultats

3.1. Espèces d'Orthoptères consommées au Togo

Les espèces d'Orthoptères identifiées comme consommées au cours des enquêtes sont représentées par *A. ruficornis*, *Acrida bicolor*, *Brachytrupes membranaceus*, *K. angulifera* et *Zonocerus variegatus*. L'espèce consommée par toutes les ethnies enquêtées est le grillon des champs, *B. membranaceus* avec des fréquences moyennes de consommation variant de 34,00 ± 1 à 39,70 ± 0,57 (Tableau I). Onze ethnies soit 78,57 % consomment deux espèces, notamment *A. ruficornis* et *A. bicolor* tandis que l'espèce *K. angulifera* est consommée par huit ethnies (64,28 %). Quant à l'espèce *Z. variegatus*, elle n'est consommée que par 2 ethnies soit 14,28 %. La consommation des Orthoptères, en particulier *A. ruficornis*, *A. bicolor*, *B. membranaceus* et *K. angulifera* est donc très répandue au Togo. Les pourcentages des fréquences globales de consommation sont relativement plus élevées pour *B. membranaceus* (37,92 ± 2,58 %), *A. ruficornis* (20,71 ± 14,61 %) et *A. bicolor* (19,07 ± 14,53 %). Elles sont faibles pour *K. angulifera* (16,36 ± 16,61 %) et très faibles pour *Z. variegatus* (4,89 ± 10,27 %). Les Tem consomment toutes les espèces d'Orthoptères recensées au cours des enquêtes ethnoentomologiques.

Tableau I: Fréquences moyennes de consommation des espèces d'Orthoptères dans les différentes ethnies du Togo

Ethnies enquêtées	Fréquence moyenne de consommation des différentes espèces d'Orthoptères (%)				
	<i>A. ruficornis</i>	<i>A. bicolor</i>	<i>B. membranaceus</i>	<i>K. angulifera</i>	<i>Z. variegatus</i>
Adélé	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	39,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Adja	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	38,00 ± 2,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Akposso	15,33 ± 9,45 ^{ab}	8,70 ± 2,88 ^{ab}	39,33 ± 0,57 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	3,00 ± 2,00 ^a
Bassar	36,50 ± 2,12 ^b	32,50 ± 0,70 ^{bc}	39,50 ± 0,70 ^a	36,00 ± 1,41 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Ewé	13,50 ± 12,60 ^{ab}	14,50 ± 12,70 ^{ab}	34,50 ± 5,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	27,00 ± 13,95 ^b
Gourmantché	24,33 ± 12,50 ^b	24,30 ± 9,86 ^{bc}	24,30 ± 1,52 ^a	23,33 ± 9,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Ifé	19,67 ± 8,50 ^b	13,70 ± 6,50 ^{ab}	39,00 ± 1,41 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,66 ± 2,51 ^a
Kabyè	35,30 ± 1,52 ^b	35,67 ± 0,57 ^c	39,70 ± 0,57 ^a	34,66 ± 0,57 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Konkomba	23,50 ± 13,43 ^b	14,00 ± 16,97 ^{ab}	38,00 ± 1,41 ^a	23,00 ± 9,89 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Lamba	25,00 ± 2,82 ^b	27,00 ± 1,41 ^{bc}	39,50 ± 0,70 ^a	21,50 ± 2,12 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Moba	34,00 ± 1,73 ^b	32,00 ± 3,00 ^{bc}	37,00 ± 1,73 ^a	35,00 ± 1,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Nawda	36,00 ± 1,41 ^b	35,50 ± 0,70 ^c	38,50 ± 0,70 ^a	36,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Tem	35,00 ± 2,64 ^b	35,30 ± 3,78 ^c	39,00 ± 1,00 ^a	35,67 ± 1,52	20,33 ± 2,08 ^b
Onatchi	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	34,00 ± 1,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Total	20,71 ± 14,61	19,07 ± 14,53	37,92 ± 2,58	16,36 ± 16,61	4,89 ± 10,27

*Dans une colonne, les moyennes avec les mêmes indices ne sont pas significativement différentes (ANOVA-1 suivi de (SNK) au seuil de 5 %)

Néanmoins, remarquons que dans une même ethnie, et quelles que soient les espèces, les fréquences de personnes ne consommant pas les Orthoptères identifiés sont élevées et au moins égal à 60 %.

3.2. Composition des constituants minéraux et organiques de *A. ruficornis* et de *K. angulifera*

Le Tableau II présente la composition des constituants minéraux et organiques de *A. ruficornis* et de *K. angulifera*. Les résultats de ce tableau révèlent que les teneurs en eau de *A. ruficornis* et de *K. angulifera* sont respectivement de 11,65 ± 0,39 et 9,02 ± 0,33 %. La teneur en cendres de *A. ruficornis* est de 10,08 ± 2,02 % et celle de *K. angulifera* 7,53 ± 0,33 %.

La composition des constituants organiques varie selon l'espèce. La teneur en protéines de *K. angulifera* (64,69 ± 0,08 %) est nettement supérieure à celle de *A. ruficornis* estimée à 58,32 ± 0,47 %. Il en est de même pour les matières grasses. Les taux des matières grasses *K. angulifera* et de *A. ruficornis* sont respectivement de 11,71 ± 0,27 et 9,00 ± 0,22 %. Par contre la teneur en fibres alimentaires de *A. ruficornis* (8,63 ± 0,30%) est plus élevée que celle de *K. angulifera* (5,60 ± 0,40 %). La teneur en glucides de *A. ruficornis* (2,30 ± 1,79

(%) est relativement plus élevée que celle de *K. angulifera* ($1,43 \pm 1,04$ %). L'espèce *K. angulifera* renferme plus de calories ($1602,41 \pm 16,00$ KJ/100g) que l'espèce *A. ruficornis* ($1432,87 \pm 25,88$ KJ/100g).

Tableau II: Composition des constituants minéraux et organiques de *A. ruficornis* et de *K. angulifera*

Paramètres analysés	Teneur moyenne (% de matière fraîche)	
	<i>A. ruficornis</i>	<i>K. angulifera</i>
Eau	11,65 ± 0,39	9,02 ± 0,33
Cendres totales	10,08 ± 2,02	7,53 ± 0,33
Protéines brutes	58,32 ± 0,47	64,69 ± 0,08
Matières grasses	9,00 ± 0,22	11,71 ± 0,27
Fibres alimentaires	8,63 ± 0,30	5,60 ± 0,40
Glucides totales	2,30 ± 1,79	1,43 ± 1,04
Energies métabolisables	1432,87 ± 25,88KJ/100g	1602,41±16,00KJ/100g

Le Tableau III indique la teneur des acides gras des matières grasses des espèces étudiées. Les résultats de ce tableau montrent que la teneur en acides gras insaturés de *K. angulifera* ($58,48 \pm 0,03$ %) est plus élevée que celle de *A. ruficornis* ($47,51 \pm 0,08$ %). Les teneurs en acides gras mono-insaturés ($47,06 \pm 0,02$ %) et en acides gras polyinsaturés ($11,42 \pm 0,01$ %) des matières grasses de *K. angulifera* sont supérieures à celles des matières grasses de *A. ruficornis* évaluées respectivement à $40,84 \pm 0,03$ % et $6,67 \pm 0,05$ %.

Tableau III: Teneur en acides gras des matières grasses des deux espèces d'Orthoptères

Acides gras	Teneur moyenne (%)	
	<i>A. ruficornis</i>	<i>K. angulifera</i>
Acides gras saturés	50,82 ± 0,04	41,05 ± 0,00
Acides gras insaturés	47,51 ± 0,08	58,48 ± 0,03
Acides gras mono-insaturés	40,84 ± 0,03	47,06 ± 0,02
Acides gras polyinsaturés	6,67 ± 0,05	11,42 ± 0,01

La forte proportion des acides gras insaturés de ces matières grasses, confirmée par le profil des acides gras (Tableau IV) détermine la qualité nutritionnelle des matières grasses des deux espèces d'Orthoptères étudiées. Les matières grasses sont caractérisées par une forte teneur en acide oléique (C_{18} : $1\Delta^9$). La teneur en cet acide dans les matières grasses de *K. angulifera* ($47,06 \pm 0,02$ %) est plus élevée que celle des matières grasses de *A. ruficornis* ($40,84 \pm 0,03$ %). Les teneurs en acide linoléique (C_{18} : $2\Delta^{9,12}$) des matières grasses des deux espèces sont pratiquement identiques ($5,00 \pm 0,00$ %). La teneur en acide linoléique (C_{18} : $3\Delta^{9,12,15}$) est également plus élevée dans les matières grasses de *K. angulifera* ($6,35 \pm 0,01$ %) comparativement à celle enregistrée dans les matières grasses de *A. ruficornis* ($2,18 \pm 0,00$ %). Les acides gras saturés dont les proportions sont assez importantes sont représentés par l'acide palmitique et l'acide stéarique. Les teneurs respectives en ces acides gras sont de $39,95 \pm 0,02$ % et $10,21 \pm 0,03$ % pour l'espèce *A. ruficornis* et $30,35 \pm 0,01$ % et $9,16 \pm 0,01$ % pour *K. angulifera*.

Tableau IV: Composition en acides gras des matières grasses de *A. ruficornis* et de *K. angulifera*

Acides gras	Teneur moyenne (%)	
	<i>A. ruficornis</i>	<i>K. angulifera</i>
Acide laurique (C12: 0)	0,64 ± 0,01	0,58 ± 0,01
Acide myristique (C14: 0)	-	0,96 ± 0,00
Acide palmitique (C16: 0)	39,95 ± 0,02	30,35 ± 0,01
Acide stéarique (C18: 0)	10,21 ± 0,03	9,16 ± 0,01
Acide oléique (C_{18} : $1\Delta^9$)	40,84 ± 0,03	47,06 ± 0,02
Acide linoléique (C_{18} : $2\Delta^{9,12}$)	4,49 ± 0,05	5,07 ± 0,00
Acide linoléique (C_{18} : $3\Delta^{9,12,15}$)	2,18 ± 0,00	6,35 ± 0,01
Non déterminé	1,66 ± 0,13	0,46 ± 0,00

3.3. Composition des constituants minéraux des deux espèces d'Orthoptères

Le tableau V illustre la composition des constituants

minéraux de *A. ruficornis* et de *K. angulifera*. Les données de ce tableau montrent que les deux espèces étudiées contiennent les mêmes minéraux en quantité variable. Les minéraux les plus représentés sont le calcium, le magnésium, le phosphore, le potassium, le sodium, le fer, le manganèse, le cuivre et le zinc. Les teneurs en calcium, magnésium, phosphore, potassium et sodium varient de $43,95 \pm 1,36$ à $886,15 \pm 2,37$ mg/100g tandis que celles en fer, manganèse, cuivre et zinc fluctuent entre $0,13 \pm 0,10$ et $23,05 \pm 0,07$ mg/100g.

Tableau V: Teneur en éléments minéraux de *A. ruficornis* et de *K. angulifera*

Minéraux	Teneur moyenne (mg/100g)	
	<i>A. ruficornis</i>	<i>K. angulifera</i>
Calcium	256,93 ± 2,82	137,5 ± 0,28
Magnésium	126,37 ± 0,35	64,94 ± 0,73
Phosphore	225,43 ± 1,97	146,47 ± 0,83
Potassium	103,42 ± 0,79	886,15 ± 2,37
Sodium	43,95 ± 1,36	59,21 ± 0,40
Fer	10,65 ± 0,06	23,05 ± 0,07
Manganèse	2,94 ± 0,10	0,13 ± 0,10
Cuivre	3,55 ± 0,34	3,73 ± 0,12
Zinc	19,65 ± 0,16	13,09 ± 0,07
Sodium/Potassium	0,42	0,06
Calcium/Phosphore	1,31	0,93

Les teneurs en calcium ($256,93 \pm 2,82$ mg/100g), phosphore ($225,43 \pm 1,97$ mg/100g), manganèse ($2,94 \pm 0,10$ mg/100g) et zinc ($19,65 \pm 0,16$ mg/100g) obtenues dans l'espèce *A. ruficornis* sont plus élevées comparativement à celles enregistrées dans l'espèce *K. angulifera* estimées à $137,5 \pm 0,28$ mg/100g pour le calcium, $146,47 \pm 0,83$ mg/100g pour le phosphore, $0,13 \pm 0,10$ mg/100g pour le manganèse et $13,09 \pm 0,07$ mg/100g pour le zinc. En revanche, les teneurs en magnésium ($126,37 \pm 0,35$ mg/100g), potassium ($103,42 \pm 0,79$ mg/100g), sodium ($43,95 \pm 1,36$), fer ($10,65 \pm 0,06$ mg/100g) obtenues dans *A. ruficornis* sont inférieures à celles enregistrées dans *K. angulifera*. La teneur en cuivre ($3,55 \pm 0,34$ mg/100g) est pratiquement identique dans les deux espèces.

Le rapport Sodium/Potassium est de 0,4 et de 0,06 respectivement pour *A. ruficornis* et *K. angulifera* tandis que celui de Calcium/Phosphore est de 1,31 et de 0,93.

4. Discussion

La consommation des criquets a été signalée dans quatorze ethnies enquêtées au Togo. Ce qui suggère d'une part que la consommation de ce groupe d'insectes est très répandue et d'autre part que l'état des connaissances des populations locales enquêtées en termes d'exploitation d'insectes comestibles est élevé. Les résultats de cette étude révèlent que les espèces d'Orthoptères identifiées au cours des enquêtes sont représentées par *A. ruficornis*, *A. bicolor*, *B. membranaceus*, *K. angulifera* et *Z. variegatus*. L'espèce la plus consommée au Togo est *B. membranaceus*. Le même constat a été fait dans l'Etat de Benue au Nigeria (Agbidye et al. 2009) et au Zimbabwe (Chavanduka, 1976). La consommation des autres espèces notamment *A. ruficornis*, *A. bicolor* et *K. angulifera* est relativement élevée comparée à celle de *Z. variegatus*. Le nombre d'insectes consommés varie d'une ethnie à l'autre. La consommation d'insectes et la sélection des espèces est un phénomène culturel dépendant des habitudes alimentaires (Mignon, 2002). Au Togo, les Tem représentent l'ethnie la plus consommatrice des Orthoptères tandis que les Adélé, les Adja et les Ouatchi en consomment moins. Néanmoins, quelles que soient les espèces et les

ethnies, un dédain de la consommation d'Orthoptères est encore perceptible car les fréquences de consommation de ces insectes ne dépassent pas 40 %. Un éveil des consciences dans l'entomophagie s'avère indispensable si l'on veut promouvoir la consommation des insectes en faveur de la sécurité alimentaire. Un des outils qui devrait être la base du militantisme en faveur de la consommation des Orthoptères est la qualité de leurs constituants organiques et minéraux.

En effet, les résultats des analyses biochimiques effectuées sur les deux espèces montrent que les teneurs en eau de *A. ruficornis* ($11,65 \pm 0,39$ %) et de *K. angulifera* ($9,02 \pm 0,33$ %) sont très faibles comparativement à celles des viandes et poissons conventionnels couramment consommés en Afrique de l'ouest. Les teneurs moyennes en eau de ces viandes et poissons varient de 65 à 75 % (Stadlmayr *et al.*, 2012). Les teneurs en eau des deux espèces étudiées corroborent les résultats de certaines études réalisées sur d'autres espèces d'insectes (Adeyeye et Awokunmi 2010; Stadlmayr *et al.*, 2012; Badanaro *et al.*, 2014). En général, la teneur en eau des insectes est faible, ce qui est avantageux pour leur conservation (Desrosier, 2014).

La composition en substances minérales (cendres) des espèces étudiées ne présente pas une très grande variabilité. Les teneurs en cendres de *A. ruficornis* est de $10,08 \pm 2,02$ % et celle de *K. angulifera* $7,53 \pm 0,33$ %.

Les taux de protéines déterminés sur *K. angulifera* et *A. ruficornis* sont respectivement de $64,69 \pm 0,08$ % et $58,32 \pm 0,47$ %. La teneur en protéines de *K. angulifera* est supérieure à celle de *A. ruficornis*. En outre, les résultats révèlent que les taux de protéines des deux espèces sont plus élevés que ceux enregistrés dans certains aliments classiques togolais considérés comme sources de protéines. Les deux espèces d'Orthoptères étudiées se sont révélées être une meilleure source de protéines en comparaison des aliments protéinés végétaux (soja, haricot) et animaux (œuf, volaille, mouton, porc, bœuf, poisson) dont les teneurs en protéines varient de 12,6 à 32 % (Stadlmayr *et al.*, 2012). Il a été démontré que les protéines sont des nutriments indispensables pour le fonctionnement physiologique normal de l'organisme. En effet, les protéines jouent un rôle majeur dans le renouvellement des tissus musculaires, des ongles, des cheveux, des poils, de la matrice osseuse et de la peau. Elles sont également à la base de la production d'anticorps par l'organisme et donc participent à la défense contre les maladies (Fortin, 2005).

Le rendement d'extraction des matières grasses contenues dans les deux espèces est relativement faible. Les taux des matières grasses de *K. angulifera* et de *A. ruficornis* sont respectivement de $11,71 \pm 0,27$ et $9,00 \pm 0,22$ %. Les matières grasses de ces deux espèces sont riches en acides gras insaturés bien connus pour leur importance en nutrition et recommandés dans l'alimentation humaine. La teneur de ces acides gras insaturés dans les matières grasses de *K. angulifera* ($58,48 \pm 0,03$ %) est plus élevée que celle des matières grasses de *A. ruficornis* ($47,51 \pm 0,08$ %). Les matières grasses des deux espèces d'Orthoptères sont caractérisées par une forte teneur en acide oléique ($C_{18}: 1\Delta^9$), un acide gras mono-insaturé. Cependant, la teneur de cet acide gras dans les matières grasses de *A. ruficornis* ($40,84 \pm 0,03$ %) est inférieure à celle des matières grasses de *K. angulifera* estimée à $47,06 \pm 0,02$ %. Il a été démontré que l'acide

oléique est bénéfique pour la santé. Cet acide gras intervient dans la prévention de plusieurs pathologies notamment le diabète de type 2 (Ros, 2003) et le syndrome métabolique (Gillingham, 2011). Les matières grasses de *A. ruficornis* et de *K. angulifera* renferment également en faible quantité des acides polyinsaturés dits essentiels notamment l'acide linoléique ($C_{18}: 2\Delta^{9,12}$) et acide linoléique ($C_{18}: 2\Delta^{9,12,15}$). Ces acides gras essentiels dont la teneur varie de $2,18 \pm 0,00$ à $6,35 \pm 0,01$ % jouent également un rôle important sur le plan nutritionnel. L'acide linoléique intervient dans la protection du système cardiovasculaire (Bang *et al.*, 1971) et dans la prévention du cancer (Ha *et al.*, 1987) et de l'athérosclérose (Kritchevsky *et al.*, 2000). L'acide linoléique agit dans la régulation du cholestérol (Demaison et Moreau, 2002). Les acides gras saturés dont les proportions sont assez importantes sont représentés par l'acide palmitique et l'acide stéarique. Les teneurs respectives de ces acides gras sont de $39,95 \pm 0,02$ % et $10,21 \pm 0,03$ % pour l'espèce *A. ruficornis* et $30,35 \pm 0,01$ % et $9,16 \pm 0,01$ % pour *K. angulifera*.

Les résultats de cette étude montrent que la teneur en fibres alimentaires de *A. ruficornis* ($8,63 \pm 0,30$ %) est relativement plus élevée que celle de *K. angulifera* ($5,60 \pm 0,40$ %). Il en est de même pour les glucides. Les teneurs en glucides de *A. ruficornis* et de *K. angulifera* sont respectivement de $2,30 \pm 1,79$ % et de $1,43 \pm 1,04$ %. La présence des fibres brutes dans ces Orthoptères est probablement due à la chitine, une substance commune à tous les insectes et reconnue comme fibre alimentaire jouant un rôle essentiel dans la digestion (Majeti et Kumar, 2000, Motte-florac et Thomas, 2003). Les fibres alimentaires sont des constituants de nature polysaccharidique qui ne sont pas hydrolysés par les enzymes digestives. Cette résistance à la digestion, additionnée d'une aptitude au gonflement à l'eau (rétention de l'eau du contenu intestinal) ont des effets bénéfiques sur le transit intestinal.

Les deux espèces d'Orthoptères étudiées contiennent assez d'énergie. Cependant, la teneur en calories de *K. angulifera* ($1602,41 \pm 16,00$ KJ/100g) est supérieure à celle de *A. ruficornis* évaluée à $1432,87 \pm 25,88$ KJ/100g. Les deux espèces constituent une meilleure source d'énergie par rapport aux aliments conventionnels togolais tels que les légumes (épinards, aubergine), les fruits (orange, banane), les tubercules (manioc, igname), les céréales (le riz) et les viandes (poulet, poisson, porc, bœuf) (Stadlmayr *et al.*, 2012). Par contre, la teneur en calorie de certaines légumineuses notamment le haricot et le soja est plus élevée que celle contenue dans *A. ruficornis*. Toutefois, la valeur énergétique des céréales comme le maïs et le sorgho est supérieure à celles des deux espèces (Stadlmayr *et al.*, 2012).

En ce qui concerne les constituants minéraux, les résultats révèlent que les deux espèces d'Orthoptères contiennent en quantité variable les mêmes minéraux (calcium, magnésium, phosphore, potassium, sodium, fer, manganèse, cuivre, zinc). Les teneurs en calcium, magnésium, phosphore, potassium et sodium varient de $43,95 \pm 1,36$ à $886,15 \pm 2,37$ mg/100g tandis que celles en fer, manganèse, cuivre et zinc fluctuent entre $0,13 \pm 0,10$ et $23,05 \pm 0,07$ mg/100g. Les teneurs en calcium ($256,93 \pm 2,82$ mg/100g), phosphore ($225,43 \pm 1,97$ mg/100g), manganèse ($2,94 \pm 0,10$ mg/100g) et zinc ($19,65 \pm 0,16$ mg/100g) obtenues dans l'espèce *A. ruficornis* sont plus élevées comparativement à celles enregistrées dans l'espèce *K. angulifera* estimées à $137,5 \pm 0,28$ mg/100g pour

le calcium, $146,47 \pm 0,83$ mg/100g pour le phosphore, $0,13 \pm 0,10$ mg/100g pour le manganèse et $13,09 \pm 0,07$ mg/100g pour le zinc. En revanche, les teneurs en magnésium ($96,37 \pm 0,35$ mg/100g), potassium ($103,42 \pm 0,79$ mg/100g), sodium ($43,95 \pm 1,36$), fer ($10,65 \pm 0,06$ mg/100g), obtenues dans *A. ruficornis* sont inférieures à celles enregistrées dans *K. angulifera*. La teneur en cuivre est pratiquement identique dans les deux espèces.

Il convient de souligner que les deux espèces d'Orthoptères étudiées renferment des quantités importantes de minéraux qui interviennent dans diverses fonctions physiologiques (Favier et Maljournal, 1980; Hurley et Keen, 1987; Herberg, 1988).

L'équilibre entre le sodium et le potassium d'une part et entre le calcium et le phosphore d'autre part est fondamental. Lorsque le ratio Sodium/Potassium dans un aliment est inférieur à 1 comme c'est le cas pour *A. ruficornis* et *K. angulifera*, l'apport de ces éléments est bénéfique pour la santé. Quand le rapport Sodium/Potassium est favorable, cela entraîne la diminution de la pression artérielle et par conséquent la réduction des accidents cardiovasculaires (He et MacGregor, 2008). Cependant, l'ajout du sel (Chlorure de Sodium) lors de la cuisson de la plupart des insectes consommés au Togo peut probablement augmenter ce rapport (Badanaro *et al.*, 2014).

Le rapport Calcium/Phosphore doit être de préférence compris entre 1 et 1,3. Certes, les ratio pour les deux espèces ne sont pas compris dans cet intervalle mais sont très voisins de 1. Le ratio Calcium/Phosphore de *K. angulifera* est le plus défavorable car il est inférieur à 1. En effet, le calcium et le phosphore sont les principaux éléments participant à la formation de l'os. Un déséquilibre entre ces deux minéraux peut toutefois être néfaste car un approvisionnement équilibré en calcium et en phosphore est important pour assurer la formation osseuse et l'intégrité du squelette (Kemi, 2006). Cet équilibre est donc essentiel pour la prévention de l'ostéoporose (Heaney et Nordin, 2002).

5. Conclusion

Il se dégage de cette étude que cinq espèces d'Orthoptères sont consommées au Togo. Les analyses biochimiques effectuées sur *A. ruficornis* et *K. angulifera* montrent que ces deux espèces présentent un intérêt nutritionnel eu égard à leur composition chimique. Elles constituent une source importante de substances organiques (protéines, lipides) et minérales (calcium, magnésium, phosphore, potassium, sodium, fer, manganèse, cuivre, zinc). Les matières grasses de ces deux espèces sont caractérisées par leur richesse en acides gras insaturés. La quantité et la qualité des nutriments de ces Orthoptères comestibles peuvent contribuer à améliorer l'état nutritionnel des populations. Au vu de leurs avantages tant écologiques que nutritionnels, la promotion de cette ressource alimentaire traditionnelle mérite une attention particulière de la part des gouvernements nationaux et des programmes de coopération pour le développement. La quantité élevée de protéines, de matière grasse de haute qualité, de minéraux et la valeur énergétique élevée de ces criquets pourrait contribuer à lutter contre la malnutrition protéino-énergétique et la carence en micronutriments dans les pays en voie de développement.

Remerciements

Les auteurs remercient la Fondation Internationale pour la Science (IFS) dont le financement a permis la réalisation de ce travail. Ils n'oublient pas les populations des différentes localités visitées pour leur disponibilité et leur amabilité.

Références bibliographiques

- Adeyeye EA, Awokunmi EE, 2010, Chemical composition of female and male giant African crickets, *Brachytrupes membranaceus*, International Journal of Pharma and Biosciences, 1(5), 125-136.
- Agbidye FS, Ofuya TI, Akindele SO, 2009, Some Edible Insect Species Consumed by the People of Benue State, Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition, 8, 946-950.
- AOAC, 1995, Official methods of Analysis of AOAC International, 16th éd. AOAC International, Arlington, VA, 250p.
- Araujo Y and Beserra YP, 2007, Diversidad de invertebrados consumidos por las etnias Yanomami y Yekuana del alto Orinoco, Venezuela, Interciencia, 32 (5), 318-323.
- AFNOR, 1985, Aliments des animaux. Méthodes d'analyse françaises et communautaires: reveil de normes françaises 2^{ème} éd. Ed. AFNOR, Paris (France), 400p.
- Badanaro F, Amevoin K, Lamboni C, Amouzou K, 2014, Edible Cirina forda (Westwood, 1849) (Lepidoptera: Saturniidae) caterpillar among Moba people of the Savannah Region in North Togo: from collector to consumer, Asian Journal of Applied Science and Engineering, 3(8), 13-24.
- Bang H, Dyerberg J, Nieslsen A, 1971, Plasma lipid and lipoprotein pattern in greenlandic West-coast Eskimos. Lancet, 1143p.
- Boer J, Helms M, Aiking H, 2006, Protein consumption and sustainability: Diet diversity in EU-15. Ecological Economics, 59, 267-274.
- Chavanduka DM, 1976, Insects as a source of protein to the Afr. *Rhod. Sci. News* 9, 217-220.
- Demaison L, Moreau D, 2002, Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease-related mortality: a possible mechanism of action. Cell Mol Life Sci, 5, 463-477.
- Desrosier NW, 2014, The technology of food preservation. Available at: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/212684/food-preservation/50564/Aseptic-processing#toc50568> (Accessed: 07 august 2014).
- Favier A, Maljournal B, 1980, 'Données récentes sur la biochimie de certains oligo-éléments', in: Problèmes Actuels de Biochimie Appliquée, (ed.) Masson, Paris: 1-74.
- FAO, 2009, L'ombre portée de l'élevage: impacts environnementaux et options pour leur atténuation, 455p.
- FAO, FIDA, PAM, 2012, L'état de l'insécurité alimentaire

- dans le monde 2012, La croissance économique est nécessaire mais elle n'est pas suffisante pour accélérer la réduction de la faim et de la malnutrition. Rome, FAO, 27p.
- FAO, 2013, Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome, FAO. 201p
- Finke MD, DeFoliart GR, Benevenga NJ, 1989, Use of a Four-Parameter logistic model to evaluate the quality of proteins from three insect species when fed to rats. *J. Nutr.* 119; 864-871.
- Fortin J, 2005, L'encyclopédie visuelle des aliments. Editions du Chariot d'Or, 688p.
- Gillingham LG, Harris-Janz S, Jones PJ, 2011, Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors, *J. lipids*, 46 (3), 209-228.
- Ha YL, Grimm NK Pariza MW, 1987, Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8, 1881-1887.
- Hanboonsong YH, 2010, Edible insects and associated food habits. In: Thailand. In Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K (Eds.), *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia -Pacific resources and their potential for food development*, 173-182.
- He FJ, Macgregor GA, 2008, Beneficial effects of potassium on human health, *Physiol Plant*, 133 (4), 725-735.
- Heaney PR, Nordin BEC, 2002, Calcium Effects on Phosphorus Absorption: Implications for the Prevention and Co-Therapy of Osteoporosis. *Journal of the American College of Nutrition*, 21 (3), 239-244.
- Herberg S, 1988, La carence en fer et nutrition humaine. EMI, Lavoisier, 203p.
- Hurley LS, Keen CL, 1987, Trace elements in Human and Animal Nutrition (Mertz W. Ed.) 5th Ed. Academic Press San Diego C.A. 185-223pp.
- Jongema Y, 2012, List of edible insect species of the world. Wageningen, Laboratory of Entomology, Wageningen University. (available at www.ent.wur.nl/UK/Edible+insects/Worldwide+species+list/).
- Kemi VE, Kärkkäinen MUM, Lamberg-Allardt CJE, 2006, High phosphorus intake acutely and negatively affects calcium and bone metabolism in a dose-dependent manner in healthy young females. *Br.J.Nutr.* 96, 545-552.
- Kritchevsky D, Tepper SA, Wright S, Tso P, Czarnecki SK, 2000, Influence of conjugated linoleic acid (CLA) on establishment and progression of atherosclerosis in rabbits. *J. Am. Coll. Nutr.*, 19: 472-477.
- Majeti NV, Kumar R, 2000, A review of chitin and chitosan applications. *React Fun polymers* 46, 1-27.
- Malaisse F, 1997, Se Nourrir en Forêt Claire Africaine. Approche Ecologique et Nutritionnelle. Gembloux, Belgique: Presses agronomiques de Gembloux; Wageningen, CTA, Pays Bas, 384 pp.
- Mignon J, 2002, L'entomophagie: une question de culture?, *Tropicacultura*, 20, 151-155.
- Motte-florac E, Thomas CMJ, 2003, Les "insectes" dans la tradition orale/ "insects" in oral literature and traditions, Leuven- Paris- Dudley, Peeters (SELAF 407 – Ethnoscience11), 633p.
- Nakagaki BJ, DeFoliart GR, 1991, Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for live- stock. *J. Econ. Entomol.* 84, 891-896.
- Nations unies, 2011, World Population Prospects: The 2010 Revision. New York. Department of Economic and Social Affairs, Population Division
- Offenberg J, 2011, *Oecophylla smaragdina* food conversion efficiency: prospects for farming. *Journal of Applied Entomology*, 135 (8), 575-581.
- Pauwels JM, Van Ranst E, Verloo M, Mvondo ZEA, 1992, Manuel de Laboratoire de Pédologie. Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques. *Publications Agricoles - 28*. Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD), Bruxelles.
- Ramos-Elorduy JB, 1997, Insects: a sustainable source of food?, *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 247-327.
- Ramos-Elorduy JB, 2005, Insects: a hopeful food source. In M. G. Paoletti, ed. *Ecological Implications of mini livestock*. Science Pub., Enfield, NH, USA, 263-291p.
- Ramos-Elorduy JB, 2010, The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, 36 (5), 347-366.
- Ramos-Elorduy JB, Pino Moreno JM, Martínez Camacho V H, 2012, Could Grasshoppers Be a Nutritive Meal? *Food and Nutrition Sciences*, 3, 164-175
- Ros E, 2003, Dietary cis-monounsaturated fatty acids and metabolic control in type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr*, 78, 617-625.
- Stadlmayr B, Charrondiere UR, Enujiugha VN, Bayili RG, Fagbohoun EG, Samb B, BAddy P, Barikmo I, Ouattara F, Oshaug A, Akinyele I, Annor GA, Bomfeh K, Ene-Obong H, Smith IF, Thiam I, Burlingame B, 2012, West African Food Composition Table FAO, Rome, 171 p.
- UNFPA, 2011, Etat de la population mondiale en 2011. New York Division de l'information et des relations extérieures, 127p.
- Van Huis A, 2013, Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58 (1), 563-583.