



Caractérisation de la valeur nutritive des orthoptères consommés par l'homme en République du Congo

Characterization of the nutritive value of orthopterans consumed by man in Congo Republic

Germain MABOSSY-MOBOUNA^{1*} & François MALAISSE^{2,3}

Abstract : The aim of this study is to determinate the chemical characteristics of the nutritive value of orthopterans eaten by man in Congo Republic. We first recall there importance in the world and in Africa. Then, we have proceeded at a review of the accessible scientific literature in order to compile the results of the chemical analysis of the species of orthopterans kept. It emerges from this study that they constitute a good protein-lipid source possessing all the essential amino-acids in sufficient quantity and the two essential fatty acids, the linoleic acid and the α -linolenic acid, precursors of the polyunsaturated fatty acids with a long chain. The AGPI/AGS reports > 0.20 associate the consumption of these orthopterans at a slight risk of coronary cardiopathies and a low level of cholesterol. At last, these orthopterans are excellent sources of vitamins and oligo-elements. In this way, their consumption combined to a diverse diet might provide a more interesting dietary complement in order to fight against some nutritional deficiencies.

Key words : Orthopterans, Congo Republic, Nutritive value, Chemical characteristics, Dietary complement.

Résumé : L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques chimiques de la valeur nutritive des orthoptères consommés par l'homme en République du Congo. Nous rappelons, en premier lieu, leur importance dans le monde et en Afrique. Ensuite, nous avons procédé à une revue de la littérature scientifique accessible afin de compiler les résultats des analyses chimiques des espèces d'orthoptères retenues. Il ressort de cette étude qu'ils constituent une bonne source protéino-lipidique ayant tous les acides aminés essentiels en quantité suffisante et les deux acides gras essentiels, l'acide linoléique et l'acide α -linoléique, précurseurs des acides gras polyinsaturés à longue chaîne. Les rapports AGPI/AGS $> 0,20$ associent la consommation de ces orthoptères à un faible risque de cardiopathies coronariennes et un niveau bas de cholestérol. Enfin, ces orthoptères sont des excellentes sources de vitamines et d'oligo-éléments. Ainsi, leur consommation combinée à une alimentation diversifiée peut assurer un complément alimentaire plus intéressant pour lutter contre certaines carences nutritionnelles.

Mots-clés : Orthoptères, République du Congo, Valeur nutritive, Caractéristiques chimiques, Complément alimentaire.

INTRODUCTION

En réponse au coût grandissant des protéines animales et à l'insécurité de leur obtention et aussi suite à l'accroissement préoccupant de la population mondiale, la recherche de sources alimentaires alternatives connaît un intérêt croissant. Les insectes constituent une source alternative évidente. Sous les tropiques, les coléoptères, sont l'ordre le plus important concernant la diversité des insectes consommés par l'homme, avec 659 espèces inventoriées, soit 31,2 % de tous les insectes consommés (JONGEMA, 2017). Le même auteur signale toutefois qu'en Afrique, les orthoptères occupent la deuxième position avec 107 taxa (23,6 %), derrière les lépidoptères (145 taxa soit 32,0 %) (JONGEMA, 2015). Enfin, MALAISSE (2005) énumère 96 espèces et treize familles d'orthoptères consommés dans le monde. Les Acrididae, avec 59 espèces réparties en 9 sous-familles, prennent la première position ; elles sont suivies par les Catanopidae (10 espèces) et les Pygromorphidae (6 espèces). Une étape essentielle a consisté à rassembler les résultats des analyses chimiques détaillées qui ont été consacrées à des orthoptères consommés par l'homme et également dûment identifiés.

¹ Laboratoire de Nutrition et d'Alimentation Humaines, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Congo-Brazzaville, Email : bossyls@yahoo.fr

² Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique, Email : malaisse1234@gmail.com

³ Botanical Garden Meise, Nieuwelaan 38, B-1860, Meise, Belgique

D'autre part, il est intéressant de prendre connaissance de l'approche réalisée par NKOUKA (1987) et dont le Tableau 1, repris ci-dessous, synthétise l'information.

Tableau 1.- Consommation des orthoptères en République du Congo (NKOUKA, 1987)

N°	Enumération (selon Nkouka)	Noms scientifique	Famille	Sous-famille
1	<i>Acanthacris ruficornis</i>	<i>A. r.</i> (Fabricius, 1787)	Acrididae	Cyrcanthacrininae
2	<i>Afroxyrrhepes procera</i>	?	Acrididae	Tropidopolinae
3	<i>Cantatops spissus</i>	<i>Oxycantatops spissus</i> (Walker & F., 1870)	Acrididae	Cantantopinae
4	<i>Chirista compta</i>	<i>C. c. compta</i> (Walker, 1870)	Acrididae	Acridinae
5	<i>Gastrimargus africanus</i>	<i>G.a.</i> (de Saussure, 1888)	Acrididae	Oedipodinae
6	<i>Heterocris guineensis</i>	<i>Heterocris guineensis</i> (Krauss, 1890)	Acrididae	Eypreocnemidinae
7	<i>Locusta migratoria</i>	<i>L. m.</i> (Linnaeus, 1758)	Acrididae	Oedipodinae
8	<i>Oxycantatops congoensis</i>	<i>O. c.</i> (Sjöstedt, 1929)	Acrididae	Catantopinae

Enfin, l'information concernant la consommation des orthoptères dans le monde permet de dégager une diversité de données pertinentes qui sont reprises dans le chapitre ci-dessous.

MÉTHODOLOGIE

Pour notre synthèse, nous ne prendrons en compte que les articles fournissant des résultats d'analyses chimiques concernant des taxa identifiés au niveau des espèces. Les indices chimiques ont été établis sur la base des données FAO/UNU/OMS (2007). Ce calcul donne donc, selon NGUDI et al. (2003), une prédiction précise de la quantité de protéines nécessaires pour couvrir les besoins en acides aminés essentiels en période de croissance.

L'indice chimique d'un acide aminé est calculé en utilisant la formule suivante :

Indice chimique = (1 mg d'acide aminé dans 1 mg de la protéine analysée / 1 mg d'acide aminé dans 1 mg de la protéine de référence) x 100.

Les valeurs d'indice d'iode ont été calculées selon la formule AOCS (1998) :

Indice d'iode = $\Sigma 127 \times 2 \times n \times \% \text{AGI} : \text{MM}$, avec n = nombre de doubles liaisons de l'acide gras ; MM = masse moléculaire d'ester d'acide gras et % AGI = pourcentage de l'acide gras insaturé.

Cet indice permet de déterminer le degré d'insaturation globale des lipides d'un aliment. Il correspond à la quantité, en gramme d'iode, fixée pour 100 g de matière grasse.

Pour apprécier la qualité nutritionnelle de chaque espèce d'orthoptères, nous avons calculé les rapports suivants : Ca/P ; Ca/Mg ; Na/K ; AGPPI/AGS ; leucine/isoleucine et leucine/lysine.

VALEUR NUTRITIVE DES ORTHOPTÈRES CONSOMMÉS PAR L'HOMME

Composition globale

Le tableau 2, repris ci-dessous, apporte diverses informations relatives à la composition chimique globale de dix espèces, à savoir la locuste (*Acanthacris ruficornis*), le grillon domestique (*Acheta domesticus*), le criquet du tabac (*Bachytripes membranaceus*), la sauterelle brièvement cornue (*Cyrtacanthacris aeruginosus*), le criquet taupe africain (*Gryllotalpa africana*), le criquet migrateur (*Locusta migratoria*), un criquet (*Ornithacris turbida*), un conocéphale (*Ruspolia differens*), une sauterelle (*Trimerotropis pallidipennis*) et le criquet puant africain (*Zonocerus variegatus*). Les résultats sont exprimés en (g/100g de matière sèche), sauf en (g/100g de matière brute) pour *Trimerotropis pallidipennis*.

(a) Barker et al. (1998) ; (b) Finke (2002) ; (c) Finke (2007) ; (d) Kinyuru et al. (2010) ; (e) Ayieki et al. (2016) ; (f) Finke (2015) ; (g) Mudundire et al. (2016) ; (h) Banjo et al. (2006) ; (i) Elagba (2015) ; (j) Itoua (2018).

Tableau 2.- Composition chimique globale de dix espèces d'orthoptères.

Espèces	Protéines	Matières grasses	Eléments minéraux
<i>Acanthacris ruficornis</i> (Fabricius, 1787)	57,91 (j)	9,58 (j)	22,15 (j)
<i>Acheta domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	64,38 -70,75 (a, b, c) ; 47,1 ± 0,6 (e)	18,55-22,80 (a, b, c) ; 25,8 ± 0,4 (e)	3,57-5,10 (a, b, c) ; 3,8 ± 0 (e)
<i>Bachytrupes membraceus</i> (Drury, 1770)	53 ± 0,19 (g)	15,8 ± 0,23 (g)	6,0 ± 0,12 (g)
<i>Cyrtacanthacris aeruginosus</i> (Stoll, 1813)	12,10 (h)	3,50 (h)	2,10 (h)
<i>Grylotalpa africana</i> Palisot de Beauvois, 1805	22 ± 0,86 (g)	10,8 ± 1,24 (g)	12 ± 0,97 (g)
<i>Locusta migratoria</i> (Linnaeus, 1758)	50,2 ± 2 (i)	19,62 ± 0,8 (i)	2,24 ± 0,5 (i)
<i>Ornithacris turbida</i> (Walker, 1870)	42,7 ± 2,34 (g)	29,4 ± 1,20 (g)	4,5 ± 0,21 (g)
<i>Ruspolia differens</i> (Audinet-Serville, 1838)	44,30 (d)	46,20 (d)	2,60 (d)
<i>Trimerotropis pallidipennis</i> (Burmeister, 1838)	25,7 (f)	3,8 (f)	1,9 (f)
<i>Zonocerus variegatus</i> (Linnaeus, 1758)	26,8 (h)	3,80 (h)	0,20 (h)

Les résultats présentés dans ce tableau montrent que les orthoptères sont une bonne source protéo-lipidique avec des taux assez intéressants à importants en éléments minéraux sauf pour *Cyrtacanthacris aeruginosus*, *Trimerotropis pallidipennis* et *Zonocerus variegatus* qui ont un faible taux de matières grasses. La consommation de ces orthoptères, combinée à une alimentation diversifiée, peut assurer un complément alimentaire encore plus intéressant pour lutter contre certaines carences nutritionnelles.

Composition en éléments minéraux

Tableau 3.- Composition minérale de trois espèces d'orthoptères.

	<i>A. domesticus</i>	<i>A. domesticus</i>	<i>R. differens</i>	<i>T. pallidipennis</i>
	(a, b, c)	(e)	(d)	(f)
Éléments minéraux	mg/100g de MSèche	µg/g de MS	µg /g de MS	mg/kg de MBrute
Potassium	1126,62	9797,5 ± 82,0	259,70	3200
Sodium	435,06	8502,3 ± 131,1	121,00	521
Magnésium	80,00-109,42	-	33,10	361
Calcium	132,14-210,00	3147,7 ± 2,7	24,50	663
Phosphore	780,00-957,79	331,3 ± 7,2	-	2560
Fer	6,27-11,23	51,8 ± 2,1	229,70	6101
Cuivre	0,85-2,01	29,4 ± 0,6	2,50	28
Zinc	18,64-21,79	21,79	13,00	59
Manganèse	2,97-3,73	58,7 ± 1,8	12,40	5,2

Sélénium	0,60	-	0,50	0,22
Sodium/Potassium	0,39	0,87	0,46	0,16
Calcium/Phosphore	0,17-0,21	9,50	-	0,26
Calcium/Magnésium	1,65-1,92	-	0,74	1,84

Les orthoptères apportent des quantités importantes d'éléments minéraux, tels que le potassium qui joue un rôle essentiel dans la synthèse des acides aminés et de protéines (MALIK & SRIVASTAVA, 2015) ; le calcium et le magnésium interviennent dans le métabolisme des glucides et des acides nucléiques (MABOSSY-MOBOUNA, 2017) ; le sodium, le calcium et le phosphore qui permettent une bonne calcification osseuse du squelette du fœtus, favorisent la croissance des enfants et fortifient les os des adultes (SCHAPIRA, 1981). Le magnésium permet un bon déroulement de la grossesse puisqu'il a une action myorelaxante puissante sur le myomètre. Il est impliqué dans la régulation des gènes, la transmission des signaux électriques à travers les nerfs et les membranes cellulaires, la synthèse protéique et la contraction musculaire (NNR, 2012).

Ils apportent des quantités suffisantes en fer pour des enfants de 7 mois à 5 ans, des hommes adultes, voire pour les femmes. En effet, après 6 mois, les carences en fer sont fréquentes en Afrique. L'alimentation à base de céréales et surtout de mil, qui contiennent des substances qui réduisent l'absorption du fer contenu dans les légumineuses et dans les légumes. Pour couvrir les besoins en fer, il faut encourager la consommation des orthoptères contenant de grandes quantités de fer héminique facilement absorbé.

Les orthoptères apportent des quantités suffisantes de zinc, un antioxydant efficace, qui participe également au stockage et à la libération d'insuline, à la sécrétion d'enzymes digestives ou encore à la sécrétion acide par les cellules pariétales de l'estomac. Enfin, il a des rôles régulateurs au niveau de l'expression génique et de la signalisation intracellulaires (CCS, 2009 ; EFSA, 2014). Il est aussi recherché pour la croissance, la réplication cellulaire, la fertilité et la reproduction ainsi que les activités hormonales (INSEL et al., 2007 ; ADEPOJU & OMOTAYO, 2014).

La présence de sélénium est un avantage supplémentaire du fait que cet élément est caractérisé par des propriétés protectrices anti-oxydantes empêchant la peroxydation lipidique (INSEL et al., 2007 ; ADEPOU & OMOTAYO, 2014).

Le rapport sodium/potassium, inférieur à 1, est favorable au bon fonctionnement de l'organisme. En effet, les travaux de HE & MAC GREGOR (2008) ont montré que lorsque le rapport sodium/potassium est inférieur à 1, il diminue la pression sanguine, réduit la mortalité cardiovasculaire, protège la fonction rénale et empêche la lithiase urinaire et l'ostéoporose. Cette faible teneur en sodium pourrait être avantageuse pour les hypertendus. Toutefois, les aliments riches en potassium sont généralement absents du régime alimentaire des personnes souffrant d'une insuffisance rénale (MC CAY et al., 1975 ; SOUDY, 2011).

Le rapport Ca/P est très faible pour *Acheta domesticus* et *Trimerotropis pallidipennis*, ce qui ne permet pas une absorption importante du calcium dans l'organisme (COMELADE, 1995). Cependant, certaines analyses chimiques ont montré que ce rapport peut être supérieur à 1 chez *Acheta domesticus*. Cette différence pourrait être due aux stades de développement de l'espèce, de son alimentation ou de la méthode d'analyse utilisée. Le rapport Ca/Mg est voisin de 2, sauf pour *Ruspolia differens* pour lequel il est inférieur à 1, ce qui permet une fixation importante du calcium dans l'organisme (GAYET & CAZEL, 2002). Ainsi, les aliments accompagnant ces orthoptères dans les repas doivent apporter plus de calcium pour équilibrer les deux rapports.

La quantité considérable en éléments minéraux des orthoptères, contrebalancerait la carence en minéraux. Ce fait est important, car il est bien connu qu'une carence minérale est la cause d'une plus grande sensibilité aux maladies chez les nourrissons nourris à partir d'aliments produits localement, tels les tubercules.

Composition en acides gras

Tableau 4.- Profil en acides gras (g/100 g de la totalité des acides gras) des matières grasses, pour trois espèces.

Acides gras	<i>R. differens</i> (d)	<i>T. pallidipennis</i> (f)	<i>L. migratoria</i> (k)
Acide myristique (C14 :0)	-	1,23	1,90
Acide palmitique (C16 :0)	32,10	19,15	29,52

Acide palmitoléique (C16 :1)	-	1,18	1,13
Acide heptadecanoïque (17 :0)	-	0,49	0,55
Acide stéarique (C18 :0)	5,90	8,78	7,33
Acide oléique (C18 :1)	24,90	33,11	38
Acide linoléique (C18 :2n-6)	29,50	16,36	5,26
Acide γ -linoléique (C18 :3n-6)	-	0,63	0,11
Acide α -linoléique (C18 :3n-3)	4,20	17,59	11,69
Acide octadecatetraénoïque (C20 :4)	-	0,33	-
Acide arachidique (C20 :0)	-	0,66	0,46
Acide eicosénoïque (C20 :1)	-	0,19	0,1
Acide behénique (C20 :1)	-	0,30	0,1

Concernant la composition en acides gras (Tableau 4), les orthoptères de ces trois espèces ont des teneurs importantes en acides oléique et palmitique. Cependant, la teneur en acide linoléique est très élevée pour certaines espèces, tels *Ruspolia differens* et *Trimerotropis pallidipennis* et très faible pour la troisième espèce *Locusta migratoria*. De même la teneur en acide alpha-linolénique est élevée pour *Trimerotropis pallidipennis* et *Locusta migratoria* et faible pour *Ruspolia differens*. Donc, certaines espèces sont riches en acide linoléique et d'autres en acide alpha-linolénique, deux acides gras essentiels, précurseurs des acides gras polyinsaturés à longue chaîne.

Dans tous les cas, les teneurs en acide stéarique, acide gras saturé non athérogène, sont faibles. Les autres acides gras ont des teneurs très négligeables (<1%) ou négligeables (< 2%).

Tableau 5.- Degré de saturation des acides gras des matières et différents ratios, pour trois espèces.

Degré de saturation des acides gras (%)	<i>R. differens</i> (d)	<i>T. pallidipennis</i> (f)	<i>L. migratoria</i> (k)
Acides gras saturés	39,90	30,61	41
Acides gras mono-insaturés	26,30	34,48	41,2
Acides gras poly-insaturés	33,80	34,91	17,8
Acides gras insaturés	60 ,10	69,39	49
Oméga 6/Oméga 3	7,02	0,96	0,5
AGPI/AGS	0,85	1,13	0 ;4

A propos du degré de saturation (Tableau 5), certains orthoptères contiennent plus d'acides gras saturés suivis des acides gras polyinsaturés, cas de *Ruspolia differens* ; d'autres par contre ont plus d'acides gras mono-insaturés et polyinsaturés en proportions presque égales, cas de *Trimerotropis pallidipennis*. Enfin, il y a des espèces qui ont plus d'acides gras saturés et mono-insaturés et moins d'acides gras polyinsaturés, cas de *Locusta migratoria*.

Dans les trois cas, ces orthoptères contiennent plus d'acides gras insaturés que d'acides gras saturés.

Le rapport $\omega 6/\omega 3$ de la matière grasse de certaines espèces d'orthoptères est supérieur à 5, cas de *Ruspolia differens*, ce qui n'est pas favorable au bon fonctionnement de l'organisme. En effet, un excès de $\omega 6$ dans la ration alimentaire empêche donc l'organisme d'exploiter adéquatement ses sources en $\omega 3$. Ce déséquilibre induit, entre autre chose, un état physiologique propice aux maladies cardiovasculaires, à

l'ostéoporose, à l'obésité et au diabète ainsi qu'aux troubles allergiques et inflammatoires (FAO, 2014). Il induit également des altérations de la micro-vascularisation, une inflammation chronique, une agrégation plaquettaire et des dysfonctionnements endothéliaux (OTSUKA et al., 2002). En outre, un excès de $\omega 6$ favorisera la synthèse du DPA (C22 : 5 n-6) au détriment de l'EPA et du DHA. Il empêche donc l'utilisation optimale des $\omega 3$ par l'organisme, parce qu'ils se concurrencent et la balance est en faveur de la voie métabolique dont le précurseur est le plus disponible. Il est donc important de maintenir un équilibre entre les acides gras $\omega 3$ et les acides $\omega 6$ dans notre alimentation afin de veiller à la bonne croissance de l'organisme et au bien-être. Une alimentation équilibrée doit contenir 2 à 4 fois plus d'acides gras $\omega 6$ que d'acide gras $\omega 3$.

Pour d'autres espèces, ce rapport est inférieur à 1, cas de *Trimerotropis palidipennis* et de *Locusta migratoria*. Ces espèces apportent donc plus de $\omega 3$ que de $\omega 6$, ce qui est une bonne chose au point de vue nutritionnel pour l'amélioration du rapport $\omega 6/\omega 3$. Ainsi, ces espèces d'orthoptères doivent être consommées avec les aliments riches en $\omega 6$, tels que les chenilles d'*Imbrasia oyemensis* ou d'orthoptères *Ruspolia differens* afin d'optimiser ce rapport dans l'intervalle de 1 à 4. Elles sont donc des aliments équilibrants, car elles corrigent un rapport $\omega 6/\omega 3$ trop grand dans l'alimentation usuelle (BOURRE, 2004).

D'où la nécessité d'associer la consommation d'orthoptères aux autres aliments afin d'avoir un bon rapport $\omega 6/\omega 3$.

Ces espèces d'orthoptères ont le rapport AGPI/AGS > 0,20, ce qui est associé à un niveau de cholestérol bas et un faible risque des cardiopathies coronariennes (MABOSSY-MOBOUNA et al., 2020 ; KINYURU et al., 2013).

Tableau 6.- Indice d'iode de chaque espèce.

Les valeurs d'indice d'iode sont calculées selon la formule AOCS (1998) :

Indice d'iode : $\Sigma 127 \times 2 \times n \times \% \text{AGI} : \text{MM}$, avec n = nombre de doubles liaisons de l'acide gras ; MM = masse moléculaire d'ester d'acide gras et % AGI = pourcentage de l'acide gras insaturé ; EMAG = Masse des ions moléculaires.

Acides gras	EMAG	<i>R. differens</i> (d)	<i>T. pallidipennis</i> (f)
Acide myristique (C14 :0)	242	0	0
Acide palmitique (C16 :0)	270	0	0
Acide palmitoléique (C16 :1)	268	-	1,12
Acide heptadecanoïque (C17 :0)	284	0	0
Acide stéarique (18 :0)	298	0	0
Acide oléique (C18 :1)	296	21,37	28,41
Acide linoléique (18 :2)	294	50,97	28,27
Acide γ -linoléique (C18 :3n-6)	292	-	1,64
Acide α -linoléique (C18 :3n-3)	292	10,96	45,90
Acide octadecatetraénoïque (C20 :4)	318	-	1,05
Acide arachidique (C20 :0)	326	0	0
Acide eicosénoïque (C20 :1)	324	-	0,15
Acide behénique (22 :0)	354	0	0
Indice d'iode calculé		83,30	106,54

Les indices d'iode de ces orthoptères sont inférieurs à 110, ce qui indique que leurs graisses sont non siccatives et présentent les caractéristiques des graisses saturées. Ils traduisent cependant un taux élevé de la matière grasse des orthoptères en acides gras insaturés. En effet, plus l'indice d'iode d'un corps est élevé, plus sa teneur en acides gras insaturés est élevée (ALAIS & LINDEN, 1997). Par ailleurs, le caractère polyinsaturé de cette matière grasse et donc le risque de dégradation lipidique auto-oxydative pourrait s'avérer problématique par l'apparition de réversion de flaveur en cas de conservation prolongée.

Composition en acides aminés

Le **Tableau 7** présente le profil en acides aminés de deux espèces d'orthoptères.

[(l) = Nakagaki et al. (1987) ; * = valeurs converties en pourcentage par Mabossy-Mobouna]

Acides aminés	<i>A. domesticus</i> (l)	<i>T. pallidipennis</i> (f)*
Glycine	5,9	6,35

Alanine	9,5	10,90
Valine	6,0	6,56
Leucine	7,3	7,76
Isoleucine	4,2	4,50
Sérine	4,9	3,99
Thréonine	3,5	3,86
Arginine	6,0	8,32
Lysine	5,6	5,58
Acide glutamique	11,7	11,45
Acide aspartique	8,8	7,94
Cystéine	-	0,90
Méthionine	1,5	1,67
Méthionine + Cystéine	1,5	2,57
Phénylalanine	2,2	3,3
Tyrosine	4,1	6,1
Acides aminés aromatiques	6,3	9,4
Proline	6,2	6,78
Histidine	2,6	2,10
Tryptophane	0,6	0,81
Leucine/Lysine	1,30	1,39
Leucine/Isoleucine	1,74	1,72
Acides aminés essentiels/ Ac. am. totaux	33,5 %	36,13 %

Les protéines des orthoptères renferment tous les acides aminés essentiels à des quantités appréciables. La leucine est l'acide aminé majeur chez certaines espèces, cas de *Acheta domestica* suivi respectivement des acides aminés aromatiques (tyrosine + phénylalanine), de la valine, de la lysine, de l'isoleucine et de la thréonine. Chez d'autres espèces, cas de *Trimerotropis pallidipennis*, les acides aminés aromatiques sont majoritairement représentés, suivis respectivement de la leucine, de la valine, de la lysine, de l'isoleucine et de la thréonine. Dans les deux cas, l'histidine, les acides aminés soufrés (méthionine + cystéine) et le tryptophane sont les plus faiblement représentés.

Selon DA SILVA et al. (2006), la prise en compte des acides aminés essentiels en proportion équilibrée est primordiale car un excès de leucine dans les aliments interfère avec l'utilisation de l'isoleucine (HARPER et al., 1955). C'est ainsi que les travaux de DEOSTHALE et al. (1970) ont montré qu'un rapport leucine/lysine inférieur à 4,6 est considéré comme nutritionnellement correct. Ces espèces d'orthoptères ont ces deux rapport inférieur à 4,6, rapports très favorables et ne poseraient aucun problème de déséquilibre d'acides aminés essentiels.

Le rapport entre la somme des acides aminés essentiels par apport à la somme des acides aminés totaux de la protéine de ces espèces d'orthoptères est supérieur à 33 %, ce qui traduit un équilibre chimique entre ces différents acides aminés (BLANKERSHIP & ALFORD, 1983). Cependant, la référence FAO/OMS (1980) recommandait une teneur en acides aminés essentiels de 40 à 60 %.

Tableau 8.- Indice chimique de la protéine de chaque espèce sur base des valeurs FAO/ONU/OMS (2007).

L'indice chimique d'un acide aminé est calculé en utilisant la formule ci-après :
Indice chimique = (1 mg d'acide aminé de la protéine analysée / 1 mg d'acide aminé dans 1 mg de la protéine de référence) x 100.

	Protéine de référence		Indices chimiques (%)	
	FAO/ONU/OMS (2007)		<i>A. domesticus</i>	<i>T. pallidipennis</i>
Acides aminés essentiels	(g/100 g protéines)			
Thréonine	2,3		152,17	167,83
Méthionine + cystéine	2,2		68,18	116,82
Isoleucine	3		140	150
Leucine	5,9		123,73	131,52
Phénylalanine + tyrosine	3,8		165,79	247,37
Lysine	4,5		124,44	124
Histidine	1,5		173,33	140
Tryptophane	0,6		100	135
Valine	3,9		153,85	168,20

Comparées à la composition de la protéine de référence, les protéines de certaines espèces d'orthoptères n'ont aucun acide aminé limitant, car leur indice chimique est au-dessus de 100%, c'est le cas de *Trimerotropis pallidipennis*. Cependant, pour d'autres, il n'y a que les acides aminés soufrés qui constituent le seul facteur limitant, c'est le cas de *Acheta domesticus*. Par ailleurs, ces protéines renferment des acides aminés dont les indices chimiques sont largement supérieurs à 100 %. Ainsi, ces orthoptères peuvent être utilisés pour compléter les aliments pauvres en acides aminés essentiels ayant des indices chimiques bas, tels que le poulet, le poisson séché et les crustacés, pour avoir un indice chimique \geq à 100.

Composition en vitamines

La composition en vitamines de trois espèces d'orthoptères est présentée ci-dessous au Tableau 9.

Tableau 9: Composition en vitamines de trois espèces d'orthoptères.

Vitamines	Espèces d'orthoptères					
	<i>Trimerotropis pallidipennis</i> (f)		<i>Acheta domesticus</i> (a, b, c)		<i>Ruspolia differens</i> (d)	
	Unités	Quantités	Unités	Quantités	Unités	Quantités
Vitamine A (rétinol)	µg/kg	<30	µg/100g	24,33	µg/100g	2,80
Vitamine D3 (cholécalférol)	µg/kg	2,55	-	-	-	-
Vitamine E (α -tocophérol)	mg/kg	50,4	UI/kg	63,96-81	UI/kg	22,64
Vitamine C (acide ascorbique)	mg/kg	35,0	mg/100g	9,74	mg/100g	0,1
Vitamine B1 (thiamine)	mg/kg	0,9	mg/100g	0,13	mg/100g	nd
Vitamine B2 (riboflavine)	mg/kg	24,9	mg/100g	11,07	mg/100g	1,4
Vitamine B3 (niacine)	mg/kg	66,1	mg/100g	12,59	mg/100g	2,4
Vitamine B5 (acide pantothénique)	mg/kg	15,0	mg/100g	7,47	mg/100g	-
Vitamine B6 (pyridoxine)	mg/kg	2,3	-	-	-	-
Vitamine B8 (biotine)	mg/kg	0,17	µg/100g	55,19	-	-
Vitamine B9 (acide folique)	mg/kg	1,12	mg/100g	0,49	mg/100g	0,9
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	µg/kg	5,40	-	-	-	-

Les orthoptères constituent une source importante de vitamines indispensables au bon fonctionnement et à la bonne croissance de l'organisme humain. Toutes les vitamines sont presque présentes. 100 g de matières

sèches d'espèces d'orthoptères apportent des quantités journalières recommandées en riboflavine pour des enfants de 0 à 6 mois et pour les femmes enceintes et allaitantes.

Les antioxydants tels que l'acide ascorbique, la vitamine A et le tocophérol, associés à des fibres alimentaires, assurent la prévention des maladies liées à la nutrition telles que les cancers, le diabète, les maladies coronariennes et l'obésité (LARRAURI et al., 1996; MCDOUGALL et al., 1996; ADEPOJU & OMOTAYO, 2014). Les vitamines E et C jouent un rôle clé dans la diminution de l'incidence des maladies dégénératives (HALLIWELL, 1997; ADEPOJU & OMOTAYO, 2014). En outre, la présence simultanée des vitamines A et E en quantité substantielle dans les orthoptères, couplée avec la présence du sélénium montre que ceux-ci possèdent des bonnes propriétés anti-oxydantes (ADEPOJU & OMOTAYO, 2014).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Cent quatre-vingt-quinze espèces d'orthoptères comestibles ont été identifiées à travers le Monde (MALAISSE, 2005). Les orthoptères sont très consommés en Amérique du Sud et en Asie. Parmi ces espèces figurent environ 80 espèces de sauterelles fort appréciées (VAN HUYS et al., 2014).

Au Mexique, les sauterelles *Sphinarium purpurascens*, connues habituellement sous le nom de chapulines, constituent une forme populaire de denrée alimentaire présentée dans les rues (RAMOS-ELORDUY, 2009).

En Asie, de nombreux orthoptères sont très appréciés. C'est notamment le cas des grillons, par exemple de *Gryllus bimaculatus*, de *Toleogryllus occitalis* et de *Toleogryllus mitratus* (VAN HUYS et al., 2014). En Thaïlande, le grillon *Acheta domesticus* est préféré aux autres espèces. Par ailleurs, l'espèce *Brachytrupes portentonis* y est également très appréciée (VAN HUYS et al., 2014).

En République démocratique populaire Lao, les sauterelles du genre *Caelifera* sont les plus consommées, devant les fourmis tisserandes, deuxième insecte le plus vendu sur les marchés (BOULIDAM, 2010 ; VAN HUYS et al., 2014). En Thaïlande, le criquet est l'un des insectes comestibles les plus populaires (VANHUYS et al., 2014). Enfin, dans la plupart des pays asiatiques, les sauterelles de rizières (*Oxya velox*, *Oxya sinuosa* et *Acrifda lata*) sont récoltées pour être consommées (VAN HUYS et al., 2014). La récolte d'*Oxya yezoensis* est notamment associée à la culture du riz.

En Ouganda, les ventes d'un kilo de *Ruspolia nitidula* atteignent sur les marchés locaux une recette supérieure de 40% à celle d'un kilo de viande de bœuf (AGAEA et al., 2008 ; VAN HUYS et al., 2014). Tandis que dans l'Afrique de l'Est et l'Afrique du Sud, la sauterelle *Ruspolia differens* s'impose comme un aliment très apprécié. Enfin au Niger, les sauterelles sont fréquemment vendues dans les marchés ou comme snack sur le bord des rues.

En République du Congo, les espèces de sauterelles, de criquets et de grillons sont consommées à l'état adulte. Il s'agit principalement, pour les criquets de grande taille, de *Locusta migratoria*, *Acanthacris ruficornis*, *Heterocris guineensis* ; pour ceux de taille moyenne nous avons observés *Chirista compta*, *Gastrimargus africanus*, *Cantatops spissus*, *Oxycantatops congoensis* et *Afroxyrrhos procera*. Enfin, un criquet de petite taille, dénommé « ampé » en langue Téké, se rencontre principalement dans la Région des Plateaux. Les sauterelles du genre *Tettigonia*, appelées localement « mignégne » abondent pendant certaines périodes (mai-juin) dans la région de Brazzaville. Les grillons *Brachytrupes membranaceus*, sont également fortement consommés en début de saison des pluies (septembre-octobre) (MOUSSA, 2004).

Du point de vue de la valeur nutritive, les différentes espèces d'orthoptères contiennent des taux importants de protéines de haute valeur biologique, de lipides contenant les deux acides gras essentiels et de micronutriments faisant d'elles de bonnes sources de nutriments et davantage que la plupart des produits locaux usuels. Ainsi, leur consommation pourrait être recommandée pour pallier aux déficits en nutriments responsables des maladies par carences nutritionnelles.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEPOJU O.T. & OMOTAYO O.A. (2014). Nutrient Composition and Potential Contribution of Winged Termites (*Macrotermes bellicosus* Smeathmann) to Micronutrient Intake of Consumers in Nigeria. *British Journal of Applied Science & Technology*, **4**(7): 1149-1158.
- AGEA J.G., BIRYOMUMAISHOI D., BUYINZA M. & NABONGA G.N. (2008). Commercialization of *Ruspolia nitidula* (Nsenene grasshoppers) in Central Uganda. *African Journal of Food Agriculture and Development*, **8**(3): 319-332.
- ALAIS C. & LINDEN G. (1997). *Biochimie alimentaire*. Paris, Eds. Masson, 248 p.
- AYIEKO M.A., OGOLA H.J. & AYIEKO I.A. (2016). Introducing rearing crickets (gryllids) at household levels: adoption, processing and nutritional values. *Journal of Insects as Food and Feed*, **2**(3): 203-211.
- BANJO A.D., LAWAL O.A. & SONGONUGA E.A. (2006). The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, **5**(3): 298-301.

- BARKER D., FITZPATRICK M.P. & DIERENFELD E.S. (1998). Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, **17**: 123-134.
- BLANKERSHIP D.C. & ALFORD B.B. (1983). *Cottonseeds, the new staff of life. A monograph of cottonseeds protein research conducted by Scientists at Texas Woman's*. Demon (Texas, U.S.A.) Texas Woman's University press, **76**: 204 p.
- BOULIDAM S. (2010). Edible insects in Lao market economy. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.L. Leslie & K. Shono (Eds.), *Forest insects as food: humans bite back, proceedings of a workshop of Asia-Pacific resources and their potential for development*. Bangkok (Thaïlande), Bureau Régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique, 131-140.
- BOURRE J.-M. (2004). Acide-gras omega-3 alimentaires et neuropsychiatrie. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, **11**(4-5): 362-370.
- COMELADE E. (1995). *Technologie et hygiène alimentaire – 1er cahier: Les nutriments*, 7ième Éd., Paris, Éditeur L.T. Jacques Lanore, 144 p.
- CSS (2009). *Recommandations nutritionnelles pour la Belgique – Révisiion 2009*. Bruxelles, Avis Conseil Supérieur de la Santé, n°8300.
- DA SILVA F.L., MONTEZE G.V., GONCALVES DE BARROS E., MOREIRA M., DOS SANTOS D.L.A., GORETI DE ALMEIDA O.M., CHAMEL J.L. & TAVARES DE REZENDE S. (2006). Biochemical composition and indigestible oligosaccharides of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, **61**(2): 87-89.
- DEOSTHALE Y.G., MOHAN V.S. & RAO K.V. (1970). Varietal deficiencies in protein, lysine and leucine content of grain sorghum. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **18**: 644-646.
- EFSA (European Food Safety Authority), (2014). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. *EFSA Journal*, **12**(10): 3844, 76 p.
- ELAGBA H.A.M. (2015a). Determination of nutritive value of edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae). *Int. Journ. Adv. Pharm. Biol. Chem.*, **4**(1): 144-148.
- ELAGBA H.A.M. (2015b). Fatty acids contents of edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae). *Int. Journ. Adv. Pharm. Biol. Chem.*, **4**(3): 746-750.
- F.A.O. (2014). *Graisse et acides gras dans la nutrition humaine*. Rapport d'une consultation d'experts. Genève (Suisse), 178 p.
- FAO/UNU/OMS (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation* WHO Technical Report Series 935. WHO, Geneva (Switzerland), 284 p.
- FAO/WHO (1980). *Technical report series no. 724*. Geneva (Switzerland), 276 p.
- FINKE M.D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raise invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, **21**: 269-285.
- FINKE M.D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, **26**: 105-115.
- FINKE M.D. (2015). Complete nutrient content of three species of wild caught insects, pallid-winged grasshopper, rhinoceros beetles and white-lined sphinx moth. *Journal of Insects as Food and Feed*, **1**(4): 281-292.
- GAYET B. & CAZEL A.R. (2002). *Les clés de la nutrithérapie : Précis de nutrition orthomoléculaire*. Paris, Quintessence, 341 p.
- HALLIWELL B. (1997). Antioxidants and human disease: a general introduction. *Nutr. Rev.*, **55**: 44-52.
- HARPER A.E., BENTON D.A. & ELVEHJEM C.A. (1955). L-Leucine, an isoleucine antagonist in the rat. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **57**(1): 1-12.
- HE F.J. & MACGREGOR G.A. (2008). Beneficial effects of potassium on human health. *Physiol. Plant.*, **133**(4): 725-735.
- INSEL P., TURNER R.E. & ROSS D. (2007). *Nutrition (3rd ed.)*. Sudbury (Mass., U.S.A.), Jones and Barlett Publishers.
- ITOUA ONIANGUET ASSOBA C. (2018). *Valeur nutritionnelle d'un Arthropode "Acanthacris ruficornis" Fabricius (Acrididae) et sa place dans les habitudes alimentaires des Congolais*. Mémoire de Master en Nutrition Humaine, Université Marien Ngouabi, Congo Brazzaville, 31 p.
- JONGEMA, Y. (2015). World List of Edible Insects. Wageningen University.
- JONGEMA Y. (2017). List of edible insects of the world (April 1, 2017), compiled by Yde Jongema.
- KINYURU J.N., KENJI G.M., MUHOHO S.N. & AYIEKO M.A. (2010). Nutritional potential of longhorn (*Ruspolia differens*) consumed in Siaya District, Kenya. *Journal of Agriculture, Science and Technology*, **12**: 32-46.
- KINYURU J.N., KONYOLE S.O., ROOS N., ONYANGO C.A., OWINO V.O., OWUOR B.O., ESTAMBALE B.B., FRISS H., AAGAARD-HANSEN J. & KENJI G.M. (2013). Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *Journal of Food Composition and Analysis*, **30**: 120-124.

- LARRAURI J.A., GÖNI I., MARTIN-CARRÓN N., RUPÉREZ P. & SAURA-CALIXTO F. (1996). Measurement of health-promoting properties in fruit dietary fibres: Antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation index. *J. Sci. Food Agric.*, **71**: 515-519.
- MABOSSY-MOBOUNA G. (2017). *Caractérisation et valorisation alimentaire des chenilles d'Imbrasia truncata (Aurivillius, 1908) au Congo-Brazzaville*. Thèse de doctorat en Nutrition Humaine, Université Marien Ngouabi, Congo Brazzaville, 171 p.
- MABOSSY-MOBOUNA G., LATHAM P. & MALAISSE F. (2020). Chemical aspects of human consumption of termites in Africa. *Geo-Eco-Trop*, **44**(1): 131-145.
- MALAISSE F. (2005). Human consumption of Lepidoptera, Termites, Orthoptera and Ants in Africa. In Maurizio G. Paoletti (Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock. Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, 175-230.
- MALIK C.P. & SRIVASTAVA A.K. (2015). *Text book of Plant Physiology*. New Delhi, Kalyani Publishers.
- MC CAY C.M., CAY J.B. & SMTH O. (1975). The nutritive value of potatoes. In W.F. Talburt & O. Smith (Eds.), *Potato Processing*, Westport (Connacht, Irland) 3rd Ed., 235-273.
- MCDUGALL G.J., MORRISON I.A., STEWART D. & HILLMAN J.R. (1996). Plant cell walls as dietary fibre : Range, structure, processing and function. *J. Sci. Food Agric.*, **70**: 133-150.
- MUSUNDIRE R., ZVIDZAI C.J., CHIDEWE C., SAMENDE B.K. & CHEMURA A. (2016). Habitats and nutritional composition of selected edible insects in Zimbabwe. *Journal of Insects as Food and Feed*, **2**(3): 189-198.
- NAKAGAKI B.J., SUNDE M.L. & DEFOLIART G.R. (1987). Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler chicks. *Poultry Science*, **66**: 1367-1371.
- NGUDI D., KUO Y.H. & LAMBIEN F. (2008). Amino-acid profiles and protein quality of cooked cassava or 'saka-saka'. *J. Sci. Agri.*, **83**:529-534.
- NKOUKA E. (1987). Les insectes comestibles dans les sociétés d'Afrique centrale. *Muntu*, **6**: 171-178.
- NNR (Nordic Nutrition Recommendations), (2012). *Integrating nutrition and physical activity*. Copenhagen, Nordisk Ministerrad, 627 p.
- OTSUKA M., YAMAGUCHI K. & UEKI A. (2002). Similarities and differences between Alzheimer's disease and vascular dementia from the viewpoint of nutrition. *Ann. NY. Acad. Sci.*, **977**: 1550-1551.
- RAMOS-ELORDUY J. (2009). Anthro-entomophagy: culture, evolution and sustainability. (Special issue: trends on edible insects in Korea and abroad). *Entomological Research*, **39**(5): 271-288.
- SCHAPIRA G. (1981). *Eléments de Biochimie et de Physiologie*. Paris, Eds. Flammarion, Médecine-Sciences, 285 p.
- SOUDY I.D. (2011). *Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité du taro (Colocasia esculenta L. Scott) produit au Tchad*. France, Université Blaise Pascal Clermond Fernand II, 152 p.
- VAN HUIS A., VAN ITTERBEEK J., KLUNDER H., MERTENS E., HALLORAN A., MUIR G. & VANTOMME P. (2014). *Insectes comestibles: futures perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale*, Etude FAO Forêts **171**, Rome, Italie, 207 p,

ANNEXE 1.



Phymateus viridipes Stål, 1873

Pyrgomorphidae, Pyrgomorphinae



Brachytrupes membranaceus (Drury, 1773)

Geyllidae, Brachytrupinae



Ruspolia differens (Audinet-Serville, 1838)

Tettigonidae, Concocephalinae



Nomadacris septemfasciata (Serville, 1838)

Acrididae, Cyrtacanthacridinae

