

Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes

DAHOUDA M.², TOLÉBA S.S.², SENOU M.², YOUSAO A.K.I.³, HAMBUECKERS A.⁴, HORNICK J.-L.¹

¹ Département de Production animale, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

² Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences agronomiques, Département de Production animale, BP 526, Cotonou, République du Bénin

³ Université d'Abomey-Calavi, Ecole polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production animale, BP 2009, Cotonou, République du Bénin

⁴ Faculté de Science, Département des Sciences et de l'Environnement, Boulevard du Rectorat bâtiment B 22, 4000 Liège, Belgique.

Correspondance : M. DAHOUDA Email : dahouda2605@hotmail.com

RÉSUMÉ : Les travaux traitant de l'utilisation des ressources alimentaires non-conventionnelles et particulièrement des graines de *Mucuna Spp.* dans l'alimentation de la volaille sont revus. Cette synthèse s'intéresse d'abord au contexte de leur utilisation, à leurs valeurs nutritionnelles ainsi qu'aux contraintes liées à leur valorisation avant d'envisager les effets des diverses techniques de traitement sur la réduction des substances toxiques qu'elles peuvent contenir et sur leurs compositions chimiques. Les méthodes de traitement utilisées sont très variables. Leur standardisation permettrait de les rendre applicables en milieu paysan. Ces ressources pourraient ainsi constituer une alternative de choix face aux coûts des aliments conventionnels utilisés en production aviaire.

1. INTRODUCTION

Selon les estimations de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 2001), entre 1989-1998, la consommation de la viande de volaille a augmenté de 2,8 kg/personne/an à travers le monde. En 1998, la moyenne était de 10,1 kg/personne/an mais les plus faibles niveaux de consommation ont été enregistrés en Afrique (3,7 kg/personne) et en Asie (5,9 kg/personne) au cours de la même année. La consommation d'œufs de table, quant à elle, était de 227 œufs/personne/an dans les pays développés mais de près de la moitié (118 œufs) dans les pays pauvres, la moyenne mondiale étant de 142 œufs (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 2001). Les déficits en produits de volaille enregistrés dans les pays en développement, et particulièrement en Afrique au sud du Sahara, sont surtout liés aux faibles niveaux de productivité de la volaille africaine (Guèye, 1998).

Afin de pallier à ces déficits aussi responsables de carences en protéines animales, beaucoup de gouvernements africains et, particulièrement celui du Bénin, ont soutenu le développement de l'élevage des espèces à cycle court, comme la volaille, dans l'espoir de fournir aux populations de ces pays des produits animaux de haute valeur nutritive à faibles coûts. Afin d'atteindre ces objectifs, le Bénin a initié en 2005, au travers d'un programme de la FAO, un « Projet de développement de l'aviculture moderne en zones urbaines et de l'aviculture traditionnelle en zones rurales ». Malgré ces efforts soutenus en faveur du développement du secteur de l'élevage, la consommation en produits avicoles reste encore fortement tributaire des importations, notamment en provenance de l'Union européenne et du Brésil (Horman, 2004). Cette dépendance vis-à-vis de l'extérieur augmente chaque année en raison du taux démographique annuel estimé entre 3 et 4 % (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, 2003). En 1999, la production locale de viande et d'œufs

de volaille au Bénin ne couvrait que 28,2 et 73,4 % des besoins, respectivement (Horman, 2004). Entre 1999 et 2003, les importations des produits avicoles sont passées de 74 783 à 83 991 tonnes, le pays étant le premier pays importateur des poulets congelés parmi les pays de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA). L'essentiel de ces produits est toutefois réexporté vers le Nigeria, la République démocratique du Congo, l'Angola, l'Afrique du Sud, le Gabon et, le Ghana (Horman, 2004). En 2001, la FAO prévoyait déjà une augmentation de la demande en produits avicoles dans les pays en développement durant la période 2000-2015, ainsi qu'une croissance annuelle de 3,5 % de l'industrie de la volaille dans ces pays.

L'accroissement de la production avicole, qui entraîne une augmentation des quantités mondiales des céréales produites pour l'alimentation aviaire, n'est pas sans conséquence sur l'équilibre des ressources alimentaires mondiales et sur le développement économique des pays en développe-

ment. En effet, il existe une concurrence directe entre l'homme et l'animal pour la consommation des céréales. Il est prévu qu'avant 2020, les pays en développement augmenteront dans l'ensemble leurs importations céréalières à un niveau équivalent à la quantité annuelle de maïs produite aux USA, soit 200 millions de tonnes. Environ la moitié de cette quantité sera utilisée pour nourrir les animaux et cette dépendance aux importations céréalières rendra les pays en voie de développement très vulnérables (Delgado *et al.*, 1999). L'industrialisation avicole dans ces pays africains contribuera significativement à cette forte concurrence entre l'élevage et l'alimentation humaine.

Il ressort de cette situation que la production locale (animale et végétale) doit être encouragée pour réduire les importations à long terme. En aviculture, les alternatives qui permettent d'atteindre ces objectifs sont la promotion de l'aviculture traditionnelle et la valorisation des ressources alimentaire et génétique locales. Actuellement, parmi les obstacles qui freinent le développement de l'aviculture en Afrique, l'alimentation représente une contrainte majeure. La complémentation marginale apportée par les éleveurs ruraux à la volaille en divagation ne permet pas d'optimiser la productivité et la rentabilité des exploitations avicoles. L'utilisation des graines de légumineuses locales et d'autres ressources alimentaires non conventionnelles, dont la disponibilité ou le coût ne sont pas des facteurs limitants, pourrait être une solution.

Cette synthèse vise à établir l'inventaire de certaines ressources alimentaires non conventionnelles utilisables comme aliments de la volaille en zone tropicale. Elle présente leurs valeurs nutritionnelles ainsi que les contraintes qui en limitent leur utilisation. Elle expose aussi les principales méthodes de traitement préconisées afin de réduire les facteurs anti-nutritionnels ou toxiques généralement contenus dans ces aliments.

2. RESSOURCES ALIMENTAIRES NON-CONVENTIONNELLES EN AVICULTURE : DEFINITION ET CONTEXTE D'UTILISATION

Les ressources alimentaires non-conventionnelles, au sens de cette étude, sont des aliments d'origine végétale, animale

ou minérale, très peu ou pas exploités pour l'alimentation animale, qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation humaine et qui sont peu connus de la plupart des éleveurs. Il s'agit d'aliments de substitution ou de remplacement des aliments conventionnels. Il s'agit notamment de graines (*Mucuna spp.*, *Lablab purpureus*, *Canavalia ensiformis*, sésame), de feuilles (*Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Azolla pinnata*), ainsi que de tubercules et de produits animaux divers, voire de petites pierres. Dans les pays en développement, l'intérêt suscité par ces ressources ces dix dernières années s'est particulièrement accru avec la crise céréalière et l'augmentation du prix du soja sur le marché mondial. Dans ces pays, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja et d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses, *a fortiori* pour la volaille locale qui les valorise mal. Les nutritionnistes ont donc tenté d'utiliser des protéines animale et végétale disponibles localement, afin de les substituer totalement ou partiellement aux protéines conventionnelles (D'Mello, 1992 ; Verma *et al.*, 1998 ; Basak *et al.*, 2002 ; Bangbose *et al.*, 2003 ; Fru Nji *et al.*, 2003 ; Amaefule et Osuagwu, 2005).

3. LES GRAINES DE LEGUMINEUSES ET AUTRES GRAINES

La contribution des graines de légumineuse dans l'alimentation humaine et animale dans les pays sous-développés n'est plus à démontrer. Les légumineuses vivrières sont considérées comme la source majeure des protéines alimentaires parmi les plantes (Baudouin et Maquet, 1999). Une attention considérable est accordée à l'utilisation des graines de légumineuses et autres sources de protéines non-conventionnelles pour nourrir la volaille tropicale. Cet intérêt pour ces aliments va probablement s'accroître ces dernières années en raison de la crise alimentaire qui touche particulièrement les pays pauvres.

3.1. *Mucuna spp.*

Une bonne partie des nombreux travaux consacrés aux légumineuses alternatives comme source de protéine pour les monogastriques, a été consacrée aux graines de *Mucuna spp.* (Iyayi *et al.*, 2005 ; Siddhuraju et Becker 2005 ; Pugalenti et Vadivel, 2006 ; Tuleun *et al.*, 2008). L'engouement pour cette

légumineuse est lié à ses potentialités agronomiques, médicinales et nutritionnelles.

3.1.1. Caractéristiques botaniques et agronomiques du mucuna

Le mucuna (noms latins : *Mucuna pruriens* Baker, syn. : *Mucuna prurita* Hook ; *Carpopogon atropurpureum* Roxb, *Dolichos pruriens* *Mucuna atropurpurea* sensu auct, *Mucuna axillaris* Baker, *Mucuna bernieriana* Baill., *Mucuna esquirolii* H. Lev. etc. noms vernaculaires : nescafé, pois mascate, picapica, cow-hitch plant, cowhage, velvet bean, devil bean, ojo de venado, bengal bean, Achariya, Achariya-pala, Aga, Agy, Bhainswalibel, Buchariwa etc.) appartient à la famille des *Fabaceae*. Sa distribution est pantropicale (Eilitta *et al.*, 2003). Il s'agit d'une plante herbacée volubile rampante, annuelle, à feuilles trifoliées et à fleurs de couleur pourpre ou blanche. Ses gousses sont longues, généralement pubescentes. Le genre mucuna compte approximativement 100 espèces (Buckles, 1995). Actuellement, on considère généralement qu'il existe deux variétés à savoir *M. pruriens* var. *utilis* et *M. pruriens* var. *pruriens* (Vissoh *et al.*, 2008). Les différences morphologiques sont associées à la présence de poils pubescents sur les gousses, à la couleur des téguments et à la durée de cycle de production (Eilitta *et al.*, 2003 ; Pugalenti *et al.*, 2005). Au Bénin, deux variétés (*M. pruriens* var. *utilis* et *M. pruriens* var. *cochinchinensis*) ont été testées en milieu paysan et diffusées en Afrique de l'Ouest. Elles se différencient par la couleur de leur tégument, utilis étant noir et cochinchinensis blanche (Vissoh *et al.*, 2008). Le mucuna est bien adapté aux zones tropicales humides et subhumides de l'Afrique de l'Ouest avec une pluviométrie comprise entre 1000 et 2500 mm et en dessous de 1600 m d'altitude (Vissoh *et al.*, 2008). Il tolère des températures de 19 à 27°C et, pousse sur les sols pauvres dont le pH est compris entre 5 et 7 (Kiff *et al.*, 1996 ; Weber *et al.*, 1997). Le mucuna est relativement tolérant à la sécheresse (Vissoh *et al.*, 2008) et produit souvent une quantité importante de graines dont le rendement varie entre 2,9 à 6,9 tonnes/ha (Pugalenti et Vadivel, 2007). La production totale en biomasse de mucuna est estimée entre 7 et 9 tonnes de matière sèche à l'hectare (Gurumoorthi *et al.*, 2003). Elle est ainsi considérée comme une des légumineuses les plus productives du monde (Pugalenti et Vadivel, 2007).

Le mucuna, utilisé comme plante de couverture ou de jachère protège le sol contre l'érosion, améliore sa structure, ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, et l'enrichit en azote (Dovonou, 1994 ; Vissoh *et al.*, 2008). Il étouffe également le développement des adventices, notamment le chiendent (*Imperata cylindrica*) qui envahit les sols appauvris et acidifiés par des cultures successives. Des études réalisées au Bénin dans le Département de Mono ont montré que la jachère annuelle à base de mucuna réduisait la densité d'*I. cylindrica* de 270 à 32 repousses par m² (Dovonou, 1994). En raison de ce succès, le système de la jachère annuelle à base de mucuna a été adopté par les producteurs béninois pour la gestion de la fertilité des sols (Houndékon *et al.*, sans date). Ce système cultural a permis en milieu paysan une augmentation sensible des rendements du maïs sur les sols appauvris. La production de maïs grain a été en effet augmentée de 500 kg/ha pour la variété locale et de 800 kg/ha pour la variété améliorée. Dans la région centrale de Ghana, où la pluviométrie est bi-modale, une production moyenne de maïs de 3 à 4 tonnes/ha a été atteinte sur une jachère annuelle à base de mucuna sans application de la fertilisation azotée, soit une production similaire à celle normalement obtenue avec un taux recommandé de fertilisant de 130 kg N/ha (Versteeg et Koudokpon, 1990 ; 1993). Ces résultats montrent l'intérêt économique de mucuna pour les agriculteurs à faibles revenus et pour l'environnement dans un contexte d'une agriculture durable et biologique. L'adoption de cette plante pour la restauration de la fertilité des sols revêt une importance toute particulière dans les régions à forte pression démographique telles que le plateau du Mono au Bénin où l'accès au sol par les agriculteurs devient de plus en plus difficile. La région de Mono est en effet une des zones en Afrique au sud de Sahara où la densité humaine est la plus élevée avec 220 habitant/km² (Manyong *et al.*, 1999).

3.1.2. Utilisations médicinales du mucuna

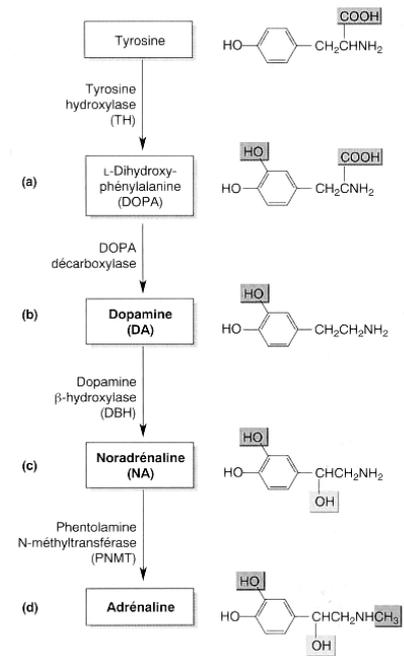
C'est l'utilisation médicinale de mucuna qui est le plus souvent rapportée dans la littérature pour de nombreuses régions du monde. Toutes les parties de cette plante renferment des composés à activités pharmacologiques (Warrier *et al.*, 1996). Plusieurs applications thérapeutiques de mucuna

ont été décrites, mais la plus répandue est son utilisation contre la maladie de Parkinson (Manyam, 1995 ; Pugalenthi *et al.*, 2005). La graine était déjà utilisée à cet effet dans l'ancien système médical indien (Ayurveda) (Manyam, 1995 ; Pugalenthi *et al.*, 2005). Plus tard, cette pratique a été transposée dans la médecine moderne en raison de la présence en quantité appréciable de la L-dopa. La L-dopa a été décrite pour la première fois par Guggenheim en 1913 dans les graines de *Vicia faba* puis dans les graines de *Mucuna pruriens*. Enfin, on découvrit que la L-dopa permettait un soulagement symptomatique de la maladie de Parkinson par augmentation de la dopamine au niveau du système nerveux central (Eilittä *et al.*, 2003). Pour rappel, la L-dopa, ou 3,4-dihydroxyphenylalanine, est un acide aminé non protéique, substance intermédiaire dans la synthèse des catécholamines, qui possède deux isomères optiques, les L-dopa et D-dopa. Seule, la forme stéréo-isomérique lévogyre est métabolisable par l'organisme. La L-dopa est soit synthétisée au niveau de l'organisme (L-dopa endogène) ou peut être d'origine exogène (comme c'est, par exemple, le cas de la L-dopa contenue dans les graines de mucuna) (Murray *et al.*, 2002). La tyrosine est le précurseur direct des catécholamines et la tyrosine hydroxylase est l'enzyme limitante de la voie de biosynthèse des catécholamines ; elle agit comme une oxydoréductase pour transformer la L-tyrosine en L-dopa (figure 1). Sa décarboxylation par la dopa-décarboxylase produit la dopamine. La chaîne latérale de la dopamine subit une hydroxylation (β -hydroxylase) pour donner la noradrénaline qui, à son tour, produit l'adrénaline par N-méthylation.

Des propriétés aphrodisiaques sont reconnues au mucuna et, il est également utilisé pour la stimulation des contractions utérines et pour améliorer l'ovulation chez la femme (Sridhar et Bhat, 2007). Shukla et collaborateurs (2007) ont montré que l'administration orale de 5 g par jour de la poudre de *Mucuna pruriens* chez les sujets souffrant d'oligospermie a amélioré leur stress psychologique, le nombre des spermatozoïdes ainsi que leur mobilité.

On attribue aussi des propriétés anthelminthiques et helminthiques au mucuna (Jansen, 2005 ; Pugalenthi *et al.*, 2005 ; Sridhar et Bhat, 2007). Ekanem et collaborateurs (2004) ont ainsi testé l'efficacité des extraits bruts de *Mucuna pruriens* sur *Ichthyophthirius multifiliis*,

Figure 1: Métabolisme de la L-dopa



un protozoaire des poissons et ils ont ainsi observé une réduction drastique de 90 % du nombre de parasites.

Bien que des médicaments à base de L-dopa synthétique soient produits aujourd'hui, le mucuna comme source de L-dopa continue de susciter l'attention de ceux qui s'intéressent aux médecines naturelles et alternatives (Hussain et Manyam, 1997 ; Manyam, 1995). D'autres études pourraient être envisagées sur les utilisations médicinales de mucuna, par exemple, contre les parasites intestinaux des animaux domestiques dans un contexte de production biologique et de réduction de la pauvreté.

3.1.3. Valeurs nutritionnelles du mucuna

Les valeurs nutritionnelles déterminées pour les graines de mucuna sont comparables à celles des légumineuses conventionnelles. Elles contiennent des proportions comparables en protéines, acides aminés, lipides, énergie, minéraux et autres nutriments (Pugalenthi *et al.*, 2005). Les compositions chimiques rapportées dans la littérature varient toutefois en fonction des auteurs et des variétés de mucuna analysées (tableau I). Les valeurs protéiniques sont généralement comprises entre 22 et 35 %. Ces valeurs sont plus élevées que celles trouvées dans les légumineuses classiques telles que *Pisum sativum* (22 %), *Phaseolus vulgaris* (21 %), *Cicer arie-*

Tableau I : Composition chimique de quelques variétés de graines de *Mucuna spp.*

Variétés	PB (%)	EE (%)	Cendre (%)	CB (%)	ENA (%)	EM Kcal/Kg	Sources
<i>M. pruriens</i>	27,5	11,1	5,3	7,1	ND	4617	Agbede et Aletor (2005)
<i>M. pruriens</i>	31,7	5,2	3,6	7,4	52,0	ND	Adelewa <i>et al.</i> , (2007)
<i>M. cochinchinensis</i>	30,1	4,5	4,5	9,0	51,9	4600	Ukachukwu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. utilis</i>	32,4	6,5	4,9	6,1	49,1	3490	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
<i>M. utilis</i>	27,3	6,1	5,6	9,7	51,3	3687	Vadivel et Pugalenth (2007)
<i>M. rajada</i>	29,2	6,1	3,5	3,9	61,2	4033	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. preta</i>	27,9	4,7	3,6	4,2	63,7	3981	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. jaspeada</i>	27,6	4,7	3,2	4,4	64,5	3995	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. deeringiana</i>	27,7	4,8	3,2	4,1	64,2	4000	Ezeagu <i>et al.</i> , (2003)
<i>M. poggei</i>	27,9	8,6	3,9	3,6	45,8	4130	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)

tinum (19 %) et *Lens culinaris* (21 %) (Costa *et al.*, 2006). Cependant, malgré un taux intéressant en protéines, sa valeur biologique est réduite par la présence de la L-dopa. Les travaux de Takasaki et Kawakishi (1997) ont montré que les produits d'oxydation de la L-dopa se conjuguent avec les résidus sulfhydryles des protéines pour former le complexe 5-S-cysteinyl-dopa conduisant à la polymérisation des protéines. Selon cet auteur, ce complexe pourrait constituer un des facteurs limitant la digestibilité des protéines et de l'amidon de mucuna. Le profil des acides aminés de mucuna est comparable à celui des légumineuses communes (tableau II) malgré la déficience en acides aminés soufrés (Ravindran et Ravindran, 1998). Mohan et Janardhanan (1995) ont signalé que la lysine et la valine sont les acides aminés limitants dans la variété blanche de mucuna tandis que les acides aminés soufrés le sont dans la variété noire. Les graines de *M. pruriens* et de *M. utilis* sont de bonnes sources de tous les acides aminés essentiels recommandés par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 1990), excepté la cystéine et la méthionine. La concentration en acides aminés essentiels des graines de mucuna peut donc constituer un apport intéressant pour compléter les céréales dont les protéines sont nettement moins équilibrées.

Les graines de mucuna contiennent des taux modestes de matières grasses. Les valeurs lipidiques de 12 variétés de *Mucuna spp.*, rapportées par Ezeagu et collaborateurs (2003), étaient comprises entre 4 et 7 %. Selon Vadivel et Pugalenth (2009), *M. pruriens* contient un taux plus élevé de lipides

(8 %). Les teneurs en fibres brutes sont également modestes. Les valeurs sont situées entre 4 % (Ezeagu *et al.*, 2003) et 8 % (Emenalom et Udedibie, 2005 ; Vadivel et Pugalenth, 2009), mais ces taux sont réduits à 2 % lorsque les graines sont dépelliculées (Agbede et Aletor, 2005), ce qui constitue un avantage pour l'alimentation des monogastriques. Les hydrates de carbone non pariétaux sont un composant majeur des légumineuses et représentent entre 50 et 70 % des graines de mucuna en terme de matière sèche (Ezeagu *et al.*,

2003 ; Pugalenth *et al.*, 2005). Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées dans les graines de soja (22 %) et suggèrent que le mucuna est approprié pour l'alimentation de la volaille (Ezeagu *et al.*, 2003). Cependant, l'amidon des graines crues de mucuna est contenu dans les granules qui le rendent indisponible à l'hydrolyse enzymatique. De ce fait, il présente une faible digestibilité. Le traitement hydrothermique améliore toutefois la biodisponibilité de l'amidon dans les graines de mucuna (Pugalenth *et al.*,

Tableau II : Teneurs en acides aminés dans diverses variétés de graines de *Mucuna spp.*

Acides aminés (%)	<i>M. pruriens</i>	<i>M. chinchi-nensis</i>	<i>M. utilis</i>	<i>M. solanei</i>	<i>M. poggei</i>
	Flores <i>et al.</i> , (2003)	Adebowale <i>et al.</i> , (2005)	Siddhuraju et Becker (2005)	Afolabi <i>et al.</i> , (1985)	Tuleun <i>et al.</i> , (2008)
Acide Aspartique	19,5	13,6	11,4	6,9	10,0
Thréonine	7,0	5,0	3,6	2,0	3,3
Serine	7,6	3,4	4,4	3,3	3,4
Acide glutamique	19,1	16,8	12,3	10,0	15,6
Glycine	8,3	5,4	4,3	3,1	2,9
Alanine	6,3	7,4	3,2	3,6	3,8
Cystine	2,6	1,0	1,0	1,7	1,1
Méthionine	w1,9	1,3	0,7	1,2	1,3
Valine	8,4	6,9	4,2	3,6	3,9
Isoleucine	7,7	9,1	4,2	2,7	3,7
Leucine	11,7	7,3	7,8	5,2	6,7
Tyrosine	ND	5,5	4,4	11,2	3,2
Phénylalanine	8,2	7,7	4,7	14,8	4,7
Histidine	3,8	2,4	3,5	1,1	2,9
Lysine	10,8	6,8	6,2	13,5	6,5
Arginine	9,7	8,0	5,3	11,8	5,9
Proline	8,3	13,4	5,1	3,3	3,4
Tryptophane	1,4	2,3	1,2	ND	ND

2005), ce qui justifie leur traitement thermique avant toute incorporation dans l'aliment. La teneur en sucres solubles dans les graines entières de mucuna est comprise entre 9 et 11 % tandis que les graines dépelliculées en contiennent 10 à 12 % (Siddhuraju *et al.*, 2000). *M. veracrue* et *M. Preta* en contiennent toutefois moins de 5 % (Ezeagu *et al.*, 2003).

En raison des faibles teneurs en constituants pariétaux, le mucuna constitue une source énergétique appréciable, avec des valeurs comprises entre 3500 et 4600 kcal d'énergie métabolisable/kg (Agbede et Aletor 2005 ; Tuleun *et al.*, 2008).

Les graines de mucuna contiennent aussi des quantités appréciables de minéraux (tableau III). Comme dans la plupart des légumineuses, le potassium est le minéral le plus abondant dans les graines de mucuna (Ezeagu *et al.*, 2003) ; les taux de calcium, de phosphore, de magnésium, de fer et de zinc sont également satisfaisants (Agbede

et Aletor, 2005 ; Tuleun *et al.*, 2008). Vijayakumari et collaborateurs (2002) estiment que les graines de mucuna contiennent des taux en potassium, calcium, phosphore, magnésium, fer, zinc et manganèse comparables à ceux de *Phaseolus sp.*

3.1.4. Contraintes bromatologiques liées à l'utilisation de mucuna dans l'alimentation de la volaille

En zones tropicales, plusieurs légumineuses ont été identifiées comme source potentielle d'énergie et de nutriments pour l'alimentation humaine et animale, mais la présence de facteurs toxiques dans les graines constitue un handicap à leur valorisation. La L-dopa a été reconnue comme facteur prédominant dans le mucuna (Gurumoorthi et Vadivel, 2008 ; Tuleun *et al.*, 2008), bien que la présence d'autres composés toxiques ait été aussi signalée (Ezeagu *et al.*, 2003 ; Siddhuraju et Becker, 2005 ; Tuleun *et al.*, 2008) (tableau IV).

La L-dopa provoque des troubles gastro-intestinaux (nausée, vomissement et anorexie) et neurologiques tels que des délires paranoïdes, des hallucinations, de la démence et une sévère dépression (Lorenzetti *et al.*, 1998). Il est donc important de se poser la question du devenir de la L-dopa dans l'animal et des dangers potentiels pour les consommateurs. Les catécholamines, en occurrence la dopamine, ne traversent pas la membrane des cellules endothéliales des capillaires cérébraux (Constantinidis *et al.*, 1969), donc la barrière hémato-encéphalique. Elles sont synthétisées localement au niveau du cerveau (Murray *et al.*, 2002). Toutefois, la dopa passe de la lumière capillaire dans les cellules endothéliales. La décarboxylase, abondante dans ces cellules, la transforme en dopamine, mais cette dernière ne peut pas passer dans le parenchyme. Il s'avère donc que la barrière encéphalique pour la L-dopa est non seulement physique mais elle est aussi de nature enzymatique (Constantinidis *et al.*, 1969).

Tableau III : Teneurs en minéraux de quelques variétés de graines de *Mucuna spp.*

Varirété	Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Sources
<i>M. pruriens</i>	0,51	0,67	1,39	0,34	2,21	11,3	20,3	5,49	939	Agbede et Aletor (2005)
<i>M. cochinchinensis</i>	0,09	0,46	3,99	0,18	ND	9,09	6,18	2,48	3,76	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. Utilis</i>	0,15	0,5	3,89	0,19	ND	10,34	6,82	4,1	5,1	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. rajada</i>	0,13	0,45	4,24	0,16	ND	14,85	11,29	2,34	4,75	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. preta</i>	0,08	0,51	5,76	0,17	ND	9,56	6,18	2,62	4,28	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. jaspeada</i>	0,08	0,47	8,46	0,17	ND	6,8	5,17	1,82	4,6	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. deeringiana</i>	0,09	0,54	3,85	0,15	ND	5,55	9,61	2,22	3,77	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. poggei</i>	0,65	0,36	0,93	0,28	0,07	11,9	5,6	1,4	8,5	Tuleun <i>et al.</i> ,(2008)

Ca, P, K, Mg, Na : en g/100 g ; Fe, Mn, Cu, Zn : en mg/100 g

Tableau IV : Facteurs antinutritionnels contenus dans quelques variétés de graines de *Mucuna spp.*

Variétés	L-dopa (%)	Cyanide (%)	Anti-trypsine*	Tannins (%)	Phytate (%)	Oxalate (mg/100 g)	Saponine (%)	Alcaloïdes (%)	Sources
<i>M. pruriens</i>	4,75	0,11	22,6	0,22	0,19	0,25	0,63	2,1	Tuleun <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	5,9	0,10	18,2	0,12	0,08	0,01	0,21	1,2	Tuleun <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. Utilis</i>	5,5	0,09	11,4	0,22	0,14	0,02	0,24	1,8	Tuleun <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. rajada</i>	4,0	0,12	43,0	1,66	0,29	1,98	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. preta</i>	7,5	0,12	43,3	1,65	0,26	2,31	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. jaspeada</i>	6,6	0,12	46,6	1,57	0,45	1,81	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. deeringiana</i>	8,2	0,12	47,6	1,56	0,66	2,85	ND	ND	Ezeagu <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. poggei</i>	5,9	1,34	31,4	0,25	0,22	0,03	0,74	2,3	Tuleun <i>et al.</i> ,(2008)

* Unité de Trypsine inhibé/mg de protéine

Par ailleurs, lorsque la L-dopa exogène est administrée *per os*, sa résorption est complète mais la majeure partie (80 %) de la L-dopa est transformée par une dopa-décarboxylase des tissus périphériques en dopamine ; celle-ci est métabolisée soit en noradrénaline, soit en acide dihydroxyphénylacétique. Ultérieurement, sous l'influence de la mono-aminoxydase et de la catéchol-O-méthyl-transférase, la noradrénaline est métabolisée en acide vanillylmandélique, qui est éliminée dans l'urine (Cohen et Jacquot *et al.*, 2008). Le reste passe dans le sang par un mécanisme de transport commun à plusieurs acides aminés et saturable (Cohen et Jacquot *et al.*, 2008). Selon Constantinidis et collaborateurs (1969), la majorité des organes périphériques ne contiennent pas de décarboxylase dans leur endothélium et la dopa peut passer librement. Cependant, les capillaires rénaux se comportent de la même manière que ceux du cerveau (Constantinidis *et al.*, 1969). Il convient de signaler que, malgré l'existence de la barrière physique et enzymatique rapportée plus haut par Constantinidis et collaborateurs (1969), une petite quantité de la dose administrée (moins de 5 %) parvient à traverser facilement la barrière hémato-encéphalique et arrive au niveau du système nerveux central où elle est transformée par les neurones dopaminergiques en dopamine par la dopa-décarboxylase centrale (Sandler *et al.*, 1974 ; Murray *et al.*, 2002). Dans le cerveau des rats, les taux de la L-dopa sont habituellement de moins de 1 ng/mg de protéine, et donc la L-dopa ne peut pas être détectée sans utilisation des bloqueurs de la décarboxylase (Demarest et Moore, 1980). Le cerveau des oiseaux semble avoir des neurones à L-dopa. Leur distribution est semblable aux neurones dopaminergiques, cependant, leur nombre est moins important (Moons *et al.*, 1994). Selon ce même auteur, la plupart des neurones dopaminergiques identifiés au niveau de l'hypothalamus des mammifères pourraient être observés chez le poulet. Par conséquent, les processus métaboliques de la L-dopa au niveau du système nerveux central chez les oiseaux pourraient être similaires à ceux observés chez les mammifères.

Les concentrations en L-dopa dans les graines de mucuna sont variables et comprises entre 2 et 9 % de la graine (Lorenzetti *et al.*, 1998 ; St Laurent *et*

al., 2002 ; Capo-chichi *et al.*, 2003 ; Eilittä *et al.*, 2003 ; Tuleun, *et al.*, 2008). Des variations liées aux conditions écologiques et environnementales (altitude) ont été rapportées (Lorenzetti *et al.*, 1998). Des taux particulièrement élevés sont constatés dans les graines provenant des plantes cultivées près de l'Equateur. Selon St-Laurent et collaborateurs (2002), la concentration en L-dopa diminue lorsque le mucuna est cultivé à des altitudes plus élevées. L'intensité de la lumière pourrait avoir un effet sur la synthèse de la L-dopa dans les graines de mucuna. Des études sur la synthèse de la L-dopa en fonction de l'illumination ont montré soit une stimulation (Wichers *et al.*, 1989) ou soit une inhibition (Brain, 1976). Des variations variétales ou génétiques ont été également observées (Siddhuraju et Becker, 2001 ; St-Laurent *et al.*, 2002). En effet, *M. cochinchinensis* contient un taux plus élevé de L-dopa (5,6 à 6,6 %) que *M. pruriens* (4,4 à 4,8 %) (Janardhanan, 2000 ; Gurumoorthi et Vadivel, 2008 ; Tuleun *et al.*, 2008). Les teneurs ne semblent par contre pas être influencées par la couleur du tégument (Eilittä *et al.*, 2003). Le plus faible taux de L-dopa (1,5 %) a été trouvé dans la variété *M. gigantea*, utilisée dans l'alimentation de plusieurs groupes ethniques de l'Inde (Rajaram et Janardhanan, 1991), tandis que les taux les plus élevés ont été rapportés dans *M. pruriens* var. *cochinchinensis* (8 %), *M. andreana* (8,9 %) et *M. birdwoodiana* (9,1 %) (St-Laurent *et al.*, 2002 ; Ingle, 2003). Dans les autres parties de la plante, les concentrations en L-dopa sont comprises entre 0,17 % et 0,35 % dans les feuilles, entre 0,19 % et 0,31 % pour les pétioles et entre 0,12 % et 0,16 % pour les racines (Pugalthi *et al.*, 2005). Hormis dans le mucuna, la présence de la L-dopa a été également rapportée dans les graines (0,2 %) et dans les plantules (7 %) de *Vicia faba* (Goyoaga *et al.*, 2008). C'est d'ailleurs dans cette légumineuse que la présence de la L-dopa a été signalée pour la première fois par Guggenheim en 1913.

Même si les troubles liés à la consommation de mucuna sont essentiellement attribuables à la L-dopa, il n'est pas exclu que les autres facteurs présents dans les graines jouent un rôle amplificateur. Certains travaux (Ezeagu *et al.*, 2003 ; Gurumoorthi *et al.*, 2003 ; Siddhuraju et Becker, 2005 ; Tuleun *et al.*, 2008) signalent la présence

d'autres composées tels que l'acide cyanhydrique (HCN), des anti-trypsines, des tannins, l'acide phythique, l'oxalate, la saponine et des alcaloïdes. Une étude portant sur six variétés de *Mucuna spp.* provenant de la région de Benue au Nigeria a montré que la variété *Mucuna pruriens* « couleur crème » contenait une concentration en acide cyanhydrique de l'ordre de 5,3 mg/kg, tandis que la valeur la plus élevée (13,4 mg/kg) était trouvée dans la variété *Mucuna poggei*, la valeur moyenne étant de 10,1 mg/kg (Tuleun *et al.*, 2008). Cependant, Ezeagu et collaborateurs (2003) ont trouvé des taux beaucoup plus faibles, compris entre 1,0 et 1,2 mg/kg, dans 10 variétés de mucuna. Des valeurs encore plus faibles ont été signalées (Ravindran et Ravindran, 1988). Les taux de cyanure d'hydrogène mesurés dans les graines de mucuna sont beaucoup plus faibles que ceux généralement trouvés dans *Vigna unguiculata* (40 mg/kg) et sont en dessous du taux acceptable de 10 mg/kg recommandés pour la consommation humaine (Tuleun *et al.*, 2008).

Les inhibiteurs de la trypsine sont également présents dans le mucuna (Rajaram et Janardhanan, 1991 ; Siddhuraju et Becker, 2005). Ces composés empêchent l'activité protéolytique digestive en formant des complexes avec la trypsine (Sridhar et Bhat, 2007). Une grande variabilité des teneurs est observée dans les graines de mucuna. Elles sont comprises entre 8,25 et 31,4 unités de trypsine inhibé/mg de protéine (Tuleun *et al.*, 2008). Cependant, Gurumoorthi et collaborateur (2003) ont rapporté des valeurs plus élevées comprises entre 45 et 50 unités de trypsine inhibée/mg de protéine.

Les composés phénoliques et les tannins réduisent également la biodisponibilité des protéines, des hydrates de carbone et des minéraux en provoquant une diminution des activités enzymatiques et peuvent parfois entraîner une érosion de la muqueuse digestive (Liener, 1994). Les taux de composés phénoliques dans les graines varient entre 3 et 5 % (Gurumoorthi *et al.*, 2003) et, ceux des tannins sont compris entre 1,6 à 1,7 % (Ezeagu *et al.*, 2003). Les plus faibles concentrations en tannins mesurées sont comprises entre 0,14 et 0,24 % (Gurumoorthi *et al.*, 2003 ; Tuleun *et al.*, 2008). Les tannins sont des composés hydrosolubles particulièrement concentrés dans

les téguments et, de ce fait, ils sont facilement éliminés par les procédés classiques de traitement des graines tel que le décorticage, le trempage et le traitement par la chaleur humide (Josephine et Janardhanan, 1992 ; Siddhuraju *et al.*, 1996 ; Vijayakumari *et al.*, 1996).

Les teneurs en acide phytique (0,08 % à 0,22 %) en oxalate (0,018 %) et en saponine (0,21 à 0,74 %) sont généralement faibles dans la graine de mucuna et sont en deçà du niveau toxique (Tuleun, *et al.*, 2008). Il est important de signaler que les oxalates solubles ont un effet néfaste sur l'absorption des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} contenus dans l'aliment. L'oxalate insoluble se lie à l'ion Ca^{2+} dans l'aliment et le rend indisponible pour l'organisme. L'oxalate soluble est facilement extrait au cours du processus de trempage et de traitement dans l'eau bouillante (Ezeagu *et al.*, 2003).

Les alcaloïdes sont des composés azotés faiblement alcalins contenus dans la plupart des plantes et qui potentiellement peuvent être extrêmement toxiques. Ils ont cependant, de grandes valeurs médicinales, lorsqu'ils sont correctement utilisés. Les graines de mucuna contiennent entre 1,22 et 2,44 % de ces composés (Ezeagu *et al.*, 2003).

3.1.5. Effets des traitements sur la réduction des teneurs en L-dopa et autres facteurs anti-nutritionnels

Les recherches sur l'utilisation de mucuna dans l'alimentation humaine et animale ont été essentiellement basées sur la réduction de la concentration en L-dopa, principal facteur anti-nutritionnel dans la farine de mucuna. Pour atteindre cet objectif, différentes méthodes physico-chimiques ont été utilisées, variant quant à la durée du traitement et les additifs utilisés. Cela a entraîné des confusions et a abouti à des résultats disparates concernant les taux de réduction des facteurs toxiques. Quelques techniques rapportées dans la littérature sont reprises dans le tableau V. Les plus fréquentes sont le trempage, le traitement dans l'eau bouillante, parfois avec ajout d'additifs (base ou acide), le toastage, l'autoclavage, la fermentation et la germination. Pour maximiser l'extraction des facteurs anti-nutritionnels, la plupart des méthodes recourent préalablement au broyage des graines (Wanjekeche *et al.*, 2003).

La L-dopa est soluble dans l'eau et il est possible de réduire ses concentrations en employant des méthodes domestiques classiques telles que le trempage suivi d'extraction dans l'eau bouillante (Siddhuraju *et al.*, 2000). La chaleur sèche et l'autoclavage ont été également rapportés comme étant efficaces pour éliminer la L-dopa (Nyirenda *et al.*, 2003).

a) Par trempage

Les taux d'extraction des facteurs antinutritionnels par trempage sont généralement faibles, même avec ajout d'additifs, surtout lorsque les graines entières sont employées. Le trempage pendant 24 h dans l'eau des graines entières ou broyées n'a aucune incidence sur la concentration en L-dopa (Nyirenda *et al.*, 2003 ; Gurumoorthi *et al.*, 2008). Lorsque le trempage est réalisé dans des solutions de chlorure de sodium, de bicarbonate de sodium et d'acide citrique, les réductions sont comprises entre 9 et 14 %. Le trempage dans une solution d'hydroxyde de calcium permet d'obtenir un meilleur effet (26 % de réduction des teneurs).

La variabilité et la faible réduction des teneurs en L-dopa par le trempage pourraient être liés à deux facteurs : la faible perméabilité des téguments des graines de mucuna et la forte concentration de la L-dopa dans les cotylédons (Pugalthi *et al.*, 2005).

Le broyage des graines permet d'atteindre un gain de réduction de 1,86 à 4,17 %. Mais, l'utilisation de NaHCO_3 n'a alors plus aucun effet sur l'extraction de la L-dopa (Nyirenda *et al.*, 2003). Cela est vraisemblablement dû au fait que le carbonate de sodium, basique, favorise la dégradation des parois ligneuses des téguments de la graine. Une étude récente a montré que le trempage des graines entières de mucuna dans une solution de NaHCO_3 à 0,2 % (pH 8,6), pendant 4 h à température ambiante de la chambre (32°C) et dans un ratio graines/solution de 1:1, réduit de 66 % la concentration en L-dopa (Vadivel et Pugalthi, 2009). Selon ces auteurs, ce niveau de réduction serait attribuable à l'environnement ionique créé par la solution de NaHCO_3 , qui modifierait la perméabilité des téguments (Vijayakumari *et al.*, 1998). L'efficacité de trempage dans une solution de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a été démontrée, mais avec les graines broyées (Diallo *et al.*, 2002), contrairement à ce qui avait été observé. Ces auteurs rapportent que le trempage

des graines broyées pendant 24 heures dans une solution de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ à 4 % est suffisant pour détoxifier les graines de mucuna à un niveau satisfaisant permettant de nourrir la volaille. Un niveau de L-dopa de 0,1 % a été obtenu par simple trempage de graines broyées en particules de 1 mm (rapport eau/graine de 40/1 à température ambiante pendant 2,5 jours), sans ajout d'additif (Teixeira *et al.*, 2003). L'augmentation du ratio graines/eau entraîne une amélioration de l'efficacité de l'extraction de la L-dopa (Vadivel et Pugalthi, 2007). D'autres études rapportent que les trempages des graines dans des solutions de bicarbonate de sodium et d'extrait de pulpe de tamarin améliorent la réduction de la L-dopa, respectivement de 14,9 % et de 15,9 % en comparaison avec le trempage dans une solution d'acide citrique et dans l'eau (Siddhuraju et Becker, 2001).

Malgré l'efficacité des additifs pour l'extraction de la L-dopa, leur usage entraîne des coûts supplémentaires. Des produits locaux alternatifs facilement accessibles pourraient être utilisés lorsque l'utilisation des additifs se justifie dans le contexte des éleveurs ruraux à faible revenu. C'est dans cette optique que certains auteurs ont préconisé l'utilisation des produits locaux tels que l'extrait de la pulpe de tamarin (Siddhuraju et Becker, 2001), la cendre de bois (Ukachukwu et Szabo, 2003), la solution alcaline de Magadi ou trona (solution de bicarbonate de sodium obtenue dans le lac Magadi au Kenya), de la cendre des rafles de maïs ou des fanes de niébé (Wanjekeche *et al.*, 2003) et des feuilles de *Moringa oleifera* (Siddhuraju et Becker, 2005) pour faciliter l'extraction de la L-dopa. Par ailleurs, une extraction élevée de tannin (43-65 %) a été rapportée pour des graines trempées dans une solution de NaHCO_3 (Vijayakumari *et al.*, 2007).

La méthode de trempage semble donc être adaptée à la pratique paysanne. Elle est cependant fastidieuse car lente et nécessitant parfois plusieurs changements de solution. L'ajout d'additifs qui améliorent la perméabilité des graines pourrait être une solution permettant d'améliorer cette méthode.

b) Par traitement à la chaleur humide

Diverses techniques de traitements hydrothermiques se sont révélées très efficaces pour la réduction de la L-dopa par rapport aux autres méthodes (Siddhuraju et Becker, 2005). Le

Tableau V : Effets des traitements des graines de *Mucuna spp*, sur la réduction des teneurs en L-dopa

Variétés	Traitements et durées	Additifs	L-dopa (%)	Réduction (%)	Sources
<i>M. pruriens</i>	Graines crues non traitées		6,33		Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Trempage graines entières (6 h, 30°C), ratio eau/graines 1 :100	Aucun	5,13	19%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Bouillissage graines entières (90-95 °C, 1 h), Ratio eau/graines 1 :100	Aucun	3,87	39%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Autoclave graines entières (15 lb, 121°C, 30 mn)	Aucun	1,31	79%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Tostage graines entières (100-110 °C, 30 mn)	Aucun	3,15	50%	Vadivel et Pugalenth, (2007)
<i>M. pruriens</i>	Graines crues non traitées		5,75		Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. pruriens</i>	Trempage graines entières (0,2% NaCO ₃ , pH=8,6, 4 h à 32 °C, ratio 1 :100) + autoclave (15lb, 121 °C, 30 mn)	Aucun	0,95	83 %	Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. pruriens</i>	Trempage graines entières (0,2% NaCO ₃ , pH=8,6, 4 h à 32 °C, ratio 1 :100)	Aucun	2,16	62%	Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. pruriens</i>	Autoclave graines entières (15lb, 121 °C, 30 mn)	Aucun	3,48	40 %	Vadivel et Pugalenth, (2009)
<i>M. cochinchinensis</i>	Graines crues non traitées		5,14		Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Aucun	5,00	3 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	NaCl, 0,1 g/100 ml, pH 8,2	5,08	1%	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Acide citrique 0,1 g/100 ml, pH 2,6	5,10	0,8 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Ca(OH) ₂ 0,1 g/100 ml, pH 2,6	4,85	6%	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C) + bouillissage (100 °C, 60 mn) ratio eau/graines 10 g/100 ml	Aucun	4,85	6%	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage graines entières (24 h, 25 °C) + autoclave (121 °C, 1,05 Kg/Cm ² , 30 mn), ratio eau/graines 10 g/100 ml	Aucun	4,23	18 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Tostage (120-130 °C pendant 30 mn)	Aucun	4,20	18 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. cochinchinensis</i>	Irradiation (50 g, 10 kGy à 25 °C)	Aucun	5,00	3 %	Gurumoorthi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Magadi soda 0,25 %		80,5%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Cendre de rafle de maïs		74,8%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Cendre de fanes de niébé		69,5%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage particules	Acide citrique 0,25%		69,6%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Graines crues non traitées	Aucun	6,15		Diallo <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage +bouillissage 12 h+3 h	Aucun	3,08	50,0%	Diallo <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage +dépelliculage+bouillissage 12h+3 H	Aucun	2,41	61,0%	Diallo <i>et al.</i> ,(2003)
<i>Mucuna Spp.</i>	Trempage particules 24 h	Ca(OH) ₂ 4%	0,01	99%	Diallo <i>et al.</i> ,(2003)
<i>Mucuna Spp.</i>	Trempage graines 24 h	Ca(OH) ₂ 4%	1,75	71,5%	Diallo <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. cochinchinensis</i>	Trempage +dépelliculage+bouillissage 48H+1H20	Aucun	0,81	87%	Diallo <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Bouillissage graines (30 mn)	Aucun	4,42%	23,1%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48 h) + Bouillissage (30mn) + dépelliculage+ bouillissage (30mn)	Solution alcaline de Magadi à 0,25 %	2,34%	59,30%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48 h) + Bouillissage (30mn) + dépelliculage+ bouillissage (30mn)	Cendre de rafle de maïs	2,41%	58,1%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48 h) + Bouillissage (30mn) + dépelliculage+ bouillissage (30mn)	Cendre de fanes de niébé	3,02%	47,4 %	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)
<i>M. pruriens</i>	Trempage (48h) + Bouillissage (1h) +dépelliculage+bouillissage (30 mn)	Acide citrique 0,25%	2,89%	49,7%	Wanjekeche <i>et al.</i> ,(2003)

traitement thermique humide est la méthode la plus utilisée pour traiter les graines de mucuna destinées à la consommation humaine et animale en raison du fait que la plupart des composés nocifs sont thermolabiles. Généralement, la réduction des teneurs des facteurs antinutritionnels, en particulier la L-dopa, pendant les traitements thermiques, pourraient être due à la dégradation et à la dénaturation thermique de ces composés (Siddhuraju et Becker, 2001 ; 2005). La teneur en L-dopa est significativement réduite par la chaleur humide (Myhrman, 2002) même lorsque les graines sont entières (Wanjekeche *et al.*, 2003). Les graines entières bouillies dans une solution (de Magadi, de cendre de rafle de maïs, d'acide citrique ou de cendre de fane de niébé) permet de réduire les teneurs en L-dopa d'environ 50 % (Wanjekeche *et al.*, 2003). La chaleur humide sans additif réduit la teneur de 25 % de la L-dopa (Wanjekeche *et al.*, 2003). Des taux de réduction compris entre 23 % et 35 % sont obtenus avec les graines entières trempées, autoclavées et bouillies (Gurumoorthi *et al.*, 2008). Le traitement hydrothermique répété permet d'atteindre des valeurs de 60 % (Janardhanan *et al.*, 2003). L'extraction de la L-dopa est facilitée lorsque les graines sont broyées (Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Teixeira *et al.*, 2003). La plus faible granulométrie améliorerait la perméabilité et l'imbibition des broyats. La réduction des teneurs en L-dopa atteint alors des valeurs de 70 à 81 % dans diverses solutions (Wanjekeche *et al.*, 2003).

La chaleur humide réduit le taux d'acide cyanhydrique de près de la moitié. La plus grande partie est perdue par volatilisation durant la cuisson, le reste étant rapidement converti en thiocyanure ou en d'autres composés (Pugalethi *et al.*, 2005). La chaleur humide réduit également les taux de phytate de 38 % (Janardhanan *et al.*, 2003).

c) Par toastage et autoclavage

La chaleur sèche serait très efficace pour la réduction des teneurs en L-dopa (Siddhuraju *et al.*, 1996) en raison de la racémisation de la molécule. Le toastage diminue également d'un tiers les teneurs en acide phytique et l'autoclavage de près de la moitié. L'association chaleur sèche-chaleur humide réduit la concentration en HCN jusqu'à 68 % (Siddhuraju *et al.*, 1996). Le cyanure est éliminé à

concurrence de 67 et 75 % par toastage et autoclavage (Pugalethi *et al.*, 2005). Les inhibiteurs de la trypsine sont thermolabiles. Ces composés sont presque totalement détruits par le toastage et l'autoclavage (à environ 95 %) (Siddhuraju *et al.*, 1996). La destruction des tannins par autoclavage (37-43 %) est un peu moindre que celle obtenue par trempage (Vadivel et Pugalethi, 2009). Vadivel et Pugalethi (2009) ont montré que leur association était particulièrement efficace pour la réduction des tannins (entre 74 et 84 %) dans les variétés blanche et noire de mucuna.

L'incorporation des graines de mucuna traitées à la chaleur sèche dans l'alimentation des animaux réduirait donc certainement la dépendance excessive vis-à-vis des légumineuses conventionnelles, mais cette méthode reste onéreuse pour les petits éleveurs.

d) par fermentation

Les graines de mucuna peuvent être fermentées par diverses méthodes après avoir été traitées préalablement par bouillissage (45 mn) ou trempage (12 h). Le taux de la L-dopa dans les produits fermentés est très faible (< 0,1 %). Cependant, au cours du processus de fermentation, la teneur de la L-dopa double initialement avant de chuter de manière significative. Ce phénomène serait dû à la libération de la L-dopa liée (Egounlety, 2003).

e) par germination

L'influence de la germination sur la diminution de la L-dopa a été aussi évaluée. Gurumoorthi et collaborateurs (2008) ont constaté qu'une période de germination de 120 h permettrait de réduire la teneur en L-dopa à des valeurs comprises entre 35 et 58 %. Lorsque la période de la germination augmente, une diminution concomitante du taux de L-dopa est observée. Cet effet est vraisemblablement dû à la dégradation enzymatique de la molécule.

f) par irradiation

L'impact de l'irradiation gamma sur les facteurs antinutritionnels des graines de mucuna a été évalué par Bhat et collaborateurs (2007). Une réduction significative de la teneur en acide phytique est obtenue à partir de la dose 5,0 kGy et une dégradation complète est atteinte pour des doses comprises entre 15 et 30 kGy. La concentration

en L-dopa a également diminué proportionnellement à la dose d'irradiation. Cependant, la concentration en tannins a augmenté significativement pour des fortes irradiations (à partir de 10 kGy). L'étude Gurumoorthi et collaborateurs (2008) n'a toutefois pas été concluante. Elle indique que la réduction de la L-dopa dans toutes les variétés de mucuna irradiées n'est pas significative même à des doses de 10 kGy. Les études complémentaires sont donc nécessaires pour confirmer ou infirmer l'efficacité de cette méthode.

3.1.6. Effet des traitements sur la composition en nutriments

Les méthodes utilisées modifient significativement la composition chimique des graines (Laurena *et al.*, 1991 ; Ukachukwu et Obioha, 1997 ; Wanjekeche *et al.*, 2003). Toutefois, les résultats rapportés sont parfois contradictoires. Par exemple, certains auteurs observent que le toastage permet d'obtenir une meilleure qualité nutritionnelle des graines par rapport au bouillissage (Dossa *et al.*, 1998), tandis que des résultats antérieurs rapportent le contraire (Laurena *et al.*, 1991). Les variations de ces résultats pourraient s'expliquer par les différences au niveau des techniques utilisées (durée de traitement, température, dose ou nature de l'additif, etc.).

Certains travaux signalent une amélioration significative des taux protéiques (Bressani *et al.*, 2003) contrairement à d'autres résultats (Ukachukwu et Obioha, 1997). Par exemple, Wanjekeche et collaborateurs (2003) rapportent une augmentation des teneurs protéiques de 20 % lorsque les graines sont bouillies pendant 30 mn. Une légère augmentation est aussi enregistrée avec une solution alcaline ou acide. La cuisson à la pression atmosphérique pendant 3 h améliore aussi la qualité des protéines des graines de mucuna selon Bressani et collaborateurs (2003). Le toastage, quant à lui, améliore le taux de protéine de l'ordre de 7 %, selon Emenalom et Udedibie (2005). Cependant, d'autres analyses (Ukachukwu et Obioha, 1997) montrent une réduction significative des taux de protéines lorsque la durée de cuisson est portée à 90 mn. Le trempage des graines avant leur cuisson pendant 60 mn a entraîné les mêmes effets (6,5 % de réduction du taux de protéine) (Emenalom et Udedibie, 2005 ; Adewale *et al.*, 2007).

Ces résultats suggèrent de privilégier une température modérée comprise entre 70 et 90°C.

Une diminution des taux de protéines a été aussi observée lorsque les graines non dépelliculées ont été germées pendant 7 jours (Wanjekeche *et al.*, 2003). Toutefois, le taux de protéine brute semble rester constant durant le processus de fermentation des graines de mucuna. Le taux de protéines solubles augmente même de 1,2 % à 19,4 % au cours de fermentations fongiques d'une durée de 48 h (Egounlety, 2003).

Une réduction notable des teneurs en fibre brute a été signalée lorsque les graines ont été bouillies dans une solution alcaline ou acide par rapport à l'eau simple. Cette réduction a été plus importante dans les solutions alcalines de Magadi, suivi par les solutions à base de la cendre de fane de niébé et de rafle de maïs (Wanjekeche *et al.*, 2003). Par ailleurs, en testant plusieurs méthodes de cuisson avec des légumineuses communes (*Vigna mungo*, *Cicer arietinum*, *Lens culinaris* et *Phaseolus vulgaris*), Rehinan et collaborateurs (2004) ont remarqué que la cuisson par pression entraînait une réduction de la fibre NDF (28,5–35,3 %) et ADF (11,6–21,8 %), de la cellulose (17,0–35,8 %) et de l'hémicellulose (37,5–42,4 %). Une augmentation significative de près de 8 % du taux de fibre a toutefois été observée lorsque les graines de mucuna ont été trempées dans une solution de NaHCO₃ pendant 4 h (Vadivel et Pugalenthi, 2009). Ce résultat est en accord avec celui de Rehinan et collaborateurs (2004) qui ont également obtenu une augmentation des taux de fibres, telles que l'hémicellulose (44,4–58,8 %) et la cellulose (entre 5,6 et 12,5 %), avec des légumineuses trempées dans les mêmes solutions.

La plupart des auteurs (Udedibie et Mba, 1994 ; Ukachukwu et Obioha, 1997 ; Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Siddhuraju et Becker, 2005 ; Vadivel et Pugalenthi, 2009) sont unanimes quant à l'effet de la réduction des teneurs en matière grasse et en cendres totales dans les graines bouillies, ou trempées dans l'eau ou dans des solutions. Ces pertes seraient dues à des phénomènes de lixiviation ou de volatilisation de substances lipidiques lors du trempage et du bouillissage (Ukachukwu et Obioha, 1997 ; Siddhuraju et Becker, 2005).

L'effet bénéfique des traitements thermiques ou hydrothermiques sur la teneur en hydrate de carbone dans les graines

de mucuna a été rapporté (Wanjekeche *et al.*, 2003 ; Pugalenthi *et al.*, 2005). Ceci est le résultat de l'augmentation apparente de l'amidon due à la dislocation des granules dans lesquelles l'amidon se trouve stocké (Wanjekeche *et al.*, 2003). Les traitements apparaissant comme particulièrement efficaces sont le trempage dans l'eau ou dans une solution de bicarbonate de sodium suivi du bouillissage, et l'autoclavage.

Par ailleurs, une évaluation sensorielle des graines de mucuna (Wanjekeche *et al.*, 2003) a été réalisée en vue d'apprécier l'acceptabilité des produits traités par le consommateur. Cette étude a montré que les graines bouillies dans une solution alcaline sont plus agréables au goût et à la texture tandis que la couleur des graines cuites dans l'acide est plus claire et plus acceptable.

En conclusion, les modifications enregistrées au niveau de la composition chimique des graines au cours des processus de traitements thermiques et/ou chimiques seraient attribuables à la solubilisation des protéines ou de l'amidon, aux pertes par lessivage de certains nutriments tels que les minéraux, les protéines et la matière grasse, et à la modification des téguments ou à la dénaturation des fibres.

2.2. Autres graines de légumineuses et aliments non-conventionnels

Hormis les graines de mucuna qui ont été largement expérimentées chez la volaille, d'autres graines ont été testées. En général, même si les performances de ponte et de croissance ne sont pas encore très concluantes pour les spéculations intensives, ces graines peuvent être d'une grande utilité pour les petits éleveurs villageois à faibles revenus.

À l'instar du mucuna, le pois d'Angole (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) est une légumineuse cultivée en zone tropicale pour la restauration des sols et la lutte contre *Imperata cylindrica* (L.). Les graines du pois d'Angole sont très peu consommées par les hommes et n'ont pas d'utilité industrielle (Amaefule et Nwagbara, 2004). Comme la plupart des légumineuses, elles renferment des facteurs toxiques qui réduisent la biodisponibilité des nutriments. Cependant, les divers traitements rapportés pour le mucuna semblent également efficaces sur le pois d'Angole (Amaefule et Nwagbara, 2004).

Les graines de dolique (*Lablab purpureus* (L) Sweet) ont été également

soumises à diverses méthodes de traitement (trempage, bouillissage, toastage, l'autoclavage et la germination) afin de déterminer leurs effets sur les teneurs en nutriments, les facteurs antinutritionnels et la digestibilité des protéines. Il ressort de ces investigations que la germination améliore significativement la teneur en protéines ainsi que leur digestibilité (Magdi, 2007). L'anti-trypsin, l'acide phytique et les tannins sont également réduits significativement par les divers traitements. Une autre étude réalisée sur des poulets de chair a permis de montrer l'efficacité de la dolique lorsqu'elle est traitée adéquatement. La consommation alimentaire, le gain de poids et l'indice de consommation ne sont pas significativement différents de ceux obtenus avec du tourteau de soja (Sarwatt *et al.*, 1991).

Le voandzou (*Vigna subterranea*) est une autre légumineuse qui pourrait être davantage utilisée dans l'alimentation de la volaille en Afrique. Fru Nji et collaborateurs (2003) ont montré que le voandzou cru ou autoclavé ne modifiait pas la consommation alimentaire des poulets mais diminuait les performances proportionnellement au niveau d'incorporation dans la ration, en particulier les graines crues. Des résultats similaires ont été obtenus par Amaefule et Osuagwu (2005) avec des poussins.

Les ressources locales disponibles au Burkina Faso pour l'alimentation de la volaille ont été évaluées par Pousga et collaborateurs (2007). L'analyse chimique des résidus de fabrication de la bière locale à partir de sorgho a montré des valeurs alimentaires acceptables en protéine en extrait éthéré et en fibres brutes pour la production de la volaille, mais faibles pour certains acides aminés et minéraux. Cette ressource pose également des problèmes de conservation. L'analyse des tourteaux de karité a donné des valeurs alimentaires encore moins satisfaisantes. Outre sa faible disponibilité, cet ingrédient est peu apprécié en raison de la présence de la saponine et de la théobromine (Atuahene *et al.*, 1998).

Les graines de neem (*Azadirachta indica*) ont également fait l'objet de recherche en alimentation de la volaille. À raison de 10 % dans la ration, les graines crues ou traitées dans une solution de NaOH (2 % pendant 24 h) n'ont pas affecté les performances de reproduction de poules Leghorn (Verma *et al.*, 1998). Toutefois, la revue de Gowda et Sastry (2000) suggèrent d'éviter d'utiliser les graines crues au profit de sous-produits délipidés et traités aux alkalis.

La recherche d'aliments protéiques n'est pas la seule préoccupation des nutritionnistes. Les aliments énergétiques alternatifs pouvant remplacer le grain de maïs sont aussi évalués. Bamgbose et collaborateurs (2003) ont ainsi montré qu'il est possible de remplacer le maïs par le grain de *Cyperus rotundus* à raison d'un tiers de la ration, autorisant ainsi une réduction de coût de l'aliment de 8,17 %.

2.3. Les feuilles et autres parties végétatives

Au cours des deux dernières décennies, l'utilisation des feuilles comme source de protéines pour les non-ruminants a connu un intérêt croissant (tableau VI). Une attention particulière a été d'abord portée aux farines de feuilles de *Leucaena leucocephala* et de *Manihot esculenta*. Mais très récemment, cet intérêt s'est tourné vers d'autres plantes comme le *Moringa oleifera*, *Gliricidia sepium*, *Robinia pseudoacacia*, *Cajanus cajan*, *Azolla pinnata*... (D'Mello, 1992). Ces plantes ont été valorisées dans l'alimentation de la volaille comme source de protéines chez les poulets de chair ou comme source de pigments chez la poule pondeuse. Les teneurs en protéines brutes sont plus élevées dans les farines de feuilles que dans les céréales (D'Mello, 1992). Cependant, les fibres brutes

représentent une fraction importante de la matière sèche. Généralement, le taux des fibres brutes dans les feuilles peut être équivalent ou supérieur à celui des protéines. Cela réduit non seulement la digestibilité totale de la ration mais entraîne également une faible digestibilité des protéines dans les feuilles et tend à diminuer la digestibilité globale des protéines de l'aliment, lorsque les feuilles sont incorporées à un taux élevé (Tangendjaja *et al.*, 1990).

Divers facteurs antinutritionnels présents dans ces aliments constituent également des contraintes qui limitent leur valorisation (D'Mello, 1992). La production de farine de feuilles pour l'alimentation des monogastriques nécessite donc inévitablement des traitements préalables. Le séchage au soleil est la méthode appropriée sous les tropiques pour la réduction des substances antinutritionnelles. Ainsi, le séchage des feuilles de manioc peut réduire le taux d'HCN de près de 90 % (Ravindran *et al.*, 1987). Une autre stratégie, plus coûteuse, pour améliorer la valeur nutritionnelle des feuilles, est l'ajout d'additifs. Le sulfate de fer et le polyéthylène glycol se sont révélés efficaces pour complexer respectivement la mimosine et les tannins (D'Mello and Acamovic, 1989).

L'utilisation des feuilles sur les performances des animaux a abouti à des

résultats très variables selon les taux d'incorporation et la composition chimique de chaque plante.

La farine de feuilles de *Leucaena leucocephala*, en raison de sa richesse en protéines, en minéraux et en vitamines, est un ingrédient courant pour l'alimentation de la volaille sous les tropiques (D'Mello et Taplin 1978). Les études d'Atawodi et collaborateurs (2008) sur la supplémentation en feuilles de *Leucaena* dans la ration de poules pondeuses, n'ont toutefois pas abouti à des résultats intéressants. Les auteurs rapportent une diminution des taux de ponte hebdomadaire et recommandent une incorporation inférieure à 5 % dans le régime. Les auteurs attribuent les faibles performances enregistrées avec les feuilles de *Leucaena* à la présence mimosine (D'Mello et Acamovic, 1989 ; Atawodi *et al.*, 2008). Cependant, chez les poulets de chair en finition, un taux optimum d'incorporation de 10 % de feuilles de *Leucaena* ou de manioc, en remplacement de soja, a permis d'obtenir une bonne performance et de réduire le coût de l'alimentation (Onibi *et al.*, 2008).

Wyllie et Chamanga (1979) ont testé l'incorporation de différents types de feuilles de manioc dans le régime de poulet de chair. Il ressort de ces expérimentations que le faible niveau énergétique et la présence de cyano-

Tableau VI : Composition chimique de quelques ressources alimentaires non conventionnelles utilisées dans l'alimentation de la volaille.

	MS (%)	PB (%)	EE (%)	Cendre (%)	CB (%)	ENA (%)	EM Kcal/kg	Ca (%)	P (%)	Sources
<i>Leucaena leucocephala</i> (feuilles)	95,3	25,8	5,3	10,4	9,9	ND	1876	1,02	0,24	Dhar <i>et al.</i> ,(2007)
<i>Manihot esculenta</i> (feuilles)	25,3	25,1	12,7	9,1	11,4	46,1	1075	1,40	0,3	Iheukwumere <i>et al.</i> ,(2008)
<i>Moringa oleifera</i> (feuilles)	86,0	29,7	4,4	14,8	22,5	10,6	1879	2,8	0,26	Kakengi <i>et al.</i> ,(2007)
<i>Azolla pinnata</i> (feuilles)	90,58	28,54	1,6	16,92	12,38	ND	1814	1,43	0,31	Khatun <i>et al.</i> ,(1999)
<i>Gliricidia sepium</i> (feuilles)	92,5	24,4	1,8	8,6	ND	43,4	ND	ND	ND	Ige <i>et al.</i> ,(2006)
<i>Amaranthus cruentus</i> (feuilles)	88,6	23,0	5,4	19,3	8,8	43,5	3250	2,4	1,8	Fasuyi <i>et al.</i> ,(2008)
<i>Vigna subterranea</i> (graines)	91,4	19,6	6,4	4,4	3,6	54,9	2540	2,6	0,08	Omoikhoje <i>et al.</i> ,(2009)
<i>Cajanus cajan</i> (graines)	88,5	26,2	2,1	5,5	5,0	496	3829	ND	ND	Amaefule et Nwagbara, (2004)
<i>Lablab purpureus</i> (graines)	91,2	22,7	2,3	4,5	9,9	51,8	ND	ND	ND	Sarwatt <i>et al.</i> ,(1991)
<i>Mesembryanthemum forsskalei</i> (graines)	93,1	22,16	3,09	2,49	10,62	ND	2976	0,05	0,17	Najib <i>et al.</i> ,(2004)
Asticot (insecte)	92,6	55,1	20,7	10,4	6,3	0,2	ND	ND	ND	Awoniyi <i>et al.</i> ,(2003)
<i>Achatina fulica</i> (chair)	83,0	70,6	5,3	ND	ND	7,3	ND	2,1	0,76	Hofman, (2000)

glycoside dans les feuilles de manioc limitent son utilisation. Cette étude suggère néanmoins que dans les conditions de milieu rural, des performances raisonnables pourraient être obtenues avec l'utilisation des feuilles de bonne qualité, en particulier des jeunes feuilles.

Plusieurs travaux se sont aussi intéressés aux feuilles de *Moringa oleifera* (Makkar et Becker, 1996 ; Kakengi *et al.*, 2007). Elles contiennent un taux élevé de protéines (23 %,) (Makkar et Becker, 1996) dont une grande proportion est potentiellement disponible dans l'intestin (Makkar et Becker, 1996) et possèdent un profil en acides aminés adéquat et de faibles taux de facteurs antinutritionnels (Makkar et Becker, 1996). Les travaux Kakengi et collaborateurs (2007) en Tanzanie sur des poules pondeuses confirment que les performances obtenues avec les feuilles de moringa sont parmi les meilleures par rapport aux autres feuilles. La farine de feuilles de moringa pourrait ainsi remplacer jusqu'à 20 % de la principale source protéique sans entraîner d'effets néfastes sur la ponte. Le taux d'incorporation pourrait ainsi dépasser 10 % dans le cas des régimes à forte densité énergétique.

La farine des feuilles d'*Azolla pinnata* contient environ 25 % de protéine brute et 15 % de fibres brutes. Elle constitue une source potentielle de protéine pour la volaille. *Azolla* peut ainsi être incorporé dans l'aliment des poulets de chair jusqu'à un taux de 5 % sans affecter la croissance des poulets (Basak *et al.*, 2002). Une autre étude visant à évaluer la valeur alimentaire de l'*Azolla* sur les performances de ponte des poules a mis en avant la possibilité de l'incorporer à des taux allant jusqu'à 15 % sans affecter la production d'œufs, l'indice de conversion, ou la taille et la couleur des œufs (Khatun *et al.*, 1999).

Enfin, selon Siddiqui et collaborateurs (1986), les feuilles de neem (*Azadirachta indica*) fraîches, incorporées à raison de 10 % de la ration, peuvent améliorer la consommation alimentaire, la production d'œufs et le poids des œufs. Selon cet auteur, les feuilles fraîches de neem contiendraient un « principe lipidique » qui favoriserait la production et le poids des œufs. Les résultats d'une autre étude confirment que les poules peuvent consommer jusqu'à 15 % de feuilles séchées de neem sans perturber la ponte (Esonu *et al.*, 2006).

En conclusion, les résultats des divers travaux sur l'usage des feuilles en alimentation aviaire suggèrent des taux d'incorporation optimaux d'environ 10 % chez les poulets et de 5 % pour les poules pondeuses, principalement comme source de caroténoïdes (Wyllie et Chamanga, 1979 ; Udedibie et Opara, 1998 ; Ige *et al.*, 2006 ; Iheukwumere *et al.*, 2008).

2.4. Les insectes et autres produits animaux

L'utilisation des termites pour le démarrage des pintadeaux est une pratique courante en milieu rural Béninois. Une étude de Chrysostome (1997) a permis de constater l'influence positive de cette source de protéines sur les paramètres zootechniques des pintadeaux en milieu villageois. Farina et collaborateurs (1991) ont d'ailleurs mis au point une technique assez simple pour la production des termites. D'autres ressources animales ont été également testées chez la volaille. Ainsi, le poulet de chair peut recevoir 3,6 % de farine de vers de terre (*Eudrilus eugeniae*) en substitution de 5 % de farine de viande sans affecter ses performances zootechniques (Agbédé *et al.*, 1994). Pour éviter la transmission des parasitoses, Vorsters et collaborateurs (1994) préconisent le séchage des vers avant leur utilisation dans l'aliment.

L'introduction de farine ou de viande d'escargots a été aussi étudiée par différentes équipes. Barcelo et Barcelo (1991) ont déterminé la composition chimique de la farine d'escargots dorés (*Pila leopoldvillensis*) cru ou cuit sans coquilles. Les teneurs en protéines brutes, en calcium et en phosphore ont été respectivement de 53 %, 6,0 % et 0,5 %. Ces farines ou viandes d'escargots donnent des résultats similaires à ceux obtenus avec de la farine de poisson. Les taux élevés en calcium de ces farines peuvent toutefois affecter leur valeur nutritionnelle, à tout le moins chez le poulet de chair. June et collaborateurs (1991) ont également réalisé une expérience d'alimentation de poulets de chair à partir de farine d'escargots (*Pomacea caniculata*), comparée à la farine de poisson et à la farine de viande osseuse et ont obtenu d'excellents résultats à des taux d'incorporation allant de 4 à 12 %. La farine d'asticot est également une excellente source de protéine et peut remplacer 25 % de farine de poisson tout en améliorant la vitesse de croissance et de l'indice de conversion (Awoniyi *et al.*, 2003).

4. CONCLUSION

La concurrence alimentaire entre l'homme et les monogastriques devient préoccupante en raison de l'augmentation de la population humaine et de l'industrialisation du secteur avicole moderne en Afrique. Pour combler le déficit entre la demande en protéine et le niveau de productivité de la volaille locale, la stimulation de la production locale est obligatoire, d'où la nécessité d'identifier d'autres sources alimentaires. La détermination des valeurs alimentaires de ces ressources ainsi que leur toxicité est particulièrement importante. De nombreuses ressources alimentaires non-conventionnelles sont potentiellement exploitables par la petite aviculture rurale en Afrique. Mais plusieurs contraintes limitent encore leur utilisation pour l'alimentation des monogastriques. Parmi elles, la disponibilité et la quantité des ressources, ainsi que leurs éventuelles teneurs élevées en fibres. Mais la principale contrainte est la présence des facteurs toxiques. Diverses méthodes montrent la possibilité de réduire ces facteurs. Mais il reste à les standardiser et à les rendre adaptées à la pratique paysanne.

Summary

Numerous works are related to the use of unconventional feed resources, and particularly to *Mucuna* Spp., in poultry diet. This review aims at describing the context of their use, their nutritional values and the constraints related to their upgrading, before considering the effects of the various methods of treatment on the reduction of the toxic substances that they could contain and on their chemical compositions. The methods of treatment are very variable and their standardisation should allow using them in rural area. Those feed could thus constitute an alternative to costly conventional feed usually used in poultry production.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEWALE I.E., OLOGHOBO D.A., GOUS M.R. Influence of processing of *Mucuna (Mucuna pruriens var utilis)* and Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) on the performance and nutrient utilization of broilers chickens. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 168-174.
- AGBEDE J.O., ALETOR V.A. Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. *J. Food Compos. Anal.*, 2005, **18**, 89-103.
- AGDEBEG., NGUEKAM, MPOAME M. Essai d'utilisation de la farine de vers de terre *Eudrilus eugeniae* dans l'alimentation des poulets de chair en finition. *Tropicultura*, 1994, **12**, 3-5.
- AMAEFULE K.U., NWAGBARA N.N. The effect of processing on nutrient utilization of Pigeonpea (*Cajanus cajan*) seed meal and Pigeonpea seed meal based diets by Pullets. *Int. J. Poult. Sci.*, 2004, **3**, 543-546.
- AMAEFULE K.U., OSUAGWU F.M. Performance of pullet chicks fed graded levels of raw Bambarra groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc) offal diets as replacement for Soybean meal and Maize. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2005, **17** [en ligne] Adresse URL : <http://www.lrrd.org/lrrd17/5/amae17055.htm>
- ATAWODI S.E., MARI D., ATAWODI J.C., YAHAYA Y. Assessment of *Leucaena leucocephala* leaves as feed supplement in laying hens. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 317-321.
- ATUAHENE C.C., DONKOH A., ASANTE F. Value of sheanut cake as a dietary ingredient for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 1998, **72**, 133-142.
- AWONIYI T.A.M., ALETOR V.A., AINA J.M. Performance of broiler: chickens fed on maggot meal in place of fishmeal. *Int. J. Poult. Sci.*, 2003, **2**, 271-274.
- BAMGBOSE A.M., ERUVBETINE D., DADA W. Utilization of tigernut (*Cyperus rotundus*, L.) meal in diets for cockerel starters. *Bioresource Technol.*, 2003, **89**, 245-248.
- BARCELO P.M., BARCELLO J.R. The potential of snail (*Pila leopoldvillensis*) meal as supplement in broiler diets. *Tropicultura*, 1991, **9**, 11-13.
- BASAK B., PRAMANIK M.D.A.H., RAHMAN M.S., TARAFDAR S.U., ROY B.C. Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in broiler ration. *Int. J. Poult. Sci.*, 2002, **1**, 29-34.
- BAUDOIN J.-P., MAQUET A. Improvement of protein and amino acid contents in seeds of food legumes: a case study in *Phaseolus*. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 1999, **3**, 220-224.
- BHAT R., SRIDHAR K.R., TOMITA-YOKOTANI K. Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens*). *Food Chem.*, 2007, **103**, 860-866.
- BRAIN K.R. Accumulation of L-dopa in cultures from *Mucuna pruriens*. *Plant. Sci. Lett.*, 1976, **7**, 157-161.
- BRESSANI R., LAU M., SILVIA VARGAS M. Protein and cooking quality and residual content of dehydroxyphenylalanine and of trypsin inhibitors of processed *mucuna* beans (*Mucuna* spp). *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 197-212.
- BUCKLES D. Velvet bean: a "new" plant with a history. *Econ. Bot.*, 1995, **49**, 13-25.
- CAPO-CHICHI L.J.A., WEAVER D.B., MORTON C.M. The use of molecular markers to study genetic diversity in *mucuna*. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 309-318.
- CHRYSOSTOME C. Utilisation des termites pour le démarrage des pintadeaux : essai d'alimentation en milieu rural. In : Proceedings of the International Network for Family Poultry Development (INFPD) workshop, M'Bour, Sénégal, 1997, 117-124.
- COHEN Y., JACQUOT C. Pharmacologie. 6^e éd. Masson : Paris, 2008, 487 p.
- CONSTANTINIDIS J., De La TORRE J.C., TISSOT R., GEISSBUHLER F. La barrière capillaire pour la Dopa dans le cerveau et les différents organes. *Psychopharmacologia*, 1969, **15**, 75-87.
- COSTA G.E.A., QUEIROZ-MONICI K.S., MACHADO REIS S.M.P., OLIVEIRA A.C. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem.*, 2006, **94**, 327-330.
- D'MELLO J.P.F., ACAMOVIC T. *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 1989, **26**, 1-28.
- D'MELLO J.P.F., TAPLIN D.E. *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. *World Rev. An. Prod.*, 1978, **14**, 41-47.
- DELGADO C., ROSEGRANT M., STEINFELD H., EHUI S., COURBOIS C. L'élevage d'ici 2020 : la prochaine révolution alimentaire. International Food Policy Research Institute: Washington, 1999, 82 p.
- DEMAREST K.T., MOORE K.E. Accumulation of L-dopa in the median eminence: an index of tuberoinfundibular dopaminergic nerve activity. *Endocrinology*, 1980, **106**, 463-468.
- DHAR M., CHOWDHURY S.D., ALI M.A., KHAN M.J., PRAMANIK M.A.H. Responses of semi-scavenging F1 crossbred (Rhode Island Red x Fayoumi) grower and pre-layer chickens to diets of different nutrient density formulated with locally available feed ingredients. *J. Poult. Sci.*, 2007, **44**, 42-51.
- DIALLO O.K., KANTE S., MYHRMAN R., SOUMAH M., CISSÉ N.Y., BERHE T. Increasing farmer adoption of *Mucuna pruriens* as human food and animal feed in the Republic of Guinea. In : Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and feed from *mucuna*: current uses and the way forward. Centro Internacional de Informacion sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO) : Tegucigalpa, 2002, 26-29.
- D'MELLO J.P.F. Nutritional potentialities of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in

- monogastric nutrition. In : Speedy A., Pugliese P.-L. (Eds.), Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO : Rome, 1992, 339 p.
- DOSSA C.S., MENSAH G.A., DOSSA A.D., ADOUN C. Influence de divers traitements physico-chimiques de graines de *Mucuna pruriens* sur leur composition chimique en nutriments. *Tropicultura*, 1998, **16**, 141-146.
- DOVONOU H. Influence de la couverture du *Mucuna pruriens* var. *utilis* sur la densité du chiendent. In : Wolf J. (Ed.), Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique sub saharienne. In : Proceedings Regional Conference. International Foundation for Science: Cotonou, Benin, 1994, 401-404.
- EGOUNLETY M. Processing of velvet bean (*Mucuna pruriens* var *utilis*) by fermentation. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 173-181.
- EILITTÄM., BRESSANIR., CAREW L.B., CARSKY R.J., FLORES M., GILBERT R., HUYCK L., ST-LAURENT L., SZABO N.J. *Mucuna* as a food and feed crop: an overview. In : Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and feed from *Mucuna*: current uses and the way forward. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO) : Tegucigalpa, 2003, 18-46.
- EKANEM A.P., OBIKEZIE A., KLOAS W., KNOPF K. Effects of crude extracts of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) and *Carica papaya* (Caricaceae) against the protozoan fish parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Parasitol. Res.*, 2004, **92**, 361-366.
- EMENALOM O.O., UDEDIBIE A.B.I. Evaluation of different heat processing methods on the nutritive value of *Mucuna pruriens* (Velvet Bean) seed meals for broilers. *Int. J. Poultr. Sci.*, 2005, **4**, 543-548.
- ESONU B.O., OPARA M.N., OKOLI I.C., OBIKAONU H.O., UDEDIBIE C., IHESHIULOR O.O.M. Physiological response of laying birds to Neem (*Azadirachta Indica*) leaf meal-based diets: body weight organ characteristics and haematology. *Online J. Health Allied Sc.*, 2006, **5** Adresse URL: <http://www.ojhas.org/issue18/2006-2-4.htm>
- EZEAGU I.E., MAZIYA-DIXON B., TARAWALI G. Seed characteristics and nutrient and antinutrient composition of 12 *mucuna* accessions from Nigeria. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 129-139.
- FARINA L., DEMEY F., HARDOUIN J. Production de termites pour l'aviculture villageoise au Togo. *Tropicultura*, 1991, **9**, 181-187.
- FASUYI A.O., DAIRO F.A.S., ADENIJI A.O. Tropical vegetable (*Amaranthus cruentus*) leaf meal as alternative protein supplement in broiler starter diets: bionutritional evaluation. *J. Cent. Eur. Agr.*, 2008, **9**, 23-33.
- FLORES L., ESNAOLA M.A., MYHRMAN R. Growth of pigs fed diets with *Mucuna* bean flour (*Mucuna pruriens*) compared to soybean meal. In : Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and feed from *Mucuna*: current uses and the way forward. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO) : Tegucigalpa, 2003, 288-305.
- FRU NJI F., NIESS E., PFEFFER E. Effects of raw and heat-treated bambara groundnut (*Vigna subterranea*) on the performance and body composition of growing broiler chicks. *Arch. Anim. Nutr.*, 2003, **57**, 443-453.
- GOWDA S.K., SASTRY V.R.B. Neem (*Azadirachta indica*) seed cake in animal feeding-scope and limitations. *Asian-australas. J. Anim. Sci.*, 2000, **13**, 720-728.
- GOYOAGA C., BURBANO C., CUADRADO C., VARELA A., GUILLAMÓN E., PEDROSA M.M., MUZQUIZ M. Content and distribution of vicine, convicine and L-DOPA during germination and seedling growth of two *Vicia faba* L. varieties. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **227**, 1537-1542.
- GUEYE E.F. Village egg and meat production in Africa. *World Poultr. Sci. J.*, 1998, **54**, 73-86.
- GUGGENHEIM M. Dioxyphenylalanin, eine neue Aminosäure aus *Vicia faba*. *Hoppe-Seyler's Zeitschr. Physiol. Chem.*, 1913, **88**, 276-284.
- GURUMOORTHY P., JANARDHANAN K., MYHRMAN R.V. Effects of differential processing methods on L-dopa and protein quality in velvet bean, an underutilized pulse. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 2008, **41**, 588-596.
- GURUMOORTHY P., SENTHIL KUMAR S., VADIVEL V., JANARDHANAN K. Studies on agrobotanical characters of different accessions of velvet bean collected from Western Ghats, South India. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **2**, 105-115.
- HOFMAN A. Amélioration de l'aviculture traditionnelle aux îles Comores : impact de la semi-claustration et de la complémentation par une provende locale sur la productivité de la volaille locale. [Mémoire de troisième doctorat en Médecine Vétérinaire]. Université de Liège : Liège, 2000, 71 p.
- HORMAN D. Chicken connection : le poulet africain étouffé par l'Europe. Groupe de recherche pour une stratégie économique alternative : Bruxelles, 2004, 136 p.
- HOUNDEKON V., MANYONG V.M., GOGAN C.A., VERSTEEG M.N. Déterminants de l'adoption de mucuna dans le département du Mono au Bénin. [en ligne] (sans date) Adresse URL : http://www.idrc.ca/en/ev-31914-201-1-DO_TOPIC.html Consulté le 21/05/2008.
- HUSSAIN G., MANYAMB.V. *Mucuna pruriens*, proves more effective than L-dopa in Parkinson's disease animal model. *Phytother. Res.*, 1997, **11**, 419-423.
- IGEA.O., ODUNSIA.A., AKINLADE J.A., OJEDAPO L.O., AMEEN S.A., ADERINOLA O.A., RAFIU T.A. *Gliricidia* leafmeal in layer's diet : effect on performance, nutrient digestibility and economy of production. *J. Anim. Vet. Adv.*, 2006, **5**, 483-486.
- IHEUKWUMERE F.C., NDUBUISI E.C., MAZI E.A., ONYEKWERE M.U. Performance, nutrient utilization and organ characteristics of broilers fed Cassava leaf meal

- (*Manihot esculenta* Crantz). *Pakistan J. Nutr.*, 2008, **7**, 13-16.
- INGLE P.K. L-dopa bearing plants. *Nat. Prod. Radiance*, 2003, **2**, 126-133.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE Troisième recensement général de la population et de l'habitat de février 2002 : synthèse et analyse des résultats. Institut national de la Statistique et de l'Analyse Economique : Cotonou, 2003.
- IYAYI E.A., TAIWO V.O., FAGBOHUN A.O. Performance, carcass characteristics, haematological and histopathological studies of broilers fed mucuna (*Mucuna utilis*) bean meal based diets. *Isr. J. Vet. Med.*, 2005, **60**, 51-58.
- JANARDHANAN K., GURUMOORTHY P., PUGALENTHI M. Nutritional potential of five accessions of a south indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* var *utilis*: the effect of processing methods on the content of L-dopa, phytic acid, and oligosaccharides. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 141-152.
- JANSEN P.C.M. *Mucuna poggei* Taub. Record from Protabase [en ligne] (2005) Adresse URL : <http://database.prota.org/search.htm> Consulté le 3 mars 2009.
- JOSEPHINE R.M., JANARDHANAN K. Studies on chemical composition and antinutritional factors in three germplasm seed materials of the tribal pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Food Chem.*, 1992, **43**, 13-18.
- JUNE L., ULEP P., BUANEFE M.M. Performance of broilers fed with snail (*Pomacea caniculata*) meal as substitute to fish meal or meat and bone meal. *Tropicultura*, 1991, **9**, 58-60.
- KAKENGI A.M.V., KAIJAGE J.T., SARWATT S.V., MUTAYOBA S.K., SHEM M.N., FUJIHARA T. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2007, **19** [en ligne] Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd19/8/kake19120.htm>
- KHATUN A., ALI M.A., DINGLE J.G. Comparison of the nutritive value for laying hens of diets containing Azolla (*Azolla pinnata*) based on formulation using digestible protein and digestible amino acid versus total protein and total amino acid. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1999, **81**, 43-56.
- KIFFL., POUNDB., HOLDSWORTH R. Cover crops: a review and database for field users. Natural Resources Institute : Chatham, 1996, 180 p.
- LAURENA A.C., RODRIGUEZ F.M., SABINO N.G., ZAMORA A.F., MENDOZA E.M.T. Amino acid composition, relative nutritive value and *in vitro* protein digestibility of several Philippine indigenous legumes. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 1991, **41**, 59-68.
- LIENER I.E. Antinutritional factors related to proteins and amino acids. In : Hui Y.H., Gorham J.R., Murrel K.D., Cliver D.O. (Eds.), *Foodborne disease handbook*. Marcel Dekker : New York, 1994, 261-309.
- LORENZETTI F., MACISAAC S., ARNASON J.T., AWANGA D.V.C., BUCKLES D. The phytochemistry, toxicology, and food potential of velvet bean. In : Buckles D., Eteka E., Osiname O., Galiba M., Galiano G. (Eds.), *Cover crops in West Africa: contributing to sustainable agriculture*. International Development Research Centre : Ottawa, 1998, 67-84.
- MAGDI A.O. Effect of different processing methods, on nutrient composition, antinutritional factors, and *in vitro* protein digestibility of *Dolichos Lablab* bean. *Pakistan J. Nutr.*, 2007, **6**, 299-303.
- MAKKAR H.P.S., BECKER K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1996, **63**, 211-228.
- MANYAM B.V. An alternative medicine treatment for Parkinson's disease: results of a multicenter clinical trial. HP-200 in Parkinson's Disease Study Group. *J. Altern. Complement. Med.*, 1995, **3**, 249-255.
- MANYONG M.V., HOUNDEKON A.V., SANGINGA C.P., VISSOH P., HONLONKOU N.A. Mucuna fallow diffusion in Benin : impact. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) : Ibadan, 1999, 21 p.
- MOHAN V.R., JANARDHANAN K. Chemical analysis and nutritional assessment of lesser known pulses of the genus, *Mucuna*. *Food Chem.*, 1995, **52**, 275-280.
- MOONS L., VAN GILS J., GHIJSELS E., VANDESANDE F. Immunocytochemical localization of L-DOPA and dopamine in the brain of the chicken (*Gallus domesticus*). *J. Comp. Neurol.*, 1994, **346**, 97-118.
- MURRAY R.K., GRANNER D.H., MAYES P.A., RODWELL V.W. Biochimie de Harper. De Boeck Université : Bruxelles, 2002, 933 p.
- MYHRMAN R. Detection and removal of L-dopa in the legume *Mucuna* In : Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), *Food and feed from Mucuna: current uses and the way forward*. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO) : Tegucigalpa, 2002, 142-163.
- NAJIB H., AL-DOSARI M.N., AL-WESALI M.S. Use of Samh seeds (*Mesembryanthemum forsskalei* Hochst) in the laying hen diets. *Int. J. Poult. Sci.*, 2004, **3**, 287-294.
- NYIRENDA D., MUSUKWA M., JONSSON L.O. The effects of different processing methods of velvet beans (*Mucuna pruriens*) on L-dopa content, proximate composition and broiler chicken performance. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 253-260.
- OMOIKHOJE S.O., ARUNA M.B., BAMGBOSE A.M. Effect of cooking time on some nutrient and antinutrient components of bambaragroundnut seeds. *Anim. Sci. J.*, 2009, **80**, 52-56.
- ONIBI G.E., FOLORUNSO O.R., ELUMELU C. Assessment of partial equi-Protein replacement of Soyabean meal with Cassava and Leucaena leaf meals in the diets of Broiler Chicken finishers. *Int. J. Poult. Sci.*, 2008, **7**, 408-413.

- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE World egg and poultry meat production, trade, and supply present and the future. FAO : Rome, 2001, 24 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE Protein Quality Evaluation: report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO : Rome, 1990, 23 p.
- POUSGA S., BOLY H., LINDBERG J.E., OGLE B. Evaluation of traditional Sorghum (*Sorghum bicolor*) beer residue, sheanut (*Vitellaria paradoxa*) cake and cottonseed (*Gossypium spp*) cake for poutry in Burkina Faso, availability and amino acid digestibility. *Int. J. Poult. Sci.*, 2007, **6**, 666-672.
- PUGALENTHI M., VADIVEL V. Agro biodiversity of eleven accessions of *Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck (velvet bean) collected from four districts of South India. *Gen. Res. Crop Evol.*, 2007, **54**, 1117-1124.
- PUGALENTHI M., VADIVEL V., SIDDHURAJU P. Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. *Utilis* : review. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2005, **60**, 201-218.
- RAJARAM N., JANARDHANAN K. The biochemical composition and nutritional potential of the tribal pulse, *Mucuna gigantean* (Willd) DC. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 1991, **41**, 45-51.
- RAVINDRAN V., KORNEGAY E.T., RAJAGURU A.S.B., NOTTER D.R. Cassava leaf meal as a replacement for coconut oil meal in pig diets. *J. Sci. Food Agric.*, 1987, **41**, 45-53.
- RAVINDRAN V., RAVINDRAN G. Nutritional and anti-nutritional characteristics of *Mucuna* (*Mucuna utilis*) bean seeds. *J. Sci. Food Agric.*, 1988, **46**, 71-79.
- REHINAN Z.-U., RASHID M., SHAH W.H. Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chem.*, 2004, **85**, 245-249.
- SANDLER M., JOHNSON R.D., RUTHVEN C.R.J., REID J.L., CALNE D.B. Transamination is a major pathway of L-dopa metabolism following peripheral decarboxylase inhibition. *Nature*, 1974, **247**, 364-366.
- SARWATT S.V., KATULE A.M., LUGENDO A.J.H. Effects of substituting dolichos bean meal with soya bean meal on the performance of broiler chicken. *Livest. Res. Rural Dev.*, 1991, 3 [en ligne] Adresse URL : <http://www.lrrd.org/lrrd3/1/sarwatt.htm>
- SHUKLA K.K., MAHDI A.A., AHMAD M.K., JAISWAR S.P., SHANKWAR S.N., TIWARI S.C. *Mucuna pruriens* reduces stress and improves the quality of semen in infertile men. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*, 2007, [en ligne] doi:10.1093/ecam/nem171 Adresse URL : <http://ecam.oxfordjournals.org/cgi/content/full/nem171v1>
- SIDDHURAJU P., BECKER K. Effect of various domestic processing methods on antinutrients and *in vitro* protein and starch digestibility for two indigenous varieties of Indian tribal pulse, *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 3058-3067.
- SIDDHURAJU P., BECKER K. Nutritional and antinutritional composition, *in vitro* amino acid availability, starch digestibility and predicted glycemic index of differentially processed mucuna beans (*Mucuna pruriens* var. *utilis*): an under-utilised legume. *Food Chem.*, 2005, **91**, 275-286.
- SIDDHURAJU P., BECKER K., MAKKER H.S. Studies on the nutritional composition and antinutritional factors of three different germplasm seed materials of an under-utilized tropical legume, *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 6048-6060.
- SIDDHURAJU P., VIJAYAKUMARI K., JANARDHANAN K. Chemical composition and protein quality of the little known legume Velvet bean (*Mucuna pruriens* L.DC.). *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 2636-2641.
- SIDDIQI S., TARIQ M., BINA S.S., SHAHEEM F. Isolation of a triterpenoid from *Azadirachta indica*. *Phytochemistry*, 1986, **25**, 2183-2186.
- SONAIYA E.B. Feed resources for smallholder rural poultry in Nigeria. *World Anim. Rev.*, 1995, **82**, 25-33.
- SRIDHAR K.R., BHAT R. Agrobotanical, nutritional and bioactive potential of unconventional legume: mucuna. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2007, 19 [en ligne] Adresse URL : <http://lrrd.org/lrrd19/9/srid19126.htm>
- ST LAURENT L., LIVESEY J., ARNASON J.T., BRUNEAU A. Variation in L-dopa concentration in accessions of *Mucuna pruriens* (L.) DC and in *Mucuna brachycarpa* Rech. In : Flores M., Eilittä M., Myhrman R., Carew L.B., Carsky R.J. (Eds.), Food and feed from mucuna: current uses and the way forward. Centro Internacional de Informacion sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO) : Tegucigalpa, 2002, 352-375.
- TAKASAKI S., KAWAKISHI S. Formation of protein bound 3,4 dihydroxyphenylalanine and 5-S-cysteinyl-3,4-dihydroxyphenylalanine as new cross linkers in gluten. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 3472-3475.
- TANGENDJAJA B., RAHARJO Y.C., LOWRY J.B. Leucaena leaf meal in the diet of growing rabbits: evaluation and effect of a low-mimosine treatment. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1990, **29**, 63-72.
- TEIXEIRA A.A., RICH E.C., SZABO N.J. Water extraction of L-dopa from *mucuna* bean. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 159-171.
- TULEUN C.D., CAREW S.N., AJIJI I. Feeding value of velvet beans (*Mucuna utilis*) for laying hens. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2008, **20** [en ligne] Adresse URL : <http://lrrd.org/lrrd20/5/tule20081.htm>
- TULEUN C.D., IGBA F. Growth and carcass characteristics of broiler chickens fed water soaked and cooked velvet bean (*Mucuna utilis*) meal. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 2676-2681.
- UDEDIBIE A.B.I., MBA U.N. Studies on the use of pigeon pea (*Cajanus cajan*) as feed ingredient in layers diet. *J. Appl. Chem. Agri. Res.*, 1994, **1**, 1-5.

- UDEDIBIE A.B.I., OPARA C.C. Responses of growing broilers and laying hens to the dietary inclusion of leaf meal from *Alchornea cordifolia*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1998, **71**, 157-164.
- UDENSI E.A., IJEH I.I., KANU C.P. Effect of processing on the toxicity of *Mucuna jaspada* flour. *Afr. J. Biotechnol.*, 2008, **7**, 3357-3359.
- UKACHUKWU S.N., OBIOHA F.C. Chemical evaluation of *Mucuna cochinchinensis* as alternative protein feedstuff. *J. Appl. Chem. Agric. Res.*, 1997, **4**, 34-38.
- UKACHUKWU S.N., SZABO N.J. Effect of processing, additives and vitamin B6 supplementation of *Mucuna pruriens* var *cochinchinensis* on broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 227-237.
- VADIVEL V., PUGALENTHI M. Effect of soaking in sodium bicarbonate solution followed by autoclaving on the nutritional and antinutritional properties of velvet bean seeds. *J. Food Process. Preserv.*, 2009, **33**, 60-73.
- VADIVEL V., PUGALENTHI M. Biological value and protein quality of raw and processed seeds of *Mucuna pruriens* var. *utilis*. *Livest. Res. Rural Dev.*, 2007, 19 [en ligne] Adresse URL : <http://www.lrrd.org/lrrd19/7/vadi19097.htm>
- VADIVEL V., PUGALENTHI M. Effect of various processing methods on the levels of antinutritional constituents and protein digestibility of *Mucuna pruriens* (L.) Dc. Var. *Utilis* (wall. Ex wight) baker ex burck (velvet bean) seeds. *J. Food Biochem.*, 2008, **32**, 795-812.
- VERMA S.V.S., GOWDA S.K., ELANGOVA A.V. Response of single comb White Leghorn layers to dietary inclusion of raw or alkali-treated neem (*Azadirachta indica*) kernel meal. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1998, **76**, 169-175.
- VERSTEEG M.N., KOUDOKPON V. *Mucuna* helps control *Imperata* in southern Benin. *West Afr. Farming Syst. Res. Network Bull.*, 1990, **7**, 7-8.
- VERSTEEG M.N., KOUDOKPON V. Participative farmer testing of four low external input technologies, to address soil fertility decline in Mono Province (Benin). *Agric. Syst.*, 1993, **42**, 265-276.
- VIJAYAKUMARI K., PUGALENTHI M., VADIVEL V. Effect of soaking and hydrothermal processing methods on the levels of antinutrients and *in vitro* protein digestibility of *Bauhinia purpurea* L. seeds. *Food Chem.*, 2007, **103**, 968-975.
- VIJAYAKUMARI K., SIDDHURAJU P., JANARDHANAN K. Effect of different post-harvest treatments on antinutritional factors in seeds of the tribal pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 1996, **47**, 263-272.
- VIJAYAKUMARI K., SMITHA K.B., JANARDHANAN K. Biochemical characterization of the tribal pulse, *Mucuna utilis* Wall ex. Wight Seeds. *J. Food Sci. Technol.*, 2002, **39**, 650-653.
- VISSOH P., MANYONG V.M., CARSKY J.R., OSEI-BONSU P., GALIBA M. Experiences with *Mucuna* in West Africa. In : Buckles D., Eteka A., Osiname O., Galiba M., Galiano G., (Eds.), Cover crops in West Africa: contributing to sustainable agriculture. International Development Research Centre (IDRC) : Ottawa, 1998, [en ligne] AdresseURL : http://www.idrc.ca/es/ev-31912-201-1-DO_TOPIC.html Consulté le 5/12/2008.
- VORSTER A., ADJOVI A., DEMEY F. Protéines dans les aliments des poules : l'utilisation d'*Eudrilus eugeniae* et *Eisenia fetida* dans des conditions tropicales. *Bull. RADAR.*, 1992, **2**, 1-3.
- WANJEKECHE E., WAKASAI V., MUREITHI J.G. Effect of germination, alkaline and acid soaking and boiling on the nutritional value of mature and immature mucuna (*Mucuna pruriens*) beans. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 2003, **1**, 183-192.
- WARRIER P.K., NAMBIAR V.P.K., RAMANKUTTY C. Indian medicinal plants: a compendium of 500 species. Vol. I. Sangam Books Limited : London, 1996, **4**, 68-72.
- WEBER G.K., ROBERT A.B.C., CARSKY J.R. Handbook for use of LEXSYS (Legume Expert System): decision support for integrating herbaceous legumes into farming systems. International Institute of Tropical Agriculture: Ibadan, Nigeria, 1997, 31 p.
- WICHERS H.J., PRAS N., HUIZING H.J. *Mucuna pruriens*: *in vitro* production of L-dopa. In : Bajaj YPS (Ed.), Biotechnology in Agriculture and Forestry. Springer-Verlag: Berlin, 1989.
- WYLLIE D., CHAMANGA P.J. Cassava leaf meals in broiler diets. *Trop. Anim. Prod.*, 1979, **4**, 232-240.