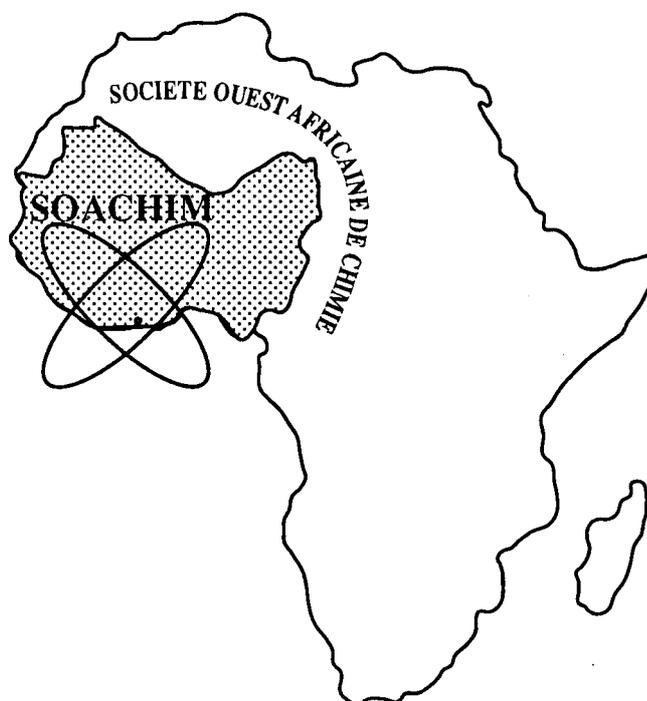


# Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

*J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*  
Code Chemical Abstracts : JSOCF2  
Cote INIST (CNRS France) : <27680>

ISSN 0796-6687

**17<sup>ème</sup> Année, Juin 2012, N° 033**



Site Web: <http://www.soachim.org>

## Fractionnement des graines et composition biochimique des coques de quatre oléagineux acclimatés au Bénin

Tindo Sébastien Djenontin<sup>1</sup>, Edwige Dahouénon-Ahoussi<sup>1</sup>, Justine Dangou<sup>1</sup>, Valentin D. Wotto<sup>1</sup>, Félicien Avlessi<sup>1</sup>, Paul Lozano<sup>2</sup>, Daniel Pioch<sup>2</sup>, Dominique C. K. Sohounhloué<sup>1\*</sup>

1- Laboratoire d'Étude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009 Cotonou (République du Bénin).

2- CIRAD, UMR GPEB Génie des Procédés – Eau, Bioproduits, Montpellier, France.

(Reçu le 08/03/2012 – Accepté après corrections le 10/05/2012)

**Résumé :** Dans le présent travail, quatre espèces oléagineuses acclimatées au Bénin: *Annona squamosa* (Annonacée) ; *Azadirachta indica*, *Carapa procera* (Méliacées) et *Parkia biglobosa* (Mimosacée) sont sélectionnées suivant un système de cotation allant de 1 à 4. Les graines sont fractionnées afin d'estimer la valeur pondérale des co-produits (coques, tourteau et huile). La composition pariétale des coques est déterminée par la méthode de van Soest et les éléments minéraux sont dosés par ICP. Les coques constituent 33 à 46% du poids des graines, avec des teneurs en cellulose et lignine élevées (61-71% et 16,58 – 38,04% respectivement), contrairement à celles de *P. biglobosa* qui en sont moins pourvues (24,6 et 11,4% respectivement) mais qui sont relativement riches en éléments minéraux (5,1%). Les coques de *A. squamosa* et de *P. biglobosa* sont riches en protéines totales et en amidon (8,7 et 5,7% ; 7,74 et 5,74% respectivement). Ces coques ont révélé des teneurs plus faibles que celles requises pour des applications en alimentation animale, mais peuvent servir de matière première pour l'extraction de lignine et de cellulose dans les industries de colles et de pâte à papier.

**Mots clés :** oléagineux, co-produits, composition biochimique, valorisation, Bénin.

## Fractionation of seeds and biochemical composition of four oleaginous husks from Benin

**Abstract:** In this work, four oil bearing seeds from Benin: *Annona squamosa* (Annonaceae); *Azadirachta indica*, *Carapa procera* (Meliaceae) and *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) were selected according to a quotation system ranged from 1 to 4. The by-products of the seeds (husks, oil cake and oil) were evaluated by fractionation and the parietal composition of the husks was determined by van Soest method and the mineral matter by ICP. The results show that the husks ranged from 33 to 46% of seeds, with a noticeable amount of cellulose and lignin (61-71% and 16.58 – 38.04% respectively), contrary to those of *P. biglobosa* which are poorest (24.6 and 11.4% respectively) but are relatively rich in mineral (5.1%). The husks of *A. squamosa* and *P. biglobosa* are rich in total proteins and starch (8.7, 5.7%; 7.74, 5.74% respectively). These data although weaker than those necessary for animal feeds, would allow the uses of the husks as raw material for the industrial extraction of cellulose and lignin for adhesives and paper pulp production.

**Keywords:** Oil bearing seeds, by-products, biochemical composition, valorization, Benin.

---

\* Auteur de correspondance : [ksohoun@bj.refer.org](mailto:ksohoun@bj.refer.org)

## 1. Introduction

Le Bénin est doté d'une riche biodiversité, mais est confronté à un déficit technique en termes de connaissance chimique, de procédés et d'équipements nécessaires à sa valorisation<sup>[1]</sup>. Au Bénin, *Azadirachta indica* (neem) et *Parkia biglobosa* sont disponibles. Les graines décortiquées de cette dernière espèce sont d'ores et déjà exploitées pour la préparation du « *afitin* », l'homologue du « *soumbala* ». Cependant, la valorisation à l'échelle industrielle de ces plantes nécessiterait des progrès en termes de rationalité, par exemple, la valorisation des coques. Celle-ci passe d'abord par la connaissance chimique de la totalité de la biomasse (par opposition au concept de l'extraction de l'huile et des tourteaux). La valorisation optimisée de la biomasse devrait plaider en faveur de la sauvegarde d'autres espèces menacées (ou peu connues) comme *Carapa procera* et susciter des plantations familiales pour d'autres comme *Annona squamosa*.

Les graines protéagineuses et oléagineuses ont une teneur élevée en protéines et en énergie, mais leurs protéines sont rapidement dégradées dans le rumen, provoquant un gaspillage d'azote. De nombreuses études ont montré comment diminuer la dégradabilité des protéines, mais les applications sont réduites du fait de l'importance actuelle du soja<sup>[2]</sup>. Le décorticage des graines avant l'extraction de l'huile peut être une solution à ce problème mais cela engendre le rejet des coques dont la densité (environ 0,215) ne favorise pas un transport rentable sur les lieux de traitement. Cela pose le problème de leur stockage et ensuite de leur valorisation<sup>[3]</sup>.

De nombreux travaux ont porté sur la valeur alimentaire des coques pour les porcs<sup>[4-6]</sup>. En revanche, la littérature apparaît moins pourvue en informations concernant les produits de décorticage des graines oléagineuses. Or l'industrie de l'alimentation animale et bien d'autres utilisent de plus en plus ces matériaux pour obtenir des produits à plus forte valeur ajoutée (colles, pâte à papier)<sup>[3, 5-7]</sup>. La séparation convenable des différentes parties (fractionnement) complétée par une

caractérisation chimique fine pourrait favoriser leur valorisation comme engrais, aliment du bétail ou matières premières industrielles.

Dans le présent travail, quatre espèces : *A. squamosa* (Annonacée) ; *A. indica*, *C. procera* (Méliacées) et *P. biglobosa* (Mimosacée) ont été sélectionnées suivant un système de cotation. Leurs graines ont été fractionnées afin de séparer et de quantifier les différents co-produits (coques, tourteaux et huile). La composition pariétale des coques a été déterminée par la méthode de van Soest<sup>[8-10]</sup> et les éléments minéraux par ICP (Plasma à Couplage Inductif).

## 2. Partie expérimentale

### 2.1. Matériel végétal

Les fruits et graines sont collectés dans le sud du Bénin et certifiés par le Service de Protection des Végétaux à Porto-Novo (Certificat phytosanitaire n°0003002/05/SPVCP/DAGRI du 10 février 2005). Les fruits frais de *A. squamosa* ont été collectés à Covè (Département du Zou) et les graines en sont séparées manuellement. Les graines de *A. indica* sont collectées à Abomey-Calavi (Département de l'Atlantique) ; celles de *C. procera*, dans la forêt classée de Sakété (Département des Plateaux) et enfin celles de *P. biglobosa* sur le parc néré du plateau d'Abomey (Zogbodomey, Département du Zou).

Les critères de sélection des espèces sont : (i) la disponibilité de la biomasse au Bénin, (ii) l'activité insecticide prouvée dans des formulations phytosanitaires ou en protection du bois, (iii) le volume de la littérature scientifique, (iv) la possibilité de filière de production et de valorisation (possibilité d'organiser la collecte), (v) opportunité d'innovations. Cette liste de critères reflète bien le contexte d'application des résultats au bénéfice du développement durable.

Le classement par score est un système de sommation des cotations de chaque critère allant de 0 à 4 correspondant respectivement à inconnue (0) ; faible (1) ; moyen (2) ; élevé (3) ; très élevé (4).

## 2.2. Fractionnement des graines

Les graines ont été stabilisées par séchage au soleil, ensuite décortiquées manuellement. Les amandes et les coques sont triées et séparées manuellement. Les coques ont été broyées à l'aide d'un broyeur de type Retsch ZM 100 (GmbH et Co, Hann Germany). Les poudres obtenues sont tamisées afin d'obtenir des fractions de 0,8 mm de granulométrie.

Les amandes ont été broyées mécaniquement dans un Moulinex et tamisées afin d'obtenir des fractions de 0,8 mm de granulométrie sur lesquelles les huiles ont été extraites au Soxhlet à l'hexane à 69°C suivant le protocole de la norme NF V03-924.

Le pourcentage des différentes parties est rapporté à la matière sèche.

## 2.3. Caractérisation chimique et biochimique des coques

La matière sèche, la matière minérale, la matière grasse, la cellulose brute, les constituants pariétaux sont déterminés respectivement par les normes françaises AFNOR, NF V 18-109, NF V18-101, NF V 18-117, NF V 03-040, NF V 18-122. Les éléments minéraux (N, P, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Na) sont dosés par ICP (Plasma à Couplage Inductif) après minéralisation de l'échantillon selon la procédure par voie sèche. Le spectromètre, de marque Varian Vista, est équipé du détecteur CCD (Coupled Charge Device). La teneur en azote total a été déterminée par la méthode DUMAS et convertie en protéines totales par le facteur 6,25.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Classement et cotation des espèces

Le classement par score des quatre oléagineux est présenté sur le **Tableau I**. Les quatre espèces choisies pour ces travaux sont cotées dans l'ordre suivant : *A. indica* (16), *A. squamosa* (14), *P. biglobosa* (12), *C. procera* (11).

*A. squamosa* et *A. indica* ont les potentiels insecticides les plus élevés, cependant *A. squamosa* a été moins étudiée que *A. indica* d'après la littérature<sup>[11,12]</sup>.

Bien que le potentiel insecticide de *P. biglobosa* soit très faible, cette espèce est importante car ses graines décortiquées sont utilisées dans l'alimentation pour la fabrication d'un condiment appelé « *afitin* » au Bénin et « *Soumbala* » dans la sous-région Ouest-Africaine. Le choix de cette espèce est soutenu par le souci d'apporter une contribution à la caractérisation complète de ses graines afin de diversifier les co-produits valorisables et soutenir la relance de cette filière, mise en difficulté au Bénin par l'émergence du soja importé.

Les études sur *C. procera* sont assez anciennes<sup>[13,14]</sup>. Le choix de cette espèce qui possède déjà une filière artisanale de production en Amazonie (Brésil) par exemple, permettrait de réactualiser et de compléter les données de la littérature. Cette espèce est menacée car elle a fait l'objet depuis longtemps d'une surexploitation à cause du commerce florissant de son bois comme bois d'œuvre et « *cure-dents* ».

**Tableau I :** Classement selon différents critères des quatre oléagineux

Critères	<i>Annona squamosa</i>	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Carapa procera</i>	<i>Parkia biglobosa</i>
Famille botanique	<i>Annonaceae</i>	<i>Méliaceae</i>	<i>Méliaceae</i>	<i>Mimosaceae</i>
Disponibilité de la biomasse au Bénin	Grande (3)	Très Grande (4)	Faible (1)	Grande (3)
Activité insecticide prouvée	Très Grande (4)	Très Grande (4)	Grande (3)	Faible (1)
Volume de la littérature scientifique	Moyenne (2)	Très Grande (4)	Faible et vieille (1)	Moyenne (2)
Possibilité de filière de production et de valorisation	Moyenne (2)	Grande (3)	Existante (cure-dent) (4)	Très grande (4)
Opportunités d'innovations scientifiques	Grande (3)	Faible (1)	Moyenne (2)	Moyenne (2)
Total des cotations	(14)	(16)	(11)	(12)

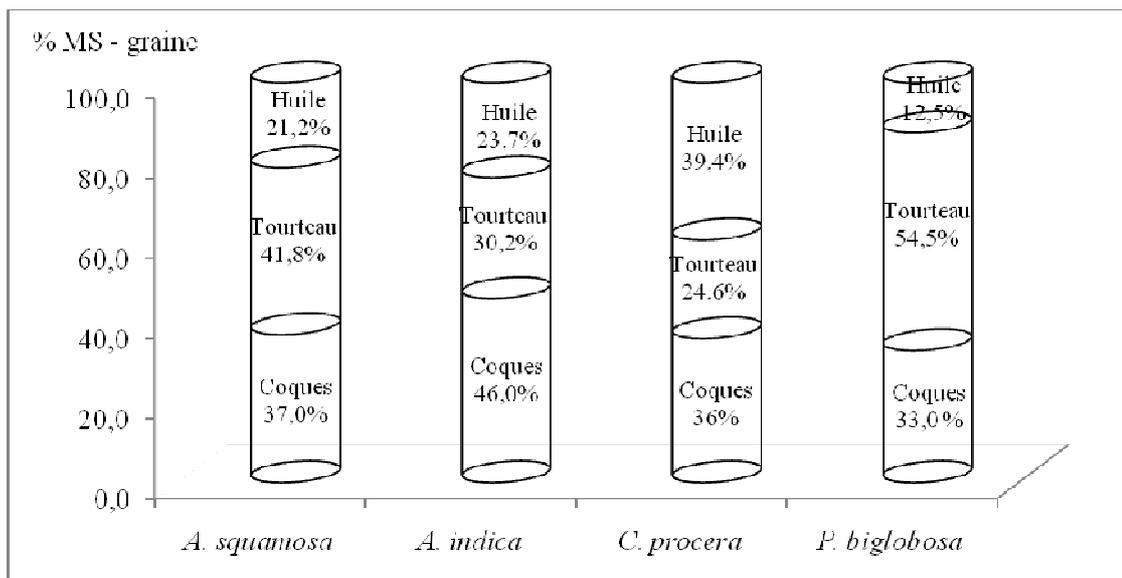
### 3.2. Fractionnement des graines

Les pourcentages de coques varient entre 33 et 46% (**Figure 1**). Ces données ne sont pas négligeables et montrent qu'une bonne rationalité de la filière passerait par leur valorisation. Cependant, selon Grosjean et al <sup>[3]</sup> les coques ont une densité faible ( $d = 0,215$  mesurée au Niléma-litre) et cela est un handicap pour un transport économique vers les usines de transformation. Néanmoins la composition chimique détaillée de cette fraction pourrait conférer une valeur ajoutée. Par exemple, la valorisation énergétique sur place comme cela est observée dans les huileries pour alimenter les fourneaux, mais aussi l'extraction préalable de composés utiles comme la lignine et la cellulose pour la fabrication de produits à forte valeur ajoutée (colle, pâte à papier).

Au regard des teneurs en huile (12,5-39,4p-graines), en dehors de *P. biglobosa*, toutes les huiles peuvent être extraites des graines par simple presse mécanique qui est une technologie facile à mettre en place au plan semi-industriel au niveau rural. Ces teneurs sont supérieures à celle du soja (14-18%) et du même ordre de grandeur que celles du colza (37%) et du tournesol (32%) qui sont d'ores et déjà exploités industriellement. *A. indica* et *A. squamosa* après extraction de l'huile donnent des pourcentages de tourteaux élevés (30,2 et

41,8% respectivement) la valeur la plus élevée étant pour *P. biglobosa* (54,5%) (**Figure 1**). Les graines de *P. biglobosa* sont déjà valorisées comme condiment au Bénin, mais une rationalité pourrait être atteinte par une extraction préalable de la matière grasse des graines afin de diversifier les sous-produits. En effet, des technologies agroalimentaires similaires à celles appliquées aux amandes de *Irvingia gabonensis* peuvent être développées pour *P. biglobosa*. C'est le cas par exemple de « *Ogbono cubes* » fabriqués à partir d'amandes délipidées, utilisés au Nigéria pour la préparation des sauces, la pâte « *N'do* » du Cameroun, le pain « *Dika* » du Gabon et de la Guinée Equatoriale <sup>[15,16]</sup>. Ces amandes peuvent aussi être utilisées industriellement pour la fabrication de moutarde qui est un produit commercial à forte valeur ajoutée.

La caractérisation des tourteaux de *A. indica* a été complètement déterminée et discutée par Gowda et al <sup>[17]</sup> et Djenontin et al <sup>[18]</sup> qui en plus, a caractérisé les tourteaux et l'huile de *C. procera*. La valorisation des tourteaux peut être limitée en dehors de *P. biglobosa* par la présence des principes amérissants et autres composés toxiques. A ce propos, les procédés de détoxification en vue d'une valorisation en alimentation humaine ont été largement discutés dans la littérature <sup>[19, 20]</sup>.



**Figure 1 :** Composition pondérale des différentes parties des graines

### 3.3. Caractérisation biochimique des coques

Les tableaux II et III présentent les résultats de l'analyse des coques et les données ont été comparées à celles de la littérature [3, 5, 8]. Mis à part *P. biglobosa*, la biomasse collectée a été caractérisée dans sa totalité. Des investigations ultérieures devront permettre de compléter la caractérisation des coques de cette espèce. La stabilisation post-récolte a été suffisante car les taux d'humidité sont de l'ordre de 10% voire inférieurs. L'humidité de 10,8% trouvée pour *P. biglobosa* serait liée aux résidus de pulpe jaune hygroscopique restée sur ces coques.

Les teneurs en minéraux sont faibles (0,77 – 2,27%) pour *A. squamosa*, *A. indica* et *C. procera*. Ce constat limite l'intérêt des coques de graines comme aliments du bétail et surtout comme engrais. Ces valeurs sont proches des teneurs en minéraux des tourteaux d'arachide, de coton et de soja (3 – 7%), ce qui favoriserait leur utilisation en alimentation des ruminants et comme engrais, mais les teneurs en matière azotée (3,3 - 8,7%) sont assez faibles pour une telle utilisation. Comparée aux données de la littérature, on observe que seule la matière minérale de *P. biglobosa* (5,13%) est supérieure à celle du pois expérimenté dans l'alimentation des porcs [3].

Les teneurs en matière grasse sont assez faibles (1,23 – 4,79%) et sont du même ordre que les données requises pour une alimentation du bétail [5, 6]. Les coques de *A. squamosa*, *A. indica* et *C. procera* ont des teneurs en cellulose et lignine élevées (56,49 – 77,68% et 16,58 – 38,04% respectivement). Ces composés pourraient être extraits préalablement par des procédés appropriés pour des applications dans l'industrie des colles et pâte à papier [21-25] et pour extraire des tannins [26]. Les coques de *P. biglobosa* sont pauvres en cellulose (24,61%) et

en lignine (11,35%) mais sont relativement riches en éléments minéraux (5,13%) contrairement aux autres graines qui pourraient servir comme source de cellulose et de lignine, surtout pour *C. procera* qui a donné les teneurs les plus élevées. Les teneurs en amidon sont relativement élevées pour *A. squamosa* et *P. biglobosa* (7,74 et 5,74% respectivement) mais restent inférieures aux données mentionnées par Grosjean et al [3] pour une alimentation porcine (12,7%).

Les protéines totales (3,3 – 8,7%) sont plus faibles que les valeurs requises pour les aliments du lapin (16%), mais sont du même ordre de grandeur pour l'alimentation des porcs en ce qui concerne *A. squamosa* (8,7%), sous réserve des tests de digestibilité à cause de la teneur élevée en fibres.

Le tableau III donne les éléments minéraux dans les coques des quatre graines sélectionnées. L'analyse détaillée des éléments minéraux montre que les proportions en N, P, K sont plus élevées pour *A. squamosa* (1,4 ; 0,07 et 0,3% respectivement). *C. procera* contient les teneurs les plus faibles (0,5 ; 0,01 et 0,2% respectivement) et *P. biglobosa* contient (1,0 ; 0,07 et 1,4% respectivement de N, P, K). Ces valeurs sont néanmoins assez faibles pour qu'on envisage une application comme engrais, même si la teneur en azote de *A. squamosa* (1,4%) est plus proche de celle des coques de pois (1,2%).

Il est à noter les teneurs relativement élevées en calcium (0,6%), en sodium (148 ppm), manganèse (254 ppm) et en fer (85 ppm) des coques de *P. biglobosa*. Sans concentration préalable, cette application comme engrais ne sera pas rentable.

Les coques sont alors principalement constituées de cellulose et ne constituent pas une source importante de matière minérale.

**Tableau II :** Composition biochimique des coques Source : a [3] ; b [5, 6]

(%MS-coque)	<i>Annona squamosa</i>	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Carapa procera</i>	<i>Parkia biglobosa</i>	Coques de pois <sup>a</sup>	Aliment de lapin <sup>b</sup>
Humidité	6,5	6,7	9,4	10,8	13	< 10
Matière minérale	1,37	2,27	0,77	5,13	3,4	-
Matière grasse	4,04	2,96	1,23	4,79	0,7	3
CBW	56,49	69,14	77,68	24,61	50,2	14
NDF	84,02	88,58	92,78	48,09	65,8	-
ADF	67,64	64,83	78,21	39,13	56,2	-
ADL	18,66	16,58	38,04	11,35	0,3	5
Amidon	7,74	3,36	0,12	5,74	12,7	-
Protéines	8,7	3,4	3,3	5,7	7,5	16

**Tableau III : Eléments minéraux des coques** Source : a [3] ; b [5, 6]

(%MS-coque)	<i>Annona squamosa</i>	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Carapa procera</i>	<i>Parkia biglobosa</i>	Coques de pois <sup>a</sup>	Aliment de lapin <sup>b</sup>
Azote (%)	1,4	0,5	0,5	1,0	1,2	2,6
Phosphore (%)	0,07	0,04	0,01	0,07	0,1	0,5
Calcium (%)	0,2	0,3	0,1	0,62	0,5	1,1
Potassium (%)	0,3	0,2	0,2	1,4	-	1
Magnésium (%)	0,07	0,04	0,04	0,26	-	0,3
Sodium (ppm)	15	11	29	148	-	22
Fer (ppm)	36	19	12	85	-	-
Cuivre (ppm)	14	8	7	9,5	-	-
Manganèse (ppm)	12	22	1	254	-	-
Zinc (ppm)	12	11	6	61	-	-

#### 4. Conclusion

Dans le présent travail, quatre espèces à savoir *A. squamosa* (Annonacée) ; *A. indica* et *C. procera* (Méliacées), *P. biglobosa* (Mimosacée) ont été sélectionnées suivant un système de sommation de cotation allant de 1 à 4. Les graines ont été fractionnées afin d'estimer la valeur pondérale des co-produits (coques, tourteau et huile).

Les données issues de la caractérisation des quatre coques sont faibles par rapport à celles requises pour l'alimentation du lapin mais sont plus proches des données en rapport avec les porcins sous réserves des tests de digestibilité. Ces co-produits de la filière oléagineuse autrefois négligées peuvent servir comme matières premières pour l'obtention d'autres fractions de composés à forte valeur ajoutée dans l'industrie des colles et pâtes à papier comme la lignine, la cellulose, les tannins et autres extractibles.

Dans l'optique du développement durable qui implique l'utilisation de l'ensemble de la biomasse collectée, ces données permettront de soutenir des voies de valorisation des co-produits des graines oléagineuses après l'extraction de l'huile et d'autres fractions possédant une activité insecticide par exemple.

#### Remerciements

Les auteurs remercient l'Ambassade de France près le Bénin pour avoir financé ces travaux.

#### Bibliographie

[1] Ambe, G.A. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. (2001) 5; 43-58.  
 [2] Poncet, C., Rémond, D., Lepage, E., Doreau, M. Fourrages.

(2003) 174; 205-229.

[3] Grosjean, F., Bourdon, D., Isambert, Ph., Peyronnet, C., Jondreville, C., Poutrel, A., Beignon, V., Lebreton, Y., Lemaire, H., Prigent, J.P., Vilboux, R., Mezière, N., Barre, S. Journées Rech. Porcine en France. (1992) 24; 173-178.

[4] Quemere, P. Journées Rech. Porcine en France. (1990) 22; 133-150.

[5] Lebas, F., Coudert, P., Rochambeau, H., Thebault, RG. Le lapin : Elevage et Pathologie. Nouvelle version révisée, FAO éd. (1996), Rome.

[6] Lebas, F. Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive. Cuniculture Magazine (2004) 31, 2.

[7] Vermont, G. Incidence des procédés actuels de préparation des MPV sur leurs propriétés nutritionnelles et organoleptiques. In Colloque SIAL. Les matières premières végétales en alimentation humaine. GEPV-EUVEPRO Eds. (1988), Paris.

[8] Van Soest, P.J., Wine, R.H. J. Assn Offic. Anal. Chem. (1967) 50; 50-55.

[9] Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. J Dairy Sci. (1991) 74; 3583-3597.

[10] Udén, P., Robinson, P.H. Anim. Feed Sci. Technol. (2005) 118; 181-186.

[11] Sahai, M., Singh, M., Gupta, Y. K., Akashi, S., Yuji, R. Chem. Pharm. Bull. (1994) 42; 1163-1174.

[12] Schmutterer, H. Weinheim (1995), FRG, 696.

[13] Vieux, A.S., Kabele, Ngiefu, C. Oléagineux (1970) 25; 395-399.

[14] Miralles, J. Oléagineux. (1983) 38; 665-667.

[15] Silou, Th., Biyoko, S., Heron, S., Tchaplà, A., Maloumbi, M.G. Riv Ital Sostanze Gr. (2004) 81; 49-57.

[16] Matos, L, Nzikou, J.M., Matouba, E., Pandzou-Yembe, V.N., Guembot Apepoulou, T., Linder, M. and Desobry, S.. Pakistan J. Nutr.(2009) 8 (2); 151-157.

[17] Gowda, S.K., Sastry, V.R.B. J. Anim. Sc. (2000) 13; 720-728.

[18] Djenontin, S.T., Wotto, V.D. Avlessi, F., Lozano, P. Sohounhloué, D.C.K., Pioch, D. Ind. Crops and Prod. (2012) 38; 39-45.

[19] Rao, P.U. J. Am. Oil Chem. Soc. (1987) 64; 1348-1351.

[20] Saxena, M., Ravikanth, K., Kumar, A., Gupta, A., Singh, B. and Sharma, A. J. Agric. Food Chem. (2010) 58; 4939-4944.

- [21] El Hage, R., Brosse, N., Chrusciel, L., Sanchez, C., Sannigrahi, P., Ragauskas, Polym. Degrad. Stabil. (2009) 94(10); 1632-1638.
- [22] El Hage, R., Brosse, N., Sannigrahi, P., Ragauskas, A. Polym. Degrad. Stabil. (2010a) 95; 997-1003.
- [23] El Hage, R., Chrusciel, L., Desharnais, L., Brosse, N. Technol. (2010b) 101; 9321-9329.
- [24] Brosse, N., El Hage, R., Sannigrahi, P., Ragauskas, A. Cell. Chem. Technol. (2010a) 44 (1-3); 71-78.
- [25] Brosse, N., El Hage, R., Chaouch, M., Pétrissans, M., Dumarçay, S., Gérardin, Ph. Polym. Degrad. Stabil. (2010b) 95; 1721-1726.
- [26] Ping, L., Brosse, N., Chrusciel, L., Navarrete, P., Pizzi, A. Ind. Crops and Prod. (2011) 33; 252-257.