

Modélisation du décorticage des graines des courges

Efoto E.L.^{1,2*}, Bumbi P.B.², Lele S.X.³, Kwemani³, Malonga K.³

Abstract

A design of a pumpkin seeds shelling

Pumpkin seeds, in particular *Cucurbitaceae cucumeropsis* m. N, *Cucurbitaceae moschata* and *Pepo cucurbitaceae* are traditional foods DR Congo, rich in fat and protein. In their chain processing, in husking step, sheilling hands which limit their offer on Congolese consumer market. In this work, the seeds are were modeled as flattened ellipsoid. The parameters of the model are the major axis, the minor axis and the odds. They were described as half mean of the seeds dimensions (length, width and thickness). Based on the chi-square (χ^2) coefficient, Gaussian curves smooth well the seeds strength grouped according to their dimensions. Central values of these curves are the mean dimensions of the seeds. The model explains the shelling as the movement of the seed induced by the torsor (the resultant of the contact forces, the weight, friction and their moments) about the axis of the seed at the interface "thickness of the seed-engranage". The model predicts also the smallest distance to be observed between the two engranages of the husking mechanism so that the seeds are not squeezed.

Published online:
27 March, 2015

Keywords:
squash, shelling,
flattened ellipsoid, torsor

¹ Département de Physique, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 KIN XI, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

² Département de Sciences de Base, Faculté Polytechnique, Université de Kinshasa, B.P. 190 KIN XI, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

³ Section Sciences Exactes, Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit, B.P. 258, Bandundu, République Démocratique du Congo

* To whom correspondence should be address. E-mail address: elae_efoto@yahoo.fr

INTRODUCTION

Les courges, notamment : les variétés *Cucurbitaceae cucumeropsis* m. N, *Cucurbitaceae moschata* et *Cucurbitaceae pepo* sont, en République Démocratique du Congo, des plantes alimentaires traditionnelles. Les paysans les cultivent en case ou en les mélangeant avec d'autres cultures (manioc, arachide, etc.) dans des parcelles des champs. La culture donne des fruits ayant la forme des baies et dont le diamètre varie entre 15 et 25 cm. Les graines des courges sont solidement incrustées dans la chair des fruits. Elles ne peuvent être extraites qu'après fermentation et décomposition du fruit. Pour accélérer le processus de décomposition, des entailles sont

souvent effectuées dans les fruits matures à l'aide d'une machette. Ces fruits et les graines portent les mêmes noms vernaculaires : Bosuku en Lomongo, Mbika en Lingala, Mantete en Kikongo et biens d'autres vocables. La figure 1 montre une coupe du fruit mur de la variété cucurbita pepo (Ghedira K. et al, 2013).

Ces graines ont une importance sociale et économique. Notamment, les Yans attachent aux enfants à cou tordu ces graines séchées. Cette pratique est considérée comme un moyen de protection contre les esprits maléfiques (Hulstaert, 1979). Ces mêmes graines séchées et débarrassées des téguments sont un aliment. On les mange grillées ou réduites en une pâte semblable à celle d'arachide qui sert à épaissir les sauces. La

même patte est utilisée pour fabriquer du lait ou à extraire de l'huile de courges (Irié A et al, 2003). Ces graines sont donc une source de lipides et de protéines (Leila Peyman et al, 2013 ; Barbara Stadlmayr et al, 2012). Enfin, ces graines et leurs huiles auraient des vertus thérapeutiques. Mpondo Mpondo E. et al (2011) rapportent que les graines de la variété Cucurbitaceae pepo seraient un vermifuge contre les ascaris et le ténia, elles préviendraient la carie dentaire et équilibreraient les acides gras insaturés tandis que l'huile soulagerait les troubles bénins de la prostate."



Fig. 1 : Coupe de fruit de Cucurbita pepo L montrant les graines incrustées

Ces graines de Mbika, nettoyées et séchées sont une source de revenu non encore explorée pour le paysan car elles se vendent au prix moyen de 1200 Fc / 3 kg ou 1,28 \$ / 3 kg, soit, 2.9 fois le prix moyen du kilogramme du cacao et du café robusta en 2012 (B.C.C, 2012) à Kinshasa. Malgré ces perspectives intéressantes, l'offre des graines décortiquées est une question pendante puisque le décorticage se fait à ce jour à la main ou avec les dents hormis le modèle de décortiqueuse mis au point (Kapseu C, 2009) et qui n'est pas diffusé en Afrique centrale. Cette étude présente les résultats sur la modélisation du décorticage des graines des courges. Ces résultats sont une étape préliminaire pour concevoir une décortiqueuse.

MATERIEL ET METHODES

Le matériel consistait en trois échantillons des graines des variétés à savoir *Cucurbitaceae cucumeropsis*, *Cucurbitaceae Muschata* et *Cucurbitaceae Pepo*. Chaque échantillon avait la taille de 100 graines. Les graines de *Cucurbitaceae Cucumeropsis* ont été achetées au marché de Livulu, celles de *Cucurbitaceae Muschata* et *Cucurbitaceae Pepo* venaient des localités Dibwe et Tango Zandu dans la province de Bandundu.

Les paramètres requis pour construire le modèle physique de la graine de courge de l'étude étaient, les masses et les dimensions (la longueur, la largeur et

l'épaisseur) des graines. Les masses ont été déterminées par peser à l'aide de la balance Metler A200, de charge maximale 205 g et de sensibilité 0.1 mg. Les dimensions ont été mesurées à l'aide du pied à coulisse. Les valeurs des paramètres moyens, valeurs des paramètres du modèle, ont été calculées sur une feuille Excel 7. Elles pouvaient aussi être obtenues par lissage avec le logiciel Origin 8 des effectifs des graines groupées en fonction des dimensions des graines.

RESULTATS

Valeurs moyennes des paramètres des graines non décortiquées et décortiquées.

La figure 3 montre la courbe de lissage des effectifs des graines de la variété *Cucurbitaceae cucumeropsis* en fonction de la longueur. L'abscisse du sommet a la valeur proche de la moyenne obtenue par calcul sur la feuille Excel 7. Le tableaux 1 et 2 ci-dessous regroupent les valeurs des paramètres.

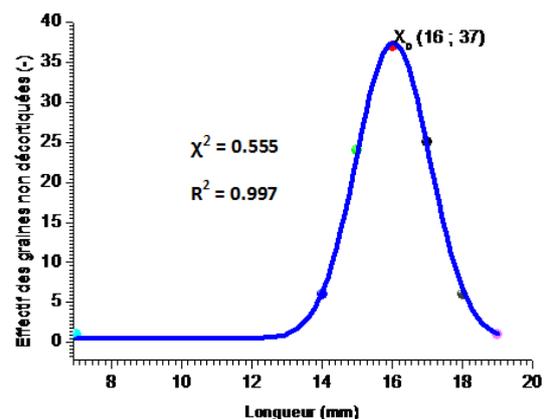


Fig. 2 : Effectif des graines non décortiquées de la variété *Cucurbitaceae cucumeropsis* en fonction de la longueur

Les tableaux 1 et 2 regroupent respectivement les valeurs moyennes des paramètres des graines non décortiquées et (décortiquées) de chaque variété.

Tableau 1 : Valeurs moyennes des paramètres de la graine non décortiquée d'un échantillon

Variété	C.	C. Pepo	C.
Données collectées	Cucumeropsis		Muschata
$(\mu \pm \sigma_\mu)$ mg	15,1 ± 3,5	19,1 ± 7,6	17,6 ± 5,5
$(\alpha \pm \sigma_\alpha)$ mm	15,9 ± 1,4	18,6 ± 2,5	17,0 ± 1,2
$(\beta \pm \sigma_\beta)$ mm	9,8 ± 0,7	14,4 ± 0,4	10,5 ± 0,3

$(\varepsilon \pm \sigma_\varepsilon)$ mm	1,7 ± 0,3	1,9 ± 0,1	1,6 ± 0,2
---	-----------	-----------	-----------

Les symboles dans le tableau 1 désignent :

μ , valeur moyenne de la masse des graines non décortiquées et σ_μ , écart type

α , valeur moyenne de la longueur des graines non décortiquées et σ_α , écart type.

β , valeur moyenne de la largeur des graines non décortiquées et σ_β , écart

ε , valeur moyenne de l'épaisseur des graines non décortiquées et σ_ε , écart type

Tableau 2: Valeurs moyennes des paramètres de la graine décortiquée d'un échantillon

Variété	C. Cucumeropsis	C. Pepo	C. Muschata
Données collectées			
$(\mu' \pm \sigma'_\mu)$ mg	10,6 ± 3,4	16,2 ± 5,7	11,3 ± 3,7
$(\alpha' \pm \sigma'_\alpha)$ mm	13,8 ± 1,2	14,6 ± 0,3	14,0 ± 0,0
$(\beta' \pm \sigma'_\beta)$ mm	8,0 ± 1,2	10,0 ± 0,1	7,6 ± 0,3
$(\varepsilon' \pm \sigma'_\varepsilon)$ mm	1,4 ± 0,2	1,6 ± 0,4	1,0 ± 0,3

Dans ce tableau 2, les symboles désignent:

μ' , valeur moyenne de la masse des graines décortiquées et σ'_μ , écart type.

α' , valeur moyenne de la longueur des graines décortiquées et σ'_α , écart type.

β' , valeur moyenne de la largeur des graines décortiquées et σ'_β , écart type.

ε' , valeur moyenne de l'épaisseur des graines décortiquées et σ'_ε , écart type.

Modélisation des graines.

Puisque les dimensions ont été mesurées par rapport à un repère d'inertie lequel est lié à la graine et comme ces dimensions sont différentes, nous modélisons la graine en un ellipsoïde aplati d'équation :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (1)$$

Avec : a, b et c respectivement le grand axe, le petit axe et la cote de l'ellipse aplati modélisant la graine.

$$a = \frac{\alpha_g}{2} \quad b = \frac{\beta_g}{2} \quad c = \frac{\varepsilon_g}{2} \quad (2)$$

L'intégrale de volume (Demidovich B et al, 1977) de l'ellipsoïde décrit par la relation (1) donne

$$V = \frac{4\pi}{3} abc \quad (3)$$

Dans les tableaux 3 et 4 ci-dessous, sont consignées les valeurs moyennes du volume et de la masse spécifique des graines non décortiquées et décortiquées.

Tableau 3: Volume et masse volumique de la graine modèle non décortiquée de l'échantillon

Variété	C. Cucumeropsis	C. Pepo	C. Muschata
10-3.V (cm³)	14 ± 6	24 ± 5	15 ± 2
ρ (mg.cm⁻³)	109 ± 32	80 ± 34	118 ± 35

Dans le tableau 3, les symboles désignent:

V: Valeur du volume moyen de la graine modèle non décortiquées de l'échantillon (cm³)

ρ : Valeur de la masse volumique moyenne de la graine modèle non décortiquées de l'échantillon (mg.cm⁻³)

Tableau 4: Volume et masse volumique de la graine modèle décortiquée de l'échantillon

Variété	C. Cucumeropsis	C. Pepo	C. Muschata
10-3.V' (cm³)	8 ± 3	11 ± 0	6 ± 0
ρ' (mg.cm⁻³)	139 ± 48	142 ± 50	187 ± 63

Dans le tableau 4, les symboles désignent:

V': Valeur du volume moyen de la graine modèle décortiquée de l'échantillon (cm³)

ρ' : Valeur de la masse volumique moyenne de la graine modèle décortiquée de l'échantillon (mg.cm⁻³)

Modélisation du décortiquage des graines.

Soit une graine non décortiquée coincée par deux engrenages de rayons r1 et r2 sur la figure 3.

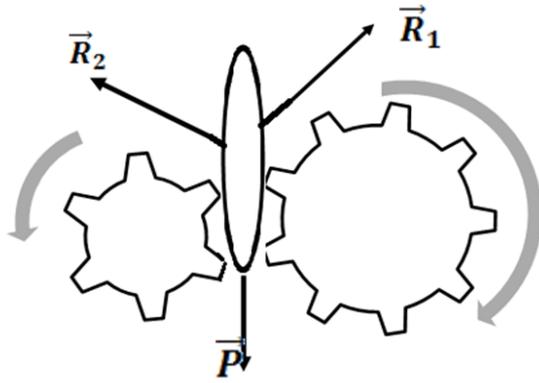


Fig. 3 : Graine au repos

A l'interface "écorce de l'épaisseur de la graine-dents de l'engrainage", elle est soumise aux forces suivantes : les réactions \vec{R}_1 et \vec{R}_2 consécutives aux contraintes des dents des engrainages et son poids \vec{P} . Supposons que les roues soient lancées en mouvement dans les sens opposés l'une par rapport à l'autre comme sur la figure 3 avec des vitesses de rotation, $\vec{\omega}_1$ et $\vec{\omega}_2$, $\vec{\omega}_1 > \vec{\omega}_2$. Alors, la seconde roue mène la première comme sur la figure 4.

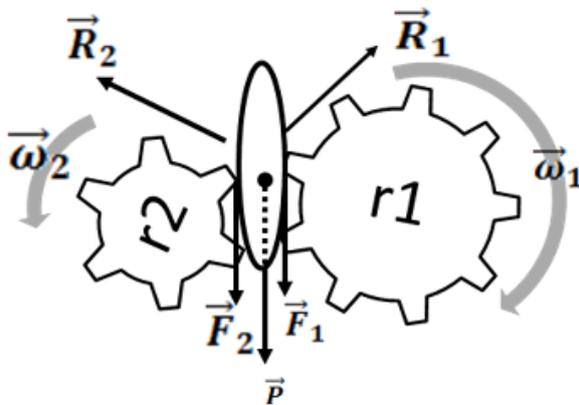


Fig. 4 : Graine en mouvement

Dans ce cas, la seconde roue paraît fixe et la première tourne avec la vitesse relative,

$$\vec{v}_r = \vec{r} \wedge (\vec{\omega}_1 - \vec{\omega}_2) \quad (4)$$

Une fois en mouvement, il naît au point de contact "surface de la graine-dent de l'engrainage" des frottements cinétiques \vec{F}_1 , \vec{F}_2 qui ont tendance à freiner le mouvement de la graine. Ces forces impriment à la graine le mouvement qui va la décortiquer. Ce mouvement est une composition de deux mouvements :

une translation qui fait avancer la graine, décrite par l'équation :

$$\mu_g \vec{a}_r = \vec{R}_t \quad (5)$$

$$\vec{R}_t = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{P} \quad (6)$$

$$\vec{a}_r = \vec{a}_1 - \vec{a}_2 \quad (7)$$

Dans les relations (4) à (7),

\vec{v}_r : Vitesse circulaire relative des engrainages (cm.s-1)

r_1 : Rayon du premier engrainage

r_2 : Rayon du second engrainage

ω_1 : Vitesse angulaire du premier engrainage (rad.s-1)

ω_2 : Vitesse angulaire du second engrainage (rad.s-1)

\vec{P} : Poids de la graine (dynes)

\vec{R}_1 : Force de réaction à l'interface surface de la graine-dents du premier engrainage (dynes)

\vec{R}_2 : Force de réaction à l'interface surface de la graine-dents du second engrainage (dynes)

\vec{F}_1 : Force de frottement à l'interface surface de la graine-dents du premier engrainage (dynes)

\vec{F}_2 : Force de frottement à l'interface surface de la graine-dents du second engrainage (dynes)

\vec{R}_t : Résultante des forces à l'interface surface de la graine-dents des deux engrainages (dynes)

\vec{a}_r : Accélération relative des engrainages (cm.s-2)

une pseudo rotation (rotation limitée par les dents et les frottements) qui cisaille la graine et finit par l'ouvrir étant donné la structure différente entre les dents de l'engrainage et l'écorce. Elle est produite par le moment appliqué \vec{M} , soit,

$$\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F}_1 + \vec{r} \wedge \vec{F}_2 + \vec{r} \wedge \vec{R}_1 + \vec{r} \wedge \vec{R}_2 + \vec{r} \wedge \vec{P} \quad (8)$$

Avec

\vec{M} : Moment de force produit par la résultante des forces et responsable de la pseudo-rotation (dynes.cm)

Ainsi, le décorticage est descriptible par le torseur des moments. Rappelons qu'un torseur noté [T] est un

ensemble de deux champs de vecteurs définis dans l'espace géométrique et ayant les propriétés suivantes :

a) Le premier champ de vecteurs fait correspondre à tout point A de l'espace un vecteur \vec{R} indépendant du point A et appelé résultante du torseur [T];

b) Le second champ de vecteur fait correspondre à tout point A de l'espace un vecteur qui dépend du point A noté \vec{M}_A et appelé moment du torseur [T] au point A.

$$[\vec{T}] = \begin{cases} \vec{R}_t \\ \vec{M} \end{cases} \quad (9)$$

Avec :

$[\vec{T}]$: Torseur des moments

Afin que la graine ne soit pas écrasée, les engrainages auront une distance maximale de rapprochement

$$e_{dm} = \varepsilon_{ND} - \varepsilon_p \quad (10)$$

Avec

e_{dm} : Distance maximale de rapprochement des engrainages (mm) sur une trame

ε_{ND} : Épaisseur moyenne de la graine non décortiquée (mm)

ε_p : Épaisseur de l'écorce de la graine (mm)

CONCLUSION

Les graines de courges sont des aliments traditionnels de la société congolaise riches en lipides et en protéines. Dans leur chaîne de traitement, à l'étape de décortication, le décortication manuel limite leur offre sur le marché de consommation. Ce travail présente le modèle physique théorique de la graine de courge lequel décrit le décortication. Il consiste en un ellipsoïde aplati dont les paramètres sont : le grand axe, le petit axe et la cote. Ce sont les demi-valeurs des dimensions (longueur, largeur et épaisseur) de la graine. Leurs valeurs numériques sont les valeurs centrales des courbes gaussiennes des distributions des effectifs des graines en fonctions des dimensions. Les mêmes valeurs peuvent aussi être déduites comme des

moyennes des dimensions des graines. Ces paramètres servent à concevoir les trames de décortication.

Ce modèle décrit le décortication comme un mouvement composée d'une translation qui déplace la graine de l'entonnoir le long de la trame de décortication lorsqu'elle est mise en mouvement couplée à une rotation limitée par les dents des engrenages.

RESUME

Les graines des courges, notamment, celles des variétés Cucurbitaceae Cucumeropsis m. N, Cucurbitaceae Moschata et Cucurbitaceae Pepo sont des aliments traditionnels RD Congo, riches en lipides et en protéines. Leur offre est fort limitée sur le marché de consommation congolais entre autre à cause de leur décortication à la main. Dans ce travail, les graines de courge ont été modélisées en ellipsoïde aplati. Ses paramètres sont : le grand axe, le petit axe et la cote. Ils ont comme valeurs, les moyennes des moitiés des dimensions (longueur, largeur et épaisseur) des graines. Les courbes gaussiennes lissent bien sur base du coefficient chi-carré (χ^2), les effectifs des graines groupées en fonction de leurs dimensions. Les valeurs centrales de ces courbes sont les moyennes des dimensions des graines. Ce modèle explique le décortication comme une conséquence du mouvement de la graine sollicitée à l'interface "épaisseur de la graine-engrainage" par les forces de contact, les frottements et leurs moments. Leur résultante est le torseur autour de l'axe de la graine. Le modèle permet aussi de prédire la plus petite distance à observer entre les deux engrenages du mécanisme de décortication afin que les graines ne soient pas écrasées.

Mots clés : courges, décortication, ellipsoïde, torseur

REFERENCES ET NOTES

- Barbara Stadlmayr, U Ruth Charrondiere, Victor N Enujiugha, Romaric G Bayili, Etel G Fagbohoun, Babacar Samb, Paulina Addy, Ingrid Barikmo, Fatimata Ouattara, Arne Oshaug, Isaac Akinyele, George Amponsah Annor, Kennedy Bomfeh, Henrietta Ene-Obong, Ifeyironwa Francisca Smith, Ismael Thiam, Barbara Burlingame, (2012), Table de composition des aliments d'Afrique de l'Ouest, FAO, Rome.
- César Kapseu, Production, analyse et applications des huiles végétales en Afrique, conférence Chevreul, 2009 : (16) 4 : 215-229.
- Demidovich B, Baranenkov G, Chostak R, Efimenko V, Frolov S, Kogan S, Lountw G, Porchneva E, Sytcheva E et Yanpolski A (1977), Recueil d'exercices et de problèmes d'analyse mathématique, Edition Mir : Moscou, p. 558.
- Ghedira k. et Goetz p., 2013, Cucurbita pepo L. (Cucurbitaceae) Graine de courge, Springer-Verlag France 2013, DOI 10.1007/s10298-013-0754-1
- Hulstaert, G., 1979, Sur l'emploi des plantes médicinales chez les Mongo, Volume Spécial, N° Unique, 61-75.
- Irié A. Zoro Bi, Kevin K. Koffi, Yao Djè, (2003), Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbitacées consommées en sauce en Afrique de l'Ouest : Citrullus sp.,

Cucumeropsis mannii Naudin et Lagenaria siceraria (Molina) Standl, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* (7) 3-4 : 189-199

Leila Peyman, Asghar Mahmoudi, Hossein Ghaffari (2013) Some physical properties of Pistachio nuts International Journal of Agriculture and Crop Sciences, Available online at www.ijagcs.com/_/_IJACS/2013/5-7/704-711

Mpondo Emmanuel and Dibong Siegfried Didier, (2011), Medicinal plant knowledge of ethnic groups in Douala town, Cameroon. American Journal of Food and Nutrition Print: ISSN 2157-0167, Online : ISSN 2157-1317, doi:10.5251/ajfn.2011.1.4.178.184 © 2011, ScienceHub, <http://www.scihub.org/AJFN>