

EFFETS DU DEBIT D'ALIMENTATION ET DE LA VITESSE DE GRILLE MOTRICE SUR LES PERFORMANCES D'UNE DECORTIQUEUSE DE GRAINES DE NERE «*PARKIA BIGLOBOSA*»

SANYA E. A.¹, AHOUANSOU², BAGAN G.¹ and VIANOU A.¹

1- Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquées (LEMA) - EPAC - Université d'Abomey-Calavi (République du Bénin). Mail to : easanyas@hotmail.com

2- Institut National de la Recherche Agronomique du Bénin (INRAB), Porto-Novo (République du Bénin).

(Reçu le 24 octobre 2008 ; Révisé le 15 mai 2009 ; Accepté le 28 mai 2009)

RESUME

L'investigation discutée dans le présent article est exclusivement consacrée à l'étude des impacts du débit d'alimentation en graines de néré et de la vitesse de la grille motrice sur les performances d'une décortiqueuse conçue pour soulager les femmes productrices d'afitin. Les effets de ces deux paramètres opératoires sont examinés à travers les caractéristiques de performances que sont la capacité horaire de la décortiqueuse, le taux et l'indice de décortilage, le taux de brisure des cotylédons. Les résultats obtenus ont montré que les caractéristiques accèdent à leur optimum à différentes conditions opératoires. Les valeurs optimales, de la Capacité horaire (207,57kg/h), de l'Indice de décortilage (0,37) et du Taux de décortilage (70,30%) sont atteintes à vitesses identiques de 542tr/min, mais à débits respectivement de 350kg/h pour les deux premiers et 200kg/h pour le troisième. Celle du Taux de brisure (13,02%) est acquise à 287kg/h et 200tr/min. L'application d'une procédure d'optimisation multi critères a permis d'appréhender cette variabilité et d'en déterminer les conditions opératoires optimisant l'ensemble des caractéristiques de performances. Le taux et l'indice optima de décortilage chutent respectivement à 66,67% et 0,314 tandis que celui de brisure augmente légèrement à 16,12%, sans toutefois que la valeur de la capacité horaire soit modifiée.

Mots clés: Graines; néré; débit; décortilage; brisure; indice; capacité; efficacité.

ABSTRACT

This paper is exclusively devoted to assess the impacts of Nere seeds "*Parkia biglobosa*" flow rate and rotary grid speed on a seed decorticator efficiency. The effects of these two operative factors were studied by analyzing the process responses through the hourly capacity of the plant, its dehusking rate and index, and the breakage rate of seed cotyledons. The gotten results showed that all those performance characteristics reach their optimum at different operative conditions. The optimal values of hourly Capacity (207.57kg/h), dehusking index (0.37) and dehusking rate (70.30%) are reached at identical driving grid speed of 542rpm, at seed flow respectively of 350kg/h for the two first characteristics and 200kg/h for the third one. The optimal breakage rate (13.02%) is acquired at seed flow of 350kg/h and a grid speed of 200rpm. A multi criteria optimization procedure is displayed that allows to apart from this noticed variability and thus determine the appropriate optimized values of operative factors. The previous values for rates and dehusking index are reduced respectively to 66.67% and 0.314, and provoke a slight increase of the breakage one to 16.12% without however any modification of the hourly capacity.

Key words: Nere seed; flow; rate; dehusking; efficiency; crack; index, effects.

INTRODUCTION

Arbre assez répandu en Afrique de l'Ouest, le néré (*Parkia biglobosa*), s'adapte aux sols pauvres constitués de croûtes ferrugineuses ainsi qu'à ceux des

zones climatiques à faible pluviométrie de type soudanien [1-4]. Les graines de néré font l'objet d'importantes transactions dans les pays Ouest Africains et l'aire de consommation dépasse largement celle des régions productrices.

La consommation annuelle de graines de néré au Sénégal, au Mali, en Guinée, au Bénin et au Nigeria est évaluée à plusieurs centaines de tonnes [1]. Dans la seule région du Nigeria, près de 200.000 tonnes de graines sont collectées par an et transformées en «iru ou afitin». Cette graine est utilisée en pharmacopée traditionnelle [1 – 6] et surtout en alimentation humaine [1 – 3 ; 6]. Une étude de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) indique que 100g de Sumbala apportent à l'organisme 432cal et contiennent 36,5mg de protides, 28,8g de lipides, 37g de fer [7], des B2 et PP. A titre comparatif, 100g de poudre de feuilles de moringa y apportent 205cal, 27,1g de protides, 2,3g de lipides et 28,2mg de fer [11 – 14]. La transformation traditionnelle des graines de néré en afitin est une opération comportant plusieurs étapes: la pré - cuisson des graines, le décortiquage séparant le tégument des cotylédons, le rinçage, le triage, la cuisson des cotylédons, et la fermentation alcaline [1]. Le décortiquage demeure l'opération la plus fastidieuse et la moins hygiénique [12-16]. Dans la sous région ouest africaine, diverses investigations [10 ; 13 ; 16 - 18] sont menées ou en cours, toujours dans le souci de lever ou tout au moins d'amoindrir les contraintes liées à cette pénibilité, de moderniser l'activité pour à termes standardiser la technologie d'obtention du afitin. C'est dans cette optique que s'insère la mise au point d'une décortiqueuse expérimentale UAC-INRAB en 2004 [18]. Elle résulte de l'importante collaboration existant entre les chercheurs de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) et ceux de l'Institut National de la Recherche Agricole du Bénin (INRAB). Des résultats très intéressants en ont été

obtenus. Néanmoins, la plage explorée pour les variables opératoires a été jugée étroite [18]. De plus, certains de ces résultats semblent révéler des imperfections liées à la décortiqueuse. Le présent article est essentiellement consacré à l'étude des influences de deux variables expérimentales, débit de graines de néré et vitesse de la grille motrice, sur les paramètres caractérisant l'efficacité de la décortiqueuse en vue de l'optimisation de son exploitation.

1- MATERIEL ET METHODES

Les différents essais ont été effectués à l'unité expérimentale de Transformation des produits de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC). Les diverses analyses sont réalisées dans les Laboratoires du Programme de Technologies Agricoles Alimentaires (PTAA) et de la FSA.

1-1- Matière végétale : les graines de néré

Un bon décortiquage dépend, non seulement de l'opération elle-même, mais aussi de la matière première [15 ; 16 ; 23]. Une graine est considérée comme décortiquée, si 90% environ de sa coque a été enlevée [17 ; 18]. Les graines de néré, sur lesquelles ont porté les investigations, sont celles de la variété tout venant acquise à N'Dali. La caractérisation physico mécanique des graines fait l'objet d'une étude antérieure [22]: le tableau I ci-après est un extrait de données résultant.

Tableau I: Caractéristiques physiques et mécaniques des graines de néré utilisées [22]

Désignations des paramètres mesurés	Valeur	Unité
Teneur en eau initiale	3,07 ± 0,07	%
Masse de 1000 graines	222,97 ± 3,58	g
Poids amandes / Poids graines	62,77	%
Poids coques / Poids graines	37,23	%
Densité	1,183 ± 0,052	-
Densité relative	627 ± 33	kg / hL
Aire massique	0,72 ± 0,02	m ² / kg
Taux de réduction	1,23	-
Aplatissement	1,52	-
Elongation	1,22	-
Diamètre équivalent	7,04	mm
Volumique massique	0,05 ± 00	m ³ / kg
Volume de 1000 graines	183,25 ± 6	mL

1-2- Matériel de décortilage

La machine utilisée dans cette étude est une décortiqueuse expérimentale de graines de néré conçue et réalisée au PTAA en 2004 [19]. Elle comporte quatre principaux organes: une trémie d'alimentation en graines (capacité 8kg), une chambre de décortilage, un moteur thermique à essence et un module de séparation formé d'un ventilateur et d'un canal de séparation.

1-3- Expérimentation

La plage des vitesses de la grille motrice explorée va de 185 à 542tr/min et celle de graines de néré de 200 à 350kg/h. Six (06) valeurs particulières de la vitesse ont été constamment visées: 185 – 221 – 257 – 320 – 428 – 542tr/min et quatre (04) pour le débit: 200 – 250 – 300 – 350kg/h. La variation de vitesses est obtenue au moyen de jeux de poulies de différents diamètres calées sur l'axe de la grille mobile. Celle de débits est faite par permutation de cylindres calibrés insérés en sortie de la trémie d'alimentation. Pour chaque vitesse, on investit cette série de débits.

Il en découle un plan d'expériences à vingt quatre (24) points. Tout point est répété six (6) fois. On utilise un échantillon de graines de masse $M_E = 3\text{kg}$ par essai. La teneur en eau est contrôlée et maintenue à 6%. La durée du décortilage (t_D) est mesurée à l'aide d'un chronomètre. Le décortilage de l'échantillon donne accès à deux fractions du produit:

- la première est le mélange formé par les cotylédons brisés ou non et les graines non décortiquées ou partiellement décortiquées,
- la seconde est composée de coques et de graines brisées.

On prélève un sous échantillon $M_P = 500\text{g}$ dans la première fraction. Il est manuellement séparé en trois (03) sous fractions respectivement pesées afin d'en déterminer les masses, de cotylédons entiers ou éclatés en deux (m_c), de graines non atteintes ou partiellement décortiquées (m_n) et de cotylédons brisés (m_b).

1-4- Expression des paramètres de performance

L'efficacité de la décortiqueuse est évaluée à partir des paramètres ci-après exprimés [10 ; 17 ; 18]:

- le Taux de brisure des cotylédons (T_B): $T_B = m_b / M_P$ (%) ;
- le Taux de décortilage (T_D): $T_D = m_d / M_P$ (%) ;
- le Taux de graines non décortiquées (T_N): $T_N = m_n / M_P$ (%) ;
- la Capacité horaire (C_H): $C_H = M_E / t_h$ (kg/h),
- et l'Indice de décortilage (I_D): $I_D = [(m_c + m_n) - (m_n + m_b)] / M_E$ (sans unité).

Dans ces relations, apparaissent la masse m_b des coques vannées et la masse M_E d'échantillon, notamment dans le calcul de la capacité horaire (C_H) et l'indice de décortilage (I_D). Ce dernier sert à la mesure l'efficacité globale de la décortiqueuse [10 ; 17 ; 18]. Sa valeur théorique est située dans l'intervalle [-1; +1] où (-1) coorespond à la brisure totale des graines et (+1) indique le décortilage parfait i. e. sans brisure et sans graines non décortiquées.

1-5- Exploitation des données et présentation des résultats

Le traitement des données est exécuté sous STATGRAPHICS Plus 5.1, un puissant logiciel d'analyses statistiques adapté à ce genre de problème.

Son avantage réside dans le fait qu'il permet d'analyser aussi bien, l'influence isolée des variables étudiées (vitesse et débit), que celle de leurs interactions, et en un nombre réduit d'essais, donc de coût. On peut y générer une procédure d'optimisation à variable multiple fournissant les valeurs optimisées, aussi bien des paramètres expérimentaux, que celles des caractéristiques de performance recherchées.

La présentation et l'analyse des résultats d'interactions des paramètres étudiés, sur ceux d'évaluation de l'efficacité, sont faites au moyen des surfaces de réponse. Le niveau de confiance adopté est 95%, valeur classique dans les analyses statistiques des données et affichée avec délimitation en trait interrompu sur les graphiques d'effets isolés de

PARETO.

caractéristiques de la performance de la décortiqueuse avec leurs écarts-types, ainsi que les plages explorées des paramètres étudiés sont résumées dans le tableau II.

2- RESULTATS ET COMMENTAIRES

Les moyennes des valeurs obtenues pour les variables

Tableau II: Récapitulatif des moyennes des valeurs obtenues et plages des variables étudiées

Variables étudiées	Débit de Graines de néré		Vitesse de Grille rotative	
Plages de valeurs explorées	200 à 350 kg/h		185 à 542 tr/min	
Nombre de points expérimentaux: 24	Variables réponses: (moyenne des valeurs)			
Nombre d'essais par point : 6	C_H	T_B	T_D	I_D
Valeur moyenne maximale	245,00	26,90	90,06	0,90
Valeur moyenne minimale	75,00	6,27	41,76	-0,14
Moyenne des moyennes	151,79	15,24	61,01	0,22
Ecart-Type des Moyennes	52,73	5,64	15,78	0,32

2-1- Analyse set optimisation de la capacité Horaire

Les données acquises, pour la capacité horaire (C_H), montrent que la variation de débit de graines (B, figure1-1, à gauche) a une très grande influence sur ce paramètre de performance de la décortiqueuse. L'accroissement de débit s'accompagne d'une augmentation considérable de la capacité horaire. L'amélioration ainsi enregistrée, est justifiée par le fait que, l'écoulement des graines de néré est maîtrisé et meilleur comparativement à celui des essais préliminaires [19]. L'alimentation de la décortiqueuse avait été très tôt limitée par l'effet de bourrage apparu dans la goulotte d'entrée de graines. Les modifications apportées à ce niveau ont permis d'accroître considérablement le débit d'alimentation en graines: sa valeur maximale passe de 66,67kg/h à 350kg/h. La

capacité horaire maximale passe alors à 245kg/h contre 80kg/h initialement, soit un taux d'accroissement de 206,25%, l'optimum se situant à 207,57kg/h.

La vitesse de la grille décortiqueuse (A) influe très peu sur la capacité horaire de la machine. Son impact n'est pas statistiquement significatif au seuil de confiance de 95%, bien qu'un faible effet positif soit enregistré (légende +, graphique 1-1). S'agissant de l'intensité des effets produits sur la capacité horaire (C_H), celle résultant du débit de graines de néré ($\cong 3,84$) avoisinant le double de la valeur requise ($\cong 2,1$) pour satisfaire au critère de la significativité (95%). On peut alors retenir que l'amélioration de la capacité horaire passe par celle de débit d'alimentation en graine.

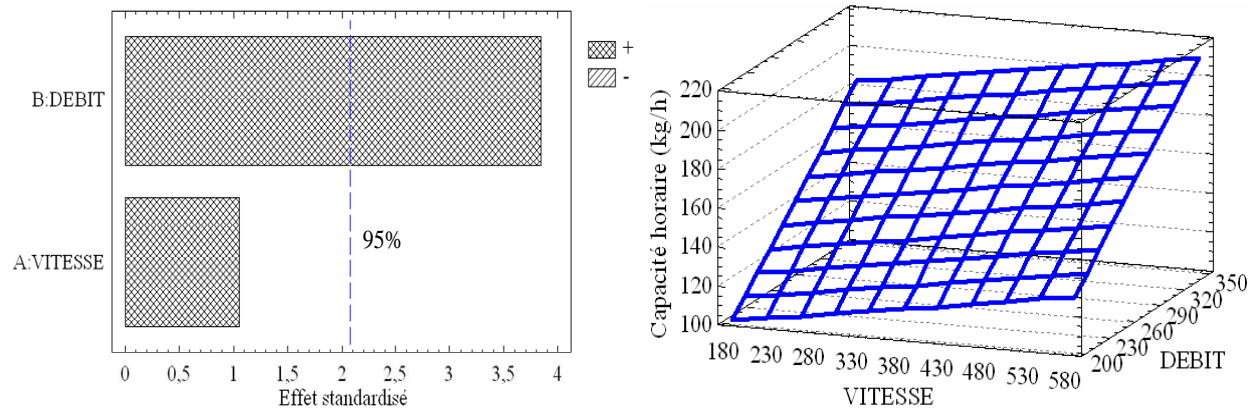


Figure 1 : 1-1- Graphique standardisé de PARETO pour l'influence des variables étudiées sur la capacité horaire. 1-2- Surface de réponse des interactions du Débit et de la Vitesse de grille sur la Capacité horaire.

Effets du débit d'alimentation et de la vitesse de grille motrice sur les performances d'une décortiqueuse de graines de néré «*Parkia biglobosa*»

Pour assurer un pilotage direct de la machine, nous avons déterminé l'équation du modèle de régression ajusté aux valeurs de la capacité horaire, équation dans laquelle les variables sont exprimées dans leurs unités initiales : Débit (kg/h) et Vitesse (tr/min). Elle est représentée par :

$$C_H = - 19,471 + (0,5444 \times \text{Débit}) + (0,0673 \times \text{Vitesse}).$$

L'évolution de la capacité horaire (C_H) aux interactions entre le débit de graines et la vitesse de rotation de la grille est présentée à la figure 1-2 (à droite). Cette analyse montre que la capacité horaire optimale est de $C_{Hop} = 207,568 \approx 208 \text{ kg/h}$. Elle est obtenue pour les valeurs optimisées de débit de 350kg/h et de vitesse de 542tr/min. Cela signifie qu'en

optant pour une capacité optimale au détriment des autres paramètres d'efficacité, la décortiqueuse devra alors être exploitée, dans son état actuel, au point de fonctionnement repéré par les coordonnées:

$$D_{op} = 350 \text{ kg/h}, \quad V_{op} = 542 \text{ tr/min}, \quad C_{Hop} = 208 \text{ kg/h}.$$

2-2- Analyse et optimisation du taux de décortication

Les résultats obtenus montrent que le taux de décortication (T_D) est quasi insensible à la variation du débit d'alimentation en graines de néré (facteur B, figure 2-1, à gauche). L'augmentation de la vitesse de la grille mobile (facteur A) affecte de façon relativement notable le taux de décortication (T_D).

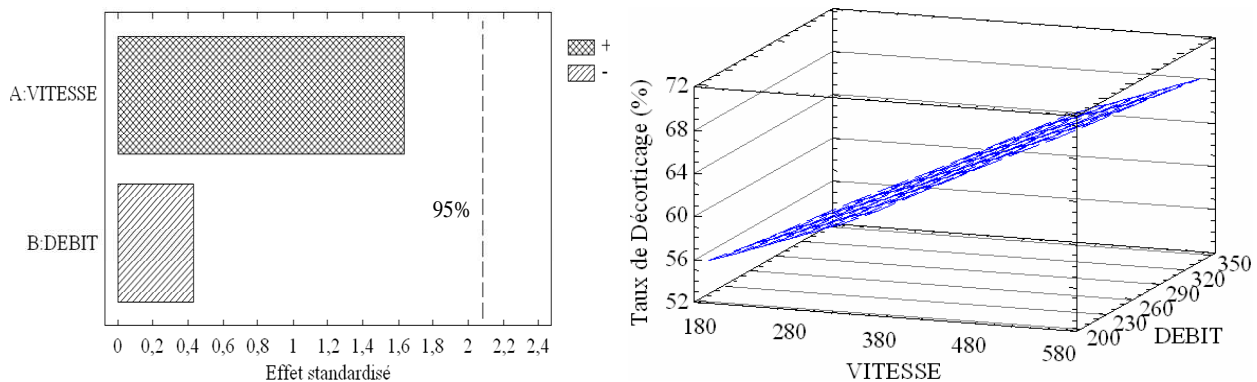


Figure 2 : 2-1 – Graphique standardisé de PARETO présentant l'influence des variables étudiées sur le Taux de Décortication. 2-2- Surface de réponse des interactions du débit et de la vitesse de grille sur le Taux de Décortication.

Toutefois, son influence n'est pas statistiquement significative au niveau de confiance de (95%). Environ 1/5 de la valeur de l'effet enregistré est encore nécessaire pour statistiquement valider l'influence de la vitesse. Cela n'exclut nullement d'en tenir compte. L'équation du modèle de régression ajusté aux valeurs du taux de décortication mesurées dans cette étude est exprimée par:

$$T_D = 53,2562 - 0,0235 \times \text{Débit} + (0,0401 \times \text{Vitesse}),$$

où les variables sont spécifiées dans leurs unités initiales (kg/h et tr/min). Les résultats de l'étude du taux de décortication (T_D), aux interactions du débit et de la vitesse, sont présentés au moyen de la surface de réponses (figure 2-2, à droite). Ils révèlent que les meilleures valeurs de T_D sont obtenues à vitesses élevées de rotation de la grille, indépendamment du

débit de graines de néré. Il en découle aussi le taux de décortication T_{Dop} qui est de valeur 70,30% dérivant de celles des variables expérimentales suivantes: vitesse de rotation de la grille décortiqueuse 542Tr/min et débit de graines de néré 200kg/h. Ce résultat corrobore la tendance observée par Hucl *et al.* [10]. En effet, dans une investigation relative au décortication du sorgho, ces auteurs avaient antérieurement noté des résultats analogues en relevant que les meilleurs taux provenaient des valeurs de vitesses de décortication relativement plus élevées, opérant entre 600 et 1100Tr/min. L'équipement utilisé dans notre présente étude n'offre pas, pour l'instant, la possibilité d'atteindre ces valeurs de vitesse pour la grille décortiqueuse. Cependant, les mêmes tendances qui s'observent avec les données enregistrées attestent qu'une poursuite des modifications est indispensable à ce niveau pour réellement appréhender l'importance

de l'influence de la vitesse de la grille décortiqueuse sur ce paramètre.

2-3- Analyse et optimisation du taux de brisure des cotylédons

Le taux de brisure des cotylédons (T_B) est une caractéristique que nous considérons aussi importante pour juger de l'efficacité d'une décortiqueuse. Plus ce taux est faible, meilleure sera l'efficacité de la

décortiqueuse, notamment à délivrer des cotylédons entiers. Car c'est là aussi, un aspect qui participe de la qualité du produit final, sous l'angle des modes de présentations du afitin, puisque dans certaines régions consommatrices, l'entièreté du cotylédon est préférée. L'exploitation statistique des résultats expérimentaux a montré que le Taux de brisure des cotylédons est très peu influencé par la variation de la vitesse de la grille (A, figure 3-1, à gauche). Mieux, ce taux reste aussi quasi insensible à la variation du débit de graines (B).

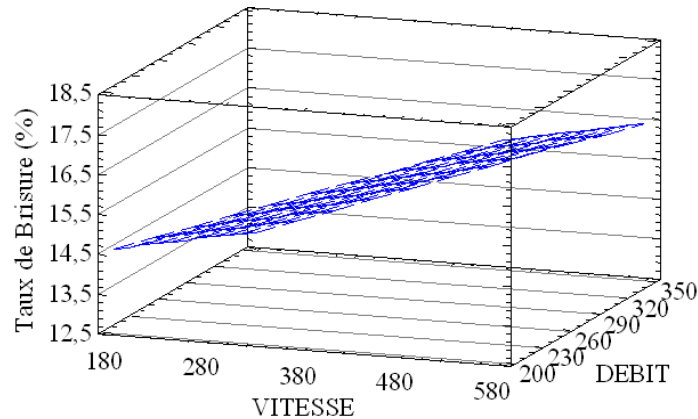


Figure 3 : 3-1 – Graphique standardisé de PARETO pour l'influence des variables étudiées sur le Taux de Brisure. 3-2- Surface de réponse des interactions du Débit et de la Vitesse de grille sur le Taux de Brisure.

L'équation du modèle de régression ajusté aux valeurs obtenues pour le Taux de brisure T_B est donné par:

$$T_B = 15,2028 - (0,0110 \times \text{Débit}) + (0,0087 \times \text{Vitesse})$$

où les variables sont toujours spécifiées dans leurs unités initiales: (kg/h et tr/min). Ce modèle montre que la constante est négative pour le débit de graines alors que celle de la vitesse de grille reste positive. Cela signifie que, bien que les effets des deux variables ne soient pas statistiquement significatifs dans les plages des valeurs explorées, le taux de brisure augmente quand même légèrement avec l'accroissement de la vitesse, tandis qu'il diminue avec l'augmentation de débit de graines. Les réponses du taux de brisure des cotylédons (T_B) à la variation simultanée du débit et de la vitesse sont présentées à la figure 3-2 (à droite).

Pour minimiser le taux de brisure et mieux accroître l'efficacité de la décortiqueuse, il faut que cette machine soit exploitée dans des conditions opératoires optimales définies par les suivantes: débit de graines de néré 287kg/h, vitesse de la grille 249,733 ≈

250tr/min. Ce qui conduit à l'obtention de T_{Bop} égale à 13,02%. Cet optimum (T_{Bop}) est nettement supérieur aux plus faibles valeurs enregistrées durant l'exploitation de la décortiqueuse au cours de certains de nos essais (6,27 à 8,06%), le maximum étant situé aux alentours de 26%. Certains de nos résultats, notamment pour cinq points expérimentaux répétés six fois, ont fourni des valeurs moyennes du Taux de brisure comprises entre 10,30 et 11,83%. Ils confirment ainsi les ordres de grandeurs obtenus dans nos investigations antérieures 10 à 11% [19 ; 20], mais pour des valeurs de capacité horaire nettement faibles ($\leq 66,67$ kg/h). Ces résultats attestent la bonne performance acquise avec la version améliorée de la décortiqueuse de graines de néré.

2-4- Analyse et optimisation de l'indice de décortilage

Les résultats des essais effectués (Figure 4:1-2) ont montré que l'augmentation de la vitesse de la grille décortiqueuse, quoique n'ayant pas d'effet statistiquement significatif (à 95%), affecte néanmoins positivement (+) et de façon relativement appréciable, l'indice de décortilage (I_D). Le débit d'alimentation en

Effets du débit d'alimentation et de la vitesse de grille motrice sur les performances d'une décortiqueuse de graines de néré «*Parkia biglobosa*»

graines n'y a quasiment pas d'influence; mieux la tendance enregistrée pour ce facteur s'avère plutôt négative (-) donc réductrice de l'Indice de décortilage. Le modèle de régression linéaire, fixant adéquatement

les valeurs acquises, a pour équation:

$$I_D = 0,085 - (0,0004 \times \text{Débit}) + (0,0006 \times \text{Vitesse}).$$

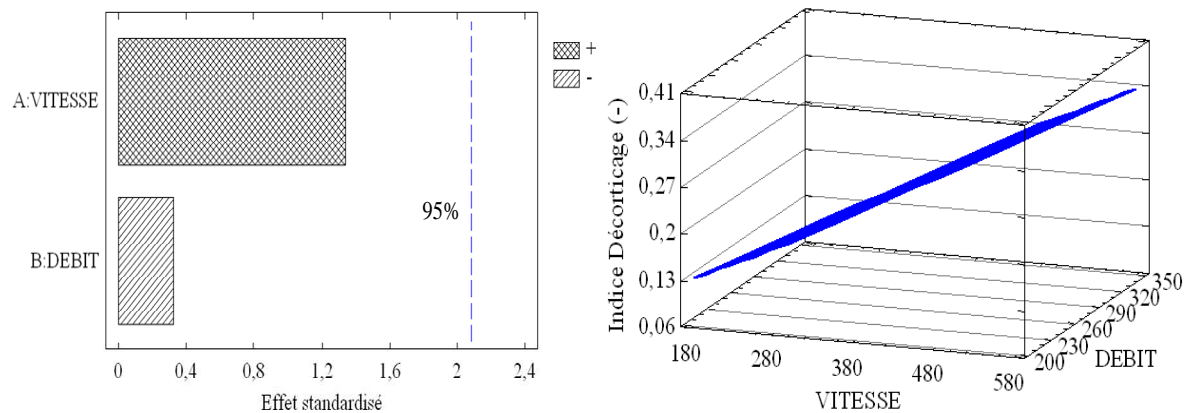


Figure 4 : 4-1- Graphe standardisé de PARETO pour l'influence des variables étudiées sur l'Indice de Décortilage. 4-2- Surface de réponse des interactions du Débit et de la Vitesse de grille sur l'Indice de Décortilage.

L'étude de l'interaction de la vitesse de la grille et du débit de graines, en vue de l'optimisation de l'Indice de décortilage (I_D), conduit à faire fonctionner la décortiqueuse dans les conditions opératoires maximisant ce paramètre. Il est obtenu pour un débit de graines égal à 200kg/h et une vitesse de grille de 542tr/min donnant l'indice optimal de décortilage de valeur $I_D=0,368 \approx 0,37$. Ce résultat est jugé satisfaisant d'autant que les valeurs moyennes enregistrées pour l'ensemble des vingt quatre points expérimentaux,

répétés six fois par point, se situent entre - 0,14 et + 0,90, la moyenne et l'écart - type étant respectivement de 0,22 et 0,32. L'indice optimal (0,37) ainsi obtenu reste néanmoins assez éloigné de celui de référence exprimant le décortilage parfait (valeur +1). Le tableau III récapitule les valeurs optimales des quatre variables de caractérisation de performance de la décortiqueuse ainsi que celles des deux paramètres étudiés.

Tableau III : Conditions opératoires associées aux valeurs optimales des caractéristiques de performance

Facteurs	Valeurs des facteurs optimisant chaque variable réponse			
Vitesse (tr/min)	350,0	542,0	542,0	542,0
Débit (kg/h)	185,0	200,0	350,0	200,0
Valeurs optimales des réponses pour ces conditions expérimentales				
Variables	Taux de brisure	Taux de décortilage	Capacité horaire	Indice décortilage
Réponses	13,02 (%)	70,30 (%)	207,57 (kg/h)	0,37 (-)

2-5- Analyse d'optimisation multiple criteres

La procédure fournit les valeurs des combinaisons de facteurs expérimentaux (vitesse et débit) qui

optimisent, de façon simultanée, les caractéristiques de la machine i. e. maximiser la capacité horaire, le taux et l'indice de décortilage, et minimiser le taux de brisure.

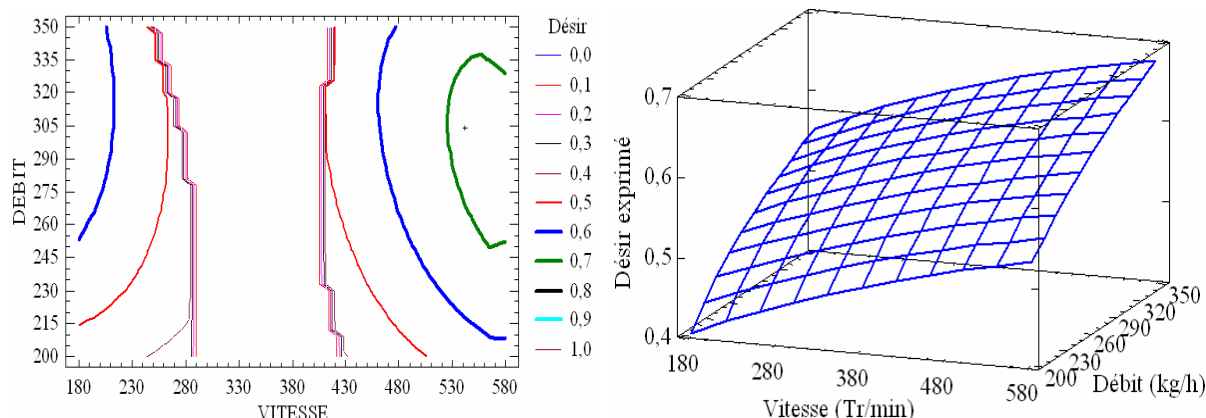


Figure 5: Contours (5 – 1, à gauche) et surface de réponse (5 – 2, à droite) pour les interactions entre le débit de graines et la vitesse de la grille décortiqueuse qui satisfont les 4 critères ci-après: maximisation de l'Indice et du Taux de Décorticage, maximisation de la Capacité Horaire et minimisation du Taux de Brisure des cotylédons.

Le paramètre, désigné par «Désir exprimé» (Figure 5), prend simultanément en compte les quatre critères. La légende de la figure 5-1 (à gauche) indique les contours des différentes zones dans lesquelles les valeurs des désirs sont satisfaites. Ces contours délimitent aussi les plages de valeurs de Débit et de Vitesse qui produisent les désirs. On cherche surtout à maximiser le «Désir exprimé». Ainsi, pour satisfaire à un désir de valeur 0,60, les conditions opératoires ne peuvent être choisies que dans deux zones. La zone de débits allant de 260 à 350kg/h et à faibles vitesses (180 et 210tr/min) ou la celle beaucoup plus étendue de débits de 210 à 350kg/h, à fortes vitesses (460 à 542tr/min). Un désir de 0,70 ne serait satisfait que si la décortiqueuse est exploitée à fortes valeurs de vitesses

(530 à 542tr/min) et à une plage de débits plus restreinte (250 à 350kg/h). Les valeurs optimales sont obtenues au débit de 350kg/h et à vitesse de 542tr/min. Ce qui fournit une capacité horaire de 207,57kg/h, un taux de brisure de 16,12%, un taux de décorticage de 66,74% et un indice de décorticage de 0,314. Le tableau IV présente, à titre comparatif, les ordres de grandeurs de quelques caractéristiques mesurées ou rencontrées dans la littérature. Mentionnons que très peu de données sont actuellement disponibles sur le sujet et qu'il se pose toujours quelques problèmes de terminologie en rapport avec les définitions des paramètres devant réellement caractériser l'efficacité des décortiqueuses.

Tableau IV : Quelques éléments indicatifs pour comparaison de performances des décortiqueuses.

Teneur en eau des graines §	Unité	NIGERIA	CIRAD	UAC –	UAC –INRAB	[22] UAC –
Performances machines		[21]	[20]	INRAB [19]	[22] Max-Min	INRABMO
Teneur en eau (b.s) – (b. h)	%	110*	-	5,71**	6,00**	6,00**
Capacité horaire	kg/h	30,60	76,00	66,67	350,00	207,57
Rendement: amande propre	%	-	56,25	50,00	58,00	58,00
Rendement: amande référence	%	-	44,40	44,40	44,40	44,40
Taux de brisure des cotylédons	%	-	-	11,97	13,02	16,11
Taux de décorticage	%	-	99,00	-	90,06	83,64
Efficacité réelle	%	70,30	70,00	77,32	70,30	66,74

Teneur en eau: (*) base sèche; (**): base humide; Max-Min: Maximal- Minimal; MO: Optimisation Multiple.

Par ailleurs, l'accroissement obtenu pour C_H n'a en rien affecté, ni le rendement en amande propre de la décortiqueuse, encore moins le Taux de brisure. Le modèle de régression linéaire multiple entre le Taux de brisure et les trois autres variables caractéristiques a pour équation:

$$T_B = -61,7427 - (0,01192 \times C_H) + (1,5820 \times T_D) - (80,510 \times I_D).$$

L'application du test de DURBIN-WATSON donne une valeur de probabilité associée aux données de la Capacité horaire (0,1739) supérieure à 5%. L'effet de cette dernière n'est donc pas statistiquement significatif. Ainsi, le terme qui la porte peut être négligé dans le modèle.

Enfin, une amélioration notable est atteinte pour le Taux de décortication avec les modifications apportées à la machine. Sa valeur maximale de T_D est passée de 77,32% (à $C_H=66,67$ kg/h) à 90,06% ($C_H=105$ kg/h), avec un indice de décortication $I_D=0,73$ et un taux de brisure tout de même relativement élevé: $T_B=20,32\%$.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette investigation ont prouvé la nette amélioration apportée au niveau de la performance de la décortiqueuse, notamment aux

valeurs élevées de la vitesse de sa grille motrice. Un taux de brisure minimal de 8,03%, un indice de décortication de 0,45 et un taux de décortication élevé de 68,20%, sont assurés à débit de 300kg/h et à vitesse de 542tr/min avec une capacité horaire de 166,23kg/h. Le taux maximal de décortication de 90,06% a été obtenu à cette même vitesse et à débit de 250kg/h, à capacité horaire réduite (105kg/h) pour des taux de brisure relativement élevés (10,6 à 20,32%). Cette tendance laisse présager des possibilités toujours ouvertes pour la poursuite de l'amélioration de la machine, spécialement au niveau de la vitesse de sa grille décortiqueuse. L'optimisation à multiple critères réalisée, dans l'état actuel de la machine, a permis la détermination des valeurs optima, aussi bien des variables expérimentales: débit de graines (350kg/h), vitesse de grille (542tr/min), que de celles caractérisant l'efficacité de la machine: capacité horaire (207,57kg/h), taux de décortication (66,74%), indice de décortication (0,314) et taux de brisure (16,12%). Certains résultats du présent travail confirment les valeurs obtenues dans l'investigation antérieure^[19]: taux de brisure de 10 à 11%. Les autres illustrent essentiellement le progrès qualitatif exhibé par la décortiqueuse, suite à la maîtrise du contrôle de la vitesse de la grille motrice du débit d'alimentation en graines de Néré.

LISTE DES SYMBOLES, NOTATIONS ET SIGLES

A : Débit de graines (kg/h) ;
B : Vitesse de grille rotative de décortication (tours/min ou rpm) ;
 T_D , T_{Dop} : Taux de Décortication et Taux optimal de décortication (%);
 T_B , T_{Bop} : Taux de Brisure et taux optimal minimisant la brisure des cotylédons (%);
 I_D , I_{Dop} : Indice de Décortication et Indice optimal de décortication (sans unité);
 C_H , C_{Hop} : Capacité horaire et capacité horaire optimale de la décortiqueuse (kg/h);

M_E , M_P , m_B , m_D , m_s , m_h : Masse d'échantillon et celles des différentes fractions issues (g)
UAC : Université d'Abomey – Calavi;
FSA: Faculté des Sciences Agronomiques;
PTAA: Programme des Technologies Agricoles Alimentaires;
INRAB: Institut National de la Recherche Agricole du Bénin;
FAO: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les Responsables des Laboratoires du Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA) et de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey–Calavi (UAC) et

ceux de l'Institut National de la Recherche Agricole du Bénin (INRAB) pour avoir mis leurs équipements à notre disposition dans la réalisation de ce travail. /.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. GUTIERREZ M. L., MAÏZI P., NAGO M. et HOUNHOUIGAN D. J., 2000.- *Production et commercialisation de afitin fon dans la région d'Abomey-Bohicon au Bénin*. CERNA, CNEARC, CIRAD. Rapport, 123p.
2. RATEAU N., 1995.- *Etude de la valeur nutritionnelle du néré ou « Parkia biglobosa »*. Mémoire de DESS en Nutrition et Alimentation dans les pays en développement. Université des Sciences. Montpellier II - France.
3. AGBAHOUNGBA G. et DEPOMMIER D., 1989.- Aspect du parc à karité - néré dans le sud du Borgou (Bénin). *Bois et Forêts des Tropiques* (222), pp: 41-54.
4. LOWELL J. Fuglie, 2002.- L'arbre de la vie: les multiples usages du moringa. *CTA ; CWS.*, pp: 45 - 52.
5. HOUNHOUIGAN D. J., ASSADEVO P. L., AZOKPOTA P., NAGO M.C and JACOBSEN M., 2001.- *Changements physico-chimiques et microbiologiques au cours de la fermentation du afitin fon, un condiment béninois à base de néré (Parkia biglobosa) ou du soja (Glycine max)*. Actes de l'Atelier Scientifique Post-Récolte. Bohicon, 26-27 juillet 2001. pp: 269 - 277.
6. HOKPINS H.C., 1983.- Taxonomy, reproductive biology and economic potential of *Parkia* (leguminosae: mimosoideae) in Africa and Madagascar. *Bot. J. of the Linnean Society*, 87: 135 – 167
7. ODUNFA S. A., 1985.- Dawadawa. In *Legume-based fermented foods*. N. R Reedy; M. D. Pierson and O. K Solunke (Editors). CRC Press Inc, Boca Raton.
8. NAGO C. M et HOUNHOUIGAN D. J., 1997.- *Etude technique et socio-économique de la filière "afitin" au Bénin*. Rapport du Projet ALISA.
9. KONE S., 2001.- Fabrication du "Sumbala". *Gate information service / gtz*. 4p.
10. HUCL P., HAN H.L., ABDELAAL E.M. and HUGHES G.R., 2001.- *Development and quality of glabrous canaryseed*. Final Report, pp: 27-35.
11. OUEDRAOGO A. S., 1995.- *Parkia biglobosa (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest: Biosystème et Amélioration*. Institute for Forestry and Nature Researc., Wagennigen, The Netherlands.
12. HOUNHOUIGAN D. J., ASSADEVO L. C., HONGBETO F., AZOKPOTA P., NAGO M. C et JACOBSEN M., 2001.- *Caractérisation physico-chimique et perspective de valorisation de afitin au Bénin*. Actes de l'Atelier Scientifique International sur la Recherche - Développement des Technologies Post-Récolte en Afrique. p 295.
13. CHASSERAY P., 1991.- Caractéristiques physiques des grains et de leurs dérivés. In *Les industries de première transformation des céréales*. Technique et documentation - Lavoisier ISBN : 2 - 85206 - 610 - 6. pp:105-144.
14. DIAWARA B., 1993.- Contribution à l'étude des procédés traditionnels de fabrication des "sumbala" au Burkina Faso. Aspects biochimiques, microbiologiques et technologiques. *Sci. & Technol.*, Vol 20 (2) : 5-14.
15. FLIEDEL G., MONTI A. and THESBANT S., 1996.- *Caractérisation et valorisation du sorgho*. CIRAD-CA Montpellier, France. (ISBN 2- 81614-2171). 404 p.
16. FLIEDEL G., GRENET C., GONTARD N. et PONS B., 1989.- *Dureté, caractéristiques physico-chimiques et aptitudes au décorticage des grains de sorgho*. Laboratoire de technologie des céréales, IRAT - CIRAD. Montpellier, France.
17. OPOKU A., TABIL L, SUNDARAM J, CRERAR W. J. and PARK S. J., 2003.- *Conditioning and Dehulling of Pigeons Peas and Mung Beans*. Presentation at CSAE / SCGR 2003 Meeting. Montreal, p 16.
18. BELLIANCHICOV N. N., 1990.- *Mécanisation de l'élevage et de la préparation du fourrage*. 366p.
19. HOUNHOUIGAN D. J, AHOANSOU R and MADODE Y., 2004.- *Test d'adaptation en station d'une Décortiqueuse de Néré pour la Production de « Afitin » au Bénin*. Rapport 2004.
20. TRAORE Z., SON G. et DIAWARA B, 2004.-

Effets du débit d'alimentation et de la vitesse de grille motrice sur les performances d'une décortiqueuse de graines de néré «*Parkia biglobosa*»

- Décorticage mécanique des graines de néré. Valorisation technologique et nutritionnelle du néré ou Parkia biglobosa (Jacq.) benth: une espèce agro forestière.* Diawara B. et Jakobson M., Edit. ISSN 0796-6954, DANIDA-KVL- NRST/IRSAT, pp: 145-150.
21. AUDU A., OLOSO A. O. and UMAR B., 2004.- Development of a Concentric Cylinder Locust Bean Dehuller. *Agricultural Engineering International: the CIGR.. Journal of Scientific Research and Development.* Manuscript PM 04 003; Vol. VI.
22. AHOANSOU R., 2005.- *Optimisation des performances des équipements agroalimentaires: application à la décortiqueuse de néré.* Rapport de DEA Sciences Pour l'Ingénieur. EPAC- UAC- Bénin. 58p.
23. REICHERT R. D, OOMAH B. D and YOUNGS C. G, 1979.- Factors affecting the abrasive-type dehulling of grain legumes investigated with a new intermediate-sized batch dehuller. *J. Food Sci.*, 49: 267-272.