# Projet CFC/ICG - (FIGG/02) Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT



Activité n° 13 Amélioration et conception d'équipements

Etude, mise au point et développement d'un canal de vannage pour le fonio

C. Marouzé C. Seige CIRAD-AMIS n° 78/01 Novembre 2001

# Projet CFC/ICG - (FIGG/02) Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT

# Activité n° 13 Amélioration et conception d'équipements

Etude, mise au point et développement d'un canal de vannage pour le fonio

C. Marouzé C. Seige CIRAD-AMIS n° 78/01 Novembre 2001

# Sommaire

I.	INTRODUCTION	1
1. 2.		
II.	CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DU DISPOSITIF DE VANNAGE	2
2. 3.	1.1. Recherche du besoin fondamental 1.2. Contrôle de la validité du besoin 1.3. Risque de disparition SÉQUENCES DE VIE DU PRODUIT FONCTIONS DE SERVICE ET CARACTÈRISATION 3.1. Milieux environnants 3.2. Caractérisation des fonctions	2 3 3 4 4
III.	MAQUETTE DE CANAL DE VANNAGE 1	
1. 2. 3.	Présentation de la maquette 1 de canal de vannage	7 8
IV.	MAQUETTE 2 DE CANAL DE VANNAGE	9
PF 2.		9 10 11
v.	MAQUETTE 3 DE CANAL DE VANNAGE	12
1. 2. AU 3.	RÉSULTATS DE VANNAGE DE LA MAQUETTE 3 COUPLÉE AVEC LE DÉCORTIQUEUR ENGELBERG DÉVELO J CIRAD	ОРРĖ 12
VI.	ELABORATION D'UN PILOTE DE CANAL DE VANNAGE	14
1. 2.		
VII.	CONCLUSION	17
VIII.	RÉFÉRENCES	17
A NINI	TEVEC	17

#### I. Introduction

#### 1. Rappel des travaux réalisés en 2000 sur le nettoyage du fonio

Pour documenter le projet Fonio vis à vis des aspects nettoyage du produit, des travaux ont été menée en 2000 dans deux directions complémentaires (Marouzé and Buffetaud, 2000) :

- d'une part, l'étude du principe de vannage, c'est à dire l'entraînement des impuretés par un flux d'air par effet densimétrique,
- d'autre part, l'étude du principe de séparation dimensionnelle, c'est à dire la séparation des produits en empêchant le produit le plus gros de passer au travers d'un élément perforé.

Les travaux sur le vannage montrent que les vitesses d'envolement des produits (fonio et impuretés à enlever) permettent une séparation efficace par entraînement sous réserve que le flux d'air soit homogène, de préférence vertical ou faiblement incliné par rapport à la verticale avec un flux de produit lui aussi homogène. De plus, une bonne défragmentation des produits en amont de la séparation est indispensable à la qualité de la séparation.

L'étude des principes de séparation dimensionnelle propose un principe performant de séparation dimensionnelle pour le fonio, le crible rotatif tamis circulaire tournant à faible vitesse autour d'un axe horizontal. Elle explique son fonctionnement : une trajectoire des grains perpendiculaire à l'élément perforé permet d'avoir une section apparente de passage optimum d'où un taux élevé de passage de grains. Par ailleurs, le crible rotatif satisfait totalement les critères de coût, de fabricabilité et de maintenance des équipements dans la zone de production du fonio. La combinaison des deux principes permet d'avoir une parfaite maîtrise de la séparation.

L'objet de cette étude est d'étudier le principe de vannage pour développer un équipement de vannage du fonio.

# 2. Diagramme de transformation du fonio

Le diagramme de la transformation (voir fig. 1) du fonio montre qu'il existe 3 étapes distinctes pouvant nécessiter un nettoyage du fonio :

- avant le décorticage pour enlever des impuretés,
- après le décorticage ou blanchiment pour enlever essentiellement des sons,
- éventuellement, après séchage pour enlever les fines.

Les travaux ont été réalisés par Christophe Seige (2001) lors d'un stage au CIRAD dans le cadre d'un travail de fin d'étude de l'UTT de Troyes.

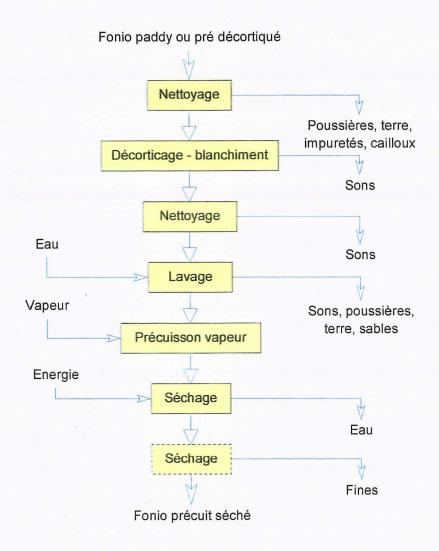


Fig. 1 : Diagramme de transformation du fonio

# II. Cahier des Charges Fonctionnel du dispositif de vannage

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) de l'équipement vannage a été établi en avril 2001 durant l'atelier de formation aux méthodes de conception auquel ont participé les partenaires du projet Fonio chargés de la conception d'équipements<sup>1</sup>. Il va servir de document de référence tout au long de l'étude.

# 1. Analyse du besoin

#### 1.1. Recherche du besoin fondamental

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Atelier de formation échange aux méthodes de conception d'équipements dans les pays du Sud réalisé au CIRAD du 2 au 27 avril 2001 avec Me Ramata Diallo IRAG Foulaya, MM. Souleymane Sacko IRAG Bareng, Djibril Dramé IRER Bamako, Gouyahali Son IRAST Ouagadougou.

#### A qui cet équipement rendra-t-il service ?

Aux transformateurs du PME-entrepreneurs ou groupements ayant un atelier fixe ou mobile.

#### Sur quoi l'équipement agit-il?

Le vannage doit s'effectuer avant décorticage sur le fonio paddy, et après décorticage sur le fonio décortiqué.

Avant décorticage, sur le fonio paddy pour enlever les impuretés (pailles, balles, les graines immatures ou vides, poussières).

Après décorticage, sur le fonio décortiqué pour enlever principalement les sons.

Le produit à traiter est soit du fonio paddy ou décortiqué voire, d'autres céréales ayant des granulométries différentes de celle du fonio.

#### Dans quel but?

- Vanner rapidement le produit.
- Réduire la pénibilité (poussières).
- Réduire le coût de la transformation.
- Mécaniser l'ensemble de la transformation.

#### 1.2. Contrôle de la validité du besoin

Le besoin ne peut disparaître que s'il y a disparition du fonio ou que si d'autres céréales concurrencent et supplantent cette céréale.

Par conséquent, on peut estimer que le risque de disparition de la transformation du fonio est faible. D'autant plus que cette céréale est une culture de soudure. De plus, le fonio est une plante pouvant être cultivé sur des terres pauvres.

#### 1.3. Risque de disparition

Le risque de disparition est faible si le coût de transformation mécanisée est inférieur au coût de transformation traditionnelle. Le fonio est une culture traditionnelle, sa consommation est bien implantée en Afrique. Une chute de la demande en fonio transformé ou de la production est peu probable.

Par conséquent, le besoin est validé.

## 2. Séquences de vie du produit

Toutes les séquences du cycles de vie de l'équipement présentées dans la fig. 2 sont prises en compte pour la rédaction de fonctions de service

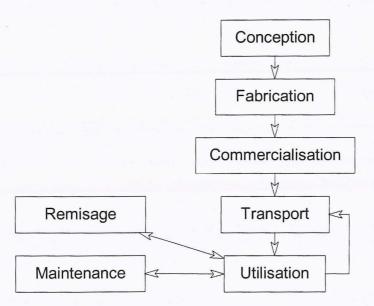


Fig. 2 : Séquences de vie de l'équipement de vannage

#### 3. Fonctions de service et caractérisation

#### 3.1. Milieux environnants

- Produit à vanner
- Produit propre
- Sous produits
- Impuretés
- Propriétaire
- Energie
- Opérateur
- Artisans fabricant réparateur
- Energies disponibles
- Moyens de transport
- Normes
- Matière d'œuvre et composants
- Décortiqueur
- Lieu de transformation

#### 3.2. Caractérisation des fonctions

Fonctions	Critères	Niveau	Flexibilité
Doit être fabricable et réparable localement	Disponibilité de la matière d'œuvre. Disponibilité des outils et des compétences		F0
Doit être transportable localement	Sur une charrette, pick up.		F1
Doit respecter les normes	Normes alimentaires, ne doit pas dégrader le produit alimentaire. Sécurité de l'opérateur.		F0
Doit être rentable pour le propriétaire	Prix de vente Coût d'utilisation.	?² FCFA ? FCFA/kg	F0
Doit utiliser l'énergie disponible sur le lieu de transformation.	Electricité. Energie mécanique (si montage sur un décortiqueur	220 ou 380 V	F0
Doit transformer le produit à nettoyer en produit propre	Débit Impuretés dans le produit vanné	100 à 150 kg/h < 2 %	F0
Doit évacuer les sous produits	Pertes de grain Hauteur de la sortie	< 2 % 40 cm	F1
Doit être contrôlé par l'opérateur	Nbre de moyens de réglage Facilité d'utilisation.	Minimum Simple	F1
Doit s'intégrer dans le lieu de transformation	Surface au sol disponible. Conditions climatiques : température, poussières, hygrométrie,	≤ 3 m² T ≤ 45 °C	F1
Doit être réparable localement par des artisans	Pièces de rechanges disponibles sur place. Robustesse de l'équipement.	?	F0
Doit pouvoir être couplé au décortiqueur	Hauteur d'entrée de produit	900 mm (à vérifier)	F1
Doit être disponible dans la 3 <sup>ème</sup> année du projet Fonio	Date limite	Mi- 2002	F1

Tabl. 1 : Fonctions de service de l'équipement de vannage et leur caractérisation

\_

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Les ? devront être progressivement documentés par les acteurs de la conception au fur et à mesure de leurs rencontres avec les transformateurs.

# III. Maquette de canal de vannage 1

#### 1. Dispositif général d'essai



Fig. 3 : Photo du dispositif général d'essai des maquettes

Pour les essais de vannage, il a été nécessaire de réaliser un dispositif permettant leur réalisation (voir fig. 3 et fig. 4, bloc diagramme des fonctions techniques du dispositif de vannage). Un doseur composé d'une trémie et d'une vis d'Archimède qui achemine le produit de la trémie vers la maquette assure le stockage du produit à vanner. Le réglage du débit d'alimentation est obtenu par un variateur de fréquence assurant l'entraînement du moteur d'entraînement. Le ventilateur crée par aspiration le flux d'air nécessaire au vannage. Le ventilateur est connecté au canal de vannage par une gaine souple et le réglage du débit est obtenu par une vanne papillon placée en haut du canal. L'air ventilé est envoyé dans un cyclone, le circuit est donc ouvert.

L'étalonnage du débit du doseur est présenté en annexe 1. Les vitesses d'air sont mesurées au centre du canal de vannage.

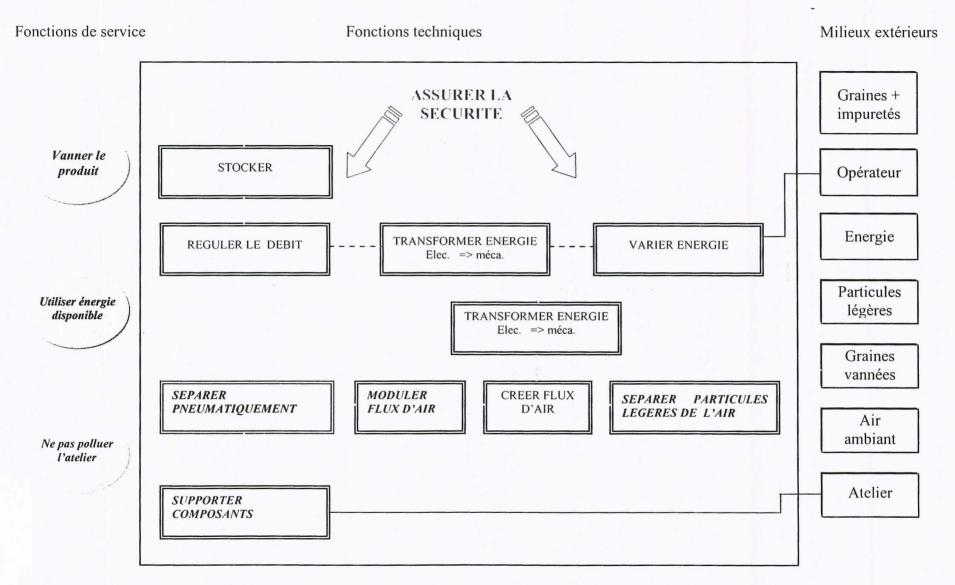


Fig. 4: Bloc diagramme des fonctions techniques du dispositif de vannage

#### 2. Présentation de la maquette 1 de canal de vannage

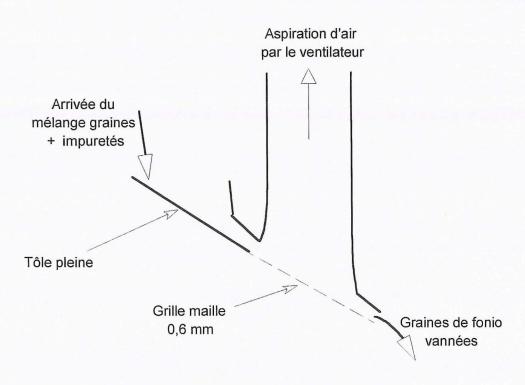


Fig. 5 : Schéma de la maquette 1 de canal de vannage

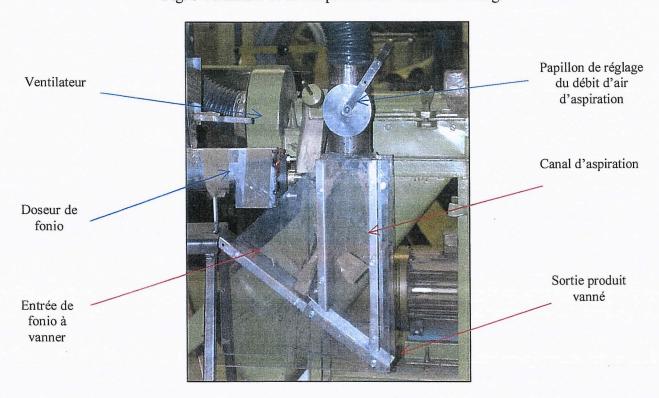


Fig. 6: Photo de la maquette 1

La maquette 1 (fig. 5 et 6) assure un écoulement du produit sur une pente composée de deux parties distinctes : la première est une tôle pleine qui permet au produit de prendre de la vitesse, la deuxième est un treillis fin (ouverture de 0,6 mm) qui laisse passer l'air mais pas les graines. Cette grille est placée sous le canal de vannage. Les graines roulent en couche mince sur la grille ce qui assure une défragmentation du produit à vanner. Les impuretés sont entraînées par le flux d'air ascendant alors que les graines tombent dans un bac de récupération.

Variables prises en compte :

- Débit d'alimentation
- Vitesse de l'air

Mesures réalisées permettant d'apprécier la qualité de vannage :

- Impuretés restant dans le produit,
- Perte de grain par entraînement rapportée au produit vanné.

#### 3. Expérimentation de la maquette 1

L'inclinaison de la tôle inclinée est de 40° par rapport à l'horizontale.

#### 3.1. Vannage de fonio paddy

Le produit utilisé pour ces essais contient environ 20 % de particules légères et 80 % de fonio paddy.

Essai	M1P1	M1P2	M1P3	M1P4
Débit (kg/h)	81	102	81	102
Vitesse de l'air (m/s)	4,5	4,5	5,5	5,5
Impuretés restant dans le produit (%) <sup>3</sup>	2,6	0,6	0,45	0,85
Perte de grain entraîné par l'air (%) <sup>4</sup>	0,24	0,6	3,5	0,95

Tabl. 2 : Essai de vannage de fonio paddy avec la maquette 1

Les résultats sont satisfaisants pour l'essai M1P2 (vitesse de 4,5 m/s et débit de 102 kg/h) avec 0,6 % de perte de fonio paddy par rapport à la masse initiale de grains et une quantité d'impuretés dans le produit vanné de 0,6 % et pour l'essai M1P4 (vitesse de 5,5 m/s), le fonctionnement est donc meilleur avec pour un débit de 102 kg/h.

# 3.2. Vannage de fonio décortiqué avec sons

Essai	M1D1	M1D2	M1D3	M1D4	M1D5	M1P6
Débit (kg/h)	67	87	67	87	105	105
Vitesse de l'air (m/s)	4	4	4,5			5
Impuretés restant dans le produit (%)	3,5	3,5	0,6	1,5	1,2	0,3
Perte de grain entraîné par l'air (%)	0,73	0,7	2,3	2,8	2,7	5,5

Tabl. 3 : Essai de vannage de fonio décortiqué avec la maquette 1

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Quantité d'impuretés rapportée à la masse de grain propre

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Perte de grains entraînés par le flux d'air rapportée à la masse de grain propre

Le produit utilisé pour ces essais contient environ 25 % de sons et 75 % de fonio décortiqué.

Les résultats ne sont pas très bons puisque pour chaque essai, d'une part, au moins un des objectifs n'est pas atteint et, d'autre part, des brisures sont entraînées par le flux d'air. De plus, la grille a tendance à se colmater avec les sons ce qui nuit à la qualité du vannage. Il est probable que la grande quantité de sons mélangés avec les graines perturbe le bon fonctionnement de ce principe. Les essais sont donc arrêtés.

# IV. Maquette 2 de canal de vannage

#### 1. Présentation de la maquette 2 de canal de vannage

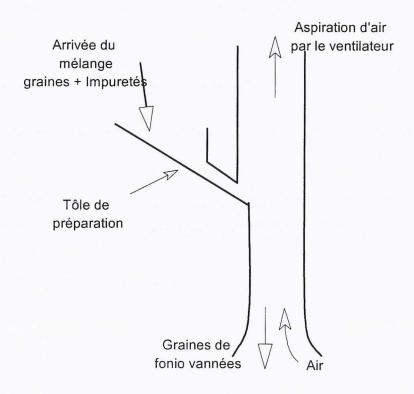


Fig. 7 : Schéma de la maquette 2 de canal de vannage

La maquette 2 (voir fig. 2) est un canal vertical de section rectangulaire soumis à un flux d'air ascendant dans lequel les produits à vanner sont introduits à mi-hauteur : les produits légers sont entraînés par le flux d'air alors que les produits lourds chutent à contre courant du flux d'air.

#### 2. Expérimentation de la maquette 2

Variables prises en compte :

- Pente de la tôle de préparation par rapport à l'horizontale,
- Largeur de la partie basse du canal,
- Vitesse de l'air dans la partie supérieure du canal,
- Débit d'alimentation.

Mesures réalisées permettant d'apprécier la qualité de vannage :

- Quantité d'impuretés restant dans le fonio vanné rapportée à la quantité de fonio propre,
- Perte de graines par entraînement rapportée à la masse initiale.

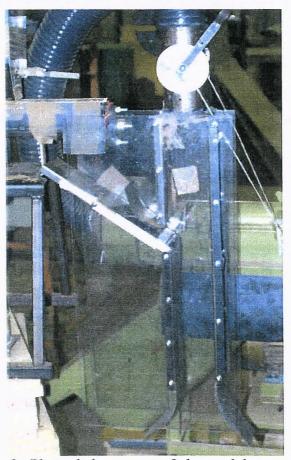


Fig. 8 : Photo de la maquette 2 de canal de vannage

#### 2.1. Vannage du fonio paddy

Le produit utilisé pour ces essais contient environ 20 % de particules légères et 80 % de fonio paddy.

Essai	Vitesse de	Débit	Particules	Perte de	Observations
N°	l'air en	d'alimen	légères dans	grains	
	haut du	tation	les graines	dans les	
	canal		propres <sup>5</sup>	sons <sup>6</sup>	
	(m/s)	(kg/h)	(%)	(%)	
M2P1	4,5	67	0,5	0,5	Très bon résultat
M2P2	4,5	87	0,2	0,5	,,
M2P3	4,5	105	0,2	0,2	,,
M2P4	5,5	87	0,13	1,4	Perte un peu forte
M2P5	5,5	105	0,1	1,7	,,

Tabl. 4 : Résultats de vannage de fonio paddy avec la maquette 2

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Quantité d'impuretés rapportée à la masse de grain propre

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Perte de grains entraînés par le flux d'air rapportée à la masse de grain propre

#### 2.2. Vannage du fonio décortiqué

Le produit utilisé pour ces essais contient environ 25 % de sons et 75 % de fonio décortiqué.

Essai N°	Pente de la tôle inclinée	Largeur de la partie basse du canal	Vitesse de l'air en haut du canal	Débit d'alimen tation	Sons dans les graines propres <sup>7</sup>	Perte de grains dans les sons <sup>8</sup>	Observations
	(°)	(mm)	(m/s)	(kg/h)	(%)	(%)	
M2B1	30°	75	4.5	67	0.4	0.5	Très bon résultat
M2B2	30°	75	4.5	87	0.7	0.5	Très bon résultat
M2B3	30°	75	4.5	105	1.6	0,2	Un peu moins bon
M2B4	30°	75	5.5	67	0.7	1,7	Mauvais pour les pertes
M2B5	30°	75	5.5	87	0.4	5.8	Mauvais pour les pertes
M2B6	30°	75	5.5	105	0.3	1.7	Acceptable
M2B 11	40°	75	4.5	87	0.6	0.35	Un peu mieux que l'essai M2B2 avec pente de 30°
M2B 12	40°	75	4.5	105	2.8	1.1	Nettement moins bon que l'essai 3 avec pente 30°
M2B 20	40°	85	4.5	87	5.8	0.1	Des agglomérations de sons retombent avec les graines de fonio
M2B 21	40°	85	4.5	105	6.2	0.1	Idem

Tabl. 5 : Résultats de vannage de fonio décortiqué + sons avec la maquette 2

#### 3. Double passage dans le canal de vannage

L'essai d'un passage double du grain dans le canal de vannage a pour objectif de mesurer la qualité de séparation en deux passages. Les conditions de l'essai M2B11 ont été retenues car elles assurent une bonne qualité de vannage. Le produit utilisé est du fonio décortiqué avec des sons.

	Pente	Largeur de	Vitesse	Débit	Sons	Perte de
	de la	la partie	de l'air	d'alimen	dans les	grains
	tôle	basse du	en haut	tation	graines	dans les
Essai	inclinée	canal	du canal		propres	sons
N°	(°)	(mm)	(m/s)	(kg/h)	(%)	(%)
1 <sup>er</sup> passage	40°	75	4,5	90	0,9	0,3
2 <sup>ème</sup> passage	40°	75	4,5	90	0,4	0,4
Bilan					0,4	0,7

Tabl. 6 : Double passage des graines dans le canal de vannage

<sup>8</sup> Perte de grains entraînés par le flux d'air rapportée à la masse de grain propre

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Quantité d'impuretés rapportée à la masse d'impuretés initiale

L'essai montre que le résultat final est satisfaisant avec une perte totale de grain faible et un produit propre mais la qualité de la séparation au premier passage ne nécessitait pas réellement pas un deuxième passage.

#### 4. Conclusion

Les essais sont très satisfaisants pour le fonio paddy et pour le fonio décortiqué car les quantités de sons sont exprimées, pour le fonio décortiqué, par rapport à la masse initiale de sons. Si la quantité de sons était exprimée par rapport à la masse de graines vannées la valeur serait trois fois plus faible. Les paramètres des essais M2B1 à 3 et 11 sont ceux donnant les meilleurs résultats, c'est à dire que la vitesse d'air de 4,5 m/s est la plus satisfaisante. Les performances du canal de vannage étant légèrement moins bonnes pour un débit de 105 kg/h, il a été décider d'augmenter la capacité du canal de vannage en élargissant sa largeur.

# V. Maquette 3 de canal de vannage

La maquette 3 est la maquette 2 dont la profondeur du canal de vannage (dimension perpendiculaire au plan de la fig. 7) a été portée de 80 mm à 120 mm. Cette modification doit permettre d'augmenter la capacité de la maquette en gardant les performances obtenues lors des essais M2B2 et 11 (avec un débit de 87 kg/h); en augmentant la largeur de 50 % il serait normalement possible d'augmenter le débit dans les mêmes proportions. Le débit du ventilateur est modifié pour garder les mêmes vitesses d'air dans le canal.

#### 1. Résultats de vannage du fonio décortiqué avec la maquette 3

Essai	Pente	Largeur de	Vitesse	Débit	Sons	Perte de	Observations
N°	de la	la partie	de l'air	d'alimen	dans les	grains	
	tôle	basse du	en haut	tation	graines	dans les	
	inclinée	canal	du canal		propres <sup>9</sup>	sons	
	(°)	(mm)	(m/s)	(kg/h)	(%)	(%)	
M3B1	30°	75	4.5	90	6	1.1	Vitesse d'air un peu faible
M3B2	30°	75	5.5	90	0,3	1.9	Vitesse d'air trop élevée

Tabl. 7 : Résultats de vannage de fonio décortiqué + sons avec la maquette 3

Les essais indiquent que la vitesse d'air doit être comprise entre 4,5 et 5,5 m/s.

## 2. Résultats de vannage de la maquette 3 couplée avec le décortiqueur Engelberg développé au CIRAD

Les tableaux complets de résultats de vannage sont présentés dans les annexes du rapport (Marouzé, Thaunay, Seige et Pons, 2001) avec les résultats des essais du décortiqueur.

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Quantité d'impuretés rapportée à la masse d'impuretés initiale

		Débit de grains	Sons ds	Pertes:	Masse de	
	X7:4		graines	graines	sons /	% de
Essai	Vitesse de l'air		vannées /	entraînés	masse	graines
	de l'all		produit	avec les	produits	paddy
			entrant	sons	entrant	8
n°	m/s	kg/h	%	%	%	%
FEC 21	5	77	1	1,2	21,7	1,6
FEC 22	4,5	77	1,9	1,5	18,4	1,5
FEC 23	4,5	110	0,8	1,4	17,9	10,7
FEC 24	4,5	94	0,5	3,5	20,6	4,1
FEC 25	4,2	90	0,6	1,9		4,3
FEC 26	4	84	1,2	1,2	21,8	3

Tabl. 8 : Influence de la vitesse de l'air dans le canal de vannage sur la qualité de séparation

Le tableau 8 montre que les résultats en terme de perte de graines ou de sons restant dans les graines, sont satisfaisants. Une vitesse de l'ordre de 4 m/s est suffisante pour assurer l'entraînement des 20 % de sons mélangés aux graines.

Essai	Vitesse de l'air	Débit de grains	Sons ds graines vannées / graines vannées	Pertes: graines entraînés avec sons / masse paddy	Masse sons / produit entrant	Taux de graines paddy	Observations
n°	m/s	kg/h	%	%	%	%	
FEC 31	4	83	1,7	0,6	17,5	4,2	Bon résultat
FEC 32	4	57	2,1	0,9	19,5	0,3	
FEC 33	4	89	1,4	1,0	19,9	8,5	Bon résultat
FEC 34	4-	52	7,2	0,2	29	0,1	Décort. trop poussé
FEC 42	4	76	5,8	0,6	43		Décort. trop poussé
FEC 28	4	79	1,1	0,2	2,3	1,6	2ème passage
FEC 37	4	129	0,8	0,2	2,3		2ème passage
FEC 38	4	73	1	0,3	4,2		2ème passage

Tabl. 9 : Résultats des essais de vannage avec la maquette 3 couplée au décortiqueur Engelberg

Dans les conditions normales de fonctionnement du décortiqueur (essais FEC 31, 32 et 33), les performances du canal de vannage sont satisfaisantes et répondent aux spécifications du cahier des charges.

Quand le décortiqueur est utilisé au-delà de ses limites en poussant trop le décorticage (essais FEC 34 et 42), il reste des sons mais aussi de la farine avec les graines vannées ; la grande quantité de produits fins avec les graines gêne le bon fonctionnement du décortiqueur. Ce cas de figure n'est pas gênant car le décortiqueur ne devrait pas être utilisé dans de telles conditions.

Enfin, quand le décortiqueur est utilisé pour un deuxième passage de finition (la quantité de sons dans le produit à vanner étant faible au deuxième passage), la qualité de la séparation est très bonne et il serait probablement possible de parfaire la séparation avec une vitesse d'air légèrement supérieure.

#### 3. Conclusion sur le fonctionnement du canal de vannage

Les résultats du canal de vannage sont satisfaisants. Pour le fonio décortiqué, la maquette 3 correspond au débit de sortie du décortiqueur Engelberg. Ces résultats sont encore perfectibles en homogénéisant les vitesses d'air sur toute la hauteur du canal. On notera l'importance d'un flux de graines réparti de façon homogène sur toute la largeur du canal de vannage.

Ces résultats conduisent à envisager un transfert dans les conditions réelles d'utilisation des matériels, donc à l'élaboration d'un pilote dont la fabrication serait assurée localement.

# VI. Elaboration d'un pilote de canal de vannage

Compte tenu des besoins en nettoyage tout le long de la chaîne de transformation, il a été décidé, pour le matériel pilote, la réalisation d'un canal de vannage indépendant pouvant être utilisé :

- Soit, directement à la sortie graines + sons du décortiqueur donc sans trémie,
- Soit, seul équipé d'une trémie, pour le nettoyage du fonio paddy, du fonio blanchi voire du fonio cuit séché ou pour d'autres céréales.

Le matériel définitif pourra être un accessoire de décortiqueur Engelberg ou de trieur dimensionnel (crible) ou rester un matériel indépendant. Dans ce cas, ce ne sera pas un matériel spécifique pour le fonio et il doit donc pouvoir nettoyer d'autres céréales telles que le mil, le sorgho ou le maïs.

#### Le matériel se compose :

- d'un canal de vannage de section rectangulaire,
- d'un ventilateur monté directement en haut du canal de vannage, la roue du ventilateur étant montée directement sur l'arbre du moteur,
- d'une conduite d'air avec trappe de réglage du débit,
- d'un cyclone,
- d'un châssis,
- et d'une trémie démontable pour pouvoir alimenter le canal de vannage directement en le plaçant à la sortie du décortiqueur.

#### 1. Dimensionnement du ventilateur

Le pilote devant fonctionner pour d'autres céréales que le fonio, une vitesse d'air supérieure dans le canal de vannage doit pouvoir être obtenue pour vanner des graines de sorgho ou de maïs. Nous prenons un objectif de vitesse d'air maximum de 6 m/s pour ces céréales au lieu de 4 m/s pour le fonio.

		Ventilateur	Ventilateur	Ventilateur
		maquette 2	maquette 3	pilote
Diamètre roue	mm	145	145	167
Vitesse roue	tr/mn	2000	3390	2940
Débit maxi d'air	m3/h	92	138	207
Pression dynamique maxi	Pa	220	530	530
Nre de pales		6	6	6
Largeur de roue		51	51	60

Tabl. 10: Dimensionnement du ventilateur

Le dimensionnement du ventilateur (tabl. 10) est réalisé à partir des caractéristiques du ventilateur utilisé pour les maquettes 2 et 3 et en utilisant les lois de similitude des ventilateurs. La roue du ventilateur sera montée directement sur l'axe du moteur électrique ce qui impose sa vitesse de rotation : 2940 tr/mn. Pour compenser la perte de pression dynamique du ventilateur liée à la plus faible vitesse de rotation, le diamètre de la roue est plus élevé. L'augmentation de débit s'obtient par une augmentation de la largeur de la roue. Par rapport à la maquette 3, le circuit d'air est plus direct avec la suppression de la conduite souple et de la restriction qui se trouvait en haut du canal de la maquette 3. Pour un canal monté comme accessoire d'un décortiqueur, il faudra monter une conduite car l'axe du ventilateur sera horizontal.

#### 2. Dimensionnement du circuit d'air

Le circuit doit être dimensionné pour avoir une vitesse d'air dans le canal de vannage variant entre 4 et 5 m/s pour le fonio et jusqu'à 7 m/s pour les autres céréales. Les vitesses et débits d'air pour les différentes sections du dispositif (canal de vannage, entrée et sortie du ventilateur, entrée et sortie de cyclone) sont indiqués dans le tableau 11. La vitesse maxi est atteinte à l'entrée du cyclone pour assurer son bon fonctionnement par une vitesse tangentielle des produits assurant une séparation des sons.

Par ailleurs, un essai de débit réalisé sur une trémie existante permet de dimensionner la trappe de sortie de la trémie de grain du canal de vannage. En effet, il faut que la largeur de cette trappe ne soit ni trop large, pour avoir une bonne sensibilité de réglage ni insuffisamment large pour laisser passer les graines les plus grosses.

	aquette 3	Mag	uette 2
Débit d'air dans le canal de vannage Section 0,12 0,08 Vitesse Débit d'air soit	5 m/s 0,048 m3/s	0,08 0,08	5 m/s 0,032 m3/s
Soil	172,0 1113/11	3011	113,2 1113/11
Vitesse d'air à l'entrée du ventilateur + tuyau Section 0,072 Dia Vitesse d'air à l'entrée du ventilateur	0,00407 m²	0,072 Dia	0,004069 m²
Vitesse Q/S	11,80 m/s	Q/S	7,86 m/s
Vitesse d'air à la sortie du ventilateur	0.00400 3	0.005 0.005	0.0040052
Section 0,065 0,065 Vitesse d'air à la sortie du ventilateur	0,00423 m²	0,065 0,065	0,004225 m²
Vitesse Q/S	11,36 m/s	Q/S	7,57 m/s
Vitesse d'air à l'entrée du cyclone Section 0,077 0,044 Vitesse d'air à l'entrée du cyclone	0,00339 m²	0,077 0,044	0,003388 m²
Vitesse Q/S	14,17 m/s	Q/S	9,45 m/s
Vitesse d'air à la sortie du cyclone Section 0,097 Dia	0,00739 m²	0,097 Dia	0,007386 m²
Vitesse d'air à la sortie du cyclone Vitesse Q/S	6,50 m/s	Q/S	4,33 m/s
Pilote de car Débit d'air dans le canal de vannage	nal de vannage		
Section 0,12 0,08	0,0096 m²		
Vitesse Débit d'air	5 m/s 0,048 m3/s		
Vitesse d'air à l'entrée du ventilateur			
Section 0,1 Dia Vitesse d'air à l'entrée du ventilateur	0,00785 m²		
Vitesse Q/S	6,11 m/s		
Vitesse d'air à la sortie du ventilateur	0.00540 3		
Section 0,078 0,07 Vitesse d'air à la sortie du ventilateur	0,00546 m²		
Vitesse Q/S	8,79 m/s		
Vitesse d'air à l'entrée du cyclone Section 0,085 0,05	0,00425 m²		
Vitesse d'air à l'entrée du cyclone			
Vitesse Q/S	11,29 m/s		
Vitesse d'air à la sortie du cyclone Section 0,11 Dia	0,0095 m²		
Vitesse d'air à la sortie du cyclone Vitesse Q/S	5,05 m/s		
Vitesse d'air à la trappe	-,-30		
Section 0,085 0,02	0,0017 m <sup>2</sup>		
Vitesse d'air à l'entrée du cyclone Vitesse Q/S	28,24 m/s P =	49 mm CE	
	nensionnement du ci		

## VII. Conclusion

Le nettoyage est une opération récurrente de la transformation du fonio. Le principe de séparation dimensionnelle, séparation des produits par un élément perforé, étudié en 2000 dans le cadre du projet Fonio étant maîtrisé, la présente étude vise à documenter le projet vis à vis du principe de vannage, séparation par effet densimétrique avec entraînement des impuretés légères par un flux d'air.

Trois maquettes ont permis de tester deux principes de vannage différents avec étude de principales variables du procédé. Les vitesses d'envolement des produits à séparer (fonio et impuretés) permettent une séparation efficace par entraînement sous réserve que le flux d'air soit homogène, de préférence vertical avec un flux de produit lui aussi homogène et une défragmentation des produits en amont de la séparation. Les travaux débouchent sur la réalisation d'un pilote de canal de vannage qui sera réalisé au Mali et testé chez les transformateurs.

#### VIII. Références

Marouzé, C., and B. Buffetaud, 2000. Activité n° 13, amélioration et conception d'équipement. Nettoyage à sec des graines de fonio Etude de principes de nettoyage. Projet Fonio CFC/ICG - (FIGG/02) Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Montpellier: CIRAD-AMIS, n° 60/00, Octobre 2000.

Marouzé, C., P. Thaunay, C. Seige and B. Pons, 2001. Activité n° 13, amélioration et conception d'équipement. Etude et mise au point du décortiqueur fonio Engelberg modifié CIRAD. Projet Fonio CFC/ICG - (FIGG/02) Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. CIRAD-AMIS n° 80/01. Novembre 2001. Montpellier.

Seige, C., 2001. Projet fonio : Etude et validation de principes de nettoyage à sec de graines de fonio. Montpellier: CIRAD-AMIS n° 62/2001, Août 2001, Université Technologique de Troyes (UTT).

#### ANNEXES

Annexe I : Etalonnage du doseur

Annexe II : Dimensionnement de l'ouverture de la trappe de réglage de débit sur la trémie du canal de vannage

#### **ANNEXES**

# Annexe I : Etalonnage du doseur

#### Réglage doseur pour alimentation en produit :

Le tableau suivant donne le débit moyen (à partir de trois séries de mesures) en fonction de l'affichage inscrit sur le variateur de fréquence (Annexes 5 et 6).

Affichage (Hz)	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12
Débit (kg/h)	48	58	67	74.5	81	88	92.5	101	104	110

Tabl. I1: Etalonnage du doseur

Ce qui permet d'obtenir le graphique suivant

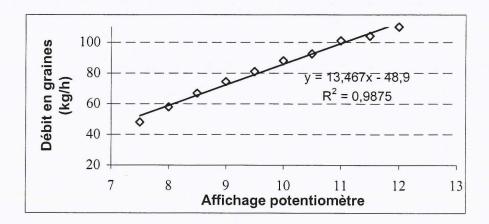
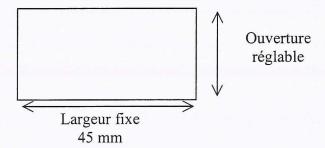


Fig. I: Etalonnage du doseur

Le tableau I1 et la figure I permettront aux futurs utilisateurs du doseur de connaître le débit de fonio en fonction de l'affichage du variateur de fréquence.

# Annexe II : Dimensionnement de l'ouverture de la trappe de réglage de débit sur la trémie du canal de vannage

Pour dimensionner de la trappe de réglage de débit sur la trémie du canal de vannage, nous avons réalisé des essais sur une trémie existante. La section de la trappe de réglage du débit est rectangulaire et l'ouverture est réglable par déplacement d'une plaque horizontale.



La mesure du débit pour le fonio paddy est réalisée avec 4,346 kg de produit.

Ouverture (mm) Section (mm²)	7 315	10 <b>450</b>
Durée (s)	88	50
Débit (kg/h)	178	313

La mesure du débit pour le maïs est réalisée avec 9,147 kg de produit.

Ouverture (mm) Section (mm²)	20 <b>900</b>	25 1125
Durée (s)	43	32
Débit (kg/h)	766	1029

Ces résultats montrent que cette trappe est beaucoup trop large pour avoir une bonne sensibilité du réglage du débit. Pour le canal de vannage, une largeur de trappe de 20 mm serait plus appropriée, le débit devrait être de :

pour le fonio avec une ouverture de 7 mm : 80 kg/h,
pour le fonio avec une ouverture de 10 mm : 130 kg/h,

• pour le mais avec une ouverture de 20 mm : 340 kg/h.

Pour le crible rotatif, une largeur de trappe de 36 mm, le débit devrait être de :

pour le fonio avec une ouverture de 7 mm : 140 kg/h,
pour le fonio avec une ouverture de 10 mm : 250 kg/h.

Ceci permet d'avoir pour une bonne sensibilité de réglage de trappe :

- avec le fonio, un débit d'environ 100 hg/h avec une ouverture de trappe comprise entre 7 et 10 mm pour le canal de vannage,
- pour le maïs, une ouverture sensiblement carrée (20 x 20) avec des débits supérieurs.

#### **RESUME**

Le nettoyage est une opération récurrente de la transformation du fonio. Le principe de séparation dimensionnelle, séparation des produits par un élément perforé, étudié en 2000 dans le cadre du projet Fonio étant maîtrisé, la présente étude vise à documenter le projet vis à vis du principe de vannage, séparation par effet densimétrique avec entraînement des impuretés légères par un flux d'air.

Les vitesses d'envolement des produits à séparer (fonio et impuretés) permettent une séparation efficace par entraînement sous réserve que le flux d'air soit homogène, de préférence vertical avec un flux de produit lui aussi homogène avec une défragmentation des produits en amont de la séparation. L'étude des variables du procédé abouti à la réalisation d'un pilote de canal de vannage qui sera réalisé au Mali et testé chez les transformateurs.

#### **MOTS CLEFS**

Essais Fabrication locale Fonio Graines Nettoyage Séparation Sons Vannage