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

Activité n° 13
Amélioration et conception d'équipements

Conception - fabrication locale d'équipements de transformation du fonio
Compte rendu de mission auprès de l'IER du 8 au 13 janvier 2002

Mises au point du décortiqueur GMF 01 et du canal de vannage

C. Marouzé
CIRAD-AMIS
N° 05/02
Février 2002

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

Activité n° 13
Amélioration et conception d'équipements

Conception - fabrication locale d'équipements de transformation du fonio
Compte rendu de mission auprès de l'IER du 8 au 13 janvier 2002

Mises au point du décortiqueur GMF 01 et du canal de vannage

C. Marouzé
CIRAD-AMIS
N° 05/02
Février 2002

Sommaire

I. INTRODUCTION **2**

II. DÉCORTIQUEUR GMF 2001 CONSTRUIT PAR IMAF **2**

1. ESSAIS PRÉALABLES DE MISE AU POINT DU DÉCORTIQUEUR GMF 2001 2
   - *1.1. Essais préalables* *2*
   - *1.2. Essai de décorticage* *2*
   - *1.3. Essai de blanchiment* *3*
2. MODIFICATIONS RÉALISÉES 3
3. ESSAIS DE MISE AU POINT 4
4. MODIFICATIONS À RÉALISER IMPÉRATIVEMENT 5
5. EVOLUTION DU PILOTE 5

III. CANAL DE VANNAGE **6**

1. ESSAIS PRÉALABLES DU CANAL DE VANNAGE 6
2. MODIFICATIONS RÉALISÉES APRÈS LES ESSAIS PRÉALABLES 6
3. ESSAIS DE MISE AU POINT 6
4. SECONDE SÉRIE DE MODIFICATION 6
5. EVOLUTION DU PILOTE 6

IV. CONCLUSION **7**

V. RÉFÉRENCES **7**

I. Introduction

La première année du projet Fonio a été consacrée à l'expérimentation de matériels susceptibles d'être intéressants pour la transformation du fonio. Lors de la deuxième année des travaux d'amélioration des matériels existants ont été engagés dans les pays partenaires alors que l'expérimentation s'y poursuivait. Parallèlement, le Cirad a développé à Montpellier des principes de fonctionnement permettant une mécanisation des différentes opérations de transformation : décorticage, vannage, criblage, lavage et séchage. Pour transférer ces acquis, les adapter aux conditions réelles rencontrées par les acteurs utilisant les équipements, les combiner avec les travaux réalisés sur place et lancer les fabrications locales, plusieurs missions ont été réalisées au Mali dans le courant de l'année 2001 (années II et III du projet Fonio) et ont conduit à une évolution du modèle pour faciliter sa réalisation sur place (Marouzé, 2001).

L'objet de la présente mission est la mise au point des pilotes de décortiqueur Engelberg spécifique fonio baptisé « décortiqueur GMF 2001» et du canal de vannage associé. Ces matériels ont été fabriqués par l'entreprise IMAF, équipementier de Bamako suite aux travaux et aux plans de définition réalisés à Montpellier par le CIRAD-AMIS (Marouzé and Seige, 2001; Marouzé et al., 2001). Il s'agit d'une commande de l'IER à IMAF. Les travaux de mise au point ont alterné :

- les essais des matériels réalisés à l'IER sous la responsabilité de M. Djibril Dramé et avec la participation de M. Moussa Traoré,
- et les modifications nécessaires pour mettre en conformité la machine avec les plans et améliorer des performances, réalisées par le fabricant IMAF.

L'auteur tient à remercier toutes les personnes ayant participé à cette phase de mise au point MM. Djibril Dramé, Moussa Traoré de l'IER, pour la partie essai, MM. Diop et Ndaw d'IMAF ainsi que tous les ouvriers d'IMAF, pour la partie modification.

II. Décortiqueur GMF 2001 construit par IMAF

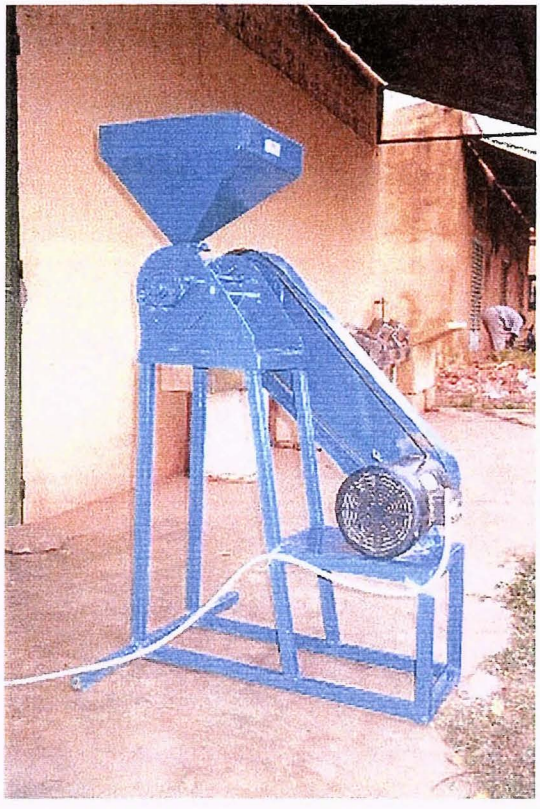
1. *Essais préalables de mise au point du décortiqueur GMF 2001*

1.1. Essais préalables

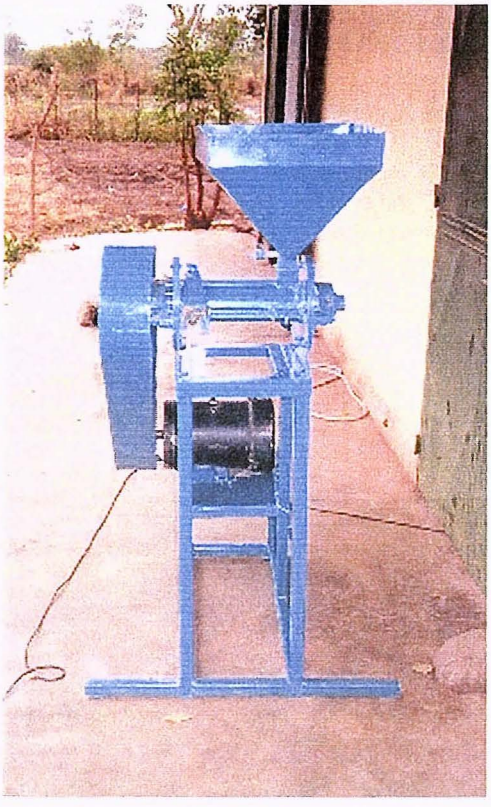
Les essais antérieurs à mon arrivée ne sont pas satisfaisants car le débit est faible (entre 10 et 30 kg/h), de plus, on constate un échauffement important du grain (+ de 80 °C). Cet échauffement s'explique par le faible débit qui entraîne un temps de séjour important du produit dans la chambre. Les essais suivants visent à comprendre le fonctionnement de la machine, les mesures sont faîtes à titre indicatif.

1.2. Essai de décorticage

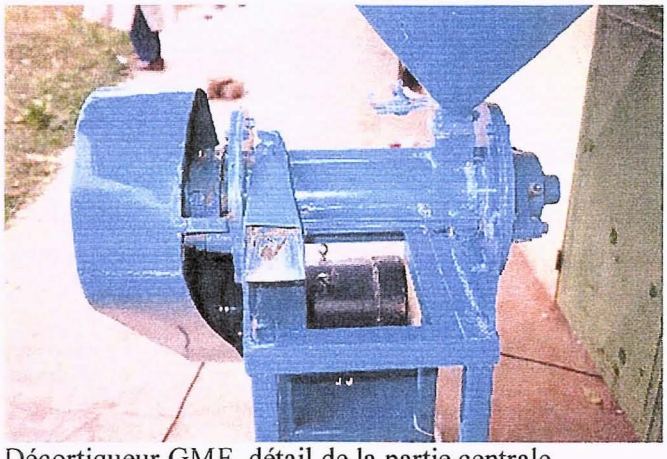
Les essais sont réalisés avec du fonio paddy et avec les réglages suivants : trappe d'entrée 1-, trappe de sortie presque complètement ouverte, vitesse 930 tr/mn



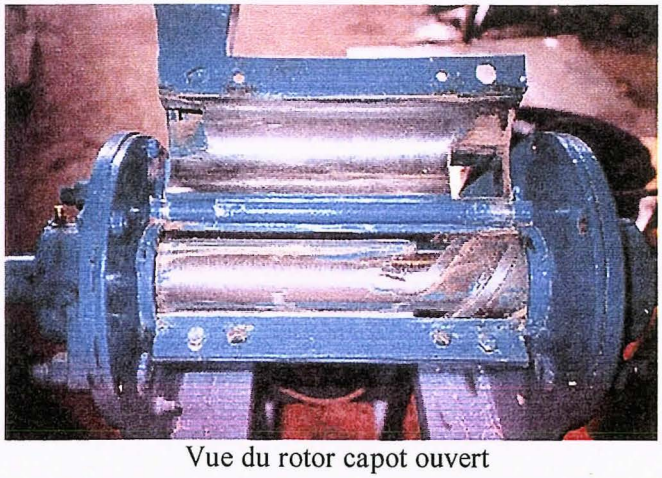
Décortiqueur GMF 01, vue générale



Décortiqueur GMF 01, vue de côté



Décortiqueur GMF, détail de la partie centrale



Vue du rotor capot ouvert

	Humidité du fonio	Quantité traitée kg	Débit kg/h	Qualité de décorticage	Température °C
1er essai	Séché	10	35	Moy.	75° après 15 mn
2ème essai	Non séché	6	39	Moy.	

Tabl. 1 : Premiers essais de décorticage, décortiqueur GMF

Le débit est faible (de l'ordre de 30 kg/h) et il varie en fonction de l'ouverture des trappes d'entrée et de sortie. La température est élevée : 75 °C au bout de 15 mn de fonctionnement. Le 2ème essai s'est terminé par un bourrage provoqué par une ouverture un peu plus importante de la trappe d'entrée.

1.3. Essai de blanchiment

Les essais sont réalisés avec du fonio pré-décortiqué et avec les réglages suivants : trappe d'entrée 1-, trappe de sortie relativement fermée, vitesse 930 tr/mn. Pour le deuxième essai le décortiqueur est incliné de 5,3° pour faciliter la sortie des graines.

	Quantité traitée kg	Débit kg/h	Qualité de blanchiment	Température °C	Rendement d'usinage %
1er essai	6,2	56	Acceptable		
2ème essai	6,3	133	Acceptable	54	97

Tabl. 1 : Premiers essais de blanchiment, décortiqueur GMF

Le débit du 2ème essai ainsi que la température du produit sont satisfaisants mais il y peu de graines paddy dans le produit dans le produit pré-décortiqué.

2. *Modifications réalisées*

Ces essais sont suffisants pour engager une série de modifications :

* Mauvaise transmission de puissance entre le moteur et le décortiqueur

La note de présentation du décortiqueur Engelberg spécifique fonio préconisait une transmission par courroie SPB avec des poulies de diamètre 150 et 250 mm. Or, il a été monté une courroie 13 x 8 mm avec une poulie réceptrice à gorge ronde. Celle-ci ne passe pas la puissance. La réalisation d'une nouvelle poulie est lancée, elle ne sera pas finie pour les essais suivants mais la courroie est changée ce qui assure une meilleure transmission de la puissance.

* Trémie et entrée de grain

Réduire section intérieure du tube de descente à un tube carré de 40 mm,
Souder la trémie sur le capot pour éviter les fuites de poussières,
Faire graduations sur la trappe plus rapprochées,
Monter trappe plus proche du capot pour arrêter, après fermeture de la trappe, l'alimentation du rotor en graines en cas de bourrage,

Modifications faites

Pentes de la trémie non respectées sur pilote et faire trémie symétrique sur le prochain modèle

* Rotor :

Hélices terminées par une contre hélice très préjudiciable au transfert axial, **modification prioritaire,** bout d'hélice en pente (voir photo)

Présence d'une bavure provoquée par l'usinage après soudure, meulage de la bavure sur les hélices pour faciliter l'effet axial et chanfrein à l'arrière pour réduire la largeur importante des nervures,
Lame-frein, vérifier jeu (pas en dessous de 0,6 mm) et position radiale.
Modifications faîtes

* Carcasse
Fuites sous le plat support de lame-frein,
Pivotement de l'ensemble carcasse pour avoir une sortie plus dégageante,
Modification de la position de la lame-frein, angle de coupe négatif (par similitude aux outils de tournage) pour avoir du dégagement au niveau de la lame,
Modifications faîtes
Fuites au niveau de l'axe voir diamètre de l'alésage.

* Sortie de grain
Pente de la tôle inférieure trop faible (avec + 5 ° c'est bon), éviter surépaisseur de la rallonge de goulotte,
Déplacer la vis de blocage de la trappe, la positionner pour qu'elle appuie la trappe sur le tube capot,
Faire trappe pliée avec graduations plus rapprochées, fermer l'ouverture arrière, voire pour faire bord de trappe plus proche du rotor.
Modifications réalisées

3. Essais de mise au point

Pour la mise en route du décortiqueur, la trappe de sortie ne doit pas être fermée car faut éviter de bourrer la chambre et de produire une quantité excessive de sons avec les premières graines qui risque de causer un bourrage ultérieur. Il faut donc laisser la trappe de sortie ouverte (dans sa position normale) et recycler les premières graines sortant de la machine.

Les résultats des essais sont consignés dans le tableau présenté page suivante. Ils sont très satisfaisants :

- débits légèrement supérieurs à ceux enregistrés à Montpellier pour les essais de blanchiment,
- résultas similaires à ceux de Montpellier pour le décorticage,
- rendement d'usinage très bon (66 à 69 %),
- température du produit en sortie faible (60 °C maxi)
- taux de décorticage-blanchiment très satisfaisant (0,03 à 0,3 % de paddy).

De plus, la puissance demandée ne semble pas trop importante.

Les essais 1 et 2 sont réalisés avec du fonio ayant été légèrement décortiqué, les résultats montrent que le débit est bon (110 et 126 kg/h) et la température du produit faible.

L'essai 3 correspond à un décorticage-blanchiment en un seul passage : le débit, le taux de décorticage, le rendement et la température sont satisfaisants.

Les essais 4 et 5 correspondent à un décorticage-blanchiment en deux passages, essai 4, décorticage pour produire un pré-décortiqué et essai 5, blanchiment. Les performances sont très satisfaisantes avec un débit pour les deux passages de 80 kg/h, un rendement de 69%, une température inférieure à 60 °C et un taux de paddy de 0,03 %.

L'essai 6 est un essai de blanchiment d'une quantité de 30 kg de fonio pré-décortiqué (essai un peu plus long), la température du produit à la sortie n'est pas élevée.

Essais décorticage avec décortiqueur FONIO GMF 2001 fabriqué par IMAF

Essais réalisés à l'IER Sotuba avec D. Dramé

Température du paddy et ambiante = 28 °C

Essai du 11 janvier 2001

	Réglages				Débit				Mesures												
Essais N°	Ecartement lame frein	Trappe d'ali-mentation	Trappe sortie	Trappe de débit d'air dans canal	Temps	Masse à décor-tiquer	Masse Grains vannés	Débit	Grains après vannage TR	Rendt d'usi-nage	Sons		Brisures		Débit pour les deux passa-ges	Rendement pour les deux passages	Température sortie		Vites-se à vide	Vitesse en charge	Paddy compt. Ma-nuel (*)
	mm			m/s	s	kg	kg	kg/h	g	%	g	%	g	%	kg/h	%	°C		tr/mn	tr/mn	%
Vieux fonio paddy avec environ 20 % de graines décortiquées																					
1	0,6	6	0	7	300	10	8,2	120		82,0%							55		970	945	
2	0,6	6	0	7	90	3,15	2,4	126		76,2%									970	949	
Essai de décorticage en un seul pasage de fonion paddy																					
3	0,6	7	0	6+	198	5,0	3,3	91		66,0%	Mal vanné						61		970		0,13%
Essai de décorticage en deux pasages de fonio paddy, 1er passage																					
4	0,6	7	1	6-	148	6,1	4,9	148		80,3%							45		970	959	21,70%
Essai de décorticage en deux pasages de fonion paddy, 2ème passage du produit prédécortiqué essai 4																					
5	0,6	7	0	6-	168	6,5	5,6	139		86,2%					80	69,2%	60		970		0,03%
Blanchiment d'un lot de vieux fonio prédécortiqué																*					
6	0,6	7	0	6-	660	30		164									49				

(*) mesures de taux de paddy faîtes par M. Joel Grabulos Cirad-CA

Ces essais confirment et améliorent les résultats obtenus à Montpellier : le décortiqueur fonctionne avec la trappe d'entrée complètement ouverte et le réglage de l'intensité de décorticage est obtenu par la trappe de sortie il n'y a donc qu'un seul réglage. Certes, ces résultats devront être confirmés par des essais plus systématiques et de longue durée mais ils confirment un paramètre important du décorticage du fonio avec le principe Engelberg : l'angle de la lame-frein. Celui-ci doit être négatif (par analogie avec les outils de tournage) pour avoir une dépouille arrière et un bon cisaillement des graines. Par ailleurs, la sortie du mélange des graines décortiquées avec les sons doit être dégageante pour éviter tout bourrage de la sortie.

4. Modifications à réaliser impérativement

Suite à cette série d'essai, la trappe de sortie de grain a été modifiée (rallongée) pour assurer un flux de grain plus homogène et pour pouvoir mieux fermer la sortie.

Les modifications suivantes n'ont pu être réalisées durant le séjour mais elles doivent être impérativement réalisées avant d'envisager une campagne d'essais :

- Allongement de la trappe de sortie (fait),
- Montage de la nouvelle poulie réceptrice au lieu de la poulie à une gorge ronde, le changement de poulie devrait entraîner une légère réduction de la vitesse de rotation du rotor,
- Modification et remontage du carter de protection de la courroie,
- **Réalisation d'un nouveau rotor équipé de nervures en acier mi-dur et d'une lame frein elle aussi en acier mi-dur**,
- Faire les retouches de peinture,
- Eventuellement, réduire la largeur de l'ouverture de la trappe de sortie pour donner une plus grande sensibilité au réglage de la trappe de sortie ou mieux faire largeur d'ouverture progressive (15 mm en bas 25 mm en haut).

5. Evolution du pilote

Les modifications envisagées sont complémentaires de celles proposées dans l'annexe XII du rapport (Marouzé, 2001), elles seront réalisées sur le prochain modèle :

- Faire dispositif à ouverture rapide pour le capot,
- Revoir le recouvrement du capot sur la carcasse pour éviter les fuites sans risque de coincer des graines et de déformer le capot,
- Faire carter de courroie large pour permettre le déplacement du moteur pour assurer la tension de courroie ou le changement de courroie (voire de poulies),
- Mettre un joint au passage d'arbre dans les flasques,
- Faire montage semi-fixe des paliers sur les flasques de telle façon que l'on ne puisse démonter les paliers quand on démonte l'arbre (probablement faire bague de montage pour le positionnement du palier sur le flasque),
- Pour la fermeture du capot, les plats de support de la lame-frein et de fermeture devront être plus larges et plus épais (voir montage défini en octobre),
- Faire châssis en cornières de 50 mm ou de 60 mm pour les versions entraînées par moteur thermique.

Compte tenu des toutes ces modifications les plans du décortiqueur seront repris à Montpellier en vue de la fabrication d'une pré-série. Il sera nécessaire d'envisager la réalisation d'un montage pour l'assemblage et la soudure de l'ensemble carcasse et le bon positionnement des différentes pièces.

III. Canal de vannage

1. *Essais préalables du canal de vannage*

L'absence de trémie (non encore réalisée) gêne considérablement l'utilisation du canal seul, l'alimentation manuelle provoque des irrégularités de débit qui nuisent au bon fonctionnement de la séparation.

Le canal est ensuite utilisé en sortie de décortiqueur pour la séparation des sons et des graines décortiquées. Il est constaté des fuites aux raccordements des gaines de ventilation mais le principal problème est l'absence d'arrêt pour la trappe de réglage de débit d'air.

2. *Modifications réalisées après les essais préalables*

Les modifications ont été réalisées en même temps que celles du décortiqueur :

- Trappe de réglage de débit, dispositif réglable en continu,
- Espaces aux raccordements des gaines entre le ventilateur et le cyclone (fait partiellement avec du carton),
- Constat :
  - côtes non respectées (hauteur du châssis, liaison canal, raccord),
  - mauvaise qualité des soudures, beaucoup de coulures de soudures à l'intérieur, prendre tôles plus épaisses pour faciliter la soudure et utiliser des électrodes de 2,5 mm, avec le bon réglage du poste de soudure,
  - ventilateur du moteur : pales cassées

3. *Essais de mise au point*

Les essais de mise au point ont été réalisés durant les essais du décortiqueur présentés ci-dessus mais il n'a pas été effectué de mesure. Les résultats ne sont pas totalement satisfaisants car il reste des sons dans le fonio vanné. Il se produit une accumulation des sons dans le canal vertical sur la face opposée à l'arrivée des graines, ces amas tombent aléatoirement ce qui pollue le produit vanné. La section de la partie supérieure du canal à été réduite pour des raisons de fabrication (le raccordement est enfoncé dans le canal) qui provoque une différence de vitesse d'air entre la partie supérieure et la partie inférieure préjudiciable au vannage d'attaque

4. *Seconde série de modification*

- Modification du raccordement canal de vannage ventilateur pour avoir une largeur de canal d'au moins 90 mm et ne pas avoir de transformation rectangle-cercle,
- Réalisation d'une patte entre le bas du canal et le châssis.

Modifications restant à réaliser

- Montage d'un autre moteur électrique (modification en cours le 12 janvier),
- Faire trémie pour utiliser le canal de vannage seul (selon plan).

5. *Evolution du pilote*

Il est nécessaire de prévoir les évolutions suivantes du pilote pour passer à une fabrication de série (pour la version canal de vannage à moteur électrique) :

- Réduire la hauteur du canal (sur les plans) par la réduction des longueurs des canaux verticaux,
- Rééquilibrer les flux d'air entre le canal bas et le canal d'arrivée des graines,
- Limiter la surface de plaques plexiglas utilisées pour visualiser la séparation,
- Mettre trappe de réglage de débit d'air sur le ventilateur avec axe côté ventilateur,
- Elargir sortie basse du cyclone et ramener sa hauteur à 50 mm,
- Pour éviter les fuites d'air chargé de sons entre le ventilateur et le cyclone, ne faire qu'un raccordement (gaine solidaire du cyclone) avec le montage de la trappe de réglage d'air sur la sortie du ventilateur.

IV. Conclusion

Les deux pilotes ont été fabriqués suivant les plans réalisés au CIRAD et prenant en compte les approvisionnements et les savoir-faire locaux mais de nombreuses erreurs de fabrication ont été enregistrées. Suite aux modifications réalisées, les essais de mise au point s'avèrent tout à fait satisfaisants avec des performances un peu supérieures que celles enregistrées à Montpellier sur les maquettes d'origine. Les essais plus systématiques peuvent maintenant être engagés et seront réalisés d'ici début mars 2002. Le lancement de la fabrication en série des décortiqueurs et du canal de vannage nécessite un effort rigoureux de définition des outils de fabrication (gabarits, plans de fabrication, montage d'usinage et de soudure) pour respecter les contraintes spécifiques de la fabrication d'un décortiqueur de type Engelberg pour le fonio pour lequel une grande précision dimensionnelle est requise compte tenu de la petitesse de graines de fonio.

V. Références

Marouzé, C., 2001. Activité n° 13, amélioration et conception d'équipement. Conception et fabrication locale d'équipements de transformation du fonio. Compte rendu de missions au Mali du 5 au 13 juin, du 25 au 28 septembre et du 16 au 20 octobre 2001. Projet Fonio CFC/ICG - (FIGG/02). Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT, CIRAD-AMIS, n° 77/01, Novembre 2001. Montpellier.

Marouzé, C., and C. Seige, 2001. Activité n° 13, amélioration et conception d'équipement. Etude, mise au point et développement d'un canal de vannage pour le fonio. Projet Fonio CFC/ICG - (FIGG/02) Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT, CIRAD-AMIS, n° 78/01, Septembre 2001. Montpellier.

Marouzé, C., P. Thaunay, C. Seige, and B. Pons, 2001. Activité n° 13, amélioration et conception d'équipement. Etude et mise au point du d'un décortiqueur Engelberg pour le fonio à partir et étude de la séparation dimensionnelle. 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.

Résumé

Réalisée dans le cadre du projet CFC/IGG – (FIGG/02) Amélioration des technologies Post récolte du fonio CIRAD – IER – IRAG – IRSAT, la mission avait pour objet la mise au point des matériels commandés par l'IER et fabriqués par IMAF constructeur local : décortiqueur de type Engelberg GMF 01 et canal de vannage.

Les deux pilotes ont été fabriqués suivant les plans réalisés au CIRAD prenant compte les approvisionnements et les savoir-faire locaux. Les modifications des matériels ont alterné avec les essais et les derniers essais s'avèrent tout à fait satisfaisants avec des performances un peu supérieures que celles enregistrées à Montpellier sur les maquettes d'origine. Des essais plus systématiques seront engagés et seront réalisés d'ici début mars 2002.

Mots clefs

Conception d'équipements Décortiqueur Fabrication
Fonio Mali Mise au point Transformation Vannage