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

Activités 14, 23 et 24

Atelier de Conception d'équipements de Bamako
du 4 au 8 mars 2002

Formation aux protocoles d'essai au stade pilote des matériels de transformation de fonio et intégration de la fabrication locale dans la démarche de conception

Animateur et rédacteur
C. Marouzé, CIRAD-AMIS
Organisateur et co-rédacteur
D. Dramé, IER

Participants
S. Kouyaté, IRAG
S. Zangré, IRSAT
M. Traoré, CMDT
B. Coulibaly, BCN
CIRAD-AMIS n° 32/2002
Mars 2002

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

Activités 14, 23 et 24

Atelier de Conception d'équipements de Bamako
du 4 au 8 mars 2002

Formation aux protocoles d'essai au stade pilote des matériels de transformation de fonio et intégration de la fabrication locale dans la démarche de conception

Animateur et rédacteur
C. Marouzé, CIRAD-AMIS
Organisateur et co-rédacteur
D. Dramé, IER

Participants
S. Kouyaté, IRAG
S. Zangré, IRSAT
M. Traoré, CMDT
B. Coulibaly, BCN
CIRAD-AMIS n° 32/2002
Mars 2002

Sommaire

I. Introduction - Présentation *1*

II. Point sur l'expérimentation des matériels *1*

1. **IRAG. Présentation des essais de la batteuse ASSI en Guinée** 1
2. **IRSAT. Présentation des essais de la batteuse IRSAT au Burkina Faso** 1
3. **IER. Essais de battage à la Bamba modifiée et d'usinage au GMF01** 2
4. **CIRAD. Appui à la fabrication et essais-mise au point d'équipements** 2
5. **Synthèse** 2

III. Amélioration des protocoles d'essai en milieu contrôlé *2*

1. **Définition des fiches d'essai en milieu contrôlé** 2
2. **Utilisation des fiches d'essai en milieu contrôlé** 3

IV. Définition des protocoles d'essai au stade pilote *3*

V. Intégration de la fabrication locale dans la démarche de conception *4*

VI. Essais des matériels *5*

1. **Crible Rotatif Manuel (CRM) fabriqué par BCN** 5
   - 1.1. Description 5
   - Fonctionnement du crible, essais du 06 03 02 en milieu contrôlé 5
   - 1.3. Modifications à réaliser suite aux essais du 06 03 02 6
   - 1.4. Conclusion sur les essais du crible rotatif manuel 6
2. **Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage** 7
   - 2.1. Description 7
   - 2.2. Fonctionnement du décortiqueur GMF01 couplé et du canal 7
   - 2.3. Modifications à réaliser suite aux essais du 06 03 02 8
   - 2.4. Conclusion sur les essais du décortiqueur GMF 01 8
3. **Canal de vannage** 8
4. **Autres équipements** 8
5. **Analyse des fiches d'évaluation du coût d'utilisation d'un équipement** 9

VII. Rencontre transformatrices – fabricant - concepteurs avec démonstration de fonctionnement de matériels *9*

VIII. Conclusion *10*

IX. Références *11*

I. Introduction - Présentation

Dans le domaine de la conception d'équipement, les deux premières années du projet CFC/IGG-(FIGG/02) «Amélioration des technologies post-récolte du fonio» ont essentiellement été consacrées aux essais en milieu contrôlé des matériels susceptibles d'être intéressants pour la transformation du fonio et au développement de principes de fonctionnement et d'équipements nouveaux. Conformément aux recommandations de la réunion annuelle de programmation de Bobo-Dioulasso du 22 au 26 octobre 2001, un atelier regroupant les concepteurs des institutions partenaires, s'est tenu à Bamako du 4 au 8 mars 2002 avec les objectifs suivants :

- faire le point sur les travaux d'expérimentation réalisés dans chaque pays depuis octobre 2001,
- définir les protocoles d'essais au stade pilote des matériels, c'est à dire en milieu réel,
- permettre aux participants d'appréhender la problématique de la fabrication locale et de son intégration dans la conception des équipements,
- faire les essais d'équipements de transformation de fonio, notamment :
  - du décortiqueur GMF01 couplé au canal de vannage construit par IMAF,
  - du crible rotatif manuel CRM 01 construit par BCN,
  - de la vanneuse Moussa,
  - et du décortiqueur Sanoussi.
- Par ailleurs, une démonstration de ces matériels auprès des transformatrices de fonio de Bamako a permis de recueillir leurs avis et critiques.

L'atelier s'est déroulé sous la forme de cours assurés par C. Marouzé et d'exercices pratiques réalisés par l'ensemble des participants. La liste des participants et le programme de l'atelier sont présentés en annexes I et II.

II. Point sur l'expérimentation des matériels

1. *IRAG. Présentation des essais de la batteuse ASSI en Guinée*

Depuis la réunion annuelle de Bobo, les essais de la batteuse ASSI en milieu contrôlé ont été réalisés. La description du matériel, les conditions expérimentales et les résultats ont été présentés par l'IRAG sur la base du rapport de mission rédigé par Patrice Thaunay (2002). Les résultats sont satisfaisants avec un débit de grain allant jusqu'à 300 kg/h mais avec un fonctionnement du caisson de nettoyage à améliorer.

2. *IRSAT. Présentation des essais de la batteuse IRSAT au Burkina Faso*

Les résultats d'essais de la batteuse IRSAT ont été présentés avec des débits allant de 100 à 190 kg/h mais il est encore nécessaire de réaliser des modifications du système de nettoyage et du moteur de la machine. Les premiers essais de fonctionnement du décortiqueur IRSAT avec rotor en bois ont été réalisés au Burkina mais les résultats n'ont pas été présentés.

Rencontre transformatrice – équipementiers - recherche

Les transformatrices

Groupe des concepteurs, rencontre de Bamako du 4 au 8 mars 2002

Crible rotatif Manuel en essai

Vanneuse Moussa entraînée manuellement

Essai de la vanneuse Moussa

3. IER. Essais de battage à la Bamba modifiée et d'usinage au GMF01

Les travaux, depuis la réunion de Bobo, ont porté sur :

- les essais de battage du fonio avec la Bamba modifiée à Koutiala avec la CMDT ;
- la fabrication par IMAF du décortiqueur GMF 01 et du canal de vannage sur la base des plans fournis par le CIRAD ;
- les essais préliminaires et de mise au point du GMF 01 ;
- des essais de blanchiment de fonio prédécortiqué pour les transformatrices en préparation de la rencontre du 07 mars 02 (voir chapitre VII) ;
- la fabrication par BCN d'un crible rotatif manuel (CRM 01) ;
- la fabrication par Abdoulaye COULIBALY du séchoir FAC 2000.

4. CIRAD. Appui à la fabrication et essais-mise au point d'équipements

Depuis la rencontre de Bobo-Dioulasso, les travaux ont porté sur le système de lavage du fonio et le décortiqueur GMF dont les plans ont été redessinés pour plus de facilité dans la fabrication locale. Les plans du laveur pilote ont été réalisés, fournis et présentés par le CIRAD au constructeur BCN pour une fabrication imminente du matériel au Mali. Le CIRAD a également modifié les plans du décortiqueur GMF et du canal de vannage et a appuyé le constructeur IMAF au Mali pour leur fabrication sur place avec une phase d'essais de mise au point avec des améliorations et modifications des défauts de fabrication du décortiqueur et du canal de vannage.

Le Cirad a également effectué une mission d'appui en Guinée pour les essais de la batteuse ASSI. Un rappel des essais réalisés à Montpellier a été rapide car les rapports correspondants sont rédigés et envoyés aux partenaires.

5. Synthèse

Les essais réalisés au Mali depuis la rencontre de Bobo-Dioulasso, n'ont pas été présentés car des essais ou des démonstrations étaient programmés durant la semaine (le mercredi). D'une manière générale depuis la rencontre de Bobo-Dioulasso, le nombre réduit d'essais finalisés de matériels en milieu contrôlé n'a pas permis de faire une programmation précise des essais au stade pilote. Le programme d'essais de matériels au cours de l'année 3 du projet fonio CFC a été revu ensuite par le coordinateur général du projet.

III. Amélioration des protocoles d'essai en milieu contrôlé

1. Définition des fiches d'essai en milieu contrôlé

A partir d'un exercice de compréhension du fonctionnement du décortiqueur Engelberg, présenté en Annexe III.1 « Expérimentation des matériels en milieu contrôlé, compréhension du principe de fonctionnement d'un équipement », les différentes variables du procédé ont été identifiées. Cet exercice permet de lister les variables d'un procédé et d'établir les fiches d'essai pour la réalisation des essais en milieu contrôlé. Ces fiches reprennent les rubriques des protocoles définis au début du projet (Cruz et al., 1999). Elles sont traduites sous la forme de tableau voir Annexe III.2 : « Fiche d'essai en milieu contrôlé (fiche vierge). Essais de décorticage avec le décortiqueur Fonio GMF 01 fabriqué par IMAF » et Annexe III.3 : « Fiche d'essai en milieu contrôlé (fiche vierge). Essais de séparation avec le crible rotatif manuel (CRM) fabriqué par BCN ».

2. *Utilisation des fiches d'essai en milieu contrôlé*

On pourra se reporter à l'Annexe VII.1 et 2 comme exemples de fiches utilisées, Annexe « Crible Rotatif Manuel (CRM) fabriqué par BCN. Tableau des résultats d'essais en milieu contrôlé du 06 03 02 » et « Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage. Tableau des résultats d'essais du 06 03 02 »). Il est impératif :

- de numéroter les essais dans l'ordre chronologique sans reprendre les mêmes numéros pour des séries successives,
- de noter sur la fiche d'essai, toutes les informations relatives à une série d'essai,
  - utiliser une ligne complète pour décrire la série d'essai et la nature du produit traité (exemple ligne 1),
  - utiliser une ligne pour noter toutes les valeurs d'un essai (exemple ligne 2),
  - utiliser la ligne suivante pour faire les commentaires sur l'essai, décrire les problèmes rencontrés, etc. (exemple ligne 3),
- en fin d'essai vérifier que toutes les mesures sont reportées avant de démarrer l'essai suivant.
- **de mettre au propre très rapidement la fiche d'essai** quitte à reporter ultérieurement les mesures qui exigent un délai pour les analyses,
- de vérifier les données entre le relevé manuel et le tableau Excel,
- de présenter la (ou les) fiche(s) d'essai dans les annexes du rapport d'essai de telle manière que tous les essais y soient consignés,
- **d'extraire des fiches** d'essai un (ou des) tableaux synthétiques de résultats qui seront présentés dans le texte principal du rapport d'essai (voir tableau 1 et 2 du chapitre VI dans ce même rapport) avec **les essais les plus significatifs**.

Lors de l'atelier deux essais en milieu contrôlé, ceux du Crible Rotatif Manuel (CRM 01) fabriqué par BCN et du Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage, ont été réalisés le 06 03 02 avec les participants et sont présentés au chapitre VI.

IV. Définition des protocoles d'essai au stade pilote

Pour engager des essais au stade pilote, c'est à dire en milieu réel, il est impératif que les essais en milieu contrôlé aient été conduits avec succès.

Le protocole défini à partir du document présenté lors de la formation a été enrichie, il est présenté en annexe IV.1 : « Protocole d'essai au stade pilote d'un équipement agricole ou agroalimentaire ».
Pour le déroulement d'un essai au stade pilote, il importe d'identifier un utilisateur ou un groupe d'utilisateur, puis de définir les conditions de réalisation des essais. La convention d'essai au stade pilote présentée en annexe IV.2 permet de formaliser les modalités du déroulement de l'essai. Dans tous les cas, il faut prévoir un accompagnement dégressif de l'équipe de recherche-développement auprès de l'utilisateur cet accompagnement a été prévu en 3 phases. Un essai au stade pilote est nécessairement à durée limitée : trois mois, maximum six mois.

Les utilisateurs doivent noter sur un carnet de suivi tous les travaux réalisés avec la machine. Il est proposé une fiche de suivi en annexe IV.3 permettant d'enregistrer les jours et heures d'utilisation, les quantités traitées, la nature du produit, les problèmes rencontrés, etc.

Les activités de l'équipe de recherche se composent de :

- Tests de longue durée de l'équipement avec l'utilisateur permettant de vérifier que les performances sont conformes aux essais en milieu contrôlé, associés à une formation des opérateurs.
- Validation de l'équipement par rapport à son environnement en s'aidant du Cahier des Charges Fonctionnel de l'équipement ; chaque fonction de service et chaque critère d'appréciation de l'équipement doivent être validés par les utilisateurs. Cette validation est réalisée sous forme d'entretiens avec les utilisateurs. Les Cahiers des Charges Fonctionnels de CdCF du décortiqueur-blanchisseur de fonio (Marouzé et al., 2001), d'un équipement de vannage de fonio (Marouzé and Seige, 2001) et de la batteuse de fonio sont rappelés en annexe IV.4.
- Evaluation économique de l'équipement ; il s'agit de renseigner les rubriques de la fiche « Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement » pour calculer le coût d'utilisation de l'équipement par kilogramme de produit brut (produit sortant pour les batteuses et produit entrant pour les autres matériels afin de le comparer au coût de transformation traditionnel ou réalisé avec d'autres équipements. Cette évaluation économique doit aussi être validée par les utilisateurs. Les fiches d'évaluation économique sont présentées en annexe V.1, 2 et 3.

V. Intégration de la fabrication locale dans la démarche de conception

L'intégration de la fabrication dans la démarche de conception est indispensable pour rendre possible et économique la fabrication donc la diffusion des équipements. Pour les équipements déjà matérialisés sous la forme d'un prototype ou d'une « définition papier », il est intéressant d'utiliser l'outil des « Chek-lists », présenté en annexe VI.1. Pour chaque question ou recommandation regroupée en rubrique, il s'agit d'étudier les possibilités d'amélioration - modifications pour rendre la fabrication possible et/ou plus économique. L'utilisation de l'outil est facile bien que fastidieuse. Cet outil a été défini à partir d'un article d'Edouard Bertrand, LA VALEUR n° 88 « Utilisation des « Chek-lists » en AV reconception de produit » et adapté au contexte des PdS

La deuxième partie du cours tirée de Marouzé (1999) concernant l'intégration de la fabrication dans la démarche de conception est présentée en annexe VI.2. Il s'agit de bien comprendre la liaison entre les fonctions techniques et les fonctions de service répondant au besoin puis de comprendre les concepts d'intégration en particulier celui relatif à l'intégration au niveau composant, le plus pertinent dans le contexte des pays du Sud. Ensuite, une présentation des différentes méthodes d'évaluation des coûts est présentée avec un exemple d'évaluation des coûts par la méthode analogique. La dernière partie présente un calcul de coût avec la méthode analytique.

VI. Essais des matériels

1. *Crible Rotatif Manuel (CRM) fabriqué par BCN*

1.1. Description

Il s'agit d'un trommel horizontal légèrement incliné comportant deux grilles successives, entraîné manuellement à l'aide d'une manivelle et alimenté par une trémie (voir photos page ci-après).

- Diamètre des grilles 460 mm,
- Longueur des grilles 750 mm,
- Grille de 65/100ème pour la première grille, de 105-110/100ème pour la deuxième grille mais fil fin avec un serrage de grilles par fil de fer enroulé à l'extérieur.

Pour la première grille, il aurait été souhaitable de monter des treillis avec un gros fil soit, une maille de 60/100ème, pour retenir le fonio paddy soit, une maille de 50/100ème pour retenir le fonio pré-décortiqué.

1.2. Fonctionnement du crible, essais du 06 03 02 en milieu contrôlé

Essais N°	Trap d'alimen-tation	Vitesse en charge	Masse à trier	Débit	Masse sous grille 1	Grain sous grille 1	Masse sous grille 2	Impuretes dans grain trié < 0,6 mm	Impuretes dans grain trié > 1 mm	Masse de refus
		tr/mn	kg	kg/h	%	%	%	%	%	%
Série d'essai du 06 03 02, fonio brut de San, capacité de trémie 14,5 kg										
	Produit initial							*2,5%*	*0,8%*	0,80%
CRM 1	12	40	14,66	145	13,9%	10 (*)	83,4%	0,8%	0,0%	0,41%
	Commentaire : débit irrégulier car trappe pas assez ouverte et blocage par les pailles de la descente de grain									
CRM2	20	40	14,66	909	Débit trop important					
CRM3	15	52	15	489	Essai non mesuré car vitesse trop élevé et centrifugation					
CRM4	15	40	15	827	5,1%	2,7 (*)	92,7%	1,6%	0,8%	0,67%
CRM5	13	40	15	593	6,9%		91,1%			0,40%
CRM6	10	40	17,68	236	10,7%	7,2 (*)	87,4%	0,8%	0,0%	0,45%
Fonio du Séno Boukas, sac complet										
	Produit initial							*1,2%*	*1,6%*	
CRM7	10	45	37,8	217	10,3%	8,4 (*)	88,9%	0,8%	1,2%	0,26%
Fonio prédécortiqué										
CRM8	5	45	10	298	22,2%		75,4%			

(*) quantité importante à cause de la maille de la première grille trop grande.

Tabl. 1 : Résultats des essais du crible rotatif manuel (CRM 01) fabriqué par BCN[1]

On constate (voir tableau 1 et feuille d'essai annexe VII.1) :

- Un débit important (de 300 à 500 kg/h),
- Un effort d'entraînement tout à fait acceptable quand le débit n'est pas excessif,
- Une bonne qualité de séparation avec d'une part beaucoup de sables fins et de poussières au début du trommel et, d'autre part, les cailloux avec les refus,
- Une faible quantité de refus,
- Aucun colmatage des grilles (mais les essais ont été courts) et des pailles se plantant dans les mailles de la deuxième grille.

Mais

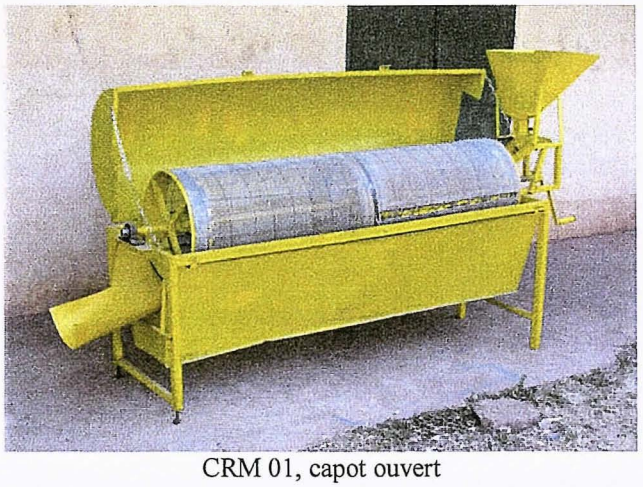
[1] Inclinaison du crible 2,2 ° ; maille de la première grille 0.65 mm, maille de la deuxième grille 1.05 mm.

Crible Rotatif Manuel (CRM 01)
fabriqué par Baba Coulibaly (BCN),
version mars 2002

CRM 01

CRM 01, vue de côté

CRM 01 côté refus



CRM 01, capot ouvert

CRM 01, détail de la fixation des grilles

- Beaucoup de fuites de graines à cause de la mauvaise étanchéité entre les tôles inférieures et le capot,
- Un réglage de trappe de réglage de débit pas assez sensible,
- Une quantité de produit importante sous la première grille car la maille de celle-ci est trop grande (0,65 mm)
- Par ailleurs, il faut limiter la vitesse de rotation à 45 tr/mn pour permettre aux graines de retomber dans le crible, une vitesse excessive entraînant une centrifugation des graines.

1.3. Modifications à réaliser suite aux essais du 06 03 02

- Trémie
  - Refaire la trémie selon plan (type décortiqueur GMF) avec tube de descente en carré de 40 mm de coté (pour avoir une plus grande sensibilité de la trappe), trappe au-dessus du plat et placée sur le côté du trieur,
  - Tube vertical court et trappe placée à 2 cm du bas pour pouvoir débourrer en cas de bourrage par les pailles et les cailloux entre l'extrémité de la trappe et le tube de descente,
  - Refaire la goulotte de transfert, plus basse et décalée sur le côté,
  - Refaire le support de la trémie pour assurer un plus grand dégagement pour le manœuvre (trémie légèrement excentrée),
- Capot
  - Redresser les cornières sur les deux longueurs,
  - Mettre un plat vertical dépassant le capot à l'intérieur du châssis pour éviter les fuites de graines par projection,
  - Attacher la chaîne sur le capot à l'aide d'une patte légèrement décalée pour que la chaîne reste toujours à l'extérieur lors de la fermeture du capot,
- Châssis
  - Rehausser le châssis de 80 mm pour avoir plus de dégagement sous les zones de réception des produits
- Tôles sous treillis
  - Démonter tôles actuelles
  - Refaire les tôles avec une hauteur moindre pour pouvoir passer des bassines plastique sous le trieur (selon plan)
  - Faire déflecteur fixe pour la récupération des produits sortant des deux grilles,
  - Faire un déflecteur mobile (non soudé) pour séparer les sables tombant au début de la première grille du reste des produits passant à travers cette grille.
- Treillis
  - Acheter et monter des treillis de 0,6 mm pour le fonio paddy et de 0,5 mm pour le fonio pré-décortiqué si possible, avec un fil épais,
  - Faire dispositif de changement rapide de treillis.

1.4. Conclusion sur les essais du crible rotatif manuel

Les résultats de ces tests sont très prometteurs mais ne sont pas finalisés car la maille du premier tamis n'était pas adaptée : le débit est élevé et la qualité de séparation est bonne. Mais **il est impératif que le fabricant respecte les plans et les côtes qui avaient été définis ensemble et améliore la qualité de la fabrication.** Les modifications sont indispensables et les treillis recommandés seront expédiés par le Cirad qui assurera aussi une mise au propre des plans.

2. *Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage*

2.1. Description

Il s'agit du décortiqueur Engelberg fabriqué par IMAF est présenté dans les rapports (Marouzé, 2001; Marouzé and Seige, 2001; Marouzé et al., 2001) et sur les photos (page ci-après) dont les premiers tests avaient été réalisés en janvier 2002. Des modifications, principalement sur la trappe de sortie, ont été réalisées juste avant l'atelier (voir annexe VII.1).

Le décortiqueur GMF 01 est couplé au canal de vannage pour assurer la séparation des sons et des grains, voir description dans les rapports (Marouzé, 2002) et sur les photos ci-après.

2.2. Fonctionnement du décortiqueur GMF01 couplé et du canal

L'ensemble des résultats est présenté en annexe VII.3, le tableau 2 présente les principaux résultats.

Essais N°	Trappe sortie	Vitesse en charge	Température sortie	Masse à décortiquer	Débit	Rendt d'usinage	Sons sor. cyclone	Brisures	Pertes sous mach.	Paddy compt. man.
		tr/mn	°C	kg	kg/h	%	%	%	%	%
Essai de décorticage de fonio paddy du Séno										
GMF 7	3	932	72	15	**95**	64,8%	25,3%	4,2%	6,1%	**0,21**
GMF8	4	941	67,3	15	**114**	71,6%	22,1%	2,2%	5,9%	**0,39**
Essai de décorticage de fonio paddy de Koutiala										
GMF9	4	930	72,4	15	**118**	66,4%	27,1%	5,0%	4,7%	**0,20**
Blanchiment du fonio prédécortiqué de Me Haidara										
GMF11	3	948	60	90	**132**	87,6%	8,6%	11,5%	2,3%	**0,04**
Blanchiment du fonio prédécortiqué de Me Mariko										
GMF12	3 et 3-			39,6	**141**	90,8%	6,4%		2,0%	
Décorticage de fonio paddy et comparaison avec Sanoussi										
GMF14	3-			5	**89,6**	61,2%		5,8%		**0,35**

Tabl. 2 : Essais du décortiqueur GMF 01 couplé au canal de vannage[2]

Pour le décorticage du fonio paddy (essai GMF 7 à 10), le fonctionnement est satisfaisant avec :

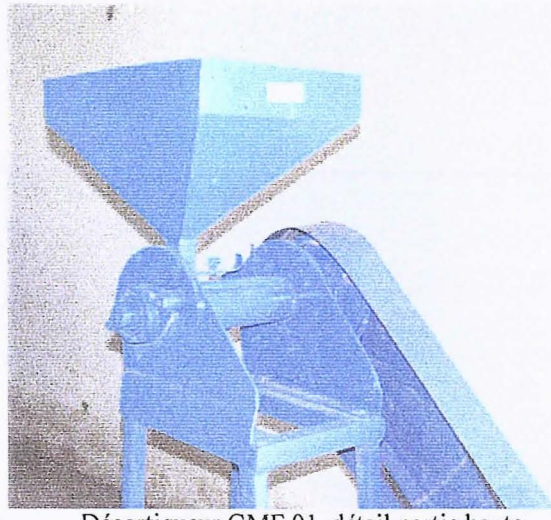
- Un débit élevé (95 à 137 kg/h),
- Un taux de décorticage en un seul passage excellent (0,20 à 0,35 % de paddy dans le grain décortiqué),
- Un rendement d'usinage élevé (61,2 à 71,6 %),
- Le grain décortiqué est bien vanné.
- Une absence d'échauffement du produit à la sortie (72 °C maxi à la sortie),

Pour le blanchiment du fonio pré-décortiqué, le fonctionnement est aussi très satisfaisant avec:

- Un débit élevé (130 - 140 kg/h),
- Un taux de blanchiment est parfait (0,02 % de paddy dans le grain blanchi),
- Un rendement d'usinage est élevé, proche de 90 %,
- Le grain décortiqué est bien vanné.
- Une absence d'échauffement du produit à la sortie (60 °C à la sortie).

[2] Ecartement de la lame-frein : 0.6 mm, vitesse de rotation en charge : 930-950 tr/mn, réglage de trappe de réglage de débit d'air pour la canal de vannage ; 6.3.

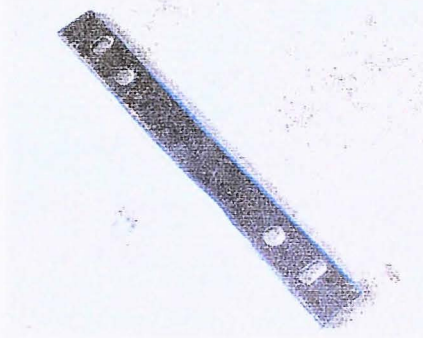
Décortiqueur GMF 01, vue générale, mars 2002



Décortiqueur GMF 01, détail partie haute

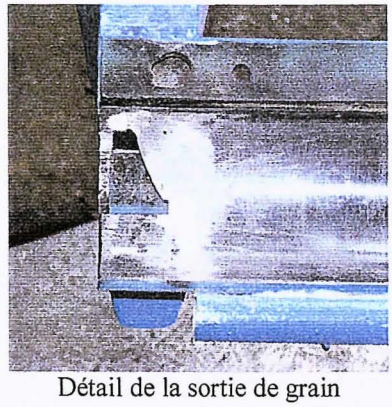
Décortiqueur GMF 01, rotor avec capot ouvert

Sortie de grains avant modification



Lame-frein usée après décorticage de 1 t

Sortie de grains après modification, trappe position 3



Détail de la sortie de grain

Le réglage de la machine est facile, il suffit de régler la position de la trappe de sortie : plus elle est fermée, plus le taux de décorticage est élevé ce qui entraîne une réduction du débit. Suite à la modification de la forme de la sortie (voir annexe VII.1), la sensibilité de réglage de trappe est tout à fait satisfaisante.
Pour l'essai GMF 10 (non présenté), le rendement d'usinage est faible (52%), ce qui peut être expliqué par un produit qui a été artificiellement humidifié et séché trop rapidement.
Des fuites de produit sont constatées aux passages d'arbre côté entrée et sortie et au niveau de la sortie de grain avec des pertes sous machine (essentiellement des sons et des brisures) de l'ordre de 5 % du produit brut.

Le décortiqueur GMF 01 est utilisable aussi bien pour obtenir un fonio pré-décortiqué à partir du paddy que pour obtenir un fonio blanchi à partir du pré-décortiqué.

2.3. Modifications à réaliser suite aux essais du 06 03 02

- Mettre un disjoncteur thermique pour la commande et la protection du moteur électrique du décortiqueur
- Monter un moteur électrique de 5 kW comme indiqué dans la notice (Marouzé, 2001),
- Colmater la fuite au niveau de la sortie de grain,
- Faire les modifications demandées au niveau de la lame-frein et des nervures du rotor,
- Eventuellement, résoudre le problème des fuites au niveau de l'arbre (surtout pour décorticage du paddy) ce problème devra être résolu sur le modèle GMF 02,
- Monter une poulie de diamètre 230 mm avec une vraie gorge trapézoïdale assurant la transmission de puissance et une courroie de type SPB, pour avoir une vitesse de rotation de l'arbre du décortiqueur légèrement plus faible et transmettre la puissance.

2.4. Conclusion sur les essais du décortiqueur GMF 01

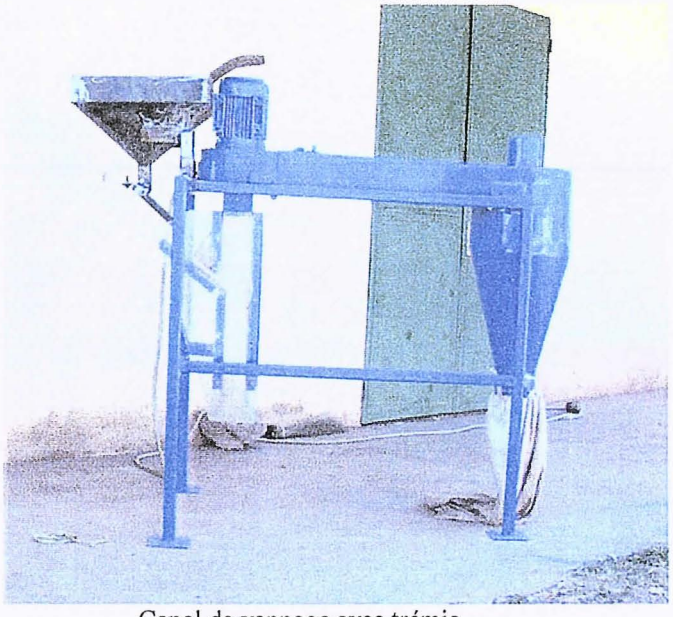
Les résultats sont tout à fait satisfaisants pour les différents critères considérés aussi bien pour le décorticage que pour le blanchiment. Les essais de longue durée déjà réalisés confirment les résultats obtenus en milieu contrôlé. Les essais au stade pilote et le lancement de la fabrication d'une pré-série du modèle GMF 02 (version évoluée du modèle 01) vont être engagés rapidement.

3. Canal de vannage

Des essais systématiques et de mesures de performances n'ont pas pu être réalisés mais le canal de vannage a été utilisé lors des essais du décortiqueur GMF 01. Dans les conditions les plus difficiles (débit de l'ordre de 150 kg/h et forte présence de sons gras), le fonctionnement est satisfaisant : grains propres à la sortie et pas (ou peu) de graines dans les sons. Le fonctionnement du canal de vannage est facilité par la régularité du débit de sortie du décortiqueur ; les deux équipements sont parfaitement compatibles.

Le canal de vannage peut être utilisé seul en montant la trémie amovible dont le montage est réalisé. Faute de temps, il a été passé du produit mais sans faire des mesures. Le canal de vannage seul peut être utilisé pour nettoyer le fonio paddy ou d'autres céréales. Les essais en milieu contrôlé restent à réaliser.

4. Autres équipements

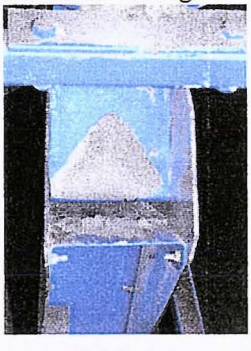


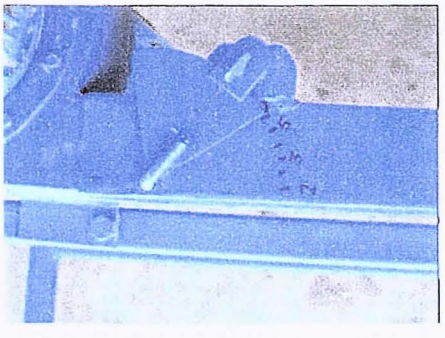
Canal de vannage avec trémie

Canal de vannage fabriqué par IMAF

Essai du canal de vannage couplé
au décortiqueur GMF 01

Dépôts de sons gras à l'entrée du canal de vannage





Canal de vannage, détail du réglage du flux d'air
par trappe pivotante (vue de dessus)

Le décortiqueur Sanoussi, légèrement modifié, (trémie d'alimentation placée au-dessus et non sur le côté de la chambre d'usinage) a été testé de même que la vanneuse Moussa.
Pour le décortiqueur Sanoussi l'essai effectué sur du fonio paddy de San (environ 7% d'humidité) en batch de 5 kg/10 min a donné un rendement d'usinage de 65% et un produit fini présentant 4.3% de paddy et 8.3% de brisures au tamis 0.5 mm. Ces résultats ne confirment pas les essais précédents de la même machine où l'on a pu obtenir des taux de paddy inférieurs à 1%. L'explication pourrait être la suivante : la modification de la position de la trémie a laissé un espace mort (ancien canal de descente des grains) dans le lequel se loge une masse non négligeable de paddy échappant à l'action des surfaces abrasives et passant dans le produit usiné lors de la vidange. Les résultats actuels sont donc à reconsidérer après correction de ce défaut.

Quant à la vanneuse Moussa, elle n'a pu être testée qu'en entraînement manuel car la vitesse de la version motorisée est excessive pour le fonio. Les vitesses de rotation de 195 à 250 ont été considérées en tours/min pour le calcul des poulies alors qu'elles ont été relevées en vitesse linéaire (m/s). La vanneuse motorisée ne sera donc testée qu'après le remplacement des poulies avec une vitesse de l'ordre de 650 à 700 tours/min à l'arbre de ventilation. L'essai du 07 mars 02 de la vanneuse en entraînement manuel sur le fonio paddy de San a conduit aux résultats suivants :

- 5 kg de paddy tamisé (un seul passage) en 7'36'' (soit un débit de 39.5 kg/h),
- 4.62 kg de produit propre obtenu (soit un rendement de 92.4%) pour une quantité projetée de 0.26 kg (soit 5.2 % de la masse initiale) ; le reste étant constitué des grains de la sortie secondaire (2%) et des pertes sous machine (0.4%).

Même si des débits instantanés de 50 à 60 kg/h ont pu être atteints avec cette vanneuse sur du fonio paddy et en manuel ses performances semblent plutôt limitées comparativement à un nettoyeur comme le crible rotatif manuel ou le canal de vannage. Cependant sa conception simple et son avantage en ce qui concerne l'élimination des immatures et le «calibrage» du paddy avant usinage militent, en faveur des essais en zone non électrifiée.

5. *Analyse des fiches d'évaluation du coût d'utilisation d'un équipement*

L'analyse des fiches d'évaluation du coût d'utilisation d'un équipement montre, pour les quelques fiches présentées en annexe V 1 et 3, que le poste de l'énergie est nettement plus élevé que les autres postes : il atteint 58 % pour le décortiqueur GMF 02 entraîné par un moteur électrique). Il importe donc de choisir la motorisation de manière très rationnelle. Pour le crible manuel rotatif, c'est le poste main d'œuvre qui est très élevé mais le coût d'utilisation est faible.

VII. Rencontre transformatrices – fabricant - concepteurs avec démonstration de fonctionnement de matériels

La listes des personnes qui ont assisté à la rencontre est présentée en annexe I. La première partie de la rencontre, organisée autour des matériels, a permis de présenter :

- le fonctionnement du crible rotatif manuel,
- celui du décortiqueur GMF 01 couplé au canal de vannage, aussi bien pour le décorticage et que pour le blanchiment
- le décortiqueur Sanoussi, la vanneuse Moussa et le décortiqueur BCN.

La deuxième partie de la réunion s'est déroulée en salle. Les transformatrices ont remercié les organisateurs pour cette présentation et ont fait part de leur satisfaction de voir avancer les travaux sur la transformation du fonio et la mise au point des équipements. Compte tenu que le crible n'était pas totalement opérationnel (première grille à maille trop grande), les commentaires ont porté sur le décortiqueur GMF 01 couplé au canal de vannage. Bien avant la réunion chacune des transformatrices présentes avait apporté du fonio à blanchir au GMF01 couplé au canal de vannage. Il leur avait été demandé de comparer le produit issu de ces machines à celui obtenu par leur outil habituel de blanchiment (pilon ou autre machine). Parmi les appréciations et commentaires des transformatrices, notons :

- Le débit est très satisfaisant *« le décorticage est rapide en un seul passage »*. La capacité du GMF est en effet 20 à 30 fois plus élevé que celui d'une femme (5 kg/h).
- La qualité du produit fini est très bonne *« c'est mieux qu'en manuel »* pour le blanchiment, les transformatrices présentes basées à Bamako ne font que du blanchiment. C'est mieux quand il n'y a qu'un pillage pour le blanchiment, c'est au moins aussi bien quand il y a deux pillages pour le blanchiment.
- Pour le rendement d'usinage, *« là aussi, c'est mieux qu'en manuel »*. Un rendement d'usinage obtenu par les transformatrices est d'environ 85 % alors que le GMF a un rendement de blanchiment proche de 90 %.
- Au niveau des brisures, il ne semble pas qu'il y ait de différence significative.
- Enfin, le grain blanchi est bien propre ce qui facilite grandement le lavage et permet une économie de temps et d'eau.
- Autre point positif, les sons sont valorisables pour l'alimentation animale. Plusieurs femmes ont vendu les sons issus du blanchiment alors qu'il n'est pas possible de valoriser les sons issus du blanchiment manuel car ils sont soit, dispersés lors du vannage, soit perdus dans les eaux de lavage.

D'une façon générale, ces commentaires sont confirmés par les résultats d'analyse de laboratoire qui confirment les appréciations des transformatrices (cf. annexes VII 3 et 4). La rencontre a été mise à profit pour informer les transformatrices sur l'état d'avancement des travaux « équipements » relatifs aux autres opérations post-récolte tels que le battage et le lavage.
Les équipementiers ont présenté rapidement leur atelier et leur capacité de fabrication d'équipements. Ils ont insisté sur leur disponibilité à fabriquer des équipements dans le plus grand respect des plans définis par le projet.

Ce bilan très positif a été conclu par les chercheurs qui ont remercié l'ensemble des participants pour leur disponibilité et leurs commentaires éclairés.

VIII. Conclusion

Réalisé dans le cadre du projet CFC/IGG – (FIGG/02), l'atelier regroupant les concepteurs du projet, organisé par l'IER et d'une durée d'une semaine comportait d'une part, une formation ayant pour thème la définition des protocoles d'essai au stade pilote et la fabrication locale et, d'autre part, une expérimentation de matériels. Les essais au stade pilote (milieu réel) peuvent maintenant être engagés avec un référentiel commun aux trois pays partenaires. De plus, les essais systématiques de deux pilotes, le décortiqueur GMF 01 et le canal de vannage fabriqués

par un constructeur local (IMAF), confirment les premiers résultats très positifs obtenus en début d'année. Un crible rotatif manuel fabriqué par un artisan (BCN) lui aussi testé avec succès mais nécessite de légères modifications.

Les transformatrices de fonio de Bamako pour lesquelles l'IER avait préalablement décortiqué des lots de fonio ont assisté à une démonstration du décortiqueur associé au canal de vannage. Elles confirment les résultats techniques obtenus : sur tous les critères identifiés une amélioration est enregistrée par rapport au travail traditionnel (débit, rendement d'usinage, taux de décorticage et propreté du produit final). Le lancement d'une première série de décortiqueurs appelés GMF 02 peut d'ores et déjà être engagé.

IX. Références

Cruz, J.F., D. Dramé, C. Marouzé, and G. Son, 1999. Projet CFC/ICG - (FIGG/02) Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT. Compte rendu de l'atelier Méthodes de conception d'équipements et protocoles d'essais. Ouagadougou du 08 au 12novembre 1999.? Novembre 1999.

Marouzé, 1999. Proposition d'une méthode pour piloter la trajectoire technologique des équipements dans les pays du Sud. Application au secteur agricole et agroalimentaire. Thèse de doctorat de Génie Industriel soutenue le 01 12 99 à Aix-en-Provence, ENSAM Paris. Paris.

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., 2002. Activité n° 13, amélioration et conception d'équipement. Conception - fabrication locale d'équipements de transformation du fonio. 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. Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio CIRAD-IER-IRAG-IRSAT, CIRAD-AMIS, n° 05/02, Février 2002. 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.

Annexes

Annexe I : Liste des participants

Annexe II : Programme de l'atelier

Annexe III : Protocoles d'essai en milieu contrôlé

Annexe III.1 : Expérimentation des matériels en milieu contrôlé, compréhension du principe de fonctionnement d'un équipement

Annexe III.2 : Fiche d'essai en milieu contrôlé (fiche vierge). Essais de décorticage avec le décortiqueur Fonio GMF 01 fabriqué par IMAF

Annexe III.3 : Fiche d'essais en milieu contrôlé (fiche vierge). Essais de séparation avec le crible rotatif manuel (CRM) fabriqué par BCN

Annexe IV : Définition des protocoles d'essai au stade pilote

Annexe IV.1 : Protocole d'essai au stade pilote d'un équipement agricole ou agroalimentaire

Annexe IV.2 : Convention d'essai au stade pilote

Annexe IV.3 : Fiche de suivi d'essai au stade pilote d'équipement de transformation de produit agricole

Annexe IV.4 : Cahiers des Charges Fonctionnel (CdCF) des équipements

- CdCF d'un décortiqueur-blanchisseur de fonio
- CdCF d'un équipement de vannage de fonio
- CdCF d'une batteuse de fonio équipée d'un système de nettoyage de gain

Annexe V : Fiches évaluation du coût d'utilisation d'un équipement

Annexe V.1 : Exemple avec la fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement. Décortiqueur GMF 02 à moteur électrique

Annexe V.2 : Explications des rubriques de la note de calcul.

Annexe V.3 : Exemples du Décortiqueur GMF 02 à moteur diesel, du crible manuel rotatif BCN, batteuse ASSI à moteur diesel

Annexe VI : Fabrication locale

Annexe VI.1 : Fabrication locale, outils les « Chek-lists », Cours 1 C. Marouzé

Annexe VI.2 : Fabrication locale des équipements agricoles et agroalimentaires Intégration de la fabrication. Cours 2, C. Marouzé

Annexe VI.3 : Etude des coûts de fabrication d'un équipement, approche par la méthode analytique

Annexe VII : Essais des matériels

Annexe VII. 1 : Essai et modifications des matériels avant l'atelier

Annexe VII.2 : Crible Rotatif Manuel (CRM) fabriqué par BCN. Tableau des résultats d'essais en milieu contrôlé du 06 03 02

Annexe VII.3 : Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage. Tableau des résultats d'essais en milieu contrôlé du 06 03 02

Annexe VII.4 : Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage. Résultats d'essais de blanchiment de fonio prédécortiqué

Annexe 1 : Liste des participants

N°	Nom et Prénom	Fonction /Institution	Adresse
I. Représentants des institutions partenaires			
1	Stéphane ZANGRE	Agro-mécanicien IRSAT/DM	Département Mécanisation de l'IRSAT, Burkina Faso Tel. (226) 32 45 04 Fax (226) 31 33 70 das.zangre@caramail.com
2	Souraghata KOUYATE	Agro-mécanicien IRAG/DNA	IRAG/ Projet Fonio, Guinée BP 1523 Conakry souraghatak@yahoo.fr
3	Claude MAROUZE	Conception d'équipements CIRAD-AMIS	CIRAD-AMIS TA 40/15 34 398 Montpellier Cedex 5 Tél. (33 4)67 61 57 61 Fax (33 4) 67 61 44 15 claude.marouze@cirad.fr
4	Djibril DRAME	Technologue, coordonnateur régional du projet IER/LTA	IER BP 258 Bamako Mali Tél. (223) 24 16 41/ 24 18 29 Fax (223) 22 33 75 djibril.drame@ier.ml
II. Invités : Constructeurs d'équipements et transformatrices de fonio			
5	Moussa TRAORE	machiniste formateur artisan,	CMDT – Koutiala, Mali Tél. (223) 640 119 cmdtkla@afribone.net.ml
6	Abdou DIOP	Directeur Général d'IMAF	BP E 3390 Bamako Mali Tél. (223) 21 24 93 Fax (223) 22 98 66
7	Baba Coulibaly (BCN)	Artisan constructeur	Association Artisans Commune II Marché de Médine Bamako
8	Oumou MAÏGA	Transformatrice de fruits et légumes et céréales	Kalaban Coro Est Bamako Tél. 73 37 35 BP 2639
9	Fanta DIANE	Vendeuse Fonio	Bord du fleuve face BCEAO
10	Aïcha SIDIBE	Vendeuse fonio	Bord du fleuve BCEAO
11	Siré Fadiga	Vendeuse Fonio	Bord du fleuve BCEAO
12	Mme SOUMARE Modia SANGARE	Transformatrice de fonio Unité Yaye Kème Diakité	Hipodrome II Bamako Tél : 21-77-72
13	Mme NIANG Emma K.	Transformatrice, Directrice du Projet Plates formes Multi-fonctionelles	BP 278 Bamako Tél 75 42 20
14	Mme Coulibaly Aïda DIOP	GIE GFCD Transformation céréales et fruits	Boulkassoumbougou Rue 470 porte 8 BP : E-2427 Bamako Tél : 24 24 62

Annexe 2 : Programme de la rencontre sur les activités relatives aux équipements

Bamako, 04 -08 mars 2002

Lundi 04/03/02 : Revue des activités et définition des protocoles d'essais

9h00- 10h00 :	Point sur les activités :IRAG, IRSAT, IER , CIRAD
10h00-10h30 :	Protocoles d'essais pilotes
10h30 - 11h15 :	Pause café
11 h 15 – 13h 00 :	Finalisation des protocoles d'essais pilotes/type d'équipements
13h00 - 14h00:	Pause déjeuner
14h15- 15h 30 :	Finalisation des protocoles d'essais pilotes (suite et fin)
15h30 – 16h45 :	Examen et adoption du programme définitif de la réunion

Mardi 05/03/02 : Activités 23 et 24, fabrication locale. Présentation et utilisation des outils

Animation par Claude MAROUZE, toute la journée avec pause café à 10h30 et pause déjeuner à 13h00.

Mercredi 06/03/02 : Essais d'équipements (nettoyeurs, décortiqueurs)

9h00-10h00 :	Briefing préparatoire de la conduite des essais
10h00 - 11h15 :	**Essais du Crible rotatif manuel**
11h15-11h30 :	Pause café
11h30–13h00 :	**Essais du Crible rotatif manuel** (suite)
13h00 - 14h00:	Pause déjeuner
14h15- 17h30 :	**Essais du décortiqueur GMF 01 couplé au canal de vannage**

Jeudi 07/03/02 : Essais d'équipements (suite) et rencontre avec les transformatrices

9h00-10h00 :	**Essais du décortiqueur GMF 01 (suite)** .
10h00 -10h15 :	Pause café
10h00- 14h00 :	Rencontre avec les transformatrices de fonio :

- Présentation des équipements disponibles aux transformatrices
- Restitution des résultats de blanchiment par les transformatrices
- Présentation des fabricants

Pause déjeuner entre 13h et 14h00.

14h15-17h30 : **Essais de la vanneuse motorisée et du décortiqueur Sanoussi.**

Vendredi 08/03/02 : Analyse des résultats

9h00 - 10h00 :	Observations d'échantillons au laboratoire
10h0 – 10h15 :	Pause café
10h15-12h45 :	Discussions sur les fiches et protocoles d'essais, les conventions de collaboration et les expérimentations (en milieu contrôlé et stade pilote) à court et moyen termes.
12h45-14h00 :	Pause
14h00-18h00 :	Discussions (suite) Discussions sur les activités 23 , 24 (faisabilité fabrication locale et étude des coûts) et 25 (formation en CAO) **Essais du canal de vannage avec trémie.** Synthèse des travaux.

Annexe III : Protocoles d'essai en milieu contrôlé

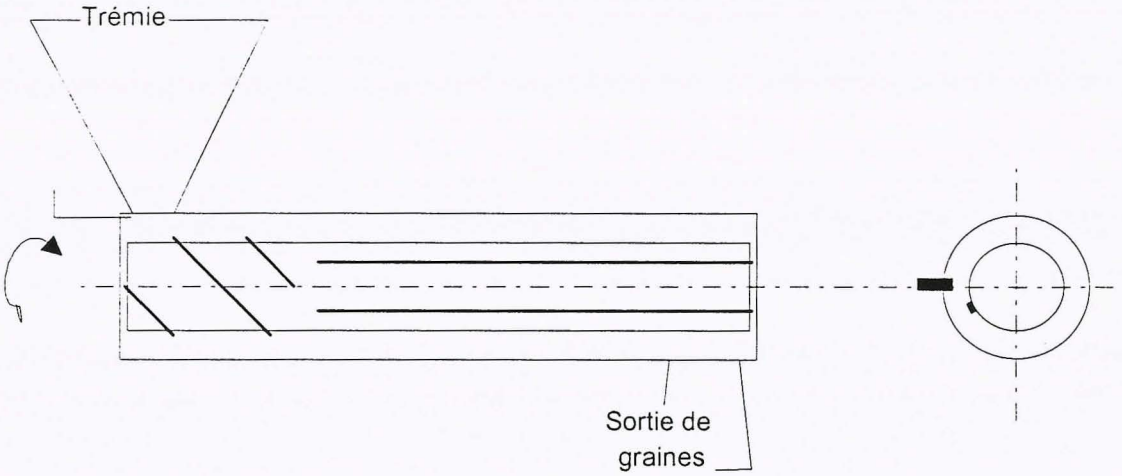
Annexe III.1 : Expérimentation des matériels en milieu contrôlé, compréhension du principe de fonctionnement d'un équipement

Annexe III.2 : Fiche d'essai en milieu contrôlé (fiche vierge). Essais de décorticage avec le décortiqueur Fonio GMF 01 fabriqué par IMAF

Annexe III.3 : Fiche d'essais en milieu contrôlé (fiche vierge). Essais de séparation avec le crible rotatif manuel (CRM) fabriqué par BCN

Expérimentation des matériels en milieu contrôlé : compréhension du principe de fonctionnement d'un équipement

1. *Principe de fonctionnement, ex : décortiqueur Engelberg*



Schématisation du principe de fonctionnement du décortiqueur Engelberg
= mise en pression des graines + friction

Identification des fonctions techniques : fonctions réalisées par des sous-ensembles de l'équipement
Re-construction des fonctions de service : chaînes de fonctions techniques
Rappel : fonctions de service relation entre l'équipement et le milieu extérieur
= utilités de l'équipement recherché par les utilisateurs

2. *Identification des variables du « procédé »*

2.1. *Variables déterminantes ou d'entrée*

Variables sur lesquelles **on peut agir** pour modifier le fonctionnement de l'équipement et les caractéristiques finales du produit transformé

2.2. *Variables déterminées ou de sortie*

Variables **qui sont le résultat** de la combinaison de la géométrie de l'équipement, de la nature du produit à transformer et des variables déterminantes.

2.3. *Influence des variables déterminantes sur les variables déterminées*

A partir de la compréhension du principe de fonctionnement, définir le sens de variation des variables déterminées en fonction des variables déterminantes.

2.4. *Equipement idéal pour la diffusion*

- Indépendance et relation directe des variables déterminantes – déterminées
- Nombre minimum de variables déterminantes utilisés pour le fonctionnement courant de l'équipement donc de réglages « utiles » utilisés par les opérateurs.

Essais décorticage avec décortiqueur FONIO GMF 01 fabriqué par IMAF

Fiche d'essai en milieu contrôlé

	Réglages									Débit				Mesures								
Essais N°	Ecartement lame frein	Trappe d'ali-mentation	Trappe sortie	Trappe de débit d'air dans canal	Vites-se à vide	Vitesse en charge	Temp. pro-duit brut	Température sortie		Durée de l'essai	Masse à décor-tiquer	Masse Grains vannés	Débit	Grains après revan-nage	Rendt d'usi-nage	Sons		Brisures		Pertes sous machine		Paddy compt. Ma-nuel
	mm				tr/mn	tr/mn	°C	°C		h/mN/s	kg	kg	kg/h	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	%
Série d'essai du ….																						
GMF																						

Essais de séparation avec le crible rotatif manuel (CRM) fabriqué par BCN

Fiche d'essais en milieu contrôlé

Fiche vierge

Paramètres											Débit		Mesures										
Essais N°	Trap d'ali-mentation	Vites-se à vide	Vitesse en charge	Inclinaison	Maille grille 2	Maille grille 2	Masse à trier	Impuretés dans produit brut			Durée de l'essai	Débit	Masse sous grille 1		Grain sous grille 1	Masse sous grille 2		Impuretes dans grin trié	Refus		Grain dans refus	Perte sous machine	
		tr/mn	tr/mn	°	mm	mm	kg	< 0,6	> 1 mm		h/mn/s	kg/h	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%
Série d'essai du …																							
CRM 1																							

Annexe IV : Définition des protocoles d'essai au stade pilote

Annexe IV.1 : Protocole d'essai au stade pilote d'un équipement agricole ou agroalimentaire

Annexe IV.2 : Convention d'essai au stade pilote, modèle 03 02

Annexe IV.3 : Fiche de suivi d'essai au stade pilote d'équipement de transformation de produit agricole, modèle 03 02

Annexe IV.4 : Cahiers des Charges Fonctionnel (CdCF) des équipements

- CdCF d'un décortiqueur-blanchisseur de fonio
- CdCF d'un équipement de vannage de fonio
- CdCF d'une batteuse de fonio équipée d'un système de nettoyage de gain

Projet CFC/IGG - FIGG/02
Amélioration des technologies Post-récolte du FONIO
CIRAD-IER-IRAG-IRSAT

Protocole d'essai au stade pilote d'un équipement agricole ou agroalimentaire

1. Préalable

L'équipement doit d'abord être testé en milieu contrôlé (voir Protocole de test de matériel en milieu contrôlé ou fiche d'essai) avec des essais de longue durée. Si les essais en milieu contrôlé sont satisfaisants, les essais en milieu réel peuvent et doivent être engagés.

2. Préparation et réalisation des essais au stade pilote

1. Identification de l'utilisateur ou du groupe d'utilisateurs

Il est fait appel à l'expérience des chercheurs-expérimentateurs pour identifier le (ou les) partenaire(s). Dans le cadre d'une démarche de conception d'équipements, les utilisateurs sont des partenaires, « clients leaders » qui sont identifiés dès les phases amont de la conception.
Si les utilisateurs ne sont pas préalablement identifiés, il s'agit d'identifier une zone de production où existe un besoin réel pour le type de mécanisation envisagé en vérifiant :

- les quantités traitées, sont-elles suffisantes pour réaliser les essais ? Compatibles avec la capacité de la machine ?
- les coûts de transformation manuelle, sont-ils compatibles avec une mécanisation ?
- les souhaits des opérateurs, leur disponibilité, etc.

Il est préférable de choisir :

- des zones facilement accessibles pour l'équipe de recherche-développement,
- des opérateurs alphabétisés,
- des transformateurs qui ont l'habitude d'utiliser des équipements et de transformer le produit.

2. Définition des conditions de réalisation des essais

Les conditions de réalisation des essais au stade pilote doivent être précisées pour éviter toute complication ultérieure. Il est souhaitable de les formaliser mais si les acteurs se connaissent bien un accord verbal est suffisant. Il faut prévoir un accompagnement dégressif de l'équipe de recherche-développement auprès de l'utilisateur que l'on peut prévoir en 3 phases:

1. D'abord une prise en main de l'équipement par l'utilisateur avec un appui complet de l'équipe de recherche avec démonstration du fonctionnement de l'équipement, formation des acteurs (responsable et des opérateurs), réalisation d'un essai de longue duré, cet essai doit confirmer les résultats obtenus en milieu contrôlé. La fiche de suivi doit aussi être expliquée pour que l'utilisateur la remplisse lors des phases suivantes.
2. Puis, un suivi rapproché par l'équipe de recherche de l'utilisation de la machine et des travaux menés par l'utilisateur (par exemple un passage par jour) avec un relevé des travaux

réalisés et des difficultés rencontrées (voir fiche de suivi).

3. Ensuite, un accompagnement plus espacé pour le test durant une campagne complète.

Doivent être discutées :

- Les modalités de mise à disposition de l'équipement : prise en charge du carburant, du salaire du chef de chantier, des manœuvres, des déplacements de l'équipement, de la location pour usure du matériel, etc. Pour les essais au stade pilote, la durée de l'expérimentation est limitée dans le temps : 3 mois en général, 6 mois de durée maximale.
- La durée de la mise à disposition, les modalités de reprise de l'équipement à la fin des tests, les modalités pour les événements exceptionnels (panne, etc.),
- La totale disponibilité des résultats pour l'équipe de recherche,
- Les interventions de l'équipe de recherche (fréquence, type d'intervention, personnes mandatées).

Nota : Généralement pour la phase 1 avec essai longue durée et formation, les frais sont pris en charge par l'équipe de recherche. Pour les phases suivantes, c'est l'utilisateur qui prend en charge les frais d'utilisation de l'équipement (carburant, salaires du chef d'équipe du personnel, déplacement). Pour les tests durant une campagne complète (phase 3), il faut envisager une location de l'équipement mis à la disposition de l'utilisateur ce qui permet de se rapprocher des conditions réelles d'utilisation de l'équipement.

3. Réalisation des essais au stade pilote

Un carnet de suivi doit accompagner les différents tests ou utilisation de l'équipement (il peut se présenter sous forme d'une série de feuilles de type fiche de suivi, modèle 03 02). Il doit enregistrer les jours et heures d'utilisation, les quantités traitées, la nature du produit, les problèmes rencontrés, etc.

Pour l'équipe de recherche développement, les travaux à mener chez l'utilisateur pour un essai au stade pilote, comprennent :

- Tests de longue durée de l'équipement avec l'utilisateur, associés à une formation des opérateurs,
- Validation de l'équipement par rapport à son environnement en s'aidant du Cahier des Charges Fonctionnel de l'équipement ; chaque fonction de service et chaque critère d'appréciation de l'équipement doivent être validés par les utilisateurs. Cette validation est réalisée sous forme d'entretiens.
- Evaluation économique de l'équipement ; il s'agit de renseigner les rubriques de la fiche « Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement » pour calculer le coût d'utilisation de l'équipement par kilogramme de produit brut afin de le comparer au coût de transformation traditionnel ou réalisé avec d'autres équipements. Cette évaluation économique doit aussi être validée par les utilisateurs.

Le rapport d'essai doit faire la synthèse de ces différentes activités.

Projet CFC/IGG - FIGG/02
Amélioration des technologies Post-récolte du FONIO
CIRAD-IER-IRAG-IRSAT

Convention d'essai au stade pilote,

modèle 03 02

Entre

L'IER, Laboratoire de Technologie Alimentaire – Projet fonio CFC/IGG - FIGG/02, représenté par le coordinateur national du projet, ci-après dénommé « le projet »,

D'une part

Et

L'entreprise, le GIE ou l'AV .....
représenté par son responsable .....,
ci-après dénommé « l'entreprise »,

D'autre part

Les parties présentes conviennent de ce qui suit :

Article 1 : Objet de la convention

La présente convention a pour objet la définition des modalités de réalisation du test à l'échelle pilote c'est à dire en milieu réel de l'équipement spécifié à l'article 2

Article 2 : Définition de l'équipement

L'équipement objet des tests est le suivant .....
fabriqué par .....
comportant les parties suivantes .....
et les accessoires suivants .....

Article 3 : Modalités de réalisation des tests au stade pilote

Durant ces essais au stade pilote le fonio reste le produit exclusif à traiter sur l'équipement. Toutefois, sur demande de l'entreprise et avec l'accord du projet, d'autre(s) produit(s) peuvent être testé(s) sur l'équipement afin d'apprécier sa polyvalence.

Pour les tests au stade pilote définis dans cette convention,
Le projet s'engage à :

- fournir et installer le matériel défini à l'article 2,
- réaliser une démonstration de fonctionnement dudit matériel et de s'assurer que le matériel répond aux souhaits de l'entreprise,
- assurer la formation de l'exploitant et des opérateurs en fournissant toutes les informations nécessaires à son bon fonctionnement,
- identifier les personnes mandatées par le projet pour assurer le suivi des tests,
- faire diligence pour remettre en service l'équipement en cas de panne,
- reprendre l'équipement à la fin des tests.

L'entreprise s'engage à :

- à avoir une utilisation normale du matériel,
- fournir la matière première, les consommables et la main d'œuvre nécessaires à l'utilisation du matériel pendant les tests,
- assurer les déplacements de l'équipement si ceux-ci s'avèrent nécessaires (par exemple pour les batteuses),
- prendre les mesures requises pour assurer la protection de l'équipement contre le vol et le vandalisme,
- assurer l'entretien courant et la maintenance de l'équipement,
- fournir au projet toutes les informations relatives au déroulement des tests et à l'évolution du matériel, y compris les informations d'ordre économique directement en relation avec les tests,
- remplir pour chaque utilisation les fiches de suivi (modèle fonio 03/02) proposées par le projet,
- permettre l'accès à l'équipement et aux fiches de suivi à toute personne mandatée par le projet pour assurer le suivi,
- faire diligence pour transmettre au projet tous défauts ou pannes qui seraient survenus,
- à la fin des tests restituer au projet, l'équipement tel que défini à l'article 2.

Article 4 : Propriété des résultats techniques
Au cours de la période de tests, tous les résultats sur le fonctionnement du matériel seront propriété du projet et ces résultats ne pourront être fournis à des tiers sans l'accord du projet.

Article 5 : Durée des tests et mise en œuvre de la convention
La présente convention prend effet à partir de la date de sa signature. Elle est prévue pour une durée de ..... mois (maximum 6 mois) correspondant à la durée de tests.

Article 6 : Lois et règlement applicables
Pour ce qui n'est pas précisé par la présente convention, les parties s'engagent à traiter à l'amiable tous différents et à défaut, s'en remettent aux dispositions légales en vigueur au Mali.

Signé en deux exemplaires à Bamako, le .....

Pour l'entreprise, le GIE ou l'AV

Pour l'IER – Projet fonio CFC/IGG - FIGG/02

Projet CFC/IGG - FIGG/02
Amélioration des technologies Post-récolte du FONIOCIRAD-IER-IRAG-IRSAT

Fiche de suivi d'essai au stade pilote d'équipement de transformation de produit agricole
Modèle 03/02

Type de matériel :
Site de l'essai au stade pilote et utilisateur :

Date-heure	Type de produit et quantité	Qualité du produit entrant	Réglages et type de transformation	Appréciation de la transformation : durée,	Qualité du produit final	Observations

Cahier des charges Fonctionnel (CdCF)

du décortiqueur blanchisseur de fonio

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité	Con trôle
doit utiliser l'énergie disponible	Type d'énergie, puissance	Thermique ou électrique, 5 à 7 kW		
doit s'intégrer dans l'environnement du lieu d'utilisation	Aire ou volume disponible T°C, HR, vent	5 m² Conditions tropicales soudano-saheliennes		
doit transformer le fonio paddy en fonio blanchi	Rendement d'usinage	> ou = 65 %		
	Taux non décortiqué	< 0,3% pour fonio blanchi 1 à 3 % pour fonio décortiqué		
	Débit	80 à 150 kg/h	selon segment de marché	
	taux de blanchiment	≥99 %		
	Température de sortie du produit	≤ 80°C		
doit séparer le fonio usiné des sous produits	Taux de cendres Taux en son résiduel Pertes en grains	< 1% < 0,5 % de sons dans les grains < 2 % des grains		
doit respecter les normes	Normes de sécurité, non dégradation des produits, sécurité de l'opérateur			
doit permettre à l'opérateur de charger le fonio paddy	Capacité , hauteur de la trémie	25 kg, 1,5 m		
doit permettre à l'opérateur de récupérer le produit fini et d'évacuer les sous produits	Accessibilité des zones de vidanges des produits finis et des sous produits Hauteur sortie produit	= ou > 40 cm		
doit être d'un coût accessible à l'utilisateur	Coût de fonctionnement, prix d'achat, coût de réparation	Comparable aux décortiqueurs existants	Légèrement supérieur	
doit requérir au maximum les matières d'œuvre disponibles localement	Choix de matières d'œuvre standard, disponibilité des outils			
Doit permettre à l'opérateur d'intervenir avec les compétences et outils disponibles	facilité de conception, disponibilité des pièces et outils	Disponible		
doit être facilement entretenu par l'opérateur	Fréquence et durée d'entretien ; niveau de compétence	< ½ h par journée de travail		
doit être réalisable dans les ateliers locaux	Disponibilité du savoir faire local	Disponible		
doit être transportable par les moyens disponibles	Encombrement, Poids	Transportable par pick-up charrette,		

Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) de la batteuse motorisée à moteur diesel équipée d'un système de nettoyage

Mars 2002

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
doit battre les gerbes et séparer le grain de la paille	Débit de la machine	250 kg/h	+ ou – 50 kg/h
	Perte par imbattus	2 %	
	Pertes de grains libres	4[1] %	
	Pertes au sol	1 %	
	% d'impuretés dans le grain battu	3 %	
doit permettre à l'opérateur de charger les gerbes	Hauteur de la table d'alimentation	1 à 1,2 m	
doit permettre à l'opérateur de récupérer les grains battus	Accessibilité de la sortie		
	Hauteur de la sortie	40 cm	-
doit évacuer les pailles et les impuretés	Projection des pailles à	+ 2 m	
	pas de risques de bourrage à la sortie des pailles et impuretés	?	
doit utiliser le gazole	Autonomie	8 h	
doit permettre à l'opérateur de faire l'entretien quotidien et les réglages avec les outils	niveau de compétence requis	faible	
doit permettre au réparateur de réparer avec les outils et composants disponibles	disponibilité des matériaux et des outils	bonne	
	niveau de compétence du réparateur	bonne	
doit être rentable pour le propriétaire	Prix d'achat	??	
	Coût de fonctionnement	Inférieur au battage manuel[2]	
	Coût de la prestation		
doit résister à l'environnement d'utilisation	Durée de vie	8 ans	
	Nombre d'heures de fonctionnement	3000 h	
doit être déplaçable facilement avec les moyens disponibles	Poids roulant	1 t	
	Tractable par une charrette bi-bovine		
doit assurer la sécurité des opérateurs et autres personnes	Protection des mécanismes en mouvement		

[1] Les pertes sont mesurées après récupération sur une bâche des graines tombées à proximité immédiate de la machine.

[2] Comparaison à faire en comptant tous les frais liés au battage.

Cahier des Charges Fonctionnel d'un équipement de vannage de fonio
(Marouzé, Seige, 2001)

Fonctions de service	Critères d'appréciation	Niveau des critères	Flexi-bilité[1]
Doit être fabricable 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 et couplage à un autre équipement)	220 ou 380 V	F0
Doit transformer le produit à nettoyer en produit propre	Débit Impuretés dans le produit vanné	150 kg/h < 1 %	F0
Doit évacuer les sous produits	Pertes de grain Hauteur de la sortie	< 0,5 % 50 cm	F1
Doit être contrôlé par l'opérateur	Nombre de moyens de réglage Facilité d'utilisation.	Minimum = 1 Simple	F1
Doit s'intégrer dans le lieu de transformation	Surface au sol disponible. Conditions climatiques : température, poussières, hygrométrie,	≤ 3 m² T ≤ 40 °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 3ème année du projet Fonio	Date limite	Mi- 2002	F1

[1] F0 flexibilité nulle critère devant être respecté impérativement, F1 flexibilité moins contraignante.
[2] Les ? devront être progressivement documentés par les acteurs de la conception au fur et à mesure de leurs rencontres avec les transformateurs.

Annexe V : Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement

Annexe V.1 : Exemple avec la fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement. Décortiqueur GMF 02 à moteur électrique

Annexe V.2 : Explications des rubriques de la note de calcul.

Annexe V.3 : Exemples du Décortiqueur GMF 02 à moteur diesel, du crible manuel rotatif BCN, batteuse ASSI à moteur diesel

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

Fiche C. Marouzé du 04 03 02
Unité monétaire : F CFA
1 EURO = 655,96 FCFA
Date de réalisation : 06 05 02
Par : C. Marouzé

Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement

Type d'équipt : **Décortiqueur GMF 02 à moteur électrique**
Type d'utilisation : **Décorticage en atelier semi-industriel**

Valeurs données à titre indicatif

Prix d'achat de l'équipement	PR = Pd + Pa + Pt			**850 000**	**F**
Prix départ usine	Pd		750 000 F		
Prix accessoires (moteur, etc.)	Pa				
Coût de mise à disposition (transport, montage, taxes	Pt		100 000 F		
Nombre d'heures d'utilisation de l'équipement	Nv = D. vie * D.an *Nh/j * Dis.m * Coef.ut			**9 216**	**h**
Durée de vie de l'équipement	D.vie	8	ans		
Durée de la campagne d'utilisation de la machine	D.an	200	j		
Nombre d'heures d'utilisation par jour	Nh/j	8	h		
Disponibilité de la machine	Disp.m	80	%		
Coefficient d'utilisation (clients, personnels, jours fériés	Coef.ut	90	%		
Nombre d'heures réelles d'utilisation par an		1152	h		
Caractéristiques machine					
Puissance moteur	P	*5*	kW		
Consommation horaire électrique	Puis. Cons	3	kW		
Débit théorique	Dth	*100 à 150*	kg/h		
Débit horaire en continu durant la journée de travail	Dréel	100	kg/h		
Nombre de personnes nécessaires pour la conduite	Nbre.m	1			
Paramètres économiques					
Facteur de réparation	F.rép	0,4			
Taux d'Intérêt	Int.	12%			
Durée d'amortissement financier	D.am	4	ans		
Coût d'électricité	Coût.kWh	160	F/kWh		
Durée d'amortissement pour les calculs	D.cal	6	ans		
Coût journalier du conducteur de la machine	Coût.man	1200	F/j		
Tonnage annuel traité par la machine				115	**t/an**
Calcul du coût d'utilisation horaire de la machine				**821**	**F/h**
Charges fixes					
Amortissement	A = PR / Nv		92 F	11%	
Intérêts du capital	Voir expli.		22 F	3%	
Réparations pièces et main d'œuvre	R = A * F.rép		37 F	4%	
Assurances et remisage	A * 2 %		2 F	0%	
Charges proportionnelles					
Consommation électricité	Puis.cons * Coût.kWh		480 F	58%	
Conduite personnel	Coût.man * Nbre.m / (Nh/j *		188 F	23%	
Entretien	p.m.			0%	
Calcul du coût d'utilisation de la machine / kg de grain paddy				**8,21**	**F/kg**

Projet CFC/ICG - (FIGG/02)
Amélioration des Technologies Post-récolte du Fonio
CIRAD-IER-IRAG-IRSAT
Explications des rubriques de la note de calcul.

Prix d'achat de l'équipement pour l'utilisateur

Il faut prendre en compte le prix de l'équipement en ordre de marche, rendu sur le lieu d'utilisation

Nombre d'heures d'utilisation de l'équipement

La durée de la campagne limite le nombre d'heures d'utilisation de la machine (par exemple pour les machines de récolte la durée de la campagne est courte).

Disponibilité de la machine

Il s'agit de la disponibilité opérationnelle de la machine ; les périodes de non disponibilité pour entretien, réglage, nettoyage, réparation sont soustraites (complément à 100 %). Une disponibilité de 85 % signifie que l'équivalent d'un jour par semaine la machine n'est pas disponible. Ceci peut sembler excessif pour une machine neuve mais ne l'est pas pour une machine qui a 4 ans ou plus car il faut additionner **tous** les temps non productifs : mise en route, nettoyage, les déplacements de la machine, sa mise en place, etc.

Valeur maximale = 85 %

Coefficient d'utilisation (clients, personnels, jours fériés)

Ce coefficient prend en compte les jours fériés, les jours où le personnel n'est pas disponible, les jours où il n'y a pas de clients, les jours de pluie, etc...

Valeur de l'ordre de 90 % pour une machine utilisée dans dans une entreprise semi-industrielle ou industrielle

Valeur plus faible pour les machines se déplaçant sur le terrain (batteuses) et/ou effectuant du travail à façon (80 %)

Caractéristiques machine

Les données en italique ne sont pas directement utiles pour les calculs (données à titre indicatif)

Consommation horaire de carburant

Prendre les valeurs des essais longue durée, si possible en conditions réelles

Le Moigne, 80 indique des consommations pour tracteur diesel de 0,1 à 0,12 l/ch.h soit 0,13 à 0,16 l/kW.h selon la puissance demandée par la machine par rapport à la puissance du moteur.

Les consommations sont généralement plus élevées pour les machines à poste fixe.

Consommation horaire de lubrifiant

Prendre ratio 4,5 % de la consommation de carburant (Le Moigne, 84)

Débit horaire réel en continu (durant les 6 ou 8 h de la journée de travail)

Prendre les valeurs des essais longue durée ou mieux, en conditions réelles. Les valeurs sont nettement inférieures au débit maximal de la machine.

Nombre de manœuvres payés nécessaires au bon fonctionnement de la machine

Par exemple, les paysans ne sont pas rémunérés quand ils travaillent sur leur propre récolte

Paramètres économiques

Facteur de réparation

Le facteur de réparation prend en compte le coût des différentes réparations durant toute la vie d'un équipement

Il est faible quand la machine est équipée d'un moteur électrique, quand il y a peu de pièces d'usure ou des pièces d'usure disponibles localement et bon marché

Il est élevé quand la machine est équipée d'un moteur thermique et/ou quand la machine est complexe avec des pièces d'usure chères, qui s'usent rapidement ou sont importées.

Havard (1992) prend un coefficient de 0,7 pour décortiqueur Engelberg à moteur électrique et 0,9 pour décortiqueur Engelberg à moteur Diesel, ce qui semble élevé pour un matériel fabriqué localement. Un facteur de 1 indique que le coût cumulé des réparations sur la durée de vie de la machine est égal à son prix d'achat.

Exemple pour les matériels fabriqués localement

Décortiqueur Engelberg avec moteur électrique = 0,4

Décortiqueur Engelberg avec moteur thermique = 0,6

Décortiqueur type PRL (ou avec pièces d'usure) avec moteur électrique = 0,5

Décortiqueur type PRL (ou avec pièces d'usure) avec moteur thermique = 0,7

Le coefficient peut être plus élevé si les pièces d'usure sont chères et s'usent rapidement

Batteuse à moteur thermique avec caisson de nettoyage (machine complexe) = 0,8

Matériel manuel sans pièces d'usure et fabriqué localement (crible) = 0,2

Si les données réelles existent les utiliser.

Taux d'intérêt

Il s'agit du taux annuel

Durée d'amortissement financier

La durée d'amortissement financier est plus faible que de la durée de vie de l'équipement car le prêt est sur une période relativement courte. Le coût des intérêts est calculé sur la durée d'amortissement financier mais par contre imputé sur la durée de vie du matériel.

Il est aussi possible de calculer les coûts des intérêts du prêt sur une partie seulement du prix d'achat du matériel car le prêt n'est pas accordé sur la totalité du prix du matériel.

Tonnage annuel traité par la machine

Cet indicateur donne la quantité traitée annuellement par la machine, il doit être compatible avec la capacité de la ligne de transformation et celle de l'entrepreneur.

Calcul du coût d'utilisation horaire de la machine

Amortissement

= Prix d'achat de l'équipement / Nombre d'heures d'utilisation réelle de l'équipement sur sa durée de vie

Coût des Intérêts

Coût des intérêts = Prix d'achat * taux d'intérêt * Durée d'amortissement financier / (2 * Nombre d'heures d'utilisation réelle sur la durée de vie technique du matériel)

Il existe d'autres formules plus précises de calcul d'amortissement

*Réparations pièces et main d'œuvre = Amortissement * Facteur de réparation*

*Coût de combustible = Consommation de carburant * Coût du carburant*

*Coût de lubrifiant = Consommation de lubrifiant * Coût du lubrifiant*

ou pour les machines équipées d'un moteur électrique

*Coût d'électricité = Quantité d'électricité * Coût du kilowatt.heure*

Conduite (chef d'équipe) s'il y a un chef d'équipe

= coût journalier du chef / nombre d'heures réellement travaillées dans la journée

Personnel (manœuvres payés autres que le chef d'équipe)

= (coût journalier man. * nombre man.) / nombre d'heures réellement travaillées par jour

Entretien p.m.

Assurances et remisage = 2 % du coût d'amortissement

Les coûts sont indiqués en valeur relative pour rendre compte de leur importance

Calcul du coût d'utilisation de la machine / kg de grain battu

Il est nécessaire de rapporter le coût d'utilisation à l'unité de grain brut pour pouvoir comparer différents équipements ou faire une comparaison avec le travail manuel

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

Fiche C. Marouzé du 04 03 02
Unité monétaire : F CFA
1 EURO = 655,96 FCFA
Date de réalisation : 06 05 02
Par : C. Marouzé

Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement

Type d'équipt : **Décortiqueur GMF 02 à moteur diesel**
Type d'utilisation : Atelier rural de transformation

Valeurs données à titre indicatif

Prix d'achat de l'équipement	PR = Pd + Pa + Pt			**1 400 000**	**F**
Prix départ usine	Pd		1 300 000 F		
Prix accessoires (moteur, etc.)	Pa				
Coût de mise à disposition (transport, montage, taxes	Pt		100 000 F		
Nombre d'heures d'utilisation de l'équipement	Nv = D. vie * D.an *Nh/j * Dis.m * Coef.u			**5 530**	**h**
Durée de vie de l'équipement	D.vie	8	ans		
Durée de la campagne d'utilisation de la machine	D.an	160	j		
Nombre d'heures d'utilisation par jour	Nh/j	6	h		
Disponibilité de la machine	Disp.m	80	%		
Coefficient d'utilisation (clients, personnels, jours férié	Coef.ut	90	%		
Nombre d'heures réelles d'utilisation par an				691	h
Caractéristiques machine					
Puissance moteur	P	7	kW		
Consommation horaire de carburant	Cons. Car	2	l		
Consommation horaire de lubrifiant	Cons. Lub	0,09	l		
Débit théorique	Dth	*100 à 150*	kg/h		
Débit horaire en continu durant la journée de travail	Dréel	100	kg/h		
Nombre de personnes nécessaires pour la conduite	Nbre.m	1			
Paramètres économiques					
Facteur de réparation	F.rép	0,6			
Taux d'Intérêt	Int.	12%			
Durée d'amortissement	D.am	4	ans		
Coût du carburant	Coût.car	350	F/l		
Coût du lubrifiant	Coût.lub	900	F/l		
Coût journalier du conducteur de la machine	Coût.man	1000	F/j		
Tonnage annuel traité par la machine				69	t/an

Calcul du coût d'utilisation horaire de la machine				**1 460**	**F/h**
Charges fixes					
Amortissement	A = PR / Nv	253 F	17%		
Intérêts du capital	Voir expli.	61 F	4%		
Réparations pièces et main d'œuvre	R = A * F.rép	152 F	10%		
Assurances et remisage	A * 2 %	5 F	0%		
Charges proportionnelles					
Consommation carburant	Cons.car * Coût.car	700 F	48%		
Consommation lubrifiant	Cons.lub * Coût.lub	81 F	6%		
Conduite personnel	Coût.man / (Nh/j * Disp.m)	208 F	14%		
Entretien	p.m.		0%		

Calcul du coût d'utilisation de la machine / kg de grain paddy **14,60 F/kg**

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

Fiche C. Marouzé du 04 03 02
Unité monétaire : F CFA
1 EURO = 655,96 FCFA
Date de réalisation : 22 05 02
Par : C. Marouzé

Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement

Type d'équipt : **Crible manuel rotatif BCN**
Type d'utilisation : **Séparation dans un atelier semi-industriel**

Valeurs données à titre indicatif

Prix d'achat de l'équipement	PR = Pd + Pa + Pt				**400 000**	**F**
Prix départ usine	Pd			350 000 F		
Prix accessoires (moteur, etc.)	Pa					
Coût de mise à disposition (transport, montage, taxes,	Pt			50 000 F		
Nombre d'heures d'utilisation de l'équipement	Nv = D. vie * D.an *Nh/j * Dis.m * Coef.ut				**4 608**	**h**
Durée de vie de l'équipement	D.vie	8	ans			
Durée de la campagne d'utilisation de la machine	D.an	100	j			
Nombre d'heures d'utilisation par jour	Nh/j	8	h			
Disponibilité de la machine	Disp.m	80	%			
Coefficient d'utilisation (clients, personnels, jours fériés	Coef.ut	90	%			
Nombre d'heures réelles d'utilisation par an		576	h			

Caractéristiques machine

Débit théorique	Dth	*200 à 500*	kg/h
Débit horaire en continu durant la journée de travail	Dréel	250	kg/h
Nombre de personnes nécessaires pour la conduite	Nbre.m	2	

Paramètres économiques

Facteur de réparation	F.rép	0,3				
Durée d'amortissement	D.am	0	ans	par de prêt		
Coût journalier des manoeuvres de la machine	Coût.man	1000	F/j			
Tonnage annuel traité par la machine					144	t/an
Calcul du coût d'utilisation horaire de la machine					**427**	**F/h**
Charges fixes						
Amortissement	A = PR / Nv			87 F	20%	
Réparations pièces et main d'œuvre	R = A * F.rép			26 F	6%	
Assurances et remisage	A * 2 %			2 F	0%	
Charges variables						
Conduite personnel	Coût.man * Nbre.m / (Nh/j *			313 F	73%	
Entretien	p.m.				0%	

Calcul du coût d'utilisation de la machine par kg de grain entrant **1,71 F/kg**

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

Fiche C. Marouzé du 04 03 02
Unité monétaire : F CFA
1 EURO = 655,96 FCFA
Date de réalisation : 06 05 02
Par : C. Marouzé

Fiche évaluation du coût d'utilisation d'un équipement

Type d'équipt : **Batteuse ASSI avec moteur diesel**
Type d'utilisation : Battage avec chantier mobile

Valeurs données à titre indicatif

Prix d'achat de l'équipement	PR = Pd + Pa + Pt			**3100000**	**F**
Prix départ usine	Pd		2 200 000 F		
Prix accessoires (moteur, etc.)	Pa		700 000 F		
Coût de mise à disposition (transport, montage, taxes	Pt		200 000 F		
Nombre d'heures d'utilisation de l'équipement	Nv = D. vie * D.an *Nh/j * Dis.m * Coef.ı			**2 509**	**h**
Durée de vie de l'équipement	D.vie	7	ans		
Durée de la campagne d'utilisation de la machine	D.an	70	j		
Nombre d'heures d'utilisation par jour	Nh/j	8	h		
Disponibilité de la machine	Disp.m	80	%		
Coefficient d'utilisation (clients, personnels, jours férié	Coef.ut	80	%		
Nombre d'heures réelles d'utilisation par an		358	h		
Caractéristiques machine					
Puissance moteur	P	*10,3*	kW		
Consommation horaire de carburant	Cons. Caı	3	l		
Consommation horaire de lubrifiant	Cons. Lut	0,135	l		
Débit théorique	Dth	*200 à 300*	kg/h		
Débit horaire en continu durant la journée de travail	Dréel	220	kg/h		
Nombre de personnes nécessaires pour la conduite	Nbre.m	3			
Paramètres économiques					
Facteur de réparation	F.rép	0,8			
Taux d'Intérêt	Int.	12%			
Durée d'amortissement	D.am	4	ans		
Coût du carburant	Coût.car	400	F/l		
Coût du lubrifiant	Coût.lub	900	F/l		
Coût journalier du conducteur de la machine	Coût.man	1000	F/j		
Tonnage annuel traité par la machine				**79**	**t/an**
Calcul du coût d'utilisation horaire de la machine				**4 336**	**F/h**
Charges fixes					
Amortissement	A = PR / Nv		1 236 F	28%	
Intérêts du capital	Voir expli.		297 F	7%	
Réparations pièces et main d'œuvre	R = A * F.rép		989 F	23%	
Assurances et remisage	A * 2 %		25 F	1%	
Charges proportionnelles					
Consommation carburant	Cons.car * Coût.car		1 200 F	28%	
Consommation lubrifiant	Cons.lub * Coût.lub		122 F	3%	
Conduite personnel	Coût.man / (Nh/j * Disp.m)		469 F	11%	
Entretien	p.m.			0%	
Calcul du coût d'utilisation de la machine / kg de grain battu				**19,71**	**F/kg**

Annexe VI : Fabrication locale

Annexe VI.1 : Fabrication locale, outils les « Chek-lists », Cours 1 C. Marouzé

Annexe VI.2 : Fabrication locale des équipements agricoles et agroalimentaires Intégration de la fabrication. Cours 2, C. Marouzé

Annexe VI.3 : Etude des coûts de fabrication d'un équipement, approche par la méthode analytique

Fabrication locale, outils les « Chek-lists »

Cours 1 C. Marouzé

I. Outil des « Chek-lists »[1]

Principe : tout produit est améliorable en ce qui concerne son élaboration donc ses coûts, il a été constaté qu'il est presque toujours possible de trouver :

- Des solutions de conception plus simples,
- Des procédés d'élaboration de fabrication, d'assemblage plus performants,
- Des approvisionnements ou des matières moins chères tout en répondant à la qualité attendue des produits.

L'outil des « Chek-lists » s'applique aux équipements dès que l'on dispose d'une première définition de l'équipement soit sous forme physique, soit sous forme papier.

1. Forme de la pièce

- Peut-elle être simplifiée ?
- La forme contribue-t-elle à une fonction de l'équipement ou à sa qualité ?
- Standardiser la forme des pièces pour produire des séries plus importantes.

2. Matière

- Préciser les spécifications des matières utilisées
- Les matières spécifiées sont-elles disponibles localement ?
- Les procédés d'obtention des matières spécifiées sont-ils maîtrisés localement ?
- Définir la décomposition du prix (base et suppléments divers)
- Peut-on réduire le prix d'achat ?
- Peut-on utiliser une matière moins onéreuse ? Plus facilement disponible ?
- Peut employer moins de matière avec des caractéristiques supérieures ?

3. Dimensions de la pièce

- Est-il possible de modifier les dimensions pour réduire le coût de matière ?
- Les cotes ont elles été établies sur la base :
  - de calculs ou d'essais pratiques ?
  - de comparaison avec d'autres pièces de l'équipement ?
  - par confrontation avec des pièces de la concurrence ?
- Les dimensions ont-t-elles été définies pour réaliser le maximum des pièces à partir de la matière première disponible ?

4. Procédé de fabrication

- Comment la matière est-elle usinée, transformée ?
- Peut-on utiliser des procédés de fabrication moins chers ?
- Peut-on modifier les gammes opératoires pour réduire le cycle de fabrication ? Utiliser une méthode d'usinage différente ?
- Peut-on sous traiter certains procédés d'élaboration pour réduire les coûts, améliorer la qualité ?

---

[1] Document préparé à partir de l'article d'Edouard Bertrand, LA VALEUR n° 88, Utilisation des « check lists » en AV reconception de produit.

- Peut-on utiliser une autre matière dont le procédé d'élaboration est moins élevé ?
- Existe-t-il des procédés d'élaboration utilisés dans d'autres domaines ?
- Est-il possible d'appliquer une méthode d'usinage ou de montage différente :
  - en réduisant le nombre d'opération d'usinage, de montage, de manutention ?
  - en regroupant certaines opérations ?
  - en usinant plusieurs pièces à la fois ?
- Est-il possible d'appliquer une méthode de fabrication différente :
  - avec des moyens plus appropriés,
  - en créant une chaîne de production spécialisée ?

5. Rebuts matières, chutes, déchets, copeaux

- Quel pourcentage de matière de base est-elle rebutée ?
- Peut-on réduire les rebuts de matières, chutes, déchets, copeaux ?
- Peut-on réutiliser les chutes ? Peuvent-elles être revendues ?

6. Tolérances

- Les tolérances sont-elle compatibles avec les moyens et savoir-faire de fabrication ? La compétence des personnels ?
- Les tolérances, sont-elles nécessaires par rapport aux exigences fonctionnelles ?
- Peut-on augmenter les tolérances ?
  - pour faciliter la fabrication,
  - pour utiliser une autre méthode d'élaboration, d'obtention, d'usinage,
  - pour diminuer les rebuts.

7. Traitements, finition, contrôle

- Peut-on utiliser une finition moins onéreuse ?
- Peut-on réduire le coût des traitements thermiques ou de surface ?
- Peut-on réduire le coût des contrôles ?

II. Cahier des charges environnement de l'équipement (Cd2E)

La connaissance des informations relatives aux approvisionnements, à la fabrication et à la maintenance est un préalable indispensable à une définition rationnelle et rapide de l'équipement. Dans les PdS, la constitution de cette base de données est comparativement plus aisée car l'éventail des possibilités y est plus réduit que dans les pays du Nord.

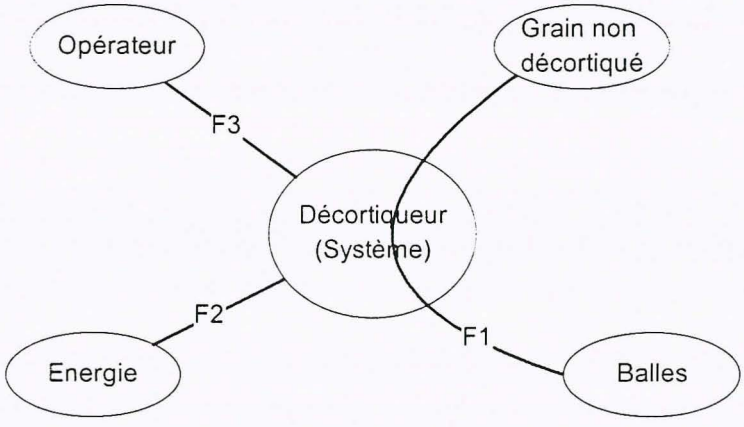
Le CdC2E, élaboré pour un contexte donné (de fabrication ou d'utilisation), est valable pour tous les projets se déroulant dans ce contexte et s'enrichit de leur réalisation. Seules, les informations les plus pertinentes sont présentées. Les information peuvent être capitaliser sous les rubriques suivantes :

- Matières premières disponibles,
- Savoir faire maîtrisés,
- Outils de fabrication.

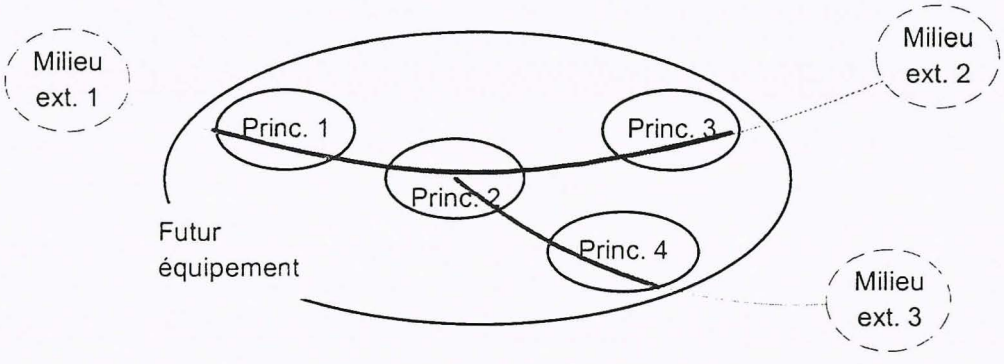
Fabrication locale des équipements agricoles et agroalimentaires
Intégration de la fabrication Cours 2, C. Marouzé

I. Concepts de base, rappel

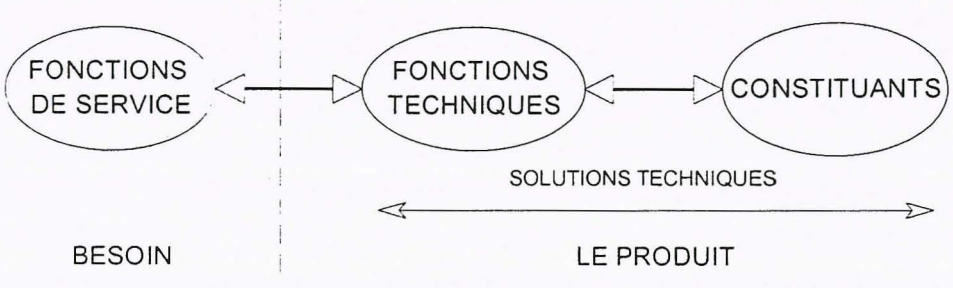
1. *Analyse fonctionnelle*



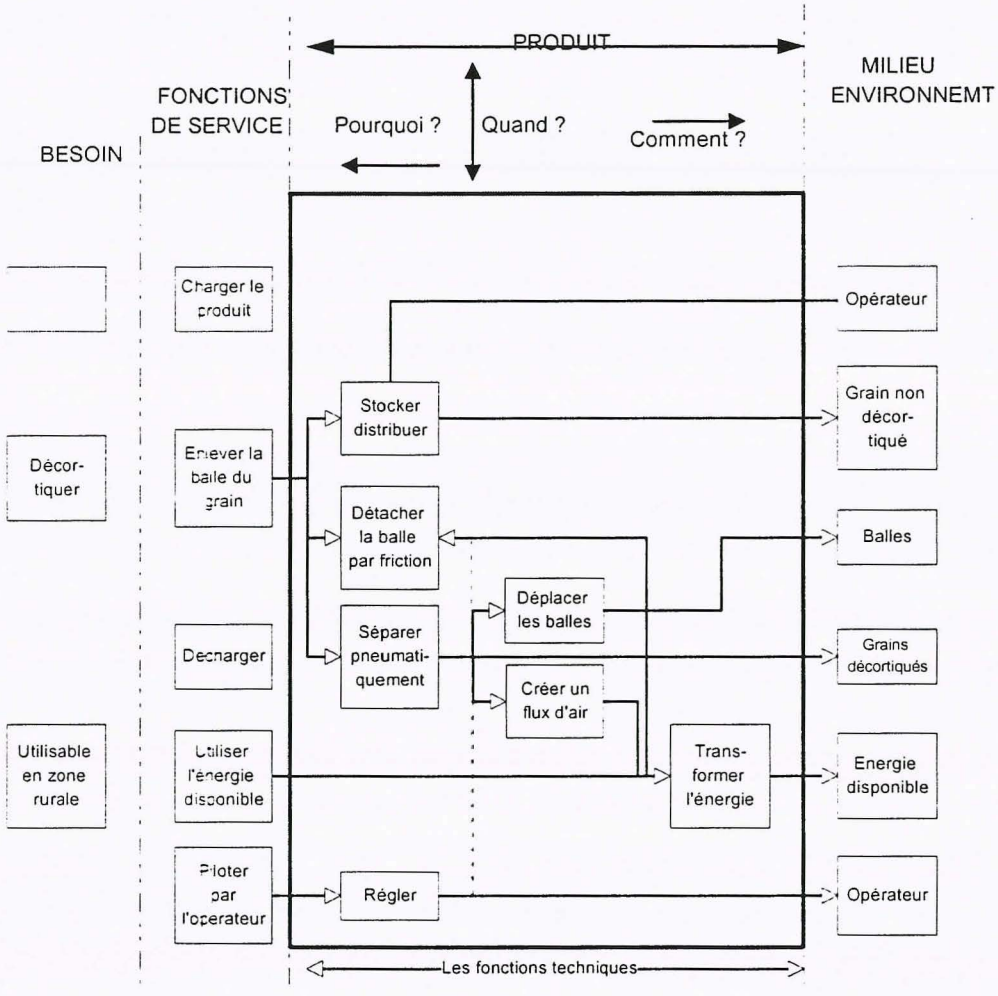
Analyse fonctionnelle externe (ou du besoin) : définition des relations entre l'équipement et le (ou les) milieux extérieurs, les fonctions de service.



Fonctions de service = Chaînes de fonctions techniques

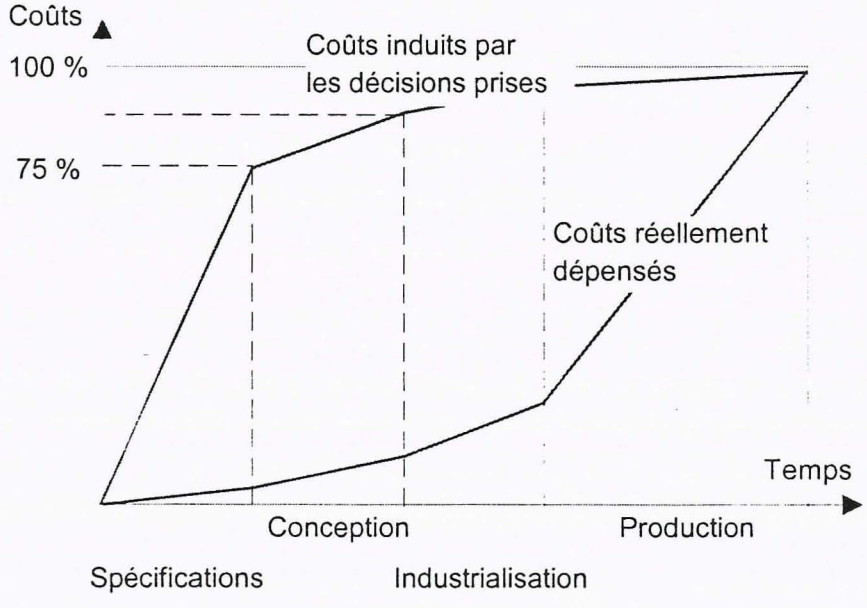


Relation fonctions de service – fonctions techniques d'un équipement

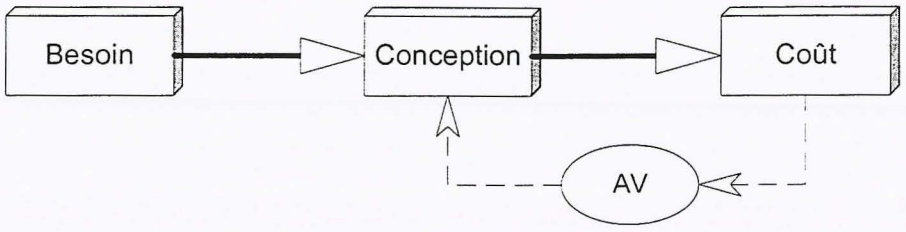


Bloc diagramme des fonctions techniques d'un décortiqueur à riz

2. *Etude des coûts*



Répartition des coûts engagés et des coûts induits lors du développement d'un produit



Démarche corrective de conception, modification d'un existant

II. Intégration de la fabrication dans la démarche de conception

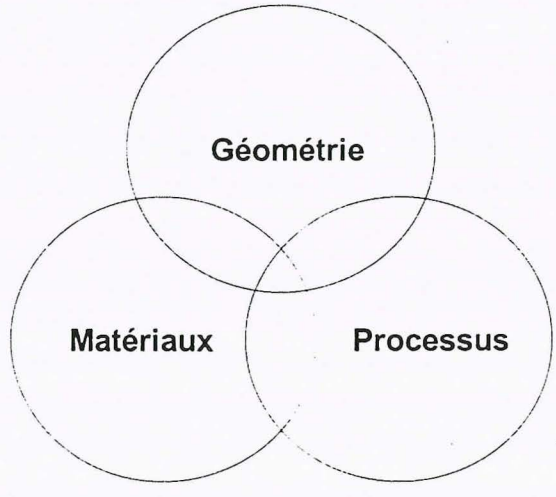
Notion de fonction productibilité du produit en complément des fonctions de service proposées par l'AV (Le Coq, 1992) . Les méthodes orientées vers le fabricant sont regroupées sous l'intitulé "conception pour la production" ou DFM (*Design For Manufacturing*). Elles vont induire un changement dans les méthodes de travail pour :

- permettre au concepteur de prendre en compte, lors des choix de conception, les contraintes des acteurs de l'industrialisation,
- exprimer de façon compréhensible par les bureaux d'étude, les souhaits des acteurs de l'industrialisation.

Plus les problèmes de fabrication sont pris en compte tôt dans les démarches de conception, plus les marges de manœuvre sont importantes (Corbett, 1986). L'importance pour les concepteurs de disposer des données leur permettant de faire une évaluation économique des solutions met en exergue l'intérêt de la constitution de banques d'informations comme technique méthodologique (Anon., 1996 ; Lebreton, 1992).

1. Intégration au niveau composant élémentaire

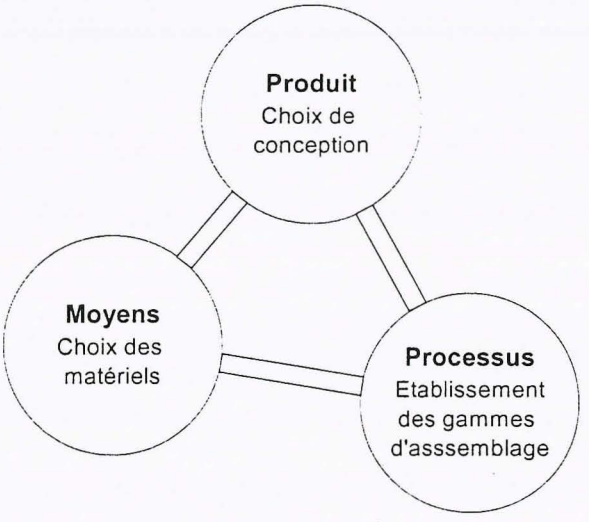
Le concept de **l'intégration au niveau du composant** est historiquement le premier à avoir été abordé. Allen (1987) définit un ingénieur "hybride", devant intégrer les trois domaines définis dans la figure ci-contre ; à partir d'une définition fonctionnelle du composant une démarche systémique consiste à envisager le matériau, les formes et le processus. Par exemple, le matériau doit être compatible avec le procédé de fabrication qui impose des formes particulières. De cette imbrication entre ces pôles résulte une certaine difficulté: il est impossible de choisir le matériau sans connaître le procédé, etc. Il s'ensuit que la procédure de sélection doit être itérative.



Intégration au niveau du composant élémentaire

2. *Intégration au niveau du produit*

Le deuxième niveau d'intégration prend en compte le produit dans son ensemble en tant qu'assemblage de composants élémentaires. L'analyse est ici menée au niveau des couples du tripôle (Produit-Processus (de fabrication), Processus-Moyens (de production et d'assemblage), Moyens-Produit). Par rapport au montage du produit, l'installation et l'organisation de l'atelier de montage sont le résultat des interactions définies au sein du tripôle (Le Coq, 1992).



Intégration au niveau du composant élémentaire

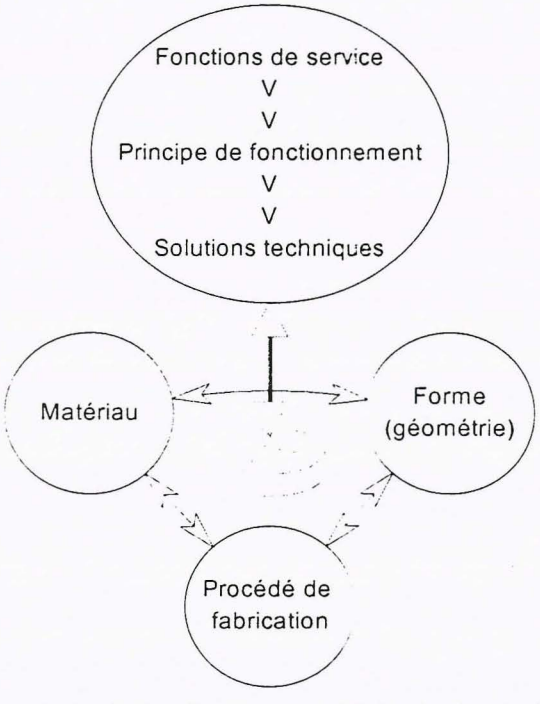
3. *Design For Assembly (DFA)*

Les travaux de Boothroyd et Dewhurst (1986) ont certainement le plus influencé l'intégration de la conception du produit et de leur montage. L'optimisation du coût d'assemblage conduit :

- à recommander une réduction du nombre de composants avec des règles permettant de définir leur nombre minimum,
- de s'assurer ensuite que les composants restants sont faciles à assembler, notion mesurée par un coefficient d'efficacité de conception et un coût d'assemblage. À partir de ces éléments, l'équipe dispose d'indicateurs pour reconcevoir le produit. La constitution de bases de données sur les moyens et les coûts de fabrication est un élément dominant de ces méthodes.

Ces recommandations sont pertinentes dans le contexte des PdS mais il est impossible de calculer le coefficient d'assemblage.

4. *Intégration conception - fabrication*



Les travaux -PROMETT (Le Coq, 1992, Nollet et *al.* 1986)- insistent sur la nécessité de concevoir en parallèle le produit et son processus d'obtention.

Les interactions Géométrie - Matériaux - Procédés sont pilotés par les fonctions que doit remplir le composant pour répondre au besoin, défini sous forme de fonction de service, puis de fonctions techniques, de principes de fonctionnement et de solutions techniques retenues pour les satisfaire (Bréchet et al., ; Lebreton, 1992).

Dans le contexte PdS, c'est l'intégration au niveau du composant qui essentiellement être prise en compte.

III. Méthodes de calcul des coûts (Bellut, 1990)

Rappel de définitions (Delafolie, 1991) :

* **Le coût** est la charge ou la dépense supportée par un intervenant économique par suite de la production ou de l'utilisation d'un produit ou de l'ensemble des deux.
* **Le prix** est l'équivalent monétaire d'un produit lors d'une transaction commerciale entre un offreur et un demandeur.

Il faut bien faire la distinction entre le coût de fabrication de l'équipement et le prix de vente pour l'acheteur :

Prix de vente = Coût de revient de fabrication + Marge.

La marge comprend les coûts indirects de l'unité de production + le coût de diffusion commerciale + le bénéfice. La marge peut représenter jusqu'à 40% voire beaucoup plus du prix de vente. D'une manière générale, on parlera de prix (de prix de vente), quand on considérera le point de vue de l'acheteur et de coût quand on considérera le point de vue de l'offreur.

1. La méthode analogique

C'est une méthode d'estimation de coût qui consiste à estimer le coût d'une réalisation à partir d'une comparaison avec une réalisation similaire. Il importe donc d'avoir une ou plusieurs référence pour évaluer le coût avec cette méthode.

2. La méthode paramétrique

Elle permet de définir le coût à partir d'un nombre limité de caractéristiques physiques ou paramètres.

3. La méthode analytique

C'est la plus ancienne. elle consiste à décomposer chaque activité ou partie en tâches élémentaires et à en calculer le coût par sommation des coûts élémentaires.
La méthode est précise mais exige de nombreuses données pour être opérationnelle et fiable et ces données sont pratiquement inexistantes ou non disponibles dans le contexte PdS.
C'est une méthode corrective de calcul de coût *a posteriori* c'est à dire après la conception de l'équipement.

4. La loi de Pareto

Si un équipement est décomposé en sous-ensembles ou en composants principaux puis ces éléments classés par ordre décroissant de coût, la courbe représentant la valeur cumulée des coûts de ces éléments a une forme dite "loi de Pareto" ; 20% des éléments représentent 80 % du coût total de l'équipement (Bellut, 1990). Pour réduire le coût final d'un équipement, il est préférable de privilégier l'étude détaillée du coût de ces éléments. La méthode dite de Pareto ou ABC peut être utilisée à toutes les phases de la conception.

Phase du projet	Etudes préliminaires	Etude - conception	Développement - industrialisation
Définition du projet	Par fonction	Par produit	Par tâche
Approche des coûts	Méthodes analogiques *Ordre de grandeur*	Méthodes paramétriques	Méthodes analytiques *Estimation détaillée*

Phases d'un projet et choix d'une méthode de chiffrage (Bellut, 1990)

IV. Exemple d'évaluation de coût d'un équipement par la méthode analogique : le projet dégermeur de maïs réalisé par l'ESP

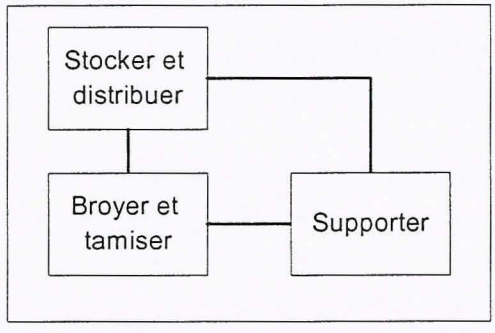
1. *Début du projet*

* Besoin n'est que partiellement défini
* Aucun principe n'est retenu
* Mais blocage, écart d'objectif de coût.

2. *Trouver une référence : le moulin à céréales type BIT*

Une fabrication de bonne qualité est vendue sans moteur 450 000 à 550 000 F CFA, soit une valeur moyenne 500 000 F CFA

Etude des Fonctions Techniques (FT), analyse par fonction voir schéma ci-contre



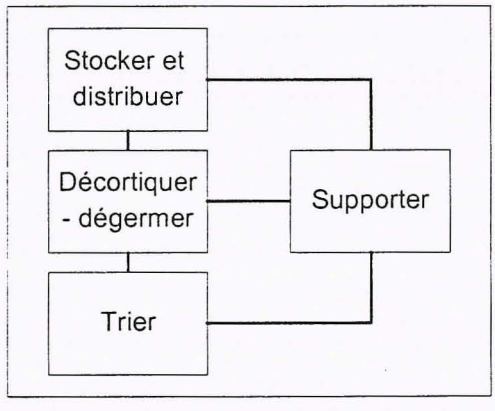
Trois fonctions techniques du moulin

* Stocker distribuer 1/5ème du prix total.
* Broyer et tamiser 3/5ème du prix total.
* Supporter 1/5ème du prix total.

3. *Pré- étude du dégermeur*

Si le dégermeur comporte 2 rotors ou 1 rotor + un dispositif de séparation, les fonctions techniques seraient :

- Fonction de décorticage-dégermage
- Fonction de triage
- Fonction stocker distribuer
- Fonction supporter



Première évaluation du coût de l'équipement en faisant une analogie avec le coût des fonctions techniques du moulin :

de l'ordre de 800 kF CFA.

Soit un prix de vente de l'ordre de 1 200 kF CFA (en ajoutant le moteur et en tenant compte du fait que la fabrication sera réalisée en petite série).

4. *Validation auprès des utilisateurs potentiels*

Cette valeur est-elle compatible avec l'effort que peuvent consentir les futurs utilisateur ?
Retour vers les transformateurs de maïs.

5. *Conclusion*

Méthode peu précise
Mais méthode rapide et résultat disponible très tôt dans le processus de conception permettant à l'équipe de conception de réaliser des choix de conception compatibles avec le respect de l'objectif de coût.

V. Conclusion

Pour intégrer la fabrication dans la démarche de conception, il faut :

- Tenir compte de moyens de fabrication, c'est une préoccupation récurrente des concepteurs pour les phases de définition de l'équipement,
- Documenter l'intégration de la fabrication, constituer une mini base de données,
- Donc échanges fréquents avec le fabricant et travail en étroite collaboration et en totale confiance.

Le Cahier des Charges Environnement de l'Equipement (CdC2E) regroupe les contraintes relatives à la fabrication, aux approvisionnements et à la maintenance des équipements. Il traite aussi bien les aspects matériels (outils, matière, coûts, etc.) qu'immatériels (savoir-faire, connaissances, relations entre les acteurs). Ce CdC2E est élaboré pour un contexte donné (de fabrication, d'utilisation) et peut être utilisé lors de plusieurs projets de conception. Il est enrichi au fur et à mesure des projets menés par une équipe de conception. C'est un outil de capitalisation des données, l'effort de recherche initial pouvant ensuite être utilisé lors de nouvelles conceptions.

VI. Références

Allen, D.K., 1987. Processing Alternatives for Cost Reduction. *Annals of the CIRP* Vol. 36/2/1987:p. 431-437.

Anon., 1996. *Qualité en conception. La rencontre Besoin - Produit - Ressources*. Paris: AFNOR AFAV.

Bellut, S., 1990. *La compétitivité par la maîtrise des coûts. Conception à coût objectif et analyse de la valeur, AFNOR Gestion*. Paris.

Boothroyd, G., and P. Dewhurst, 1986. *Les assemblage comment optimiser leur conception, traduits par Schepacz C. et Brand A.* Senlis: CETIM.

Bréchet, Y., F. Asbhy, M. Dipeux, and F. Louchet, 1990. Choix et usage de matériaux. In *Technique de l'ingénieur, traité Génie Industriel.*

Corbett, J., 1986. Design for Economic Manufacture. *Annals of the CIRP Vol. 35/1/1986.*

Delafolie, G., 1991. *Analyse de la valeur, Hachette Technique*. Paris.

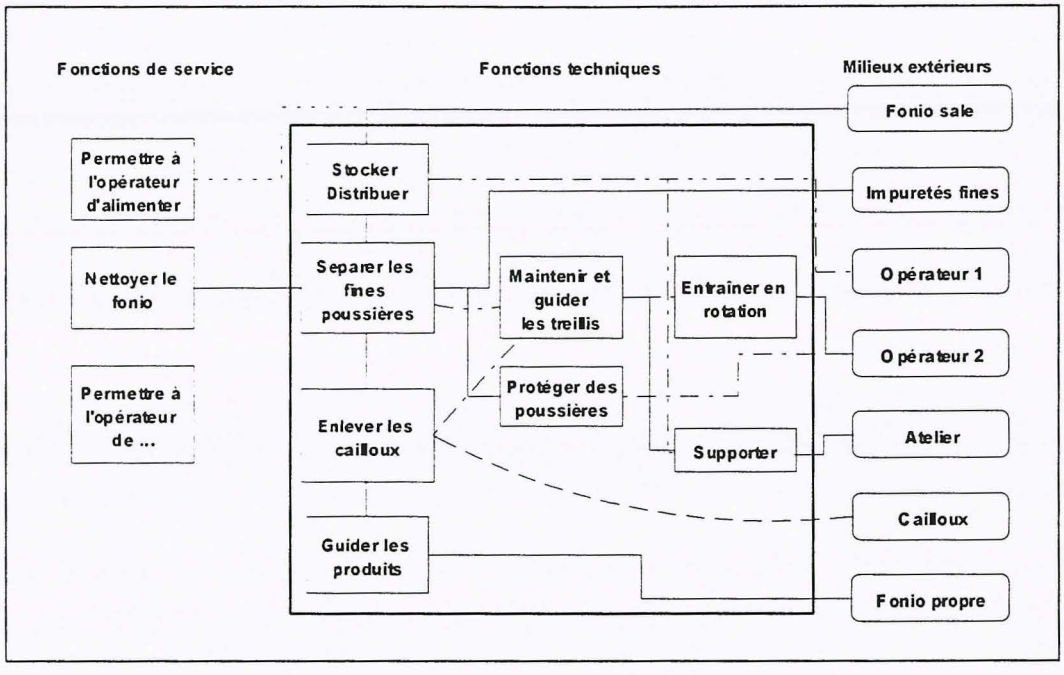
Le Coq, M., 1992. Approche intégrative en conception de produit. Doctorat, ENSAM - Paris, Paris.

Lebreton, C., 1992. Choix des matériaux et conception. *Mécanique et matériaux, Publication CETIM.*

Nollet, Kélada, and Diorio, 1986. *La gestion des opérations et de la production, une approche systémique*. Montréal, Québec Canada: Gaëtan Morin Editeur.

Etude des coûts de fabrication d'un équipement, approche par la méthode analytique

Structure de l'équipement : Bloc diagramme des fonctions techniques



Sous ensem-ble	Composant	Nbre	Caratéristiques	Fonction technique élémentaire	Fonction technique principale	Coût
Rotor	Axe	1	Tube 27 x 34 Longueur 2m	Guider en rotation	Maintenir et positionnner les	12500
	Bout d'axe	2	Rond dia 30 mm	Guider en rotation		3000
	Paliers	2	Palier semelle diamétre 25 mm	Guider en rotation		30000
	Manivelle	1	Manchon + plan + rond	Entraîner	Entraîner	5000
	Trommel	1	3 * 3 rayons tube 20 mm	Maintenir treillis	Maintenir et positionnner les treillis	6000
		3	2 viroles cyl 100 mm et 1 cyl-tron, dia 450 mm, épais. 2 mm	Maintenir treillis		6500
	Grillage support	2	Maille de 50 mm	Maintenir treillis		15000
	Treillis	2	Maille de 0,5 mm, 900 x 1400 mm	Séparer les fines	Séparer les fines	28000
			Maille de 1 mm, 900 x 1400 mm	Enlever cailloux	Enlever cailloux	12000
Trémie	Pyramide	4	4 Pièces triangulaireTôle 10/10ème	Stockage graines	Stocker et distribuer*	4000
	Trappe	1		Doser débit		500
	Goulotte	1	U long. 400 mm	Transférer les graines		500
Chassis	Châssis	1 ens	Tube long. 12 m	Supporter les parties	Supporter	9000
Tôles	Tôle longitudinales	1	Tôle 2 m² 8/10ème		Guider produits	4500
	Tôle déflectrices	1	Tôle 8/10ème			2000
Capot	Tolé cintrée	1	Tôle 2 m² 8/10ème	Protéger des poussières	Protéger des poussières	6500
	Cadre	1	Cornière 20 x 20, 5 m	"	"	2500

Tableau de calcul de répartition des coûts des composants par fonctions techniques

Calcul de coûr par approvisionnement, méthode analytique

Coût des matière première et composants (valeurs données à titre indicatif)

Désignation	Quantité	Unités	Prix unitaire	Coût
Tôle noire 8/10ème	2	tôle	6 500 F	13 000 F
Tôle noire 20/10ème	0,8	tôle	13 000 F	10 400 F
Treillis 50 x 50 mm	2	grilles	5 000 F	10 000 F
Treillis 0.50 x 0,50 mn	1,5	m²	19 000 F	28 500 F
Treillis 1 x 1 mm	1,5	m²	8 000 F	12 000 F
Plat 30 x 5	1	barre	4 500 F	4 500 F
Plat 30 x 3	1	barre	1 750 F	1 750 F
Corniére 25 x 25 mm	1	barre	2 500 F	2 500 F
Plat 50 x 5	0,5	barre	6 000 F	3 000 F
Plat couvre joint	1	barre	2 000 F	2 000 F
Tube rond 27 x 34	0,5	barre	12 500 F	6 250 F
Tube rect. 40 x 27	2	barre	4 500 F	9 000 F
Baguette de soudure :	1	Paquet	3 750 F	3 750 F
Antirouille	2	Boites	1 250 F	2 500 F
Peinture	3	Boites	3 750 F	11 250 F
Boulons et vis	forfait			2 500 F
Tige filetée	0,5	m	2 500 F	1 250 F
Palier rotule	2	Unités	15 000 F	30 000 F
Divers	Forfait			5 000 F
	Total			**159 150 F**

Etude des coût par approvisionnement

	Désignation	Coût unitaire	Coût cumulé en f CFA	Coût en %	Coût cumulé en %
1	Palier rotule	30 000 F	30 000 F	18,9%	18,9%
2	Treillis 0.50 x 0,50 mn	28 500 F	58 500 F	17,9%	36,8%
3	Tôle noire 8/10ème	13 000 F	71 500 F	8,2%	44,9%
4	Treillis 1 x 1 mm	12 000 F	83 500 F	7,5%	52,5%
5	Peinture	11 250 F	94 750 F	7,1%	59,5%
6	Tôle noire 20/10ème	10 400 F	105 150 F	6,5%	66,1%
7	Treillis 50 x 50 mm	10 000 F	115 150 F	6,3%	72,4%
8	Tube rect. 40 x 27	9 000 F	124 150 F	5,7%	**78,0%**
9	Tube rond 27 x 34	6 250 F	130 400 F	3,9%	81,9%
10	Divers	5 000 F	135 400 F	3,1%	85,1%
11	Plat 30 x 5	4 500 F	139 900 F	2,8%	87,9%
12	Baguette de soudure :	3 750 F	143 650 F	2,4%	90,3%
13	Plat 50 x 5	3 000 F	146 650 F	1,9%	92,1%
14	Corniére 25 x 25 mm	2 500 F	149 150 F	1,6%	93,7%
15	Antirouille	2 500 F	151 650 F	1,6%	95,3%
16	Boulons et vis	2 500 F	154 150 F	1,6%	96,9%
17	Plat couvre joint	2 000 F	156 150 F	1,3%	98,1%
18	Plat 30 x 3	1 750 F	157 900 F	1,1%	99,2%
19	Tige filetée	1 250 F	159 150 F	0,8%	100,0%
Coût total de la matière première			159 150 F		100,0%

Coût de main d'œuvre (valeurs données à titre indicatif)

Traçage et coupe	20 000 F
Soudure er meulage	40 000 F
Tournage	15 000 F
Perçage et taraudage	30 000 F
Montage et ajustage	15 000 F
Peinture	15 000 F
Transport et déplacement	12 000 F
Total	**147 000 F**
Total pour l'équipement	**306 150 F**

Nota: les 8 premiers postes représentent 78 % du coût total des matières premières, la loi de Pareto n'est pas complètement respectée car le nombre de rubriques est faible.

L'application de cette loi montre que si l'on veut réduire le coût des approvisionnements, il est préférable de mener une étude sur ces 8 premières rubriques.

Pour les treillis, la réduction du coût ne peut être obtenue que par une réduction de la quantité utilisée c'est à dire de la surface de treillis, ce qui implique de modifier les dimensions du crible, cette réduction est possible (nous avons choisi de prendre les dimensions les plus grandes possibles quitte à les réduire ensuite) mais cette option n'est pas retenue à ce stade de l'étude.

Le poste qui peut être réduit facilement est le poste palier. Les paliers peuvent être remplacés par des paliers en bois beaucoup moins chers et qui conviennent très bien pour cet usage avec effort faible et une vitesse de rotation lente.

Dans l'état actuel des travaux. nous ne chercherons pas à réduire le coût de fabrication du CMR car l'étude des coûts d'utilisation de l'équipement dans un atelier de transformation montre que l'amortissement du matériel et sa réparation ne représentent que 26 % du coût global (voir annexe V.3). Il existe d'autres moyens pour réduire le coût d'utilisation sans réduire les coût de fabrication. Par exemple, la motorisation de la machine supprime le poste de manœuvre tournant la manivelle donc une seule personne suffit pour s'occuper de la machine ce qui réduit le coût de fonctionnement de 30 % ceci malgrè un prix d'achat plus élevé.

Par ailleurs, les coûts de matière premières ne représentent que la moitiè des coûts de fabrication, l'autre moitié étant constituée des coûts de main d'œuvre.

Annexe VII : Essais des matériels

Annexe VII. 1 : Essai et modifications des matériels avant l'atelier

Annexe VII.2 : Crible Rotatif Manuel (CRM) fabriqué par BCN. Tableau des résultats d'essais en milieu contrôlé du 06 03 02

Annexe VII.3 : Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage. Tableau des résultats d'essais en milieu contrôlé du 06 03 02

Annexe VII.4 : Décortiqueur GMF 01 associé au canal de vannage. Résultats d'essais de blanchiment de fonio prédécortiqué

Annexe VII. 1 : Essai et modifications des matériels avant l'atelier

1. *Test du décortiqueur GMF 01 accouplé au canal de vannage*

1.1. Tests de blanchiment du 28 02 02

Il s'agit du matériel mis au point début janvier sur lequel aucune modification n'a été réalisée. Courant février quatre lots de fonio décortiqués ont été blanchis avec le décortiqueur GMF 01 pour le compte de transformatrices de fonio avec des lots de 357, 95, 180, 102 kg soit un total de 752 kg de fonio. Le 28 février un lot de 240 kg doit être blanchi. La trappe d'entrée est complètement ouverte.

Position de la trappe de sortie de graines	Température des graines après blanchiment ° C	Débit kg/h	Appréciation de la qualité de blanchiment
3--		60	Très bien blanchi (trop)
3-	74	65	Très bien blanchi
3	65	84	Bien blanchi
3+	65	108	Bien blanchi

Tabl. 1 : Influence du réglage de la position de la trappe de sortie.

Le premier sac de 77 kg a été blanchi en 47 mm soit un débit de 98 kg/h pour une position 3 de la trappe de sortie.

1.2. Modifications réalisées sur le décortiqueur GMF 01

- Modification de la sortie de grain avec réduction de la largeur de la sortie et largeur progressive pour augmenter la sensibilité du réglage,
- Modification de la fixation du carter pour éviter les vibrations,
- Lame-frein ajustée pour pouvoir la retourner,
- Réalisation d'un retour au bout des nervures du rotor.
- Par ailleurs après blanchiment d'une tonne de fonio, une usure sur la lame-frein et dans une moindre mesure celle des nervures sont notées, en conséquence, la lame frein devra être en acier dur et les nervures en acier mi-dur (spécifications déjà demandées).

2. *Crible rotatif manuel fabriqué par BCN*

Mauvais suivi de plans de réalisés pourtant réalisés ensemble : trémie, tôles déflectrices sous grille trop basses, fil de grillage du trommel trop fin , montage de plats déflecteurs inclinés, dégagement insuffisant pour les bassines de réception, châssis et dispositif de réglage de l'inclinaison, largeur de la trappe de trémie trop importante.

Modifications réalisées : changement du grillage pour le trommel, réduction de la largeur de la trappe de réglage de débit.

3. *Note sur les discussions avec les femmes du fleuve*

Coût de blanchiment manuel :

- 20 FCFA/kg pour le fonio de Guinée,
- 25 FCFA/kg pour le fonio du Mali car il est plus sale.

Quantité traitée par personne : minimum 25 kg/j et 50 kg/j maximum, soit 5 kg/h

Coût de lavage et séchage : 15 FCFA/kg,

Quantité traitée par personne : 500 kg/j pour 2 femmes

Rendement de blanchiment : avec 100 kg de fonio pré-décortiqué
85 kg de fonio blanchi,
80 kg de fonio lavé et séché

Essais de séparation avec le crible rotatif manuel fabriqué par BCN

Fiche d'essai en milieu contrôlé

Tableau des résultats du 06 02 03

Paramètres											Débit		Mesures										
Essais N°	Trap d'ali-mentation	Vitesse à vide	Vitesse en charge	Inclinaison	Maille grille 2	Maille grille 1	Masse à trier	Impuretés dans produit brut			Durée de l'essai	Débit	Masse sous grille 1		Grain sous grille 1	Masse sous grille 2		Impuretes dans grin trié	Refus		Grain dans refus	Perte sous machine	
		tr/mn	tr/mn	°	mm	mm	kg	< 0,6	> 1 mm		h/mn/s	kg/h	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%
Série d'essai du 06 03 02, fonio brut de San, capoacité de trémie 14,5 kg																							
CRM 1	12		40	2,2	0,65	1,05	14,66				6' 05"	145	2,04	13,9%		12,22	83,4%		0,06	0,4%		0,30	2,0%
	Commentaire : débit irrégulier car trappe pas assez ouverte et blocage par les pailles de la descente de grain																						
CRM2	20		40	2,2	0,65	1,05	14,66				58"	909	Essai non mesuré car débit trop élevé donc mauvaise séparation des grains										
CRM3	15		52	2,2	0,65	1,05	15				1' 50,4"	489	Essai non mesuré car vitesse de rotation trop élevée au début de l'essai (70-80 tr/mn)										
CRM4	15		40	2,2	0,65	1,05	15				1' 05,27"	827	0,76	5,1%		13,90	92,7%		0,10	0,7%			
CRM5	13		40	2,2	0,65	1,05	15				1' 31"	593	1,04	6,9%		13,66	91,1%		0,06	0,4%			
CRM6	10		40	2,2	0,65	1,05	17,68				4' 30"	236	1,90	10,7%		15,46	87,4%		0,08	0,5%			
Fonio du Séno Boukas, sac complet																							
CRM7	10		45	2,2	0,65	1,05	37,8				10' 27"	217	3,88	10,3%		33,62	88,9%		0,10	0,3%			
Fonio prédécortiqué																							
CRM8	5		45	2,2	0,65	1,05	10				2' 01"	298	2,22	22,2%		7,54	75,4%						
Produit de l'essai GMF8 repassé avec une inclinaison supérieure du crible																							
CRM9	5			4,1	0,65	1,05	10				2' 07"	283	2,26	22,6%		7,44	74,4%						
CRM10	5		45	2,2	0,65	1,05	40				8' 30"	282	39,60 kg pour les deux bacs avec une majorité dans le bac sous grille 2										
													et des poussières côté arrivée de grains										
CRM11																							

Essais décorticage avec décortiqueur FONIO GMF 01 fabriqué par IMAF

Fiche d'essai en milieu contrôlé

	Réglages									Débit										
Essais N°	Écartement lame frein	Trappe d'ali-mentation	Trappe sortie	Trappe de débit d'air dans canal	Vites-se à vide	Vitesse en charge	Temp. pro-duit brut	Température sortie		Durée de l'essai	Masse à décor-tiquer	Masse Grains vannés	Débit	Rendt d'usi-nage	Sons		Brisures	Pertes sous machine		Paddy compt. Ma-nuel
	mm				tr/mn	tr/mn	°C	°C		h/mn/s	kg	kg	kg/h	%	kg	%	%	kg	%	%
Série d'essai du 06 03 02, FONIO PADDY de Séno, capacité trémie 15 kg, Humidité de 5,8 %, fonio tamisé avec CRM																				
GMF 7	0,6	6	3	6,2		932	35,2	72			15	9,72	95		3,80	25,3%		0,92	6,1%	
	Echantillon de l'essai GMF7									3' 36"		3,70	95	64,8%			4,2%			0,21
GMF8	0,6	6	4	6,8		941	34,8	67,3		7' 54"	15	10,74	114	71,6%	3,32	22,1%	2,2%	0,88	5,9%	0,39
Série d'essai du 06 03 02, FONIO PADDY de Koutiala, village de Fingoloni, fonio non tamisé, Humidité de 7 %																				
GMF9	0,6	6	4	6,8		930	32,5	72,4		7' 36"	15	9,96	118	66,4%	4,06	27,1%	5,0%	0,70	4,7%	0,20
Série d'essai du 06 03 02, FONIO PADDY de Koutiala, village de Fingoloni, fonio non tamisé, Humidité de 10 %																				
GMF10	0,6	6	4	6,3	975	912	35	63,5		4' 23"	10	5,20	137	52,0%	4,56	45,6%	44,8%	0,36	3,6%	0,29
			Demande de puissance importante et battement de la courroie																	
	Courroie retendue le 07 03 02 au matin																			
Blanchiment du fonio prédécortiqué de Me Haidara, passé au CRM la veille																				
Le prédecortiqué de Mme Haidara ayant servi de matière première pour l'essai GMF11 présentait initialement 3,2% de paddy et 5,8% de brisures.																				
GMF11	0,6	5	3	6,3		948	31,6	60		40'56"	90	78,80	132	87,6%	7,72	8,6%	11,5%	2,03	2,3%	0,04
Démonstration du 07 03 02,blanchiment du FONIO prédécortiqué de Me Coulibaly passé au CRM lors de la démonstration, Humidité ?? %																				
GMF12	0,6	6	3 et 3-	6,3						16' 51"	39,6	35,94	141	90,8%	2,52	6,4%		0,80	2,0%	
Démonstration du 07 03 02,décorticage du FONIO paddy de San nettoyé																				
GMF13	0,6	5	3+	6,3						7'14"	10		83							
						Commentaires de transformatrices : il n'est pas possible de pousser plus le décorticage car le fonio est "gris"														
Essais comparatif GMF/Sanoussi du 13/03/02 sur fonio de San à 6,6% d'humidité																				
GMF 14	0,6	5	3-	6,3						3'21"	5	3,06	89,6	61,2%			5,80%			0,35

Le fonio paddy de San à 6,6% d'humidité décortiqué avec le décortiqueur Sanoussi le 13/03/02 donne 4,1% de brisures et 13,1% de paddy et un rendement en grains propres (après passage dans le canal de vannage) de 64,8%. Avec ce même fonio paddy de San, on a obtenu avec le GMF (essai GMF14) : 5,8% de brisures, 0,35 % de paddy et un rendement de 61,2%,

Résultats d'analyses du fonio de San décortiqué à la Sanoussi le 07/03/02 en batch de 5 kg décortiqué en 10 mn : 8,3% de brisures, 4,3% de paddy pour un rendement en grains propres (après vannage à la vanneuse Moussa) de 65 %

Annexe VII.3 suite :

Caractérisations technologiques et biochimiques de fonio décortiqué ou blanchi avec le décortiqueur GMF 01

Essai	Opération	Quantité de grosses particules (> 1000 µm) (en %)	Quantité de grains paddy (en %)	Taux de particules en suspension (en %)	Taux de particules lourdes (cailloux) (en %)	Taux de brisures (%) (0 µ <bris< 500 µ)	Teneur en Lipides (%/M.S)	Teneur en Protéines (%/M.S)	Teneur en Matières minérales (%/M.S)
GMF 8 Fonio du Seno	Décorticage	0,1	0,6	2,9	0,3	0,5	1,0	7,8	0,4
GMF 9 Fonio de Koutiala	Décorticage	0,4	0,5	2,2	0,4	2,0	0,9	9,6	0,4
GMF 10 fonio humidifié à 10% et tamisé au CRM	Décorticage	0,2	0,4	3,9	0,7	18,6	0,6	8,5	0,2
GMF 11 Me Haïdara fonio prédécortiqué et nettoyé	Fonio à usiner	0,2	2,2	2,1	1,7	1,2	1,7	8,2	0,7
GMF 11 Me Haïdara fonio après blanchiment	Blanchiment	0,3	0,0	4,5	2,1	3,7	0,6	7,4	0,3

Mesures réalisées par le laboratoire CIRAD-CA

Annexe VII.4 : Résultats d'essais de blanchiment de fonio prédécortiqué

Type de matériel : Décortiqueur GMF01 couplé au canal de vannage
Site de l'essai de démonstration du matériel aux transformatrices de fonio : IER/LTA CRRA- Sotuba , Bamako Mali :
Période : février et mars 2002

Date	Désignation du produit entrant	Debit (kg/h)	Rendement (%)	Taux de paddy (%)		Taux de brisures sur tamis 0.5 mm (%)		Appréciations des transformatrices
				Avant	Après	Avant	Après	
11.02.02	4 sacs (357 kg) de UCODAL	18.3	92	3.3	0.00	3.3	8.3	Très Bonne dans l'ensemble sauf pour 1 sac
	1 sac (95 kg) de Mme COULIBALY	142.5	90	nd	nd	nd	nd	Excellente et mieux que le manuel, facile à laver, valorise le son
19.02.02	1er sac Mme SOUMARE (95 kg)	107.7	86.9	12.4	0.02	3.3	5.8	Excellente et nettement mieux que le manuel en débit, facilité de lavage et pas de différence en taux de brisures
	2ème sac Mme SOUMARE (93 kg)	163.3	89.8	3.9	0.00	4.2	6.6	
	2ème sac de Mme COULIBALY(102 kg)	101.8	87.7	4.1	0.00	3.3	13.3	Excellente et mieux que le manuel en dégré de blanchiment, facilité de lavage et en termes de valorisation du son
05.03.02	2 sacs des dames au bord du fleuve (187 kg)	149.6	89.8	5.5	0.08	5.0	10.0	Excellente et nettement mieux que le manuel en débit, facilité de lavage et rendement
07.03.02	1 sac de la SAHELIENNE (102 kg)	132	90.8	3.2	0.04	5.8	11.5	Excellent
Moy.		**136**	**89.6**		**0.023 (*)**		**< 10 %**	

Remarques :

- Les essais ont été effectués aux réglages suivants : écartement de la lame frein : 0.6 mm, ouverture trappe d'alimentation : 4 à 5, ouverture trappe de sortie : 2.5 à 3
- La température maximale relevée sur le produit sortant était de 74 °C pour une température initiale de 30 à 35 °C.
- (*) Taux de paddy moyen après blanchiment 0,01 % si l'essai du 05.03.02 n'est pas pris en compte.

Résumé

Réalisé dans le cadre du projet CFC/IGG – (FIGG/02), l'atelier regroupant les concepteurs du projet, organisé par l'IER et d'une durée d'une semaine comportait d'une part, une formation sur le thème la définition des protocoles d'essai au stade pilote et la fabrication locale et, d'autres part, d'une expérimentation de matériels. Les essais systématiques de deux pilotes, le décortiqueur GMF 01 et le canal de vannage fabriqués par un constructeur local, confirment les premiers résultats très positifs obtenus en début d'année. Un crible rotatif manuel fabriqué par un artisan (BCN) lui aussi testé avec succès mais nécessite de légères modifications.

Les transformatrices de fonio de Bamako pour lesquelles l'IER avait préalablement décortiqué des lots de fonio ont assisté à une démonstration du décortiqueur associé au canal de vannage. Elles confirment les résultats techniques obtenus : sur tous les critères identifiés une amélioration est enregistrée par rapport au travail traditionnel (débit, rendement d'usinage, taux de décorticage et propreté du produit final). Le lancement d'une première série de décortiqueurs appelés GMF 02 peut d'ores et déjà est engagé.

Mots clefs

Conception d'équipements	Décortiqueur	Fabrication	Fonio
Formation	Mali	Mise au point	Séparation
Transformation	Protocole d'essai	Vannage	