

Disponibilité opérationnelle et coûts de réparation des équipements dans les petites unités de transformation agroalimentaire au Burkina Faso

Frédéric BATIONO¹, Claude MAROUZÉ²,
Jean-François BOUJUT³, François GIROUX^{2,4}

Résumé

Au Burkina Faso comme dans beaucoup de pays africains, la maintenance des équipements dans les petites unités de transformation agroalimentaire se limite au dépannage. La maintenance est souvent considérée comme très coûteuse par les utilisateurs d'équipements. Cet article caractérise la disponibilité opérationnelle des équipements et les coûts annuels de réparation. A cet effet, une enquête sur les pratiques de maintenance des équipements a été réalisée auprès de 32 transformateurs utilisant des décortiqueurs à céréales et/ou des presses à huile de graines de coton. Les durées de vie des pièces (DV), les temps d'arrêt (TA) consécutifs aux pannes et les coûts de pièces de rechange (CP) ont permis de quantifier la maintenance. Malgré une faible fiabilité des pièces et des composants, la disponibilité opérationnelle est relativement satisfaisante grâce à l'existence d'un réseau d'acteurs permettant la maintenance. Les coûts de pièces de rechange rapportés au prix d'achat des équipements sont parfois très élevés mais les équipements sont bon marché.

Malgré l'absence d'historiques des pannes, la méthodologie a permis de déterminer les indicateurs de maintenance dans les petites unités et les données chiffrées expliquent les choix des acteurs et peuvent donner des orientations lors de la conception de nouveaux équipements.

Mots clés : Burkina Faso, petites unités de transformation agroalimentaire, maintenance des équipements, temps d'arrêt, durée de vie, disponibilité opérationnelle, coût des pièces.

¹ Corresponding Author Institut de Recherches en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), CNRST, 03 BP 7047 Ouagadougou 03 Burkina Faso, fred_bat@yahoo.fr, frederic.bationo@hotmail.com

² CIRAD, UMR Qualisud, TA B-95/15, 73 rue J.F Breton, 34398 Montpellier Cedex 5 France, E-mail: marouze@cirad.fr

³ Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production - G-SCOP 46 av, Félix Viallet, 38 000 Grenoble France, E-mail: jean-francois.boujut@inpg.fr

⁴ SupAgro BP 5098 34033 Montpellier France, E-mail: francois.giroux@cirad.fr

Operational availability and repair costs of equipments in small agro-food processing units in Burkina Faso

Abstract

In Burkina Faso, as in many African countries, the maintenance performed on small agro-food processing units is basically reduced to repair work. The users of such machinery consider the maintenance costs to be high.

A survey of equipment maintenance practices was carried out on 32 processing units using cereal hullers or cotton seed oil presses. Maintenance in these units is characterised in this article in terms of equipment operational availability and annual repair costs based on the service life of parts, production downtime following breakdowns and replacement part costs.

In spite of the low level of reliability of parts and components, operational availability is relatively satisfactory thanks to a network of actors involved in maintenance. However, the cost of parts replacement compared to the purchasing price of equipments is sometimes very high. The figures explain actors' choices and may be useful to designers of new machinery when they propose new systems or introduce new technologies.

Key words: Burkina Faso, small agro-food processing units, machinery maintenance, operational availability, repair cost.

Introduction

En Afrique de l'Ouest, les problèmes posés par la maintenance des matériels agricole et agro-alimentaire occasionnent des temps d'indisponibilité et des pertes d'argent qui sont considérés par la plupart des auteurs (Bationo, 2007 ; Azouma, 2005 ; Anon, 2003 ; Diallo, 2000 ; N'daw, 1998) comme très importantes : les opérations de maintenance se réalisent sans historique et sans données permettant de les quantifier ; les équipements sont dans un état défectueux par manque de pièces de rechange soit la pièce coûte trop cher pour l'utilisateur soit elle n'est pas disponible ; les conditions de maintenance dans les Pays d'Afrique de l'Ouest (PAO) occasionnent des coûts élevés de défaillance des équipements dans le secteur de l'agroalimentaire mais également dans le secteur de l'agriculture. D'une manière générale, l'approvisionnement, le management de la maintenance et la formation des opérateurs dans les Pays d'Afrique de l'Ouest ne sont pas en phase avec la maintenance recommandée par les constructeurs.

Une étude menée au Nigeria par Adebisi (Adebisi, Ojediran *et al.*, 2004) sur 40 grandes entreprises agroalimentaires (laiterie, abattoir, brasserie, confiserie) montre que la remise en état de fonctionnement après défaillance (révision, maintenance palliative et curative) représente 50 % des interventions de maintenance sur les équipements. Ceci est vrai même dans d'autres secteurs (énergie, transport, etc.) censés être plus évolués : Eti, Ogaji *et al.*, (2004) indiquent que dans les centrales thermiques qui fournissent l'électricité au Nigeria, le coût de maintenance des équipements représente 25 à 30 % des coûts totaux de production parce que les plans de maintenance sont développés sur la base d'historiques de pannes qui ne sont jamais mis à jour. Ces dépenses sont bien plus importantes que les valeurs normales de coût de maintenance qui varient entre 5 et 10 % du coût de production dans ce type d'industrie (Monchy, 2000).

Les coûts de réparation peuvent être faibles souvent pour les équipements dont la campagne d'utilisation est courte (3 mois, soit environ 350 h d'utilisation par an) et bénéficiant d'un appui important de formation et d'encadrement réalisé lors de leurs diffusions (Heijboer, Sow *et al.*, 1990).

Ces travaux antérieurs décrivent la situation de la maintenance en Afrique mais en dehors des éléments présenté ci-dessus, il n'existe que peu de données chiffrées sur les indicateurs que sont les durées de vie des pièces et des composants⁵, les temps d'arrêt liés aux pannes, les coûts des pièces de rechange. Ces indicateurs sont indispensables pour caractériser la maintenance, calculer la disponibilité opérationnelle des équipements et les coûts annuels des pièces de rechange, ce que vise cet article dans le cas des petites unités de transformation agroalimentaire au Burkina Faso.

Nous avons choisi pour cette étude le cas des décortiqueurs de céréales d'une capacité de 250 kg/h et des presses à huile de graines de coton d'une capacité de 3 - 5 tonnes par jour parce que leur développement dans ce pays au cours des 15 dernières années constitue un exemple de réussite de diffusion d'équipements au point qu'il y a aujourd'hui une concurrence entre différents fournisseurs, ce qui est encore relativement rare. De plus, le Burkina est un pays sahélien très actif dans la transformation des produits oléagineux et des céréales. Les travaux d'enquêtes ont été réalisés à la fin de l'année 2004 et début 2005 au Burkina Faso, et ont été réalisés dans le cadre d'un travail de thèse (Bationo, 2007).

Matériel et méthodes

Les enquêtes ont été réalisées dans les deux principales villes du Burkina : Ouagadougou la capitale et Bobo-Dioulasso deuxième ville et principal centre économique du pays : elles regroupent 70 % des petites unités de transformation agroalimentaire (Anon, 2006). Au total, 32 petites unités de transformation ont été enquêtées et se répartissent comme indiqué dans le tableau I.

Tableau I. Les unités et les moyens de production concernés par l'enquête

Nombre et type d'unités de transformation	Nombre et type d'équipements
15 transformateurs de céréales (le mil, le sorgho le petit mil et maïs) des villes de Bobo-Dioulasso et Ouagadougou	22 Décortiqueurs de fabrication locale
10 transformateurs de graines de coton de la ville de Bobo-Dioulasso	21 Presses à huile de fabrication locale
7 transformateurs de graines de coton de la ville de Bobo-Dioulasso	20 Presses à huile importées
Total :	63 équipements

Les fiches d'enquêtes sont constituées de questionnaires semi directifs permettant de relever les durées de vie des pièces et des composants, les temps d'arrêts et les coûts des pièces de rechange. Pour mieux comprendre et recueillir les informations, nous avons aussi interrogé 11 autres acteurs (équipementiers, vendeurs de pièces) concernés par la maintenance de ces équipements.

⁵ On appelle pièces, les éléments spécifiques au matériel considéré et composants, les éléments standard, les pièces de rechange l'ensemble.

Nous avons utilisé la méthode du pas japonais pour prendre contact avec tous ces acteurs ; la progression des enquêtes sur le terrain se fait en profitant de la rencontre avec les utilisateurs pour obtenir le nom d'un autre acteur participant à la maintenance (fournisseur, équipementier) qui pourra compléter les informations déjà recueillies (Shiba, 1995). Il s'agit de rebondir d'informations en informations. Cette méthode permet de vérifier les informations et de les croiser afin de mieux comprendre la nature profonde des relations entre les acteurs.

Le logiciel Winstat (Anon, 1995) a été utilisé pour le dépouillement de l'enquête en réalisant des analyses qualitatives univariées. Les variables quantitatives ont été transformées en classe avec des modalités associées.

Les petites unités enquêtées ont un nombre d'employés qui varie entre 2 et 50. Elles avaient en moyenne 4 ans d'existence à la date des enquêtes.

Concernant la fréquence des pannes, les utilisateurs ont répondu assez facilement en donnant la durée de vie des pièces et des composants. Concernant la réparation, les utilisateurs donnent sans hésitation le temps d'arrêt total consécutif à une panne mais rares sont les utilisateurs qui peuvent différencier les composantes de ce temps. A partir des données fournies par les transformateurs, pour chaque équipement et pour chaque défaillance, nous avons calculé une moyenne pondérée en donnant un poids à chaque modalité des variables que sont la *durée de vie* (DV) et le *temps d'arrêt* (TA) (par exemple : 1, pour une DV de 3 jours ; 2, pour une DV de 7 jours ; 3, pour une DV de 15 jours ; 4, pour une DV de 1 mois, etc., soit une pondération géométrique qui évite une sur-représentation des modalités les plus importantes).

Ensuite, les indicateurs MTBF, MTA et la disponibilité opérationnelle ont été calculés selon la démarche suivante :

- Pour chaque composant d'un type d'équipement, la durée de vie moyenne et le temps d'arrêt moyen permettent de déterminer en fonction du temps d'ouverture (T_o), le nombre d'arrêts par mois. Cette valeur permet ensuite de calculer le temps total d'arrêt par mois de l'équipement pour la pièce considérée.

- La durée de vie D_v :

$$D_v = \text{Nombre de jour de fonctionnement} \times \text{Temps d'Ouverture } (T_o)$$

- Il est ensuite possible de calculer par mois et par équipement, d'une part, la somme des nombres d'arrêts (N) pour chaque pièce ou composant et d'autre part, le temps total d'arrêt.

- La Moyenne des Temps d'Arrêt (MTA) d'un équipement peut ensuite être calculée par :

$$MTA = \frac{\sum TA}{N}$$

- La Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement (MTBF) est déterminée à partir du temps d'ouverture T_o dont on soustrait les temps d'arrêt. Les T_o habituellement observés correspondent à 8 heures par jour et 12 mois de campagne pour les transformateurs de céréales et de 24 heures par jour pour ceux qui transforment la graine de coton avec une campagne de trituration qui dure 6 mois par an.

$$MTA = \frac{T_o - \sum TA}{N}$$

– La Disponibilité opérationnelle (Do) est calculée par :

$$\text{Do (\%)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTA}}$$

– Le Coût des pièces (Cp) de rechange par mois est obtenu en faisant la somme des produits des coûts de pièces de rechange par le nombre de remplacements ou nombre d'arrêts par mois pour la pièce considérée (N).

– Il est ensuite possible en fonction du temps d'ouverture, de calculer le coût des pièces de rechange annuel par rapport au prix d'achat de l'équipement.

Le coût de la main d'œuvre pour effectuer la réparation n'est pas pris en compte parce qu'il est trop difficile à identifier par les transformateurs. Les travaux de réparation sont le plus souvent réalisés par les opérateurs des machines, sans rémunération spécifique ou sous forme de prestation de service avec des acteurs externes (soudeurs, fabricants d'équipements, électriciens, mécanicien).

Résultats et discussions

Les durées de vie (DV) des pièces et les temps d'arrêt (TA) pour réparation issus de l'enquête sont présentés dans un premier temps, puis la disponibilité opérationnelle des équipements est calculée ainsi que les coûts des pièces par rapport au coût d'acquisition de l'équipement.

La durée de vie des pièces et les temps d'arrêt pour réparation

Les résultats concernant les décortiqueurs des 15 petites unités de transformation de céréales utilisant les modèles Engelberg fabriqués localement sont détaillés pour illustrer la démarche et le mode de calcul. Les séries de données pour les presses fabriquées localement et celles importées sont présentées dans (Bationo, 2007).

Les principales défaillances du décortiqueur sont liées aux roulements supportant l'arbre du rotor, aux tamis permettant une élimination des sons et aux nervures du rotor. Les roulements ont une durée de vie très faible : pour 60 % (8/13) des transformateurs elle est inférieure ou égale à 15 jours (figure 1) ; soit au maximum 120 heures de fonctionnement inférieures aux valeurs standards qui varient de 200 à plus de 2000 heures (Ogier, Marouzé *et al.*, 1988). Seulement 15 % (2/13) d'entre eux déclarent une durée de vie d'au moins 6 mois (1440 heures de fonctionnement).

La réparation des roulements est rapide. : 60 % (7/12) des transformateurs déclarent un TA inférieur ou égal à 1 heure. Un seul transformateur déclare un TA de 3 jours (figure 1) :

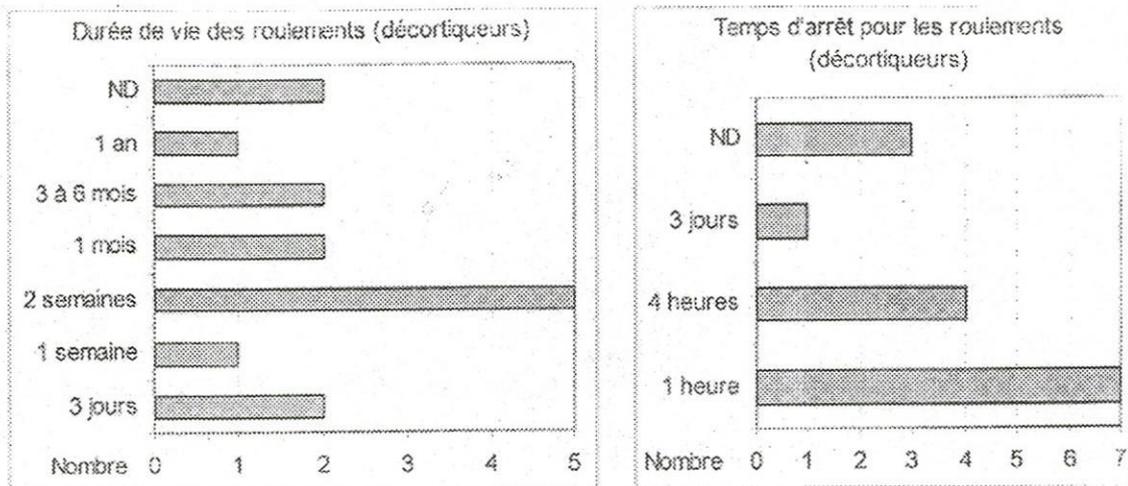


Figure 1. Durée de vie des roulements de décortiqueurs et temps d'arrêt pour la réparation.

La DV des tamis est variable : 33 % (4/12) des transformateurs déclarent une durée de vie de tamis inférieure ou égale à 7 jours (figure 2) alors que 33 % des autres transformateurs déclarent une durée de vie entre trois (3) mois et 2 ans. Le calcul donne une durée de vie moyenne de 27 jours ce qui est normal pour une pièce soumise à l'usure du passage de céréales. Pour cette réparation, le TA est court (1 heure) et ne dépend pas de l'approvisionnement parce que la pièce n'est pas très chère, disponible chez les vendeurs et facile à monter (figure 2) :

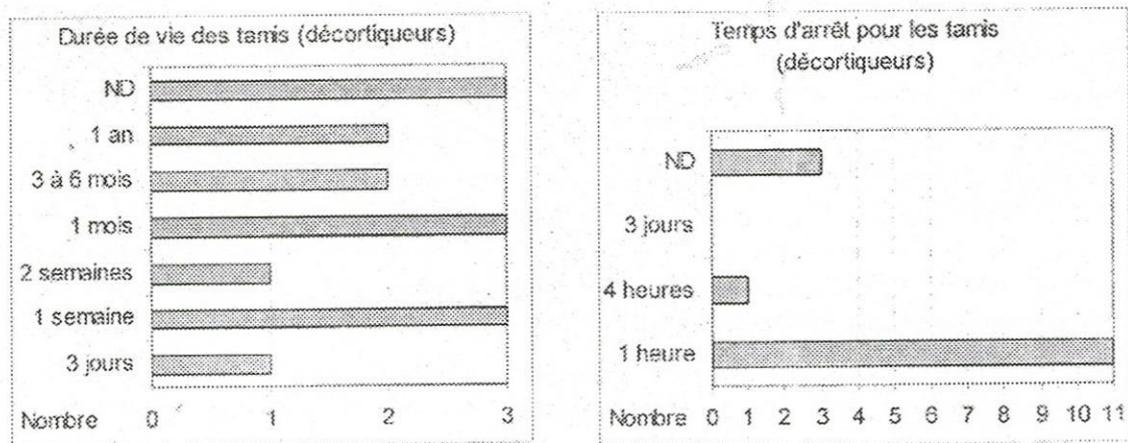


Figure 2. Durée de vie des tamis de décortiqueurs et temps d'arrêt pour la réparation.

La DV des nervures du rotor est centrée sur une valeur de 30 jours, réponse de 64 % (9/14) des transformateurs (figure 3) soit 240 heures de fonctionnement. Trois transformateurs déclarent une durée de vie des nervures inférieure à quinze jours ce qui est faible. Les nervures sont aussi soumises à l'usure des céréales. Les TA sont variables de une heure à un jour et doivent dépendre de la disponibilité du réparateur car la réparation des nervures nécessite l'intervention d'un soudeur qui peut être extérieur à l'entreprise (figure 3) :

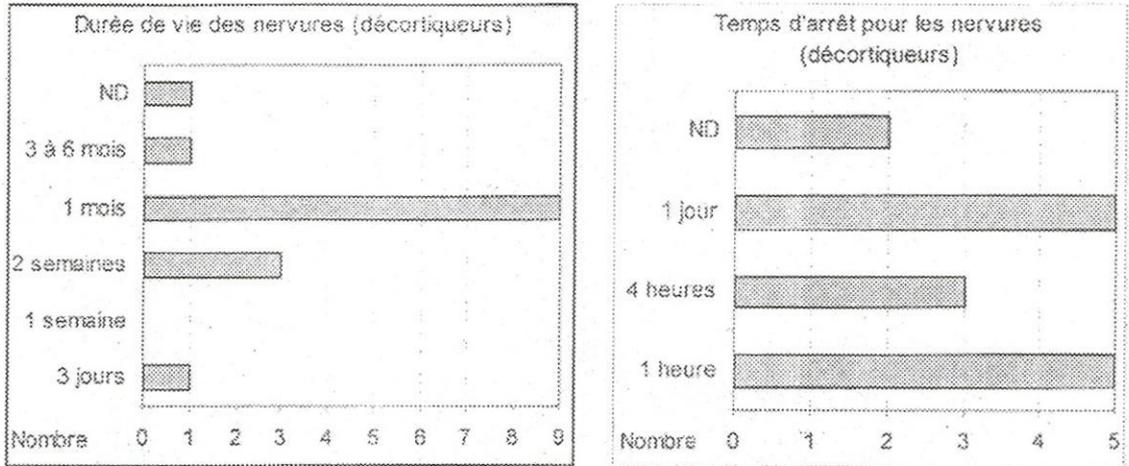


Figure 3. Durée de vie des nervures de décortiqueurs et temps d'arrêt pour la réparation.

Les moyennes pondérées des DV et des TA calculés à partir des données des figures 1 à 3 sont consignées dans le tableau II. Ce mode de calcul est basé sur l'hypothèse que toutes les défaillances sont disjointes, ce qui est pratiquement le cas dans la réalité. Les DV moyennes des pièces (tamis et nervures) sont jugées satisfaisantes dans le contexte d'exploitation (de 25 ou 27 jours) alors que la DV des roulements est courte (22 jours) pour ce type de composant. Les temps d'arrêt sont relativement courts (entre 1 et 4 heures) car ils correspondent à des interventions faciles donc rapides. Le nombre d'arrêts (N) et la somme des TA par mois pour le décortiqueur ont été calculés.

Tableau II. Indicateurs de maintenance pour les décortiqueurs Engelberg.

Principales pièces ou composant	Mode de défaillance	DV moyenne (heure)	TA (heure) moyen	Nombre d'arrêt/mois	TA / mois (heure)
Roulements	rupture	176	3	1,4	4,1
Tamis	usure/rupture	216	1	1,1	1
Nervures	usure	200	4	1,2	4,8
TOTAL	3,7	10			

De la même manière, les données concernant les presses locales (tableau III & photo 1) puis celles importées (tableau I) ont été traitées. Les principales défaillances sont celles des roulements, des arbres, des vis d'extraction et des barreaux de cage.

Tableau III. Récapitulatif des indicateurs de maintenance pour les presses locales.

Principales pièces d'usure	Mode de défaillance	DV moyenne (heure)	TA (heure) moyen	Nombre d'arrêt/mois	TA / mois (heure)
Roulements	rupture	720	4	1,2	4,8
Arbre	rupture	3600	24	0,2	4,8
Barreaux	usure	576	4	1,25	5
Vis	usure / rupture	480	6	1,5	9
TOTAL				4	23,6

Concernant les presses locales, la DV moyenne des roulements, des vis et des barreaux varient entre 20 et 30 jours alors qu'elle est de 5 mois pour les arbres. Le TA varie entre 4 et 6 heures sauf pour les arbres pour lesquels les temps d'arrêt sont de 24 heures. Les pannes les plus fréquentes correspondent aux réparations les plus rapides.



Photo 1. Une presse locale à graines de coton travaillant à Bobo Dioulasso.

Tableau IV. Récapitulatif des indicateurs de maintenance pour les presses importées.

Principales pièces d'usure	Mode de défaillance	DV moyenne (heure)	TA (heure) moyen	Nombre d'arrêt/mois	TA / mois (heure)
Roulements	rupture	960	15	0,75	11
Arbre	rupture	4320	15	0,17	2,5
Barreau	usure	1440	10	0,5	5
Vis	usure / rupture	288	24	2,5	60
TOTAL				3,9	79

Les DV moyennes des barreaux et des arbres des presses importées sont de 2 et 6 mois, celles des roulements de 40 jours alors que celles de la vis sont de 12 jours seulement. Ceci s'explique car la vis est une pièce d'usure. Le TA varie entre 10 heures et un jour ce qui est relativement court pour des pièces d'un matériel "importé" pour lequel on aurait pu s'attendre à ce que le TA soit beaucoup plus long pour des raisons d'approvisionnement depuis l'étranger. En réalité, ces équipements importés ont été modifiés progressivement pour être fabriquées à la demande par les fabricants locaux. Malheureusement, ce qui est vrai dans le cas de presses à coton, secteur dynamique par excellence au Burkina Faso, n'est pas vrai pour tous les équipements importés et beaucoup sont abandonnés sur place par manque de pièces de rechange (Anon, 1996 ; Anon, 2003).

Les pratiques de maintenance expliquent ces résultats contrastés. Des insuffisances dans la gestion de la maintenance sont courantes : dans la plupart des cas la maintenance préventive n'est pas faite et les machines sont utilisées au-delà de leur capacité nominale.

La durée de vie des roulements pour les trois équipements est courte (176, 720 et 960 h) donc bien inférieure à la durée de vie normale de ces composants. Les roulements choisis par les transformateurs sont des copies très bon marché provenant d'un pays voisin (7 à 10 fois moins chers que les roulements neufs standards) dont la fiabilité n'est ni connue, ni testée. Pour des raisons économiques, les utilisateurs préfèrent ces composants car ils trouvent que « ces pièces sont rapidement amorties ». L'utilisation par quelques transformateurs de roulements standards ou de roulements d'occasion répondant aux normes internationales explique aussi une durée de vie plus "normale" trouvée chez quelques opérateurs.

La durée de vie des arbres de presses qui est la meilleure des DV, traduit néanmoins des dysfonctionnements d'utilisation ; un arbre de presse ne devrait pas casser. L'explication la plus plausible est une rupture liée à une surcharge ou un incident (élément métallique externe dans la chambre d'extraction par exemple). Les machines sont utilisées au maximum de leur capacité pour répondre le plus rapidement possible aux contrats des clients. Les moteurs électriques sont sans protection thermique contre les surintensités ou avec une protection inadaptée. En plus, les transformateurs montent des moteurs surpuissants par rapport aux recommandations des fabricants de presses : moteurs de 20 ou 25 kW à la place d'un moteur de 15 kW. Le dimensionnement des parties mécaniques s'avère dès lors insuffisant, accentuant de ce fait les défaillances des équipements.

Par ailleurs, la qualité intrinsèque des pièces locales est souvent faible à cause d'une absence ou du non respect des spécifications de fabrication (des différences de cotes importantes peuvent être constatées sur un lot de pièces). La matière d'œuvre de récupération souvent utilisée pour la fabrication locale des pièces de rechange limite également leur fiabilité.

Par contre, les temps d'arrêt sont courts parce que les pièces sont disponibles en proximité et que la réparation est bien maîtrisée par les acteurs locaux pour des pannes relativement fréquentes.

La disponibilité des équipements et le coût des pièces de rechange

Malgré la taille réduite de l'échantillon, les données recueillies sur les DV des pièces et des TA ont permis de calculer le MTBF et le MTA puis la disponibilité opérationnelle des équipements (tableau V). Le coût de maintenance est évalué en considérant uniquement celui des pièces remplacées.

Tableau V. La disponibilité opérationnelle des équipements

Équipements	To par mois (heure)	N	Σ TA (heure)	MTBF (heure)	MTA (heure)	Do (%)	CP (Fcfa ⁶ / mois)	CP prix d'achat an (%)
22 Décortiqueurs locaux	240	3,7	10	63	2,7	96	11 829	95
21 Presses à huile locales	720	4	23,6	168	5,8	97	117 920	35
24 Presses à huile importées	720	3,9	79	164	20	89	154 100	15

Pour les trois équipements, les conditions d'utilisation sont sévères, les durées de vie des pièces sont inférieures aux standards surtout pour les roulements mais les disponibilités paraissent suffisantes⁷ car les acteurs (transformateurs et réparateurs) travaillent en réseau (Bationo, Marouzé et al, 2009). Les temps d'arrêt sont relativement courts parce que les pièces sont disponibles dans le réseau, les acteurs du réseau sont proches géographiquement, les pièces spécifiques sont fabriquées dans le réseau. La prise en charge de la maintenance par le réseau permet de limiter l'impact d'une faible durée de vie des pièces. En effet, l'utilisateur des équipements considère comme important la disponibilité et la proximité du lieu d'approvisionnement des matériaux et pièces de rechange, la réduction des coûts de fabrication donc des prix de vente, l'élévation de son niveau d'intervention sur le matériel (entretiens, petites réparations, etc.) (Azouma et Giroux, 2009).

Pour les presses importées, les DV sont meilleures mais les TA sont beaucoup plus longs que pour les presses locales ce qui explique leur moindre disponibilité opérationnelle.

Pour le décortiqueur, le coût des pièces de rechange par mois représente 8 % du prix d'achat moyen du décortiqueur (150 000 FCFA sans le moteur). En un an, les utilisateurs payent l'équivalent monétaire d'un décortiqueur uniquement avec les pièces de rechange sans prendre en

⁶ 1€ = 656 FCFA

⁷ Une disponibilité de 89 à 97 % est acceptable pour des équipements individuels, elle ne le serait pas pour des équipements montés en série (ligne de production).

compte le coût de non production. Pour les décortiqueurs utilisés 8 h par jour en moyenne, le coût de non production n'est pas important car les pratiques montrent qu'en cas de panne le temps d'ouverture dépasse les 8h et que finalement la production prévue est en grande partie réalisée. Ceci montre bien que l'achat d'équipements très bon marché se traduit en réalité par des coûts relatifs de maintenance élevés mais ceux-ci restent modestes en valeur absolue. Ce mode de gestion correspond à la réalité économique des PAO : l'absence de crédit, la faible monétarisation de l'économie ; contraignent les transformateurs à acheter des équipements bon marché, peu fiables mais disponibles grâce au réseau de maintenance.

Les presses locales ont un coût mensuel des pièces de rechange qui correspond à 5,9 % du prix d'achat d'une presse (2 000 000 FCFA) soit un coût de 35 % par an car la campagne de trituration ne dure que 6 mois par an. Malgré l'achat de pièces bon marché, ce coût de fonctionnement est plutôt élevé.

Concernant les presses importées, le coût des pièces et composants représente par mois 2,6 % du prix d'achat moyen d'une presse (6 000 000 FCFA) soit un coût de 15 % par an. Le coût des pièces pour les presses importées est plus élevé que celui des presses locales, c'est l'inverse pour les coûts rapportés au prix d'achat à cause de l'écart des prix d'achat.

Conclusion

Contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, la maintenance pratiquée est bien adaptée à l'environnement local puisque la disponibilité est suffisante : certes les pannes sont fréquentes mais les utilisateurs trouvent les moyens de se dépanner rapidement, en proximité de leur lieu de production, à un coût en adéquation avec leur capacité financière. Ils préfèrent réaliser des dépenses s'étalant sur la durée de vie du produit mobilisant des sommes modestes à chaque intervention. Cette situation est représentative des équipements diffusés pour lesquels il existe un parc en service et une chaîne d'acteurs intervenant pour la maintenance d'où l'importance du réseau d'acteurs de la maintenance dans la « disponibilité opérationnelle » des équipements.

Au regard des résultats de l'étude et de notre objectif initial qui est de promouvoir le développement des équipements, il convient de proposer des démarches de conception prenant en compte cette connaissance des réseaux de maintenance, de choisir les composants en fonction de la disponibilité dans les zones de diffusion futures des équipements.

Références citées

AZOUMA Y. O., GIROUX F., 2009. Maintenance Integration in Equipment Design Process for Africa. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research 44(3), pp 319-326.

ANON, 2006. "Répertoire des entreprises agroalimentaires du Burkina Faso. Chambre du Commerce et d'Industrie et d'Artisanat du Burkina Faso (CCIA-BF)."

AZOUMA Y. O., 2005. Intégration de la fabrication et de la maintenance dans une démarche de conception pluridisciplinaire d'équipements agricoles et agroalimentaires pour l'Afrique. Thèse de doctorat en Génie industriel, Université de Franche-Comté, Besançon, pp 178.

ANON, 2003. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques / Secrétariat Permanent de la Politique Sectorielle Agricole SP/CPSA Burkina Faso. Diagnostic actualisé et stratégie de développement de la filière des oléagineux. Rapport Final Projet 8 ACP BK 014 (8ème FED), Fonds d'Observation Économique et Sociale du Monde Rural (FOESMR), pp 95.

ANON, 1996. "Appui à la transformation alimentaire à petite échelle / Stratégies des ONGs et perspectives pour améliorer leur efficacité. Stuttgart, FAKT. Atelier organisé par Food Net/RESAA - 25-26 avril 1996."

ANON, 1995. "Gestion des données. Traitements graphiques version 2.0 .ITCF- CIRAD."

ADEBIYI K. A., OJEDIRAN J. O., OYENUGA O.A., 2004. "An appraisal of maintenance practice in food industries in Nigeria." Journal of Food Engineering, No. 62: pp.131-133.

BATIONO F., MAROUZÉ C., BOJUT J.F., GIROUX F., 2009. "Socio-technical networks: a tool for integrating the maintenance dimension in the design of equipment for small food-processing units in Western Africa". Journal Design Research, Vol. 8, No. 1: pp 23-41.

BATIONO F., 2007. 'Prise en compte du réseau sociotechnique de maintenance dans la conception d'équipements : cas des petites unités de transformation agroalimentaire des Pays d'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat en Génie Industriel de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INP-G) soutenue le 07 03 07 à Grenoble, pp 177.

DIALLO M., 2000. Rapport d'audit de maintenance - SODEPAL. (Cabinet d'Ingénierie Conseil en Maintenance, CINCOM-SARL, Burkina Faso), pp 23.

ETI M.C., OGAJI S.O.T., PROBERT S.D., 2004. " Reliability of the Afam electric power generating station, Nigeria." Applied Energy, No. 77: pp. 309–315.

MONCHY F., 2000. Maintenance - Méthodes et organisations. (Dunod, Paris), pp 509.

N'DAW B., 1998. Intégration de la maintenance dans la démarche de conception d'équipements dans les pays du Sud. Application aux moulins à céréales et aux décortiqueurs de riz au Sénégal. (Mémoire de DEA en Génie industriel, ENSAM, Paris), pp 59.

HEIJBOER J. P., SOW M., WANDERS A.A., 1990. Introduction et fabrication locale de la batteuse VOTEX Ricefan : Office du Niger, projet Arpon, Mali., Directeurat Général pour la Coopération Internationale, La Haye, Pays Bas.

SHIBA S., 1995. La conception à l'écoute du marché - Organiser l'écoute des clients pour en faire un avantage concurrentiel. (INSEP Editions, Paris), pp 126.

OGIER M., MAROUZÉ C., HUET P., 1988. L'artisan mécanicien. Manuel pour petits ateliers urbains et ruraux. Techniques Rurales en Afrique ; Paris : Ministère français de la Coopération et du Développement, pp 369.