

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un Peuple – Un But – Une Foi

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

École Supérieure Polytechnique



Laboratoire Eau-Énergie-Environnement-Procédés Industriels (LE3PI)

Convention relative aux subventions locales

N° de la convention : 83357007

Contribution à la création d'un écosystème favorable au développement d'activités productives s'appuyant sur la formation, la recherche et le soutien technique des différents acteurs

N° Projet :15.2217.6-001.00

Rapport Final sujet 4

Octobre 2021

SUJET DE RECHERCHE 4 :

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DES MOULINS

Travail réalisé par Edmond Bigué FAYE sous la supervision de :

Mamadou Lamine NDIAYE, Mouhamadou Falilou NDIAYE et Vincent SAMBOU

GIZ-PED

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PED

Programmes-Energies-Durables

Table des matières

Introduction générale.....	5
I - Présentation du sujet.....	6
II - Démarche méthodologique adoptée	7
III - Résultats obtenus	8
IV - Recommandations.....	12
Conclusion générale	14

Table des figures

Figure 1 – Moulin à graines	6
Figure 2 – Analyseur de réseau électrique	7
Figure 3 – courbes des puissances du moteur à vide seul et avec la courroie.....	8
Figure 4 – courbe d'évolution du courant au démarrage du moulin à vide.....	8
Figure 5 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (haricot)	9
Figure 6 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (maïs)	9
Figure 7 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (mil)	10
Figure 8 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (riz)	10
Figure 9 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (sorgho)	10

Table des tableaux

Tableau 1 - données et résultats des tests à vide	9
Tableau 2 – données et résultats des tests en charge	10
Tableau 3 – tableau des puissances, pertes et rendements en fonction des céréales	11
Tableau 4 – problèmes, causes et recommandations.....	12

Introduction générale

Les moulins sont des équipements qui contribuent à la politique alimentaire des gouvernements en Afrique de façon générale et plus particulièrement au Sénégal où on assiste à une revalorisation des céréales locales tels que le mil, le sorgho, le maïs, Etc. Ces céréales constituent une base alimentaire pour les populations, en particulier pour les populations rurales.

La conception et la réalisation des moulins deviennent alors un centre d'intérêt pour les secteurs artisanal et industriel. Il existe donc des groupements d'artisans et d'industriels qui se consacrent à la fabrication de ces machines de transformation des céréales locales.

Les femmes, à qui sont laissées souvent les pénibles tâches de la mouture à l'aide d'un pilon et d'un mortier de bois, sont de plus en plus réticentes. La mécanisation de la transformation des céréales locales contribue alors à favoriser davantage leur consommation. Ceci montre par ailleurs le rôle important joué par ces machines sur le plan socio-économique.

Nous pouvons citer 2 types de technologies de ces machines qui sont les moulins à meules et les moulins à marteaux. Ce dernier type de moulin a connu son essor grâce au développement des énergies renouvelables tel que le solaire en particulier.

Le Centre International de Formation et de Recherche en Energie Solaire (CIFRES) de l'Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) de l'université Cheikh Anta Diop (UCAD) de Dakar (Sénégal) effectue des recherches depuis quelques années sur des machines destinées aux activités productives afin d'améliorer leur fonctionnement et leur efficacité.

C'est dans ce cadre que notre travail va contribuer à l'amélioration des moulins à grains.

I - Présentation du sujet

Les moulins à graines et les décortiqueuses sont des équipements productifs les plus utilisés pour accompagner la transformation des produits agricoles. Ils permettent d'alléger le travail domestique des hommes et femmes, de gagner du temps, de développer des activités génératrices de revenus et de contribuer au développement du milieu rural. Au Sénégal il existe plusieurs types de moulins, de décortiqueuses et de fabricants. Les modes d'utilisations sont variées. L'absence de données techniques constructeurs est constaté sur plusieurs équipements de fabrication locale et en particulier le rendement énergétique en fonction de la production.

Les différents problèmes identifiés autour du moulin et de décortiqueuses sont : le manque d'expertise pour la fabrication et la maintenance, l'absence de fiche technique, l'absence de standardisation rend difficile la recherche de pièce de rechange et l'absence de protocole d'utilisation rend difficile son exploitation. La figure 1 présente le moulin objet de cette étude.



Figure 1 – Moulin à graines

II - Démarche méthodologique adoptée

Pour la réalisation de ce projet la méthodologie que nous avons choisie est la suivante :

- 1^{ière} étape : **caractérisation électromécanique du moulin** : il s'agit de faire des tests à vide et en charge, afin de recueillir les données caractéristiques du moulin. Ces données sont obtenues grâce à un analyseur de réseau électrique présenté à la figure 2.
 - Faire les tests à vide du moteur seul (non couplé)
 - Faire les tests à vide de la machine accouplée au système mécanique (poulie-courroie, rotor, marteaux, ...).
 - Faire les tests en charge en faisant varier les différents types de céréales et les quantités à moudre. Ces tests nous ont permis de caractériser notre moulin.
- 2^{ième} étape : **analyse visuelle et auditive du comportement de notre moulin** : Cette étape permet de relever les défauts et problèmes, présents sur le moulin, remarquables sans équipements (grâce à l'audition ou visible à l'œil nu).
- 3^{ième} étape : **analyse des données obtenues** : Grâce aux données obtenues nous avons pu déterminer la consommation (électrique, puissance), le rendement et les pertes, en fonction des céréales du moulin.
- 4^{ième} étape : **études et proposition des recommandations liées aux problèmes et défauts relevés** : l'identification des défauts et des problèmes du moulin permettra , la recherche des causes et l'élaboration des recommandations pour améliorer la machine.



Figure 2 – Analyseur de réseau électrique

III - Résultats obtenus

Les résultats des tests obtenus sont présentés dans les figures 3 à 9 et les tableaux 1 à 3.

- À vide :

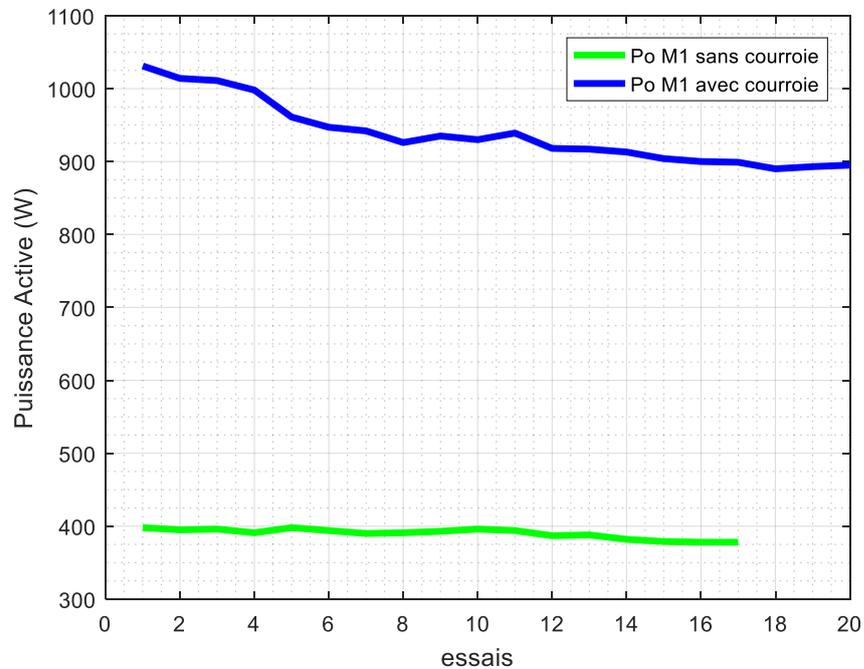


Figure 3 – courbes des puissances du moteur à vide seul et avec la courroie

La figure 3 nous présente les puissances consommées par le moteur de notre moulin lorsqu'il est seul et lorsqu'il est couplé au système mécanique (poulie-courroie). Lorsque le moteur est seul il a une consommation d'environ 389W et lorsqu'on l'accouple au système mécanique on constate une hausse de puissance d'environ 548W.

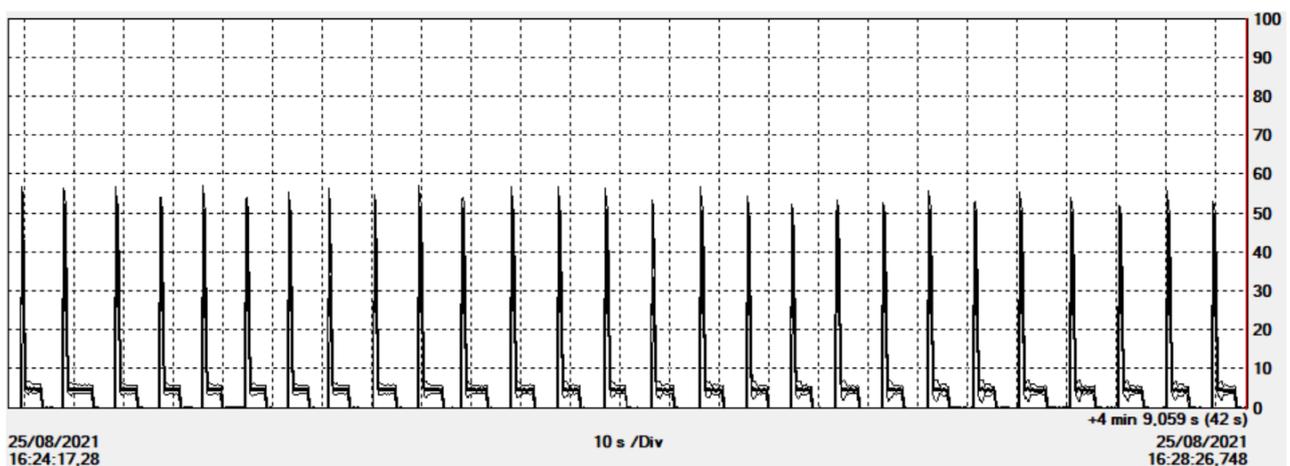


Figure 4 – courbe d'évolution du courant au démarrage du moulin à vide

La figure 4 est une courbe montrant les variations du courant de démarrage de notre moulin. Grâce à plus d'une vingtaine de démarrages successifs on constate que le courant de démarrage tourne en moyenne autour de 53A.

Tableau 1 - données et résultats des tests à vide

	PARAMETRES	DONNEES / RESULTATS
Paramètres du Moteur du moulin	Tension Nominale	220/240 V
	Courant Nominal	13,7 A
	Puissance Nominale	2,2 kW
	Fréquence	50/60 Hz
Essais à Vide moteur seul	Puissance en Régime Permanent	389,88 W
Essais à Vide moteur couplé avec la courroie	Courant de Démarrage	53 A
	Puissance en Régime Permanent	938,15 W

Le tableau 1 nous fait un récapitulatif des données et résultats présentés par les figures 3 et 4.

- En charge :

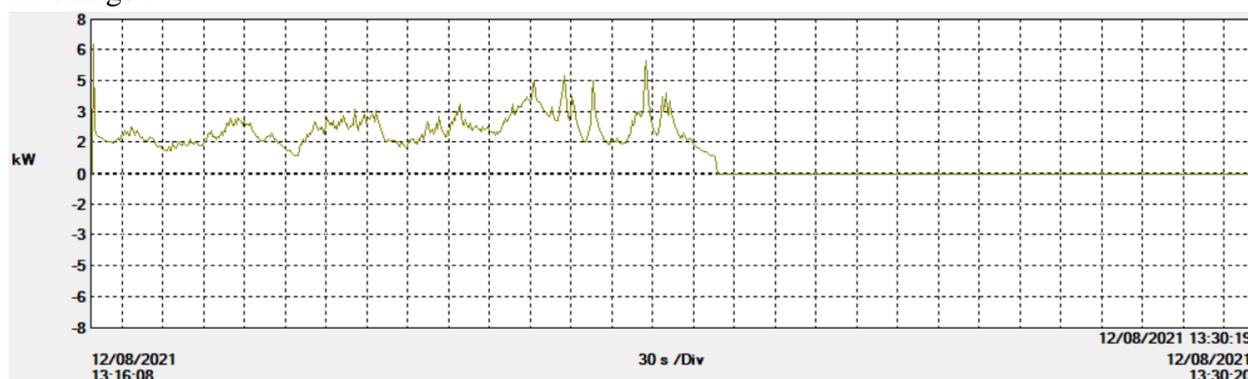


Figure 5 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (haricot)

La figure 5 nous présente la puissance consommée par le moulin lors de la mouture des graines de haricot et cette consommation en régime permanent est d'environ 2,27KW.

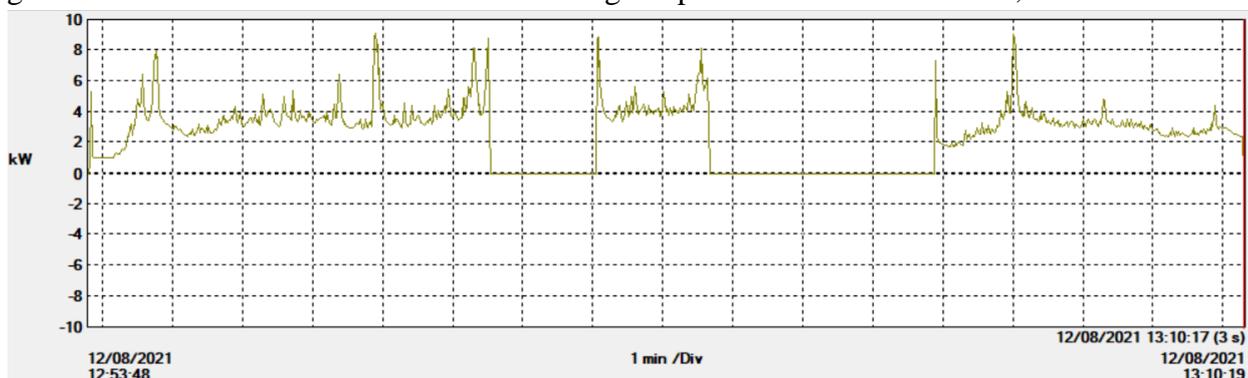


Figure 6 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (maïs)

La figure 6 nous présente la puissance consommée par le moulin lors de la mouture des graines de maïs et cette consommation en régime permanent est d'environ 3,51KW.

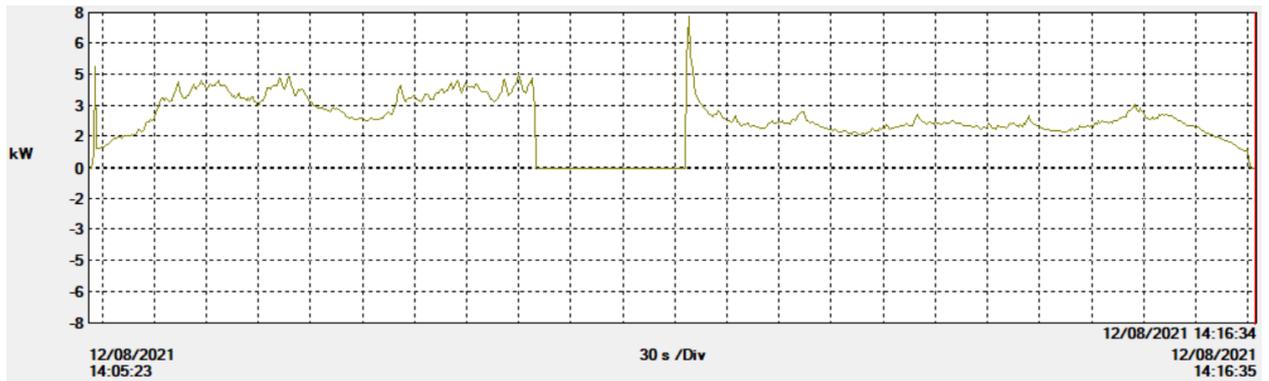


Figure 7 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (mil)

La figure 7 nous présente la puissance consommée par le moulin lors de la mouture des graines de mil et cette consommation en régime permanent est d'environ 2,75KW.

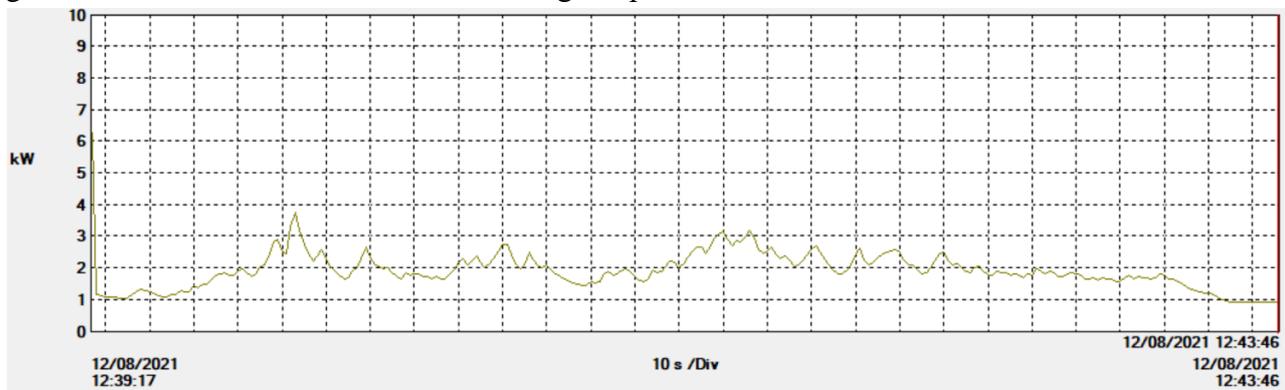


Figure 8 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (riz)

La figure 8 nous présente la puissance consommée par le moulin lors de la mouture des graines de riz et cette consommation en régime permanent est d'environ 1,93KW.

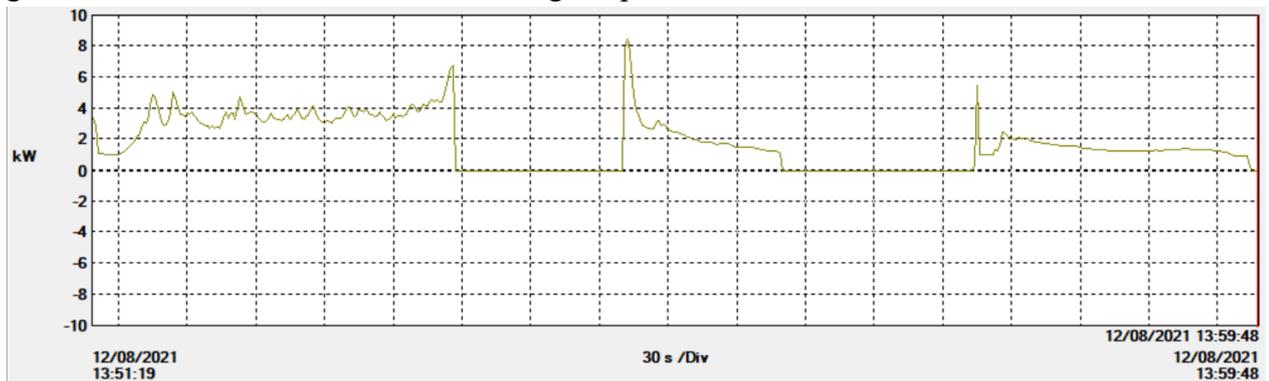


Figure 9 – courbe d'évolution de la puissance en charge en fonction du type de céréales (sorgho)

La figure 9 nous présente la puissance consommée par le moulin lors de la mouture des graines de sorgho et cette consommation en régime permanent est d'environ 2,52KW.

Tableau 2 – données et résultats des tests en charge

	PARAMETRES	DONNEES / RESULTATS
Essais en Charge 1 (haricot)	Puissance en Régime Permanent	2,27 KW
Essais en Charge 2 (maïs)		3,511 KW
Essais en Charge 3 (mil)		2,758 KW
Essais en Charge 4 (riz)		1,931 KW
Essais en Charge 5 (sorgho)		2,525 KW

Le tableau 2 nous fait un récapitulatif des données et résultats présentés par les figures 5, 6, 7, 8 et 9.

Grâce aux données et résultats des tableau 1 et 2 nous avons calculé le rendement moyen de notre moulin :

Tableau 3 – tableau des puissances, pertes et rendements en fonction des céréales

Type de céréales	Puissance absorbée (W)	Pertes (W)	Puissance utile (W)	Rendement		Pertes	
				(%)	Désignation	(%)	Désignation
Haricot	2270	938,15	1331,85	58,67	$\eta_{haricot}$	41,33	$Pertes_{haricot}$
Maïs	3511	938,15	2578,85	73,45	$\eta_{maïs}$	26,55	$Pertes_{maïs}$
Mil	2758	938,15	1819,85	65,98	η_{mil}	34,02	$Pertes_{mil}$
Riz	1931	938,15	992,85	51,41	η_{riz}	48,59	$Pertes_{riz}$
Sorgho	2525	938,15	1586,85	62,84	η_{sorgho}	37,16	$Pertes_{sorgho}$

Le tableau 3 nous donne les résultats des calculs que nous avons eu à faire pour trouver les rendements et les pertes du moulin en fonction des céréales que l'on utilise.

IV - Recommandations

Tableau 4 – problèmes, causes et recommandations

Types de problèmes	Problèmes	Causes	Recommandations
Fonctionnel	Étanchéité (pertes de produit moulu)	Joint du clapet de fermeture de la chambre de mouture non étanche	Utilisation d'un joint en caoutchouc adéquat
	Granulométrie du produit obtenu fixe	Taille des trous du tamis fixe et tamis non démontable	Remplacer le tamis par des tamis démontables ayant des tailles de trous différents
	Jeu entre marteaux et tamis non réglable	Marteaux et tamis fixes	Mettre en place plusieurs points de fixation des marteaux permettant de régler ce jeu en fonction des graines et ajouter des obstacles dans la chambre de broyage pour faciliter le broyage
	Stabilité de la machine en marche	Les vibrations du système en marche (moteur, poulie courroie, rotor, ...)	Utiliser un support antivibratoire acier taraudé. Il amortira les secousses et pourra être fixé au sol pour plus de stabilité

Énergétique	Puissances consommées à vide élevées	Le système poulie courroie entraîne des pertes (rendement faible et poulies non alignées)	Changer le système poulie courroie et utiliser un accouplement à plateaux qui a un meilleur rendement
Ergonomique	Gestion du démarrage et de l'arrêt	Absence de pupitre de commande	Concevoir un pupitre de commande qui facilitera l'utilisation de la machine
	Protocole d'usage	Indisponibilité des documents techniques	Faire des tests sur plusieurs céréales avec un protocole bien défini puis proposer un manuel d'utilisation détaillé
	Maintenance des pièces	Absence de standardisation	Donner les documents permettant d'identifier les pièces au cas où elles devraient être changées

Conclusion générale

Les moulins sont des équipements très utiles pour le broyage des céréales et permettent d'alléger le travail des femmes. Les moulins artisanaux étant nombreux et très utilisés, nous avons eu à faire des tests à vide et en charge, en utilisant plusieurs types de céréales différentes. Grâce à l'analyseur de réseau, à l'écoute et au visuel, nous avons pu recueillir les données relatives à notre moulin et identifier les problèmes de ce dernier. En analysant ces données et ces problèmes nous avons pu donner les sources des problèmes du moulin et proposer des améliorations, visant à faciliter leur utilisation et augmenter leurs performances afin de fournir aux utilisateurs de meilleurs moulins.

En perspective nous pouvons dire que ce travail pourrait être amélioré en faisant une étude plus profonde et plus spécifique. Grâce à une étude plus profonde le moulin pourrait être fourni avec un tous les documents techniques et la normalisation des pièces afin de faciliter son utilisation et sa maintenance.