

LE MOULIN SOLAIRE

Août 2011

Capitalisation de l'expérience du Projet d'électrification rurale dans le Brakna (PERUB) – Mauritanie

Programme réalisé par le Gret, en collaboration avec l'APAUS (Agence de promotion de l'accès universel aux services)

Dans la plupart des villages du programme, la mouture des céréales (mil, riz, etc.) se faisait dans la grande ville ou dans le village équipé d'un moulin au diesel le plus proche. Cela implique un coût de mouture assez élevé lorsque l'on prend en compte le transport.

Concevoir un système solaire pour un moulin électrique a été un réel défi technique permettant de libérer les villageois de cette contrainte.

I COMPOSITION TECHNIQUE DU SERVICE

1. Dimensionnement

MOULIN	Tension d'entrée (U)	Nombre d'heures d'utilisation	Puissance de fonctionnement	Consommation journalière (Ec)
Caractéristiques du moulin solaire	24 V	6 h/j	960 W	5 760 Wh/j

Le dimensionnement du système du moulin est particulier. Dans la théorie, pour avoir une production de 5 760 Wh/j, il faudrait installer des modules pour une puissance crête de 1 900 Wc. Cela représenterait 21 modules de 90 Wc. Cette solution n'était pas envisageable financièrement.

Il a donc été décidé de sous-dimensionner volontairement le système de production d'électricité et d'utiliser les batteries seulement pour stabiliser le courant généré par les modules photovoltaïques. Le moulin ne fonctionne donc pas à sa puissance maximum.

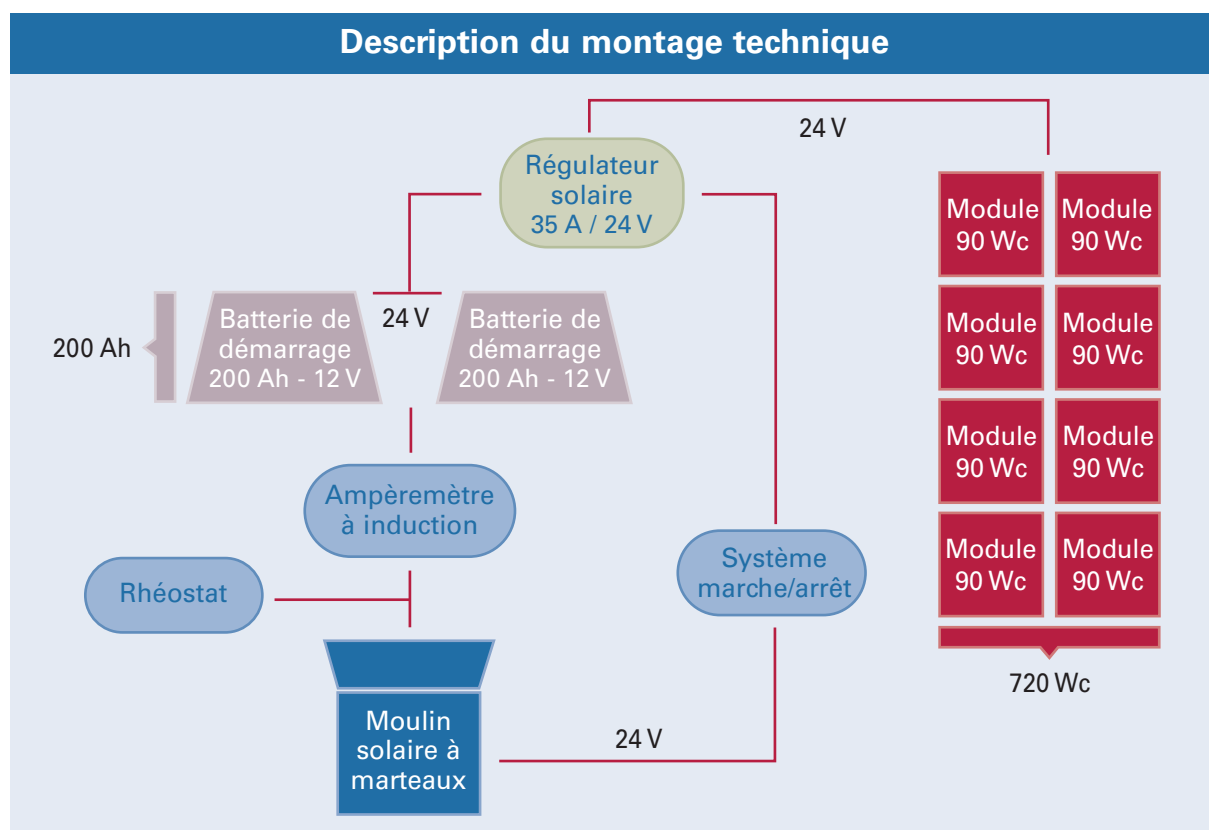
2. Description du montage technique

Le système installé dans les plateformes comprend huit modules de 90 Wc. Ils constituent un ensemble de quatre panneaux branchés en parallèle constitués eux-mêmes de deux modules en série. Cela permet d'avoir une tension de sortie de 24 V et une intensité de plus de 20 A.

Les panneaux sont reliés à un régulateur de 35 A / 24 V. Deux batteries de démarrage de 200 Ah et 12 V sont montées en série pour obtenir du 24 V en courant continu. Elles sont branchées au régulateur pour être protégées contre la surcharge. Dans ce système, des batteries de démarrage sont utilisées car à l'allumage, le moulin effectue un fort appel de courant pouvant atteindre 62 A en quelques secondes. Des batteries solaires s'useraient trop vite avec ce type d'utilisation. Afin de limiter la détérioration des batteries de démarrage, le moulin est livré avec un rhéostat qui permet, par une action manuelle de l'utilisateur, de démarrer en douceur le moulin en augmentant progressivement l'ampérage de mouture.

Afin de protéger davantage le système, un ampèremètre à induction a été installé ; il indique en temps réel l'intensité du courant de fonctionnement du moulin. Cette donnée permet à l'utilisateur d'adapter le débit de mouture pour utiliser le moulin entre 25 A et 50 A.

Le moulin est directement branché aux batteries. Un dispositif de maintien en marche (marche/arrêt) du moulin, équipé d'une bobine, est branché au régulateur. Lorsque l'utilisateur utilise le moulin jusqu'à atteindre le seuil de décharge des batteries (ici fixé à 30 %), le régulateur active le système d'arrêt qui éteint le moteur du moulin. Les batteries de démarrage sont ainsi protégées. Le moulin est équipé d'un fusible de 80 A qui se déclenche en cas de disfonctionnement ou de bourrage impliquant une surintensité. Ce type de fusible n'étant pas facilement disponible en Mauritanie, un disjoncteur de 63 A a été installé. Si l'utilisateur dépasse les 63 A, le disjoncteur saute et coupe l'alimentation.



3. Utilisation, entretien et maintenance

Ce système a été conçu pour fonctionner lorsque le soleil est au plus haut et par temps clair. Il faut utiliser le moulin entre 10 h et 16 h afin de pouvoir l'utiliser sans coupure.

Afin de protéger le système et plus particulièrement les batteries, il faut, lors de l'utilisation, réguler le débit de mouture afin que l'ampérage de fonctionnement affiché par l'ampèremètre se situe entre 25 A et 50 A.

L'entretien et la maintenance du système se font par un nettoyage régulier du démarreur, des batteries et de la salle du moulin qui est très poussiéreuse. Il faut aussi éviter les petits cailloux dans les céréales qui peuvent abîmer le tamis du moulin. Enfin, pour atteindre une production supérieure à 130 kg/jour, il faut préparer les céréales en les décortiquant, en les trempant puis en les séchant au soleil afin d'en faciliter la mouture.



4. Retour d'expérience technique

Le système réalisé permet une utilisation pendant six heures en continu du système. Quelquefois, les exploitants doivent arrêter la mouture pendant 30 minutes avant de la reprendre, notamment lorsque l'ensoleillement n'est pas au maximum. Cependant, de manière générale, les exploitants utilisent très régulièrement le moulin dans la journée sans problèmes de coupure. Au maximum relevé, les exploitants arrivent à atteindre 130 kg de mouture de céréale par jour. Le moulin ne fonctionne que 30 minutes à une heure sur les batteries (sans soleil).

Le dimensionnement réalisé constitue un bon rapport entre le coût d'investissement et la durée journalière d'utilisation. Il ne semble pas pertinent d'augmenter considérablement le coût d'investissement pour pouvoir utiliser le moulin à des heures où la luminosité est faible.

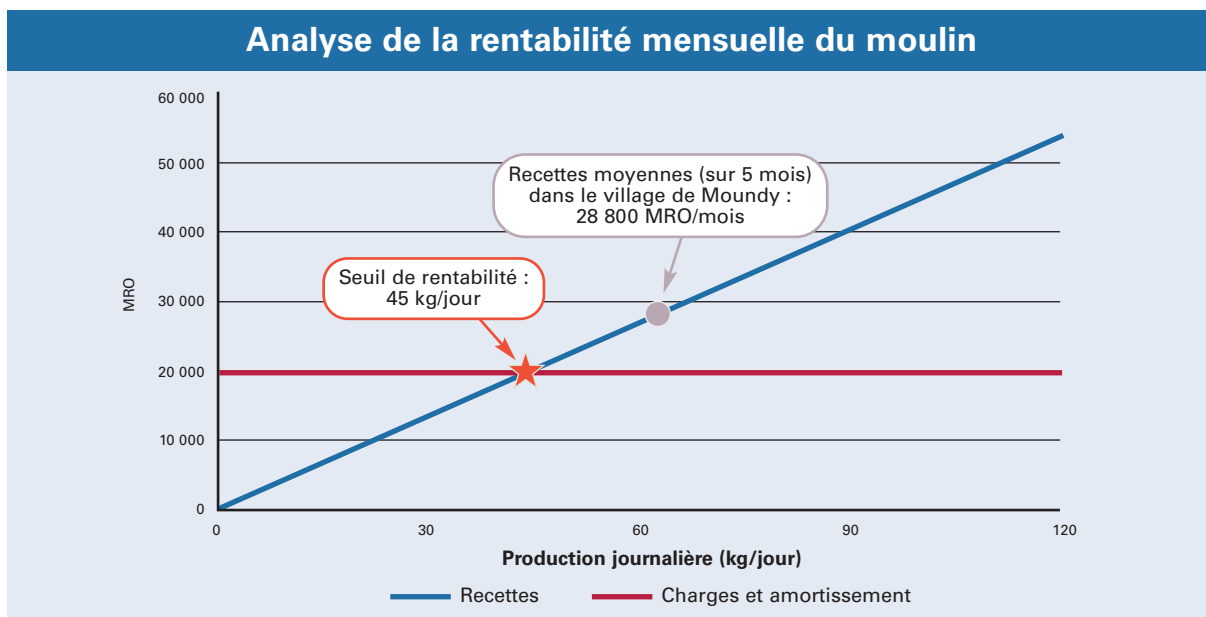
Ce dimensionnement en flux tendu implique qu'une journée nuageuse peut fortement perturber l'activité du meunier. Cependant nous ne sommes pas dans le cas d'un service critique ayant besoin d'une autonomie de fonctionnement au risque de perdre une production (contrairement à la congélation par exemple).

Un inconvénient soulevé par les exploitants est la faible capacité de mouture journalière du moulin (130 kg/j). En effet, les systèmes concurrents au diesel peuvent atteindre plus de 300 kg/j. Cependant, il paraît difficile d'augmenter significativement cette production, ou alors au prix d'un investissement beaucoup plus lourd en équipements.

II POTENTIEL ÉCONOMIQUE DU SERVICE

1. Résultats du service de mouture

RÉSULTATS MENSUELS	Pour 30 kg/j Activité basse (MRO)	Pour 60 kg/j Activité moyenne (MRO)	Pour 120 kg/j Activité haute (MRO)
Recettes d'activité	13 500	27 000	54 000
Matières premières	0	0	0
Redevances	10 000	10 000	10 000
Résultat d'exploitation	3 500	17 000	44 000
Amortissement du moulin	10 000	10 000	10 000
Résultat après amortissement	- 6 500	7 000	34 000



L'analyse des résultats montre qu'un meunier peut payer ses charges, amortir son moulin et s'attribuer un salaire honorable dans le cas d'un niveau d'activité moyen à haut. Ce volume d'activité est possible dans les plateformes. Le paramètre à valider avant d'implanter un tel service est la valeur de la demande journalière en mouture du village. À travers les expériences du programme, nous constatons que, lorsque le marché est suffisant, les meuniers tirent des bénéfices de l'exploitation du service. L'évaluation du marché peut se faire à travers une étude de marché dans le village (à travers des *focus group* par exemple). Le critère principal est surtout le nombre de villageois utilisant la mouture. Enfin, la présence d'un moulin au diesel dans le village constitue une concurrence qui pose problème sachant que le prix de mouture est sensiblement le même et que la vitesse de mouture est trois fois supérieure pour un moulin diesel.

2. Investissements nécessaires pour la mise en place du service

MOULIN	8 modules PV 90 Wc	1 régulateur 35 A / 24 V	2 batteries démarrage 200 Ah	1 moulin solaire 24 V	Total ¹
Coûts d'investissement pour le système	728 800 MRO	45 000 MRO	130 000 MRO	600 000 MRO	1 500 800 MRO soit 4 064 €

370 MRO = 1 €

III ENSEIGNEMENTS

Les conditions optimales pour la viabilité du service, en prenant en compte l'amortissement du moulin, sont les suivantes :

ACTIVITÉ IDÉALE ET RÉALISABLE	Quantité de mouture (kg/jour)	Prix au kg (MRO)	Recettes (MRO/mois)	Résultat (MRO/mois)
Exploitant privé	90 kg minimum	15	40 500	20 500
Exploitant communautaire	60 kg minimum	15	27 000	7 000

1. À ce total s'ajoute des surcoûts d'environ 10 % pour le transport et 10 % pour les petites fournitures de raccordement.

Photos : © Benjamin Trouilleux

