

Point de fonctionnement d'une pompe solaire installée au fil du soleil au labo

H. Ammar^{#1}, M.T. Bouziane^{*2}, S. Boukebbous^{#3}, N. Benbaha^{#4}, A. Boutadara^{#5}

*#Unité de recherche appliquée en énergie renouvelable, URAER,
Centre de développement des énergies renouvelables,
CDER, 47133, Ghardaïa, Algérie*

¹hachem_dz@yahoo.fr

³boukebbous_seifeddine@hotmail.fr

⁴benbaha_n@uraer.dz

⁵a.boutadara@yahoo.fr

**Université de Biskra, B.P. 145, R.P. 07000 – Algérie*

²bouziane@inbox.com

Résumé—Le système de pompage solaire largement utilisé est celui dit « au fil du soleil ». Ce système est le plus simple et le moins coûteux puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux sans conversion ou stockage. La particularité de ces pompes solaires est que les autres caractéristiques (débit, pression, rendement) sont en fonction de l'ensoleillement qui varie au cours des jours et saisons de l'année.

Les pompes solaires étudiées au laboratoire sont installées à une HMT théoriquement fixe ou variable pendant toute la journée et pour une longue période (une année), pour recréer les mêmes conditions de fonctionnement d'une pompe installée dans un puits réel. Pour garder ou fixer l'HMT, nous manipulons le robinet vanne installé à la sortie de la conduite de refoulement. Cette manipulation a des conséquences directes sur le point de fonctionnement de la pompe et ses performances (puissance absorbée, puissance hydraulique, rendement ...).

Ce travail a pour objectif de montrer l'influence de la fluctuation et l'instabilité du point de fonctionnement sur les performances d'une pompe solaire installée au fil du soleil.

Mots clé : Photovoltaïque -pompage- régulation, point de fonctionnement

I. INTRODUCTION

Le système largement utilisé est celui dit « au fil du soleil ». Ce système est le plus simple puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux. La pompe ne fonctionnera qu'en présence de lumière et dès que l'ensoleillement sera suffisant pour atteindre la puissance demandée. La particularité des pompes solaires installées au fil du soleil est que les caractéristiques (débit, pression, rendement) sont en fonction de l'ensoleillement qui varie au cours de la journée et au cours des saisons [2].

Pour simuler une pompe dans la réalité, il s'agit donc de recréer les mêmes conditions de fonctionnement (profondeur,

débit ...) existant au niveau de l'exploitation (usine, exploitation agricole, ferme...). Pour garder ou fixer cette profondeur, il s'agit de manipuler le robinet vanne de laminage installée à la sortie de la conduite de refoulement en jouant sur la section utile de la canalisation [1].

Au fur et à mesure que l'ensoleillement varie brusquement, la régulation de débit (laminage) est simultanée pour préserver les mêmes conditions d'installation.

Le point de fonctionnement de la pompe reste fixé tant que les caractéristiques de cette dernière (débit, pression, rendement) restent constantes ainsi que les caractéristiques du générateur photovoltaïque (courant, tension, puissance) restent constantes au fil du temps.

Dans notre cas où la pompe est installée au fil du soleil, le point de fonctionnement fluctue et varie au cours de journée.

II. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le banc d'essais représenté par la figure 1, il est composé d'un puits artificiel d'une profondeur d'environ 2m en acier inoxydable, une pompe immergée de type Grundfos (900 watt) alimentée par un générateur photovoltaïque de puissance variable, un data logger pour l'acquisition de données et un ordinateur de bureau pour mesure et contrôle [1].

Notre système comporte une pompe immergée dans l'eau de puits, une branche de refoulement, une branche du retour de l'eau pompée dans le puits (circuit fermé), des capteurs et transducteurs de débit, niveaux et pressions, une armoire de contrôle, visualisation, et connexion pour des mesures avec instrumentation additionnelle externe [1].

Les différents capteurs utilisés dans le banc d'essais sont les suivants:

- Capteur de pression différentielle pour la mesure du niveau d'eau du puits
- Deux Capteurs de pression manométrique de sortie de la pompe à tester

- Débitmètre pour la branche de 32 mm de diamètre
 - Débitmètre pour la branche de 50 mm de diamètre
- Les éléments de régulation et de fermeture sont les suivants :

- Deux vannes manuelles de diamètre 50 mm (1/2)
- Robinet vanne de régulation de diamètre 50 mm.

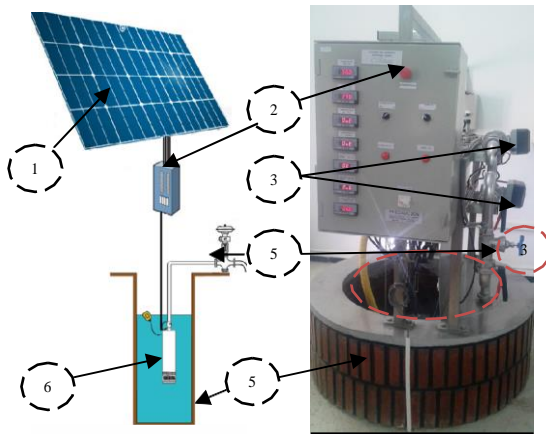


Fig.1: système de pompage et banc d'essai

- 1 : Générateur photovoltaïque 2 : Armoire électrique ,3 : Débitmètre,
4 : Robinet vanne ,5 Puit, 6 : Pompe immergée

III. METHODOLOGIE

Notre essai consiste à installer une pompe immergée de type Grundfos (900w) pour test dans le puit pendant la journée (fig. 1).

Dans un premier lieu nous installons la pompe à une hauteur manométrique totale quelconque (HMT = différence de niveau + la somme des pertes de charges) où la vanne de régulation (laminage) installée à la sortie de la conduite de refoulement est fixée à une ouverture de 90%. Ensuite nous maintenons la pompe installée à une (HMT) fixe, pour cela nous procédant au manœuvre du robinet de régulation.

Ces manipulations ce fait pendant toute la journée pour :

- une HMT variable
- une HMT fixe égale à 20
- une HMT fixe égale à 25
- une HMT fixe égale à 30 m.

IV. POINT DE FONCTIONNEMENT

Le point de fonctionnement de la pompe est le couple HMT/Débit correspondant au fonctionnement de la pompe compte tenu des pertes de charge dans le réseau. Lors de l'installation de la pompe un point de fonctionnement sera trouvé, débit et HMT vont s'équilibrer.

A. Pompe à vitesse constante

Pour connaître ce point de fonctionnement il faut réaliser un graphe représentant la courbe caractéristique du réseau. Ce graphe est tracé en calculant les pertes de charge pour différents débits dans le réseau.

Le point d'intersection de cette courbe avec la courbe caractéristique de la pompe donne le point de fonctionnement de la pompe sur ce réseau (fig. 2).

B. Pompe à vitesse variable

Il n'est pas facile de déterminer le point de fonctionnement d'une pompe installé au fil du soleil, car cette dernière marche à vitesse variable qui est en fonction de l'ensoleillement et du courant électrique.

Pour simplifier, supposons que la pompe marche à hauteur statique égale à zéro (cas d'un circuit fermé), nous obtiendrons plusieurs courbes de la pompe à différente vitesse de rotation (figure 2).

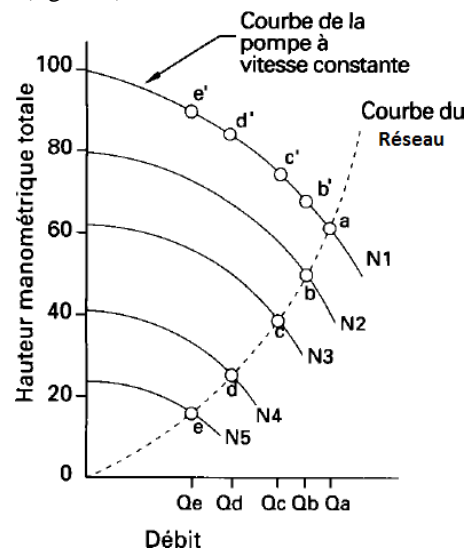


Fig2. Courbe à vitesse constante par rapport aux courbes à vitesse variable [3].

C. Courbes de réseau

Pour un circuit fermé munie d'une vanne de laminage (notre cas), la pression n'est utilisée que pour vaincre les pertes de charge, or, les pertes de charge d'une conduite munie d'une vanne de laminage sont proportionnels au carré de la vitesse, donc du débit, entraînant une caractéristique parabolique :

$$H = KQ^2 [4]$$

Pour des positions différentes de la vanne de laminage nous aurons plusieurs courbes de réseau fig 3.

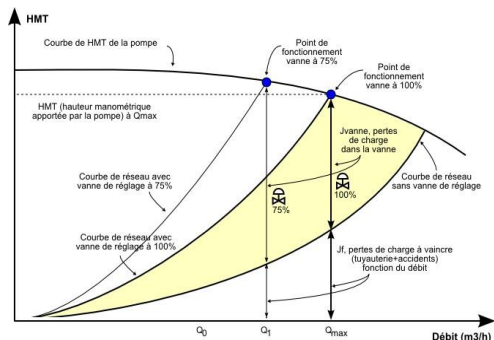


Fig3. Courbes de réseau [5].

V. RESULTATS POUR UNE HAUTEUR MANOMETRIQUE VARIABLE

Les données ainsi recueillies permettent de tracer les courbes caractéristiques de la pompe (débit, HMT, puissance absorbée, puissance fournie, rendement,) et les caractéristiques du générateur photovoltaïque (l'ensoleillement, courant électrique, tension).

A. débit

La figure ci-dessous montre la variation de débit pendant la journée.

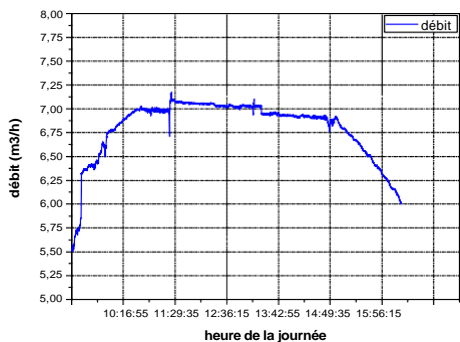


Fig4. variation de débit pendant la journée

B. Puissance hydraulique

Les données de débit et HMT requiers permettent de calculer la puissance fournie par la pompe qui est donnée par la formule suivante (cas de l'eau, poids spécifique égale à 1) :

$$P_{for(w)} = \frac{Q \cdot H}{3.67} \quad [6]$$

- Pfor : puissance fournie (kw)
- HMT : Hauteur manométrique totale (mCE)
- Q : débit (m3/h)

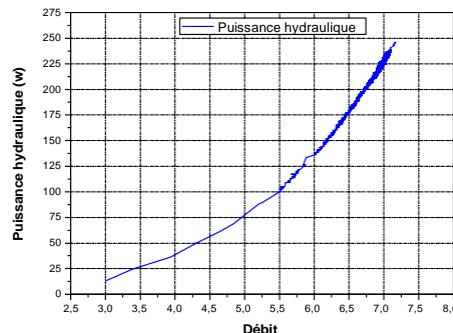


Fig5. variation de la puissance hydraulique en fonction débit

C. Rendement

Après le calcul de la puissance absorbée et la puissance fournie par la pompe nous procédons au calcul du rendement.

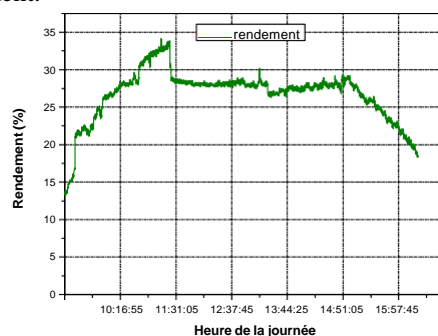


fig.6 variation du rendement pendant la journée

VI. RESULTATS POUR UNE HAUTEUR MANOMETRIQUE FIXE

Pour une HMT fixée à 30 mètre les caractéristiques de la pompe et du générateur photovoltaïque sont de type suivant :

A. Débit

Dans de ce système, le débit de la pompe dépend uniquement du courons du générateur photovoltaïque (fig. 7), il est altérer par la suite par la manipulation du robinet vanne à la sortie.

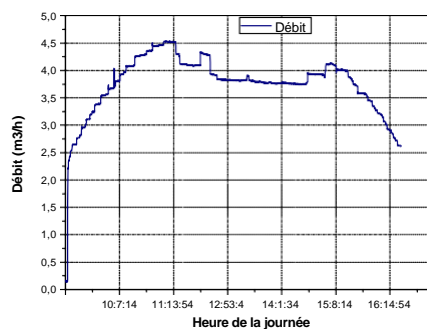


Fig. 7 variation du débit pendant la journée

B. Courant électrique du générateur

Le courant électrique varie en fonction de l'ensoleillement, il dépend aussi de la charge de la pompe (fig. 8).

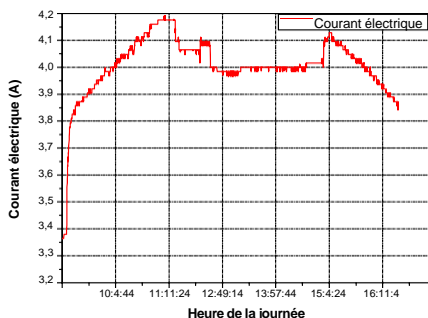


Fig. 8. Variation du courant électrique du générateur pendant la journée

C. Puissance hydraulique

Les données de débit et HMT permettent de calculer la puissance fournie par la pompe (cas de l'eau, poids spécifique égale à 1) (fig. 9).

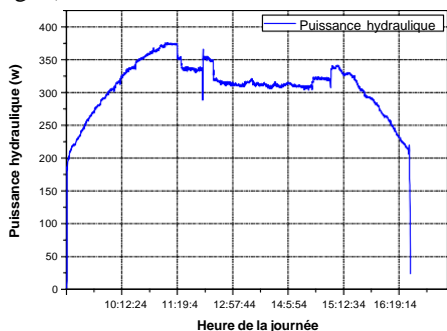


fig. 9 : Puissance hydraulique au cours de la journée

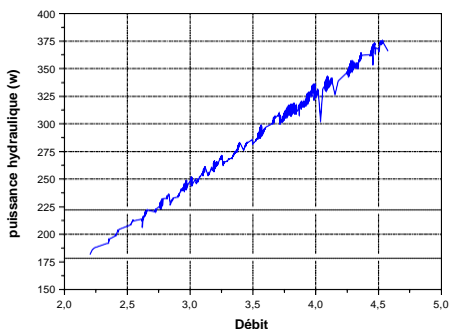


Fig10. variation de la puissance hydraulique en fonction débit

D. Rendement de la pompe

Après le calcul de la puissance absorbée et la puissance fournie par la pompe (pour HMT =20, 25, et 30 m) nous procédons au calcul du rendement des trois cas (fig.11).

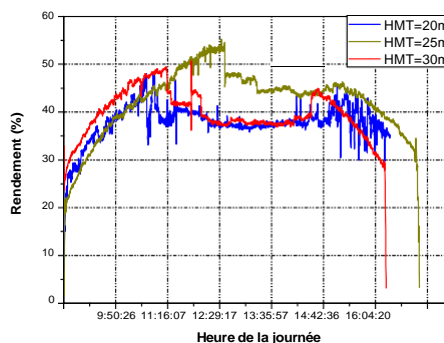


Fig11. Rendement de la pompe pour trois HMT différente

E. Courbes de performance

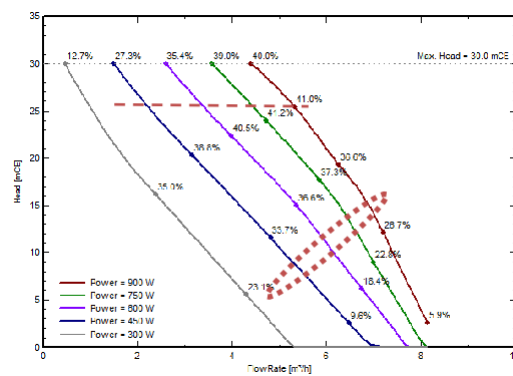


fig12. Courbes de performance.

VII. INTERPRETATION DES RESULTANTS

A. Hauteur manométrique totale variable

- D’après les figures 4, et 6 nous constatons que les caractéristiques, débit et rendement de la pompe dépendent directement de l’ensoleillement et qu’ils ont une forme semblable.
- Nous constatons d’après la figure 5 que la puissance hydraulique forme une parabole avec le débit
- La figure 6 nous indique que le rendement de la pompe n’est pas au maximum attendu.

B. Hauteur manométrique totale fixe

- D’après les figures 7 et 8 nous constatons que le débit dépend uniquement du courant électrique, ils ont une forme de courbe semblable.
- La puissance hydraulique de la pompe dans ces conditions d’installation dépend uniquement du débit et forme une ligne avec (fig.10).
- La figure 15 nous indique que le rendement de la pompe est maximum pour HMT =25m et ce là coïncide avec les courbes de performance du constructeur (fig. 12).

D’après la figure 12 nous avons pu suivre la fluctuation du point de fonction qui diffère des deux types de manipulation.

VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Pour une pompe installée à une HMT variable, les caractéristiques (débit, HMT, rendement) de la pompe

dépendent des caractéristiques du générateur photovoltaïque qui ne sont pas constant dans le temps, cela provoque une fluctuation du fonctionnement de la pompe, cette dernière ne marche pas dans les conditions de fonctionnement optimal (pompe est installée hors plage de bon fonctionnement).

Pour une pompe installée à une HMT fixée, cette dernière est installée à un point de fonctionnement qui dépendra du HMT fixé au paravent, elle donne de bon rendement (cas du HMT fixée égale à ≈ 25 m).

Il est recommandé avant de procéder à une installation de pompage au fil du soleil de

- De bien choisir la ou les pompes qui donnent de bonne performance à l'HMT désirée après test au labo
- Déterminer le système de régulation adéquat

IX. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] H.Ammar &al." L'influence de la variation de débit sur les performances d'une pompe solaire", Le 2ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012.
- [2] A. Labouret, M. Viloz. Énergie solaire et photovoltaïque, 2ème édition, technique et ingénierie: série environnement et sécurité .Paris, Dunod, 2005, 303 pages.
- [3] Guide technique Systèmes de pompage « Les économies d'énergie électrique dans les systèmes de pompage », Hydro-Québec, 1993
- [4] L'adaptation des pompes et des ventilateurs aux besoins « variation de vitesse »
- [5] Cours pompe centrifuge: réseau, courbe de réseau. Available: http://www.azprocede.fr/Cours_GC/pompe_centrifuge_reseau.html
- [6] A. Hadj Arab," L'énergie solaire photovoltaïque" , Bulletin des Energies Renouvelables. CDER, Algérie, N° 19 2011.