

Expérimentation et Performances d'une Pompe Mono-cavité Progressive

Abderrahmane Hamidat, Maiouf Belhamel, Ali Malek,
Mohamed Tahar Boukadoum et Said Diaf

Centre de Développement des Energies Renouvelables
BP.62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie
(Accepté le 20.06.98)

Résumé — Les pompes centrifuges sont les plus utilisées dans le monde et les résultats obtenus ont démontré que ces pompes présentent, pour des grandes profondeurs, deux inconvénients majeurs: un faible rendement de pompage, inférieur à 10% à 20 m, et un seuil de démarrage en énergie très élevé. Le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) a participé dans un projet Européen (Programme Avicenne 95) sur le pompage photovoltaïque, consistant à tester d'autres types de pompes de faible puissance et de sélectionner les pompes présentant les meilleures performances, afin de les développer et de les promouvoir. Dans cet article, nous présentons les résultats de tests effectués au CDER sur une pompe immergée à mono-cavité progressive. Ces résultats ont montré que cette pompe possède un rendement de pompage très élevé, supérieur à 60 % à 55 m, sur une large gamme en hauteurs manométriques.

Abstract — Centrifugal pumps present the state of the art for most application in the world. But for deep well pumping two major inconveniences exist; a weak pumping efficiency lower to 10% at 20 metres and a high power threshold value. The Centre of Renewable Energy of Development (CDER) participated in an European project (Avicenne 95 Program) on the photovoltaic pumping. The aims of this project consist to test the new generation of pumps which have a weak power range (lower than 800 W), and to select pumps presenting the best pumping performance, in order to develop and to promote them. In this article, we present results of tests of a progressing cavity pump, which are carried out at the CDER. These results showed that this pump has a very high pumping efficiency on a large range of total dynamic head ($> 60\%$ for head = 55 m).

Mots clés: Energie, Eau, Photovoltaïque, Pompe, Pompage, Centrifuge, Mono-cavité,,Immergé.

1. INTRODUCTION

L'utilisation de l'énergie photovoltaïque dans le domaine de l'alimentation en eau potable et pour la petite irrigation ne cesse d'augmenter dans le monde. Les pompes centrifuges sont les plus utilisées à cause de leur fiabilité et ne nécessitant pas une grande maintenance. Seulement l'utilisation de ces pompes dans les grandes profondeurs est très coûteuse à cause du faible rendement de pompage, inférieur à 10 % à 20 m, et du seuil énergétique de démarrage élevé [1].

Le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) a participé dans un projet Européen (Programme Avicenne 95) sur le pompage photovoltaïque, consistant à tester d'autres types de pompes de faible puissance (inférieurs à 800 watts) et de sélectionner les pompes qui présentent les meilleures performances, afin de les développer et de les promouvoir [2, 3]. Parmi ces nouvelles pompes, nous avons testé une pompe immergée à mono-cavité progressive de 400 watts, couplée à un moteur à courant continu sans balais de très haut rendement.

2. PRESENTATION DU SYSTEME TESTE

Le système de pompage photovoltaïque est testé sur un banc d'essai réalisé à cet effet au niveau du Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER). Les principaux éléments de ce système sont les suivants (Fig. 1):

- Champ PV: La puissance crête du champ PV est de 300 Wc. Il est constitué de six modules photovoltaïques UDT50 connectés en série, de puissance crête 50 Wc. Ce module est composé de 36 cellules carrées (10 x 10 cm) au silicium monocristallin.
- Contrôleur électronique: Le contrôleur est un dispositif électronique servant d'interface entre le champ PV et le moteur. Son rôle est d'optimiser l'utilisation de l'énergie produite par le champ de modules PV. Cette optimisation s'effectue par un meilleur transfert de l'énergie entre le champ PV et le groupe moto-pompe par un suivi efficace du point de puissance maximum du champ PV.
- Groupe moteur-pompe: L'élément hydraulique est constitué de la pompe immergée de type mono-cavité progressive appelée "screw pump" et couplée directement à un moteur à courant continu sans balais de très haut rendement.

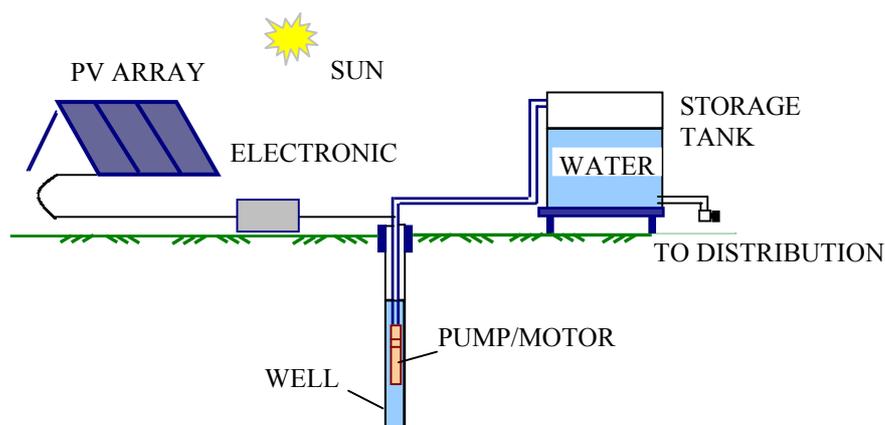


Fig.1: Système de pompage photovoltaïque

3. PROCEDURE DE TEST ET DE MESURE

La procédure utilisée des tests est celle présentée dans la procédure de tests réels du Programme Avicenne sur le pompage PV. Le sous-système de pompage (contrôleur, moteur et pompe) est caractérisé par la mesure des grandeurs instantanées à des différents niveaux d'éclairiments solaire et à des hauteurs manométriques totales (hmt) [4].

Les paramètres instantanés mesurés et qui sont nécessaires pour caractériser la pompe sont: la tension V_a et le courant I_a du champ P.V., la pression dans la colonne hydraulique P , le débit Q de la pompe, l'éclairement H dans le plan du champ P.V. et la température T_{eau} de l'eau [5].

4. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les paramètres mesurés sur le banc d'essai et les paramètres déduits sont mentionnés dans Tableau 1. Pour une puissance utile constante délivrée par le champ PV, le rendement du sous-système et le débit de la pompe en fonction de la hmt sont illustrés par des courbes ci-après (Figures 2 à 7). Le tableau 2 illustre les valeurs du rendement et de débit en fonction de la puissances utile, ces valeurs sont obtenues graphiquement à l'aide des courbes citées ci-dessus. Egalement, le rendement et débit sont illustrés par des courbes (Figures 8 à 11).

Tableau 1: Résultats expérimentaux de la pompe en fonction de l'éclairément H

Alger - 02.11.96, Pompe=SM021 Puissance Générateur PV = 300Wc, $t_{\text{eau}}=26.1^{\circ}\text{C}$											
TSV (hh:mm)	Temps (s)	Volume (l)	Q (l/s)	Ia (A)	Va (V)	P (bar)	H W/m ²	Pa (W)	Ph (W)	Esub (%)	Hmt (m)
09:24	10.67	3.85	0.361	1.19	107.54	0.9044	538	127.972	35.839	28.00	10.12
09:26	12.03	3.60	0.299	1.82	83.66	2.0136	544	152.261	62.829	41.26	21.42
09:28	14.35	3.45	0.240	1.84	83.64	3.1353	549	153.897	77.342	50.25	32.85
09:34	16.27	3.60	0.221	1.92	83.56	4.1440	574	160.435	92.856	57.88	42.83
09:36	19.33	3.50	0.181	1.95	83.52	5.2275	584	162.864	96.185	59.06	54.17
09:38	25.87	3.50	0.135	1.98	83.56	6.1597	594	165.448	84.321	50.96	63.67
09:46	24.89	3.40	0.097	2.05	83.42	7	613	171.011	68.732	40.19	72.23
10:41	10.44	3.60	0.345	1.19	109.22	1.0501	724	129.971	39.259	30.20	11.60
10:43	10.78	3.75	0.348	1.62	106.76	2.0815	737	172.951	75.481	43.64	22.11
10:45	10.95	3.60	0.329	2.45	83.60	3.1161	738	204.820	105.377	51.45	32.65
10:47	13.23	3.55	0.268	2.48	83.56	4.2658	744	207.228	116.652	56.29	44.37
10:49	15.90	3.75	0.236	2.52	83.46	5.2368	756	210.319	125.621	59.73	54.26
10:51	20.11	3.80	0.189	2.48	83.38	6.1686	749	206.782	118.217	57.17	63.75
10:53	27.18	3.80	0.140	2.52	83.32	7	760	209.966	99.201	47.25	72.23
10:55	47.97	3.75	0.078	2.47	83.14	8	746	205.355	63.066	30.71	82.42
10:59	92.51	2.60	0.028	2.51	83.08	9	756	208.530	25.438	12.19	92.61

Tableau 2: Rendements et débit en fonction de la hmt pour Pa=160, 190 et 206W

Hmt(m)	PV=300 Wc, Pa =160W		PV=300Wc, Pa=190W		PV=300Wc, Pa=206W	
	Q(l/s)	Esub(%)	Q(l/s)	Esub(%)	Q(l/s)	Esub(%)
10	-	-	-	-	-	-
20	0.300	40	-	-	-	-
30	0.250	50	0.305	48	0.335	50
40	0.230	57	0.270	55	0.290	55
50	0.200	59	0.225	60	0.250	59
60	0.150	56	0.175	56	0.210	58
70	0.110	44	0.125	46	0.155	51
80	-	-	0.080	31	0.090	35
90	-	-	0.030	12	0.040	17

5. DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Les courbes expérimentales, du rendement du sous-système Esub en fonction de la hmt ont des formes paraboliques, et présentent un maximal pour une puissance utile Pa et une hmt données. Généralement, pour une Pa donnée, le rendement de cette pompe est supérieur à 50 % sur un intervalle supérieur à 30 m de hmt. Dans certains cas, le rendement maximum dépasse les 60 % pour des hmts égales à 55 m (Figures 2, 3 et 4). Le point du rendement maximal varie proportionnellement en fonction de la puissance utile Pa et présente également une valeur maximale pour chaque hmt donnée (Figures 8 et 9). Pour une puissance utile Pa fixe, le débit est inversement proportionnel à la hmt (Figures 5, 6 et 7). Pour Pa = 198 W et dans l'intervalle 30-60 mètres, ce débit diminue de 0,33 l/s (1,2 m³/h) à 0.19 l/s (0,8 m³/h). Par contre pour une hmt fixe, ce débit est proportionnel à la puissance utile Pa (Figures 10 et 11). Malgré la faible puissance du générateur PV, les résultats obtenus sur cette pompe sont caractérisés par de très bonnes performances en rendement et en débit.

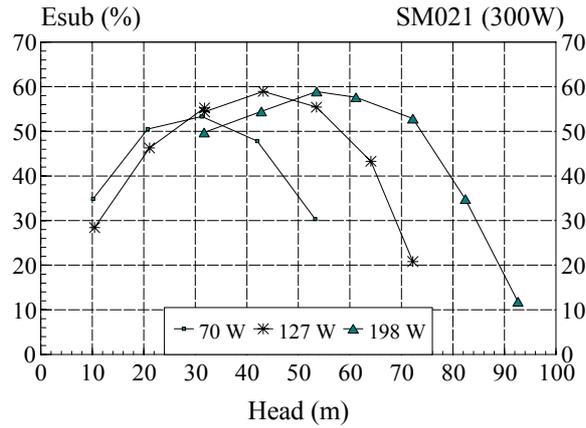


Fig. 2: Rendement de pompage pour une puissance utile $P_a = 70, 127$ et 198 W

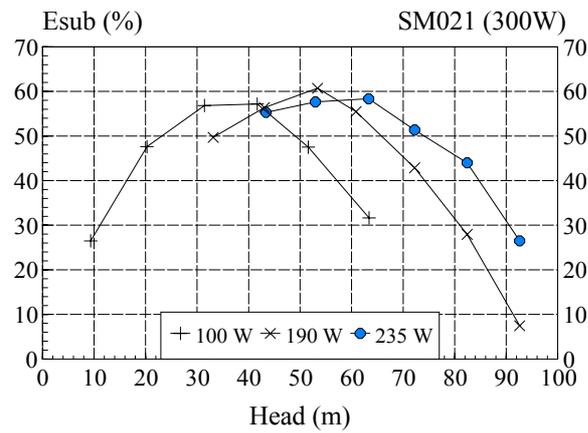


Figure 3: Rendement de pompage pour une puissance utile $P_a=100, 190$ et 235 W

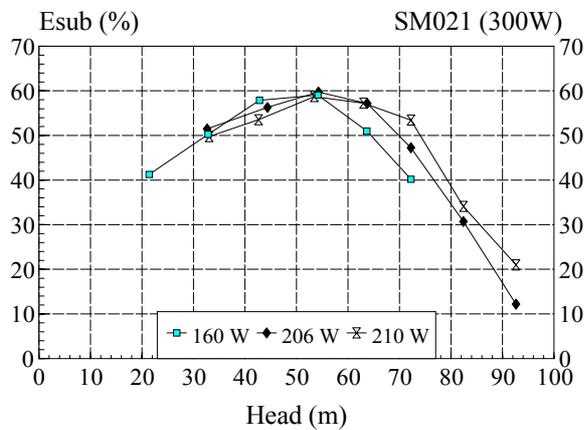


Fig. 4: Rendement de pompage pour une puissance utile $P_a = 160, 206$ et 210 W

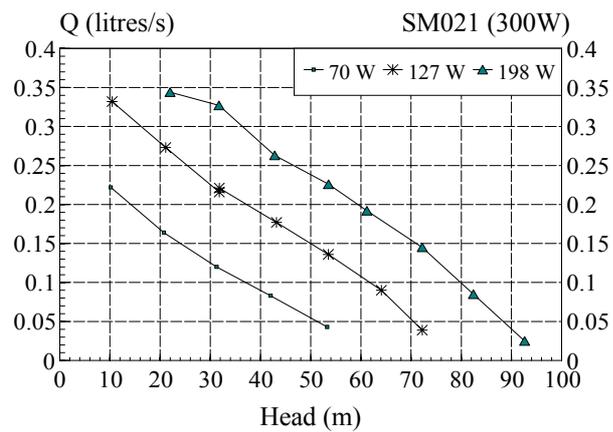


Fig. 5: Débit de la pompe pour une puissance utile $P_a=70, 127$ et 198 W

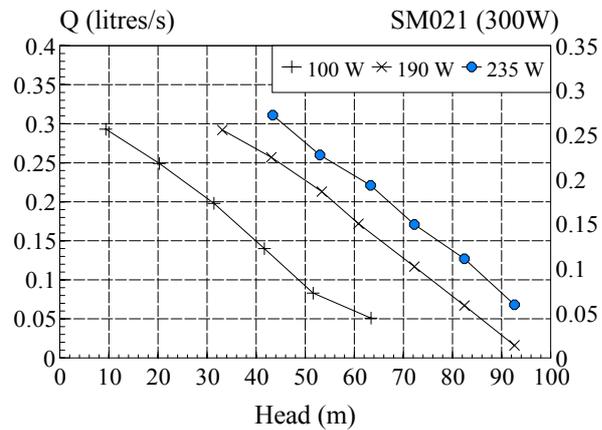


Figure 6: Débit de la pompe pour une puissance utile $P_a=100, 190$ et 235 W

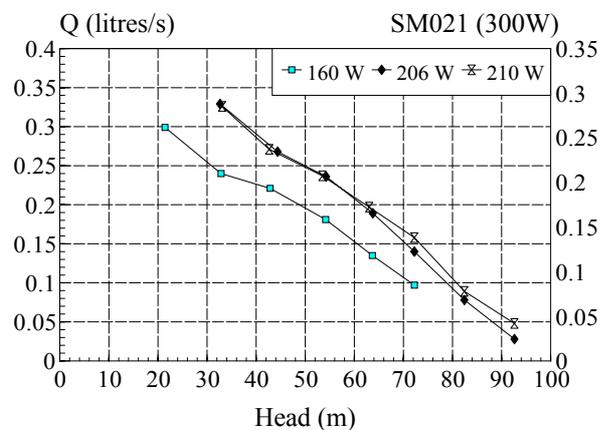


Fig. 7: Débit de la pompe pour une puissance utile $P_a = 160, 206$ et 210 W

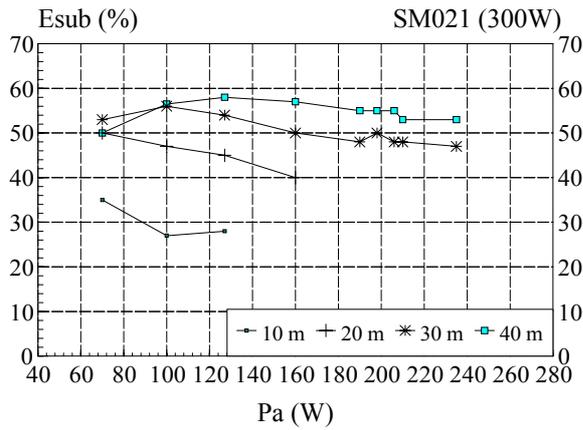


Fig. 8: Rendement de pompage pour hmt=10, 20, 30 et 40 m

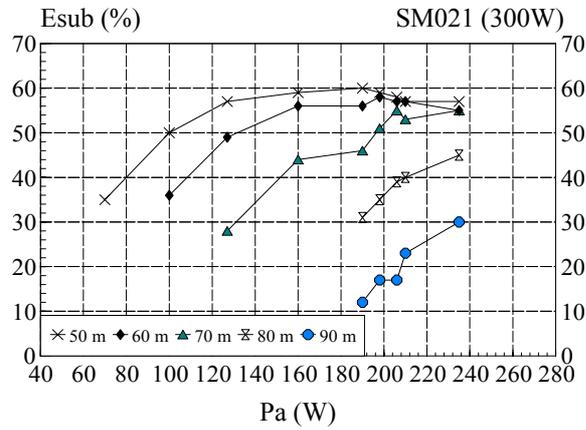


Figure 9: Rendement de pompage pour hmt=50, 60, 70, 80 et 90 m

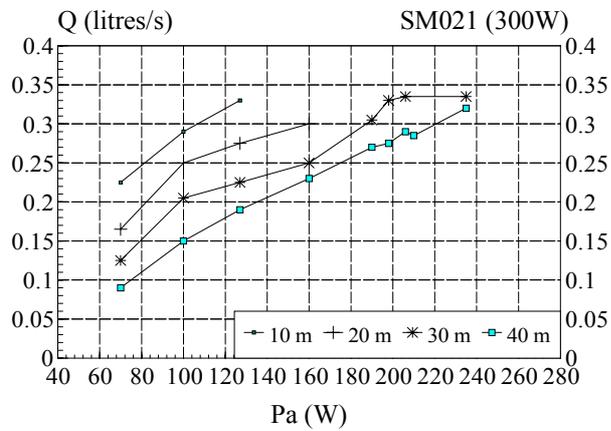


Fig. 10: Débit de la pompe pour hmt = 10, 20, 30 et 40 m

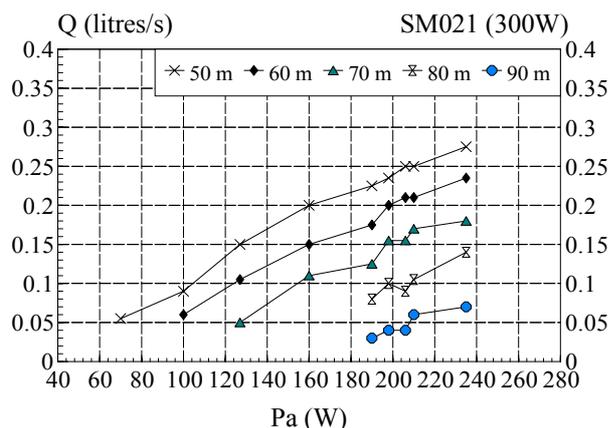


Fig. 11: Débit de la pompe pour hmt = 50, 60, 70, 80 et 90 m

Ainsi elle peut être largement utilisée pour l'alimentation en eau potable surtout pour des grandes profondeurs. Seulement le coût très élevé de l'électropompe proposé par le constructeur a absorbé une partie du gain obtenu par la diminution de la taille du générateur PV [6] et de ce fait, le coût du mètre cube d'eau délivré n'a pas bénéficié totalement de cette diminution du coût du générateur PV.

NOMENCLATURE

Esub	Rendement du sous-système [%]	Pa	Puissance utile [W]
H	Eclairement solaire [W/m^2]	Ph	Puissance hydraulique [W]
Hmt	Hauteur manométrique [m]	Q	Débit d'eau [l/s]
Ia	Courant du champ PV [A]	Va	Tension du champ PV [V]
P	Pression [Bar]	TSV	Temps solaire vrai [Heure]

REFERENCES

- [1] A. Hamidat, "Perspectives du pompage photovoltaïque pour des grandes et faibles profondeurs", Journées Nationales d'Etudes Techniques et de Valorisation sur l'Energie Solaire, ENA, Alger, 29-30 Juin 1996.
- [2] R. Barlow et A. Derrick, "Solar pumping for rural development: Current status and future directions", BWEA/RAL International Workshop, Rutherford Appleton Laboratory, UK, 02 June 1995.
- [3] PV Pumping Equipment Survey, ITPower Ltd, EC AVICENNE Programme, Contract AVI-CT94-0004, February 1996.
- [4] A. Hamidat, M. Belhamel, A. Malek, M.T. Boukadoum, S. Diaf, "CDER Final Field Test Report", EU Contract N°: AVI-CT94-0004, January 1997.
- [5] A. Hamidat, M. Belhamel, A. Malek, M.T. Boukadoum, S. Diaf, "Expérimentation d'un nouveau type de pompe: pompe à mono-cavité progressive", 2^{ème} Colloque Maghrébin sur l'Hydraulique, 20-21 Mai 1997, Zéralda, Algérie.
- [6] A. Hamidat, "Performances et analyses des coûts des systèmes de pompage PV", 2^{ème} Colloque Maghrébin sur l'Hydraulique, 20-21 Mai 1997, Zéralda, Algérie.