

OPTIMISATION ENERGETIQUE D'UN SYSTEME DE POMPAGE : APPLICATION A LA STATION DE RASSAUTA

ENERGY OPTIMIZATION OF A PUMPING SYSTEM: APPLICATION AT THE RASSAUTA STATION

Ahcene BOUACH. Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau. Ecole Nat. Polytech. Alger. bouach@yahoo.fr

Saadia BENMAMAR. Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau. Ecole Nat. Polytech. Alger. saida.benmamar@g.enp.edu.dz

RESUME : La surconsommation énergétique dans les stations de pompage d'eau potable entraîne des pertes énergétiques considérables. Pour cette raison, nous avons développé un outil de gestion de pompage RNAG qui permet d'optimiser l'énergie consommée par le système de pompage tout en respectant les conditions de fonctionnement hydrauliques dans le réservoir de distribution (château d'eau). Cet outil comporte deux modèles, un modèle de prévision de la demande en eau potable basé sur les réseaux de neurones artificiels (RNA), et un modèle d'optimisation via les algorithmes génétiques (AG). Les résultats obtenus ont montré la fiabilité et l'efficacité de l'outil élaboré (RNAG). Le planning de l'outil a permis d'économiser en un jour 39,4%.

Mots clés :Optimisation, prévision, station de pompage, eau potable.

ABSTRACT:The excessive energy consumption in the pumping stations of drinking water leads to considerable energy losses. For this reason, we have developed a pumping management tool (NNGA) that optimizes the energy consumed by the pumping system while respecting the hydraulic operating conditions in the distribution tank. This tool includes two models, a drinking water demand forecasting model based on Artificial Neural Networks (ANN), and an optimization model by Genetic Algorithms (GA). The results obtained showed the reliability and the efficiency of the developed tool (NNGA). The planning of the tool saved 39.4% in one day.

Keywords: Optimization, forecasting, pumping station, drinking water.

INTRODUCTION

L'énergie consommée par les systèmes de pompage représente environ 20% de l'énergie consommée à l'échelle mondiale (BATCHABANI, 2014), une quantité considérable de cette énergie est perdue à cause de la mauvaise gestion dans la phase exploitation. L'optimisation énergétique permet de réduire considérablement l'énergie consommée, outre les conséquences positives directes et indirectes de cette action sur différents plans économiques, techniques et environnementaux (GHIMIRE, 2008). Pour ces différentes raisons nous avons développé un outil de gestion RNAG qui permet de gérer les systèmes de pompage d'une façon durable en réalisant des économies considérables en énergie.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La station de pompage étudiée se situe dans la région de Rassauta dans la banlieue Est de la capitale Algérienne. Cette station comporte trois pompes centrifuges dont deux en fonctionnement et une en secours, alimentant un château d'eau de 1500 m³ (Fig.1). Ce dernier dessert la partie Est de la ville de Bordj El Kiffan et approvisionne également le château d'eau d'El Hamiz. La gestion de la station de pompage est faite par la SEAL (Société des eaux et de l'assainissement d'Alger). Le type de pompage utilisé repose sur une régulation par délestage des pompes en fonction du volume d'eau dans le château d'eau.

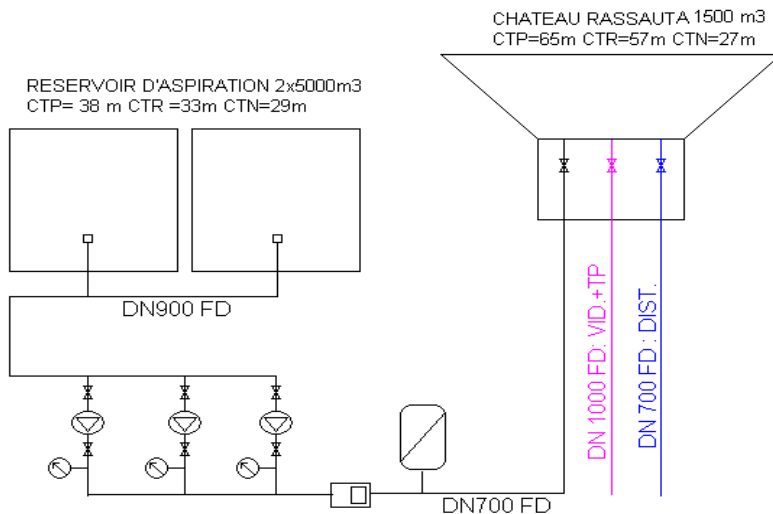


Fig.1. Schéma du système de pompage de Rassauta(SEAAL, 2017).

OUTIL DE GESTION DE POMPAGE RNAG

L'outil RNAG est basé sur les algorithmes génétiques pour la partie optimisation et la technique des réseaux de neurones artificiels pour la prévision de la consommation.

Modèle de prévision de la demande

Pour la prévision de la demande, nous avons utilisé la technique des réseaux de neurones artificiels (RNA), qui a montré une grande capacité de résoudre les problèmes de prévision de la demande en eau grâce son pouvoir de maîtriser la relation non-linéaire entre les variables déterminants de la demande en eau (Pulido-Calvo et al., 2011 ; belhassen et al. ,2016).

Notre modèle de prévision RNA comporte trois couches(figure 2) : une couche d'entrée, une couche cachée et une couche de sortie. La couche d'entrée contient 44 neurones : 12 neurones pour le mois, 7 neurones pour le jour de la semaine, 24 neurones pour l'heure du jour, 1 neurone pour la consommation de l'heure précédente. Une partie des données historiques a été utilisée pour l'apprentissage du modèle, alors que l'autre partie a été utilisée pour appliquer le modèle.

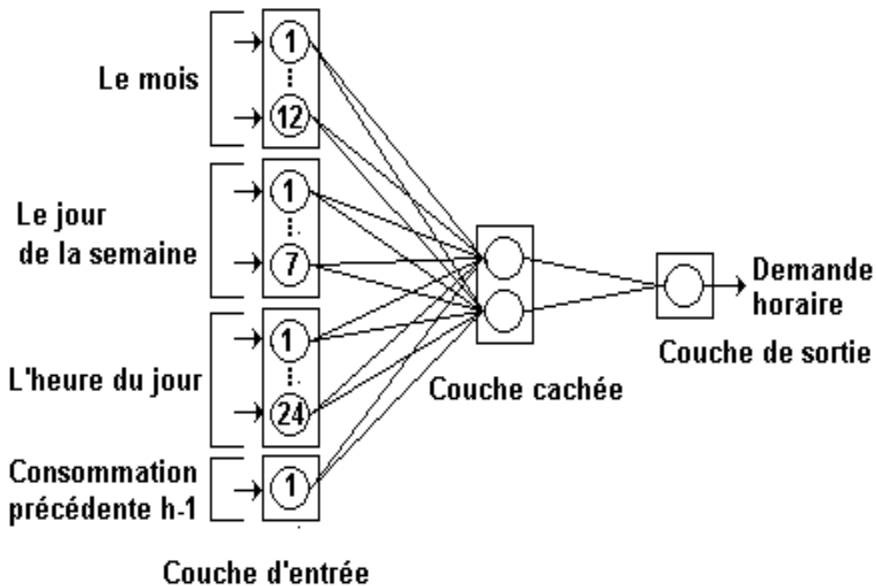


Fig.2. Structure du modèle des réseaux de neurones artificiels

Modèle d'optimisation par les algorithmes génétiques AG

L'approche des algorithmes génétiques représente une des meilleures techniques pour résoudre les problèmes d'optimisation combinatoire dans laquelle s'inscrit notre travail (NAFI, 2006 ; SIOUD, 2011). Notre modèle d'optimisation a consisté à générer un ensemble de n individus constituant la population initiale. Ces individus seront ensuite évalués à l'aide d'une fonction de Fitness (équation 1). Ces individus passent par un processus d'opérations génétiques qui permet de générer la nouvelle génération tout en sanctionnant les individus qui ne respectent pas les contraintes d'optimisation (équation 2). Ce processus sera répété jusqu'à vérification du critère d'arrêt. A la fin des calculs, la solution optimale représentera les variables de décisions optimales du problème d'optimisation.

$$\text{Min} \left\{ \sum_{t=t_0}^{t=t_f} \sum_{n=1}^{n_p} \frac{\rho g H(t, n) Q_p(t, n)}{\eta(t, n)} \right\} \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{\min} < V(t) < V_{\max} \\ V(t) = V(t-1) + Q_p(t-1) - Q_c(t-1) \\ 0 < Q_p(t) < Q_{\max} \end{array} \right. \quad (2)$$

Avec :

t_f : temps de pompage (heure);

n_p : nombre de pompe ;

ρ : masse volumique de l'eau (kg/m^3),

g : accélération de la pesanteur (m/s^2),

$H(t,n)$: pression de pompage à l'instant t avec n pompe en fonctionnement (m),

Q_p : débit de pompage à l'instant t avec n pompe en marche (m^3/s),

η : rendement de pompage à l'instant t avec n pompe en marche (%)

V_{\min} et V_{\max} : volumes minimal et maximal dans le réservoir respectivement (m^3) ;

$V(t)$: volume d'eau dans le réservoir à l'instant t (m^3);

$V(t-1)$: Volume dans le réservoir à l'instant $t-1$ (m^3);

$Q_p(t-1)$: débit de pompage à l'instant $t-1$ (m^3/s);

$Q_c(t-1)$: débit de consommation à l'instant $t-1$ (m^3/s);

Q_{\max} : débit de pompage maximal (m^3/s).

RESULTATS DE CALCUL

Prévision de la demande en eau

La prévision de la demande en eau pour un horizon de 24 heures a été excellente, et les critères de la qualité de prévision confirment cette performance, avec un coefficient de corrélation R égal à 0,95 et une moyenne des erreurs absolue MAPE égale à 4,37 pour la partie d'apprentissage et $R=0,98$ et $MAPE= 2,39$ pour la partie prévision de 24 heures. La figure 3 montre la demande en eau prévue par le modèle de prévision et la demande réelle. On constate que les deux courbes sont pratiquement confondues.

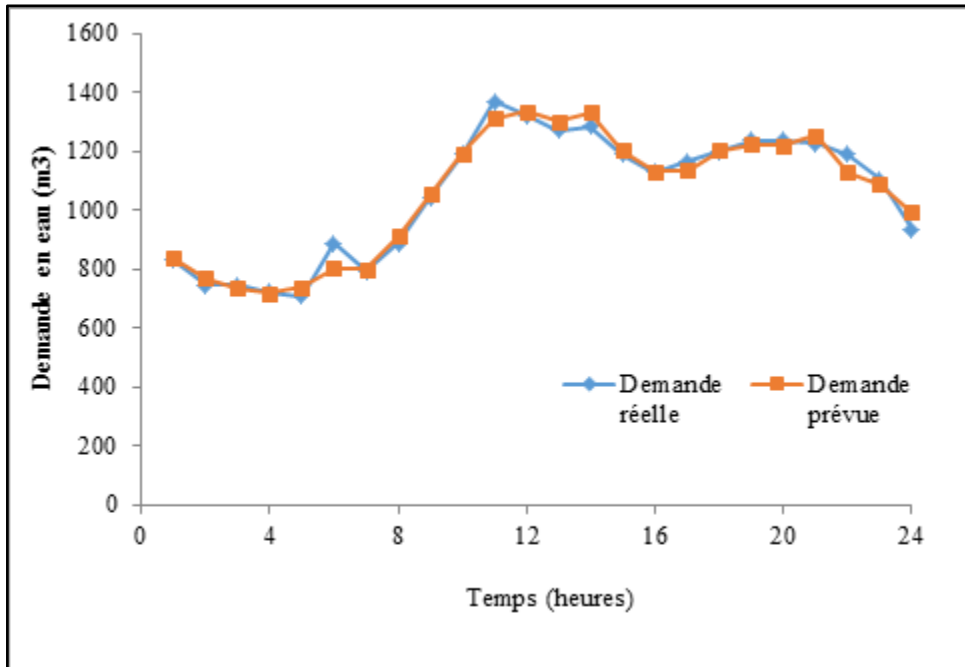


Fig.3. Demande en eau prévue et réelle.

Conditions de fonctionnement hydrauliques

L'exécution de notre outil de gestion RNAG génère le planning de fonctionnement des pompes à chaque heure. A partir de ce planning, nous avons calculé l'évolution de la réserve d'eau dans le château d'eau (Figure 4).

Cette évolution du volume d'eau montre que notre outil garantit une évolution de la réserve d'eau tout en respectant les conditions limites du volume d'eau (V_{\min} et V_{\max}).

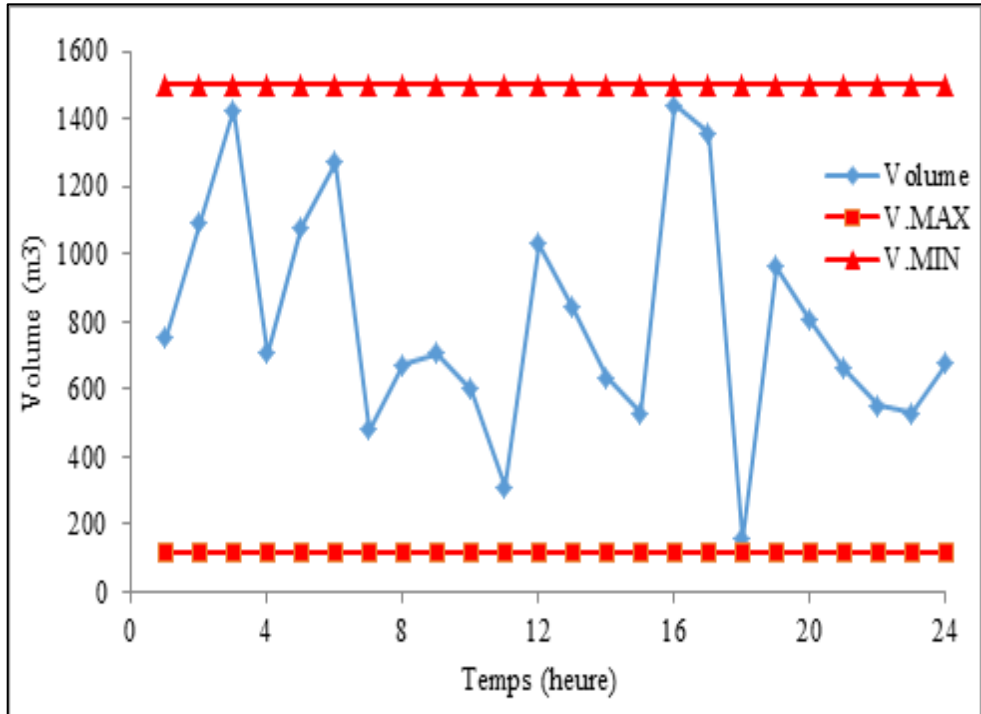


Fig.4. Evolution du volume d'eau dans le château d'eau

Energie consommée

L'outil d'optimisation RNAG a permis également d'obtenir de bons résultats concernant l'énergie consommée. Avec le planning de l'outil élaboré nous obtenons une consommation énergétique journalière de 2912,57 KWh (figure 5), alors que la consommation énergie du pompage employé par la SEAAL a atteint 4805,63 KWh. L'outil a permis d'économiser 39,4% de l'énergie consommée.

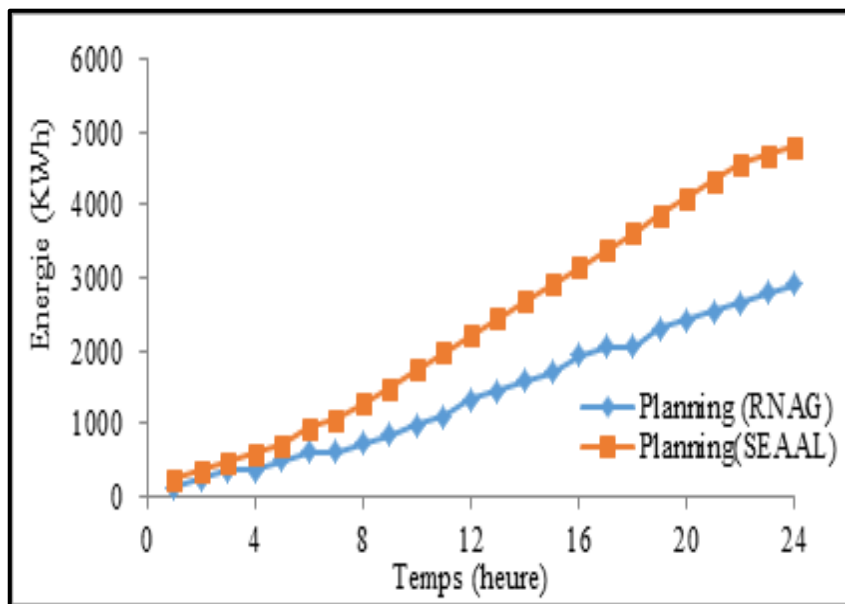


Fig.5. Energie consommée par les deux plannings de pompage

CONCLUSION

L'outil de gestion RNAG a réussi à réduire considérablement l'énergie consommée par la station de pompage de Rassauta, en permettant d'économiser 39,4% de l'énergie consommée, malgré que le type de pompage employé par la SEAAL qui est basé sur une régulation du pompage par volume d'eau (délestage des pompes en fonction du volume d'eau dans le château d'eau). Outre la réduction de l'énergie consommée, l'outil RNAG a permis de respecter les conditions de fonctionnement hydraulique, en maintenant le niveau d'eau dans le réservoir entre les deux seuils minimal et maximal, ce qui contribue à la préservation de l'eau, et la continuité du service.

La performance du modèle d'optimisation par les algorithmes génétique dépend directement de la fiabilité de la méthode d'estimation de la demande en eau. Rn effet, la bonne qualité de la prévision de la demande en eau a largement contribué à la bonne performance du modèle d'optimisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Batchabani E. (2014). *Nouvelle approche pour le dimensionnement et l'optimisation de la gestion des réservoirs et de la qualité de l'eau potable dans les réseaux de distribution*. Thèse de doctorat, Univ. Montréal.150p.
- Belhassen K., Nouiri I., Jeridia. & Rdiene, S. (2016). *Prévision de la demande en eau potable journalière par les réseaux de neurones artificiels : cas du système de réparation du grand du Tunis*. Conférence : Premier symposium international de l'association des géographes Tunisien TANGEO, Hammamet Tunisie (03-06 Novembre 2016)
- Ghimire S-R (2008). *The effect of demand, tank parameters and pumping stations on energy use in municipal drinking water distribution systems*. Doctoral thesis, Michigan Technology University, 148p.
- Nafi. A. (2006). *La programmation pluriannuelle du renouvellement des réseaux d'eau potable*. Thèse de doctorat. Univ.Louis Pasteur, Strasbourg I. 230p.
- Pulido-Calvo I. & Gutierrez-Estrada J-C. (2011). *Sélection et fonctionnement des stations de pompage des systèmes de distribution d'eau*. Journal de Recherche en Environnement Vol.5, Issue 3 pp. 1-20. ISSN : 1935-3049
- Sioud A. (2011). *Approches hybrides pour la résolution d'un problème d'ordonnancement industriel*. Thèse de doctorat. Univ. Québec à Chicoutimi. 196p.

&&&&&