

Production d'Electricité au Moyen d'un Système Hybride (Eolien- Photovoltaïque-Diesel)

M. Belhamel, S. Moussa et A. Kaabeche

Centre de Développement des Energies Renouvelables, BP62 Bouzaréah, CP 16340, Alger.

Résumé – *L'utilisation du photovoltaïque dans les zones isolées est sans conteste d'un grand avantage, de par sa facilité de mise en œuvre et le peu d'entretien qu'il nécessite. Mais, le Watt photovoltaïque délivré est assez coûteux pour les moyennes et grandes puissances par rapport aux autres sources d'énergie. Ainsi, les spécialistes ont été amenés à coupler plusieurs systèmes énergétiques (vent, solaire, diesel), afin de rendre a priori moins aléatoire les variables d'entrée et d'autre part à chercher une optimisation du stockage. De telles combinaisons de sources d'énergie sont appelées systèmes hybrides.*

Le but de cette étude est la réduction du coût des installations, par une optimisation de leur fonctionnement avec un recours éventuel à des générateurs auxiliaires. Une expérimentation d'un système hybride de faible puissance a été mise sur pied au niveau du site d'expérimentation de Bou-Ismaïl. Les performances du système éolien-photovoltaïque sont présentées, ainsi que la complémentarité de ces différentes sources d'énergie.

Abstract – *The use of photovoltaic systems in isolated sites is without doubt of great advantage, from its facility of settings and little maintenance required. But, the photovoltaic Watt is rather expensive, for average and great powers compared to other sources of energy. Thus the specialists were brought to couple several energy systems (wind, solar, diesel), in order to make less random the variables of entry and in addition to seek an optimization of the storage. Such combinations of sources of energy are called hybrid systems.*

The goal of this study is to apply these various sources of energy. An experimentation of a hybrid system of low power has been set at the site of Bou-Ismaïl. The performances of the wind-photovoltaic system are presented, as well as the complementarity of these various sources of energy.

Mots clés: Système hybride - Eolien - Photovoltaïque - Diesel.

1. INTRODUCTION

La combinaison de plusieurs sources d'énergies renouvelables permet d'optimiser au maximum les systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vue technique qu'économique.

Il existe plusieurs combinaisons de systèmes hybrides, à savoir : éolien-diesel [1-2-3], photovoltaïque-diesel [4], et éolien- photovoltaïque-diesel [5-6-7]. Ces mêmes sources d'énergies peuvent être combinées avec d'autres sources telle que l'énergie hydrauliques[8]. Les méthodes d'évaluation des systèmes hybrides éolien/photovoltaïque autonomes et leurs avantages se sont beaucoup développées ces dernières années. L'optimisation de l'énergie éolienne et photovoltaïque avec un stockage électrochimique (il existe d'autre solution de stockage notamment l'utilisation de l'hydrogène [9] qui donne une autonomie beaucoup plus importante que celles des batteries d'accumulateurs), avec ou sans apport de diesel, dépend beaucoup des modèles économiques de chaque système pris séparément (éolien et photovoltaïque). Un logiciel a été développé au laboratoire pour évaluer le dimensionnement optimal de chaque sous système.

L'avantage d'un système hybride par rapport à un système pur éolien ou pur photovoltaïque, dépend de beaucoup de facteurs fondamentaux : la forme et le type de la charge, le régime du vent, le rayonnement solaire, le coût et la disponibilité de l'énergie, le coût relatif de la machine éolienne, le champ photovoltaïque, le système de stockage électrochimique et d'autres facteurs d'efficacité.

Les systèmes photovoltaïques sont actuellement économiques pour les installations de faibles puissances. Pour les systèmes d'énergie autonomes le coût du stockage représente la plus grande contrainte du coût global du système pour les installations de grandes puissances.

Minimiser le coût du stockage et optimiser sa capacité est la raison essentielle de la combinaison des systèmes éolien et photovoltaïque.

2. ETUDE DU SYSTEME HYBRIDE

2.1. Présentation du système hybride

Le système hybride de production de l'énergie dans sa vue la plus générale, est celui qui combine et exploite plusieurs sources disponibles facilement mobilisables. Le système qui nous intéresse regroupe deux parties pour la production de l'énergie passant par un stockage électrochimique (figure.1).

Dans notre cas précis on s'intéresse aux systèmes de petite puissance produisant du courant continu facilement convertible en courant alternatif grâce à l'intégration d'un onduleur.

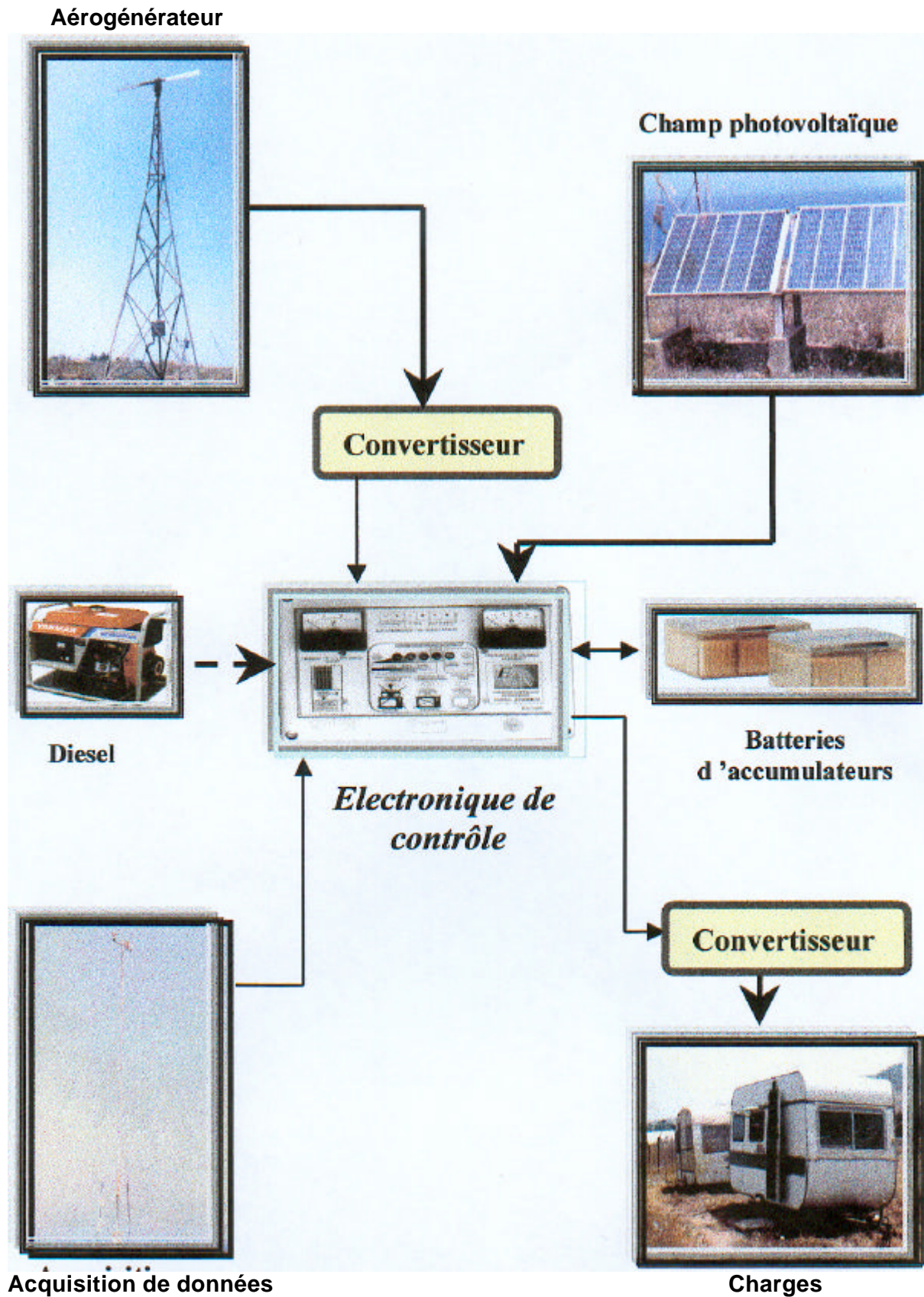


Fig. 1: Présentation du système hybride au niveau du site de Bou-Ismaïl (W.tipaza)

2.2. Définition du problème

L'objectif est d'alimenter une charge bien déterminée sur un site spécifique avec une énergie issue de la combinaison de l'éolien et du photovoltaïque. Le problème est de trouver un équilibre entre l'apport énergétique et la demande (la charge) qui est une fonction du temps (jour, saison et année). Chaque source d'énergie : l'énergie éolienne et le rayonnement solaire, varie en fonction du temps de la journée, de la saison et de l'année. L'équilibre entre l'apport énergétique de chaque source et la demande (type de charge) n'est pas toujours possible. le manque d'énergie sera compensé par l'introduction d'un stockage électrochimique tampon dans le système.

3. PREDETERMINATION DU PROFIL ENERGETIQUE DE LA DEMANDE

Le système hybride présenté est supposé alimenter une charge à usage domestique. Le dimensionnement d'un tel système de production de l'énergie dépend essentiellement du profil de la consommation à satisfaire. La puissance demandée par un foyer de nature donnée n'est pas figée le long de l'année. L'heure de sollicitation maximale du système énergétique par la charge varie en fonction des saisons conséquence à la variation de la durée du jour.

Pour notre part nous ne considérons que la demande en énergie électrique utilisable à des fins d'éclairage, de réfrigération ou d'utilités ménagères.

La figure (2) illustre la demande en énergie électrique journalière d'un foyer rural.

L'équipement le plus fréquemment utilisé se résume à : l'éclairage, la réfrigération, le téléviseur, le poste radio, le sèche cheveux, le fer à repasser et le moulin à café.

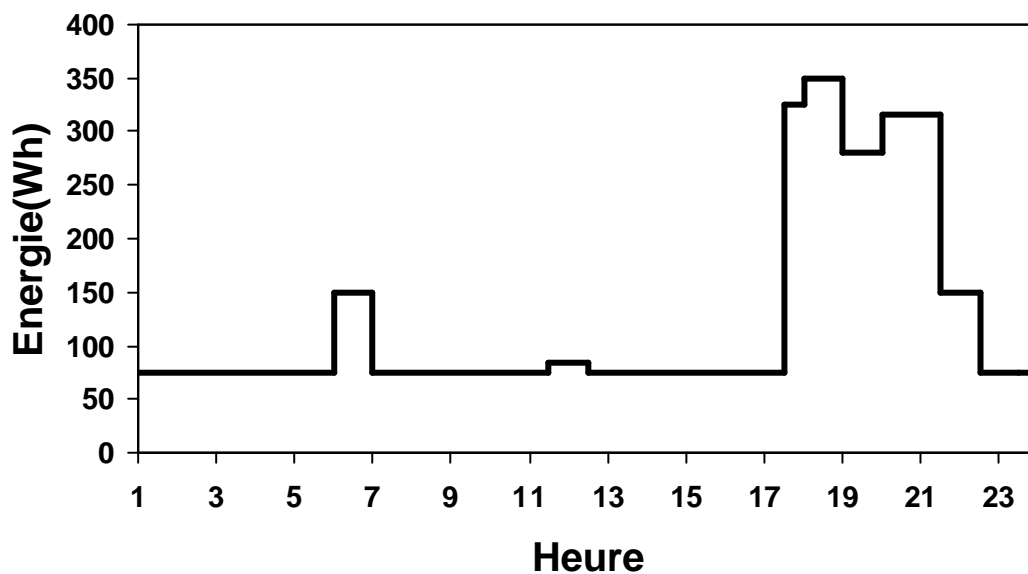


Fig. 2: Profil type de consommation journalière d'un foyer rural (Bou-Ismaïl)

Ce qui est le plus remarquable dans ce diagramme est la présence de la pointe d'énergie demandée, située la nuit et une charge de base (réfrigérateur) présente tout le long de la journée.

Cette énergie produite par batteries d'accumulateur serait importante si le système n'était composé que d'une source d'énergie (éolien ou photovoltaïque). Mais il est clair que ce stockage sera le plus important pour un système photovoltaïque-batterie où le potentiel solaire est concentré dans la journée ; alors que la demande est plus importante en période nocturne.

4. RESULTATS DE LA SIMULATION DES PERFORMANCES DU SYSTEME HYBRIDE

Un système hybride comprenant :

- Un aérogénérateur de 1 kW,
- Un générateur photovoltaïque de 400Wc ,

- Une batterie de 500Ah,

Une demande de profil de consommation d'énergie correspondant à celui d'un foyer rural type, est simulée pour une durée de fonctionnement d'une année.

Sur la figure (3), sont données les énergies mensuelles produites par le générateur hybride. On remarque la complémentarité entre les deux sources de production de l'énergie, avec une énergie produite maximale, en hiver pour l'éolien et en été pour le photovoltaïque.

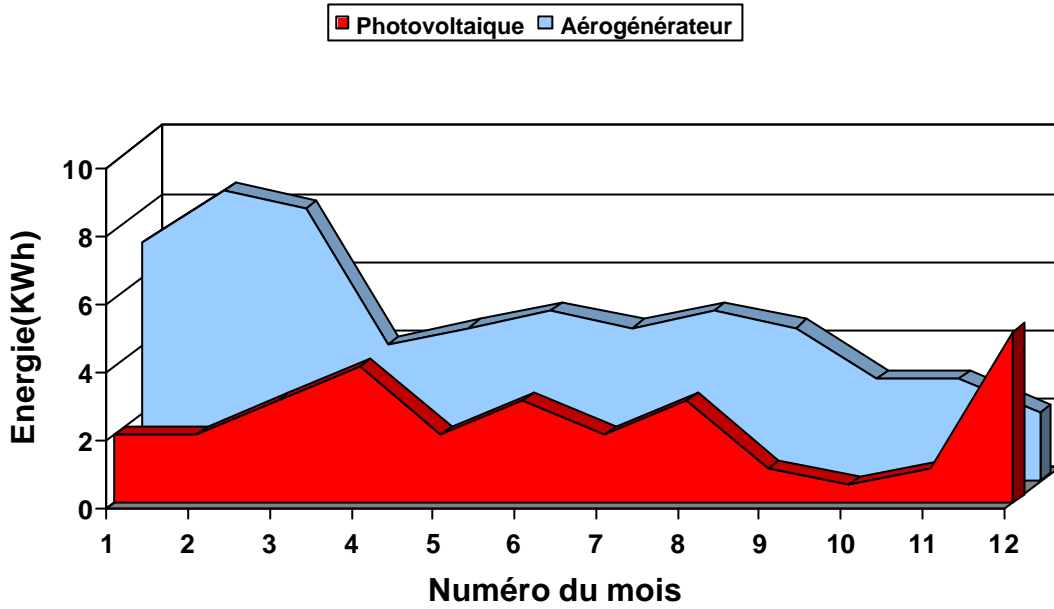


Fig. 3: Energie annuelle produite par l'aérogénérateur et le générateur photovoltaïque

Ce caractère continu de la disponibilité de l'énergie produite tout au long de l'année, ne peut être que satisfaisant pour l'atténuation de la part allouée au stockage.

La figure (4) représente les énergies mises en jeu dans le système durant une année de fonctionnement.

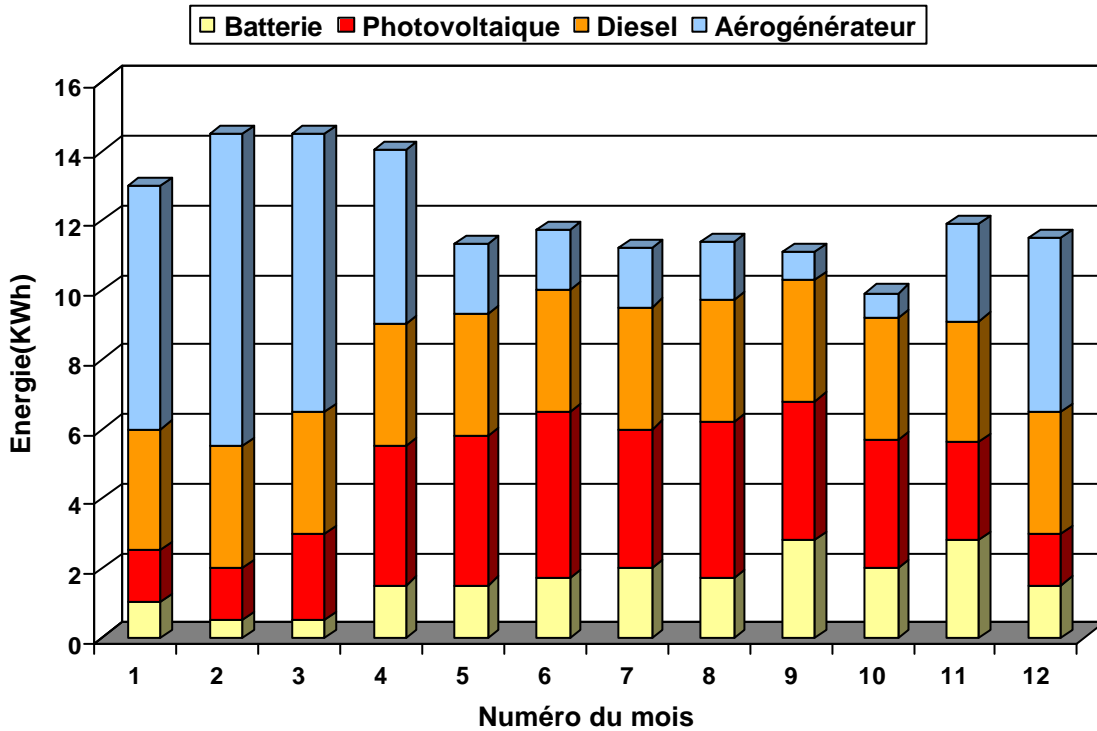


Fig. 4: Performances mensuelles simulées pour le système hybride étudié

On notera avec force, l'importance de la réduction de la période d'intervention de la batterie qui est devenue restreinte seulement aux mois où le potentiel éolien est fort. L'énergie produite par la batterie serait très importante si le système était composé que d'une seule source.

5. CONCLUSION

Le présent travail a permis de démontrer que la combinaison de différentes sources d'énergie engendre un profit considérable (diminution du capital investi sur le système).

Notre objectif était d'apporter une amélioration sensible dans le système énergétique que ce soit du point de vue énergie, fiabilité ou limitation de la partie stockage sujette à des problèmes inévitables.

On a examiné à travers les résultats de la simulation que l'introduction de l'aérogénérateur dans le système photovoltaïque-batteries se traduit par une diminution de la dimension du stockage. Or comme on sait que le stockage, avec son coût élevé et son encombrement pose la plus grande contrainte au système sur tous pour les systèmes de grande puissance.

REFERENCES

- [1] R. Magnusson, "A wind-Diesel Energy System for Grimsey, Iceland", Journal of Wind Engineering Vol. 6, N°4, 1982. Rapport interne, HCR.
- [2] M. J. Harrap and J.P. Baird, "Aerogenerator Configurations for Hybrid Wind-Diesel Systems", Journal of Wind Engineering Vol. 11, N°5, 1987.
- [3] N. H. Lipman, "Overview of Wind/Diesel Systems", Rutherford Appleton Laboratory.
- [4] F. K. Manasse, "Comparaison of Costs for Solar Electric Sources with Diesel Generators in Remote Locations", Revue de Physique Appliquée, T.15, N°3, mars 1980.
- [5] R. W. Todd, "Controls for Small Wind/Solar/Battery Systems" Journal of Wind Engineering Vol. 11, N°3, 1987.
- [6] J. Akerlund, "Hybrid Power Systems For Remote Sites –Solar, Wind and Mini Diesel", IEEE, 1983.
- [7] J. C. Hennem and M. T. Samarakou, "Optimization of Combined Wind and Solar Power Plant", J. of Energy Research, Vol.10, October 1986.
- [8] G. N. Kariniotakis, "Modélisation Dynamique des Systèmes Electriques Insulaires Incluant des Energies Renouvelables : Hydraulique et Eolienne", Ecole des Mines de Paris.
- [9] H. G. Beyer, H. Gabler, G. J. Gerdes, D. Heimann, J. Luther, J. Schumacher-Grohn and R. Steinberger-Willms, "Wind/Solar Hybrid Electricity Generation For Stand Alone Systems With Battery And Hydrogen Storage", University Of Oldenburg, Federal Republic Of Germany.
- [10] B. Ait Driss, "Logiciel de Simulation et d'Optimisation des Systèmes Hybrides", CDER, 1992.

ANNEXE

Les caractéristiques du système installé sont :

Aérogénérateur à axe horizontal "ELECTRO"

- Diamètre du rotor : 3 m
- Nombre de pales : 2
- Hauteur du pylone : 9 m
- Tension de sortie : 24 V
- Puissance nominale : 1 kW à 11m/s

Champs photovoltaïques

- Puissance crete : 400 W
- Tension nominale : 24 V
- Nombre de modules : 10

Batteries de stockage d'énergie

- Capacité : 500 Ah
- Type : OLDHAM , stationnaires au plomb

Convertisseur

- Type AEG SW 24 V – 1000 W
- Tension de sortie 220 V 50 Hz

Groupe électrogène " LEROY SOMER"

- Puissance nominale : 6,6 kVA
- Tension : 110-220 V
- Courant nominal : 60,3 A
- Vitesse de rotation : 3000 tr/min