



**UNIVERSITE DE CORSE-PASCAL PAOLI**  
**ECOLE DOCTORALE ENVIRONNEMENT ET SOCIETE**  
**UMR CNRS 6134 (SPE)**



**Thèse pour l'obtention du grade de**  
**DOCTEUR EN ENERGETIQUE**  
**Mention : Energétique, génie des procédés**

**Soutenue publiquement par**  
**CYRIL VOYANT**  
Le 16 Novembre 2011

---

**Prédiction de séries temporelles de rayonnement solaire global et de production d'énergie photovoltaïque à partir de réseaux de neurones artificiels**

---

**Directeurs :**

**M. Marc Muselli**, Professeur, Université de Corse  
**M. Christophe Paoli**, Dr, Université de Corse

**Rapporteurs :**

**Mme Irina Martin Graour**, Professeure, Université de Marseille  
**M. Philippe Lauret**, Professeur, Université de la Réunion

**Jury :**

**Mme Irina Martin Graour**, Professeure, Université de Marseille  
**M. Philippe Lauret**, Professeur, Université de la Réunion  
**Mme Ilana Peretti**, Professeure, Faculté de médecine, Université Paris VII  
**M. Philippe Poggi**, Professeur, Université de Corse  
**M. Dominique Lambert**, Dr-HDR, Université de Toulouse  
**M. Marc Muselli**, Professeur, Université de Corse  
**M. Christophe Paoli**, Dr, Université de Corse

# Résumé et mots clés

---

La Corse faisant partie des petits réseaux insulaires non-interconnectés, son approvisionnement énergétique est très particulier. En effet, comme toutes les autres îles, elle doit se suffire à elle-même. Une solution souvent adoptée pour pallier à cet isolement, consiste à recourir aux énergies renouvelables. Cependant, à cause de leur caractère intermittent, elles ne sont insérées que de manière limitée au sein des réseaux électriques. Il est nécessaire d'utiliser en parallèle d'autres moyens de production d'énergie, avec comme principale difficulté, la gestion optimale de la bascule entre ces deux types d'énergie. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la prédiction de la ressource solaire et photovoltaïque dans le but de quantifier l'énergie disponible et de permettre une gestion optimale de la transition entre énergies intermittentes et conventionnelles. Tout au long de ces travaux, nous avons ainsi testé différentes techniques de prédiction sur quatre horizons susceptibles d'intéresser un gestionnaire de réseau :  $j+1$ ,  $h+24$ ,  $h+1$  et  $m+5$ . A l'issue de toutes ces manipulations, nous pouvons conclure que suivant l'horizon considéré, la hiérarchisation des différents prédicteurs fluctue. On retiendra ainsi, que pour l'horizon  $j+1$ , il est intéressant d'utiliser une approche à base de réseaux de neurones en prenant soin de stationnariser les séries temporelles et d'utiliser des variables exogènes. Pour l'horizon  $h+1$ , une méthodologie hybride couplant la robustesse des modèles autorégressifs et la non-linéarité des modèles connexionnistes permet d'obtenir des résultats très satisfaisants. Pour le cas  $h+24$ , les réseaux de neurones à sorties multiples donnent de très bons résultats. Concernant l'horizon  $m+5$ , les conclusions sont moins catégoriques. Ainsi, même si les réseaux de neurones sont les plus performants, la simplicité et les résultats d'une approche basée sur la persistance, nous conduisent à préconiser principalement ce prédicteur. L'ensemble des méthodologies proposées et des résultats obtenus sont complémentaires avec les travaux de prédiction bibliographiques étudiés. Les méthodologies développées pourraient à terme être reprises comme éléments de prédiction dans des outils globaux de contrôle et de commande des systèmes énergétiques.

Mots clés : prédiction, rayonnement global, réseau de neurones, photovoltaïque, séries temporelles, stationnarité

# Abstract and keywords

---

As Corsica is a non-interconnected island, its energy supply is very special case. Indeed, as all other islands, a large part of the electricity production must be generated locally. Often, renewable energies are considered as a good solution to overcome the isolation problem. However, because of their intermittent nature, they are included in a limited way in power systems. Thus, it's necessary to use in addition other energy productions, with main problem the management of the dispatch between these two energy types. This study is related to the solar and PV prediction in order to quantify available energy and to allow the optimal transition between intermittent and conventional energies sources. Throughout this work, we tested different techniques of prediction concerning four horizons interesting the power manager:  $d+1$ ;  $h+24$ ,  $h+1$  and  $m+5$ . After all these manipulations, we can conclude that according the considered horizon, the prioritization of the different predictors varies. Note that for the  $d+1$  horizon, it is interesting to use an approach based on neural network being careful to make stationary the time series, and to use exogenous variables. For the  $h+1$  horizon, a hybrid methodology combining the robustness of the autoregressive models and the non-linearity of the connectionist models provides satisfactory results. For the  $h+24$  case, neural networks with multiple outputs give very good results. About the  $m+5$  horizon, our conclusions are different. Thus, even if neural networks are the most effective, the simplicity and the relatively good results shown by the persistence-based approach, lead us to recommend it. All the proposed methodologies and results are complementary to the prediction studies available in the literature. In conclusion, we can say that methodologies developed could eventually be included as prediction tools in the global command – control systems of energy sources.

Keywords : forecasting, global radiation, neural network, photovoltaic, time series, stationarity.