



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



**Thèse présentée pour l'obtention du grade de  
DOCTEUR EN PHYSIQUE  
Mention : ENERGETIQUE**

**Soutenu publiquement par  
Pierrick HAURANT  
Le 25 Octobre 2012**

---

**De la sélection multicritère de parcs photovoltaïques  
à la cartographie et l'étude de l'intermittence de la  
ressource**

---

**Directeurs :**

M. Marc MUSELLI	Professeur	Université de Corse	Directeur
M. Pascal OBERTI	Dr-HDR	Université de Corse	Co-directeur

**Rapporteurs :**

Mme. Lingai LUO	Professeure	Polytech' Savoie	Rapporteur
M. Xavier PY	Professeur	Université de Perpignan	Rapporteur

**Jury**

Mme. Lingai LUO	Professeure	Polytech' Savoie	Rapporteur
M. Xavier PY	Professeur	Université de Perpignan	Rapporteur
M. Maurice BASLE	Professeur	Université de Rennes 1	Examineur
M. Philippe POGGI	Professeur	Université de Corse	Examineur
M. Marc MUSELLI	Professeur	Université de Corse	Directeur
M. Pascal OBERTI	Dr-HDR	Université de Corse	Co-directeur

## Résumé

La planification énergétique en milieu insulaire est une tâche aussi complexe qu'indispensable. Dans cette thèse, l'intégration raisonnée de systèmes énergétiques solaires dans le réseau électrique Corse est pensée au travers d'une sélection multicritère de projets photovoltaïques et de travaux sur l'estimation de la ressource, la caractérisation et prévision de ses fluctuations et le foisonnement territorial.

Le dynamisme des politiques énergétiques et le potentiel solaire exceptionnel avaient rendu la Corse attractive pour les industriels du secteur photovoltaïque, si bien qu'en 2008 de nombreux projets d'installations étaient proposés aux décideurs locaux. Or la limite de production d'énergie intermittente fatale intégrée au réseau électrique réduit le nombre de projets susceptibles d'être concrétisés. Afin d'aider à sélectionner le sous-ensemble le plus restreint de projets pertinents par poste de raccordement, nous avons appliqué le modèle multicritère de surclassement ELECTRE IS; via une collaboration entre l'Université de Corse, le CNRS et la Chambre Départementale d'Agriculture de Haute-Corse. Les 16 projets candidats furent soumis à 3 contraintes de présélection, puis évalués sur 8 critères d'évaluation balayant les points de vue énergétiques, géo-économiques, écologiques, d'impact visuel et de conflits d'usages des terrains. Les poids relatifs des critères ainsi que les seuils de discrimination et de veto ont été appréhendés dans la sélection ; dont le résultat robuste est la recommandation de 4 projets composant les noyaux des graphes de surclassement.

Parmi les critères construits, le productible net est apparu comme délicat à évaluer. Une contribution en amont a été apportée, via une cartographie du potentiel solaire en Corse générée dans par désagrégation sub-pixel avec prise en compte des effets du relief d'images Météosat-8 fournies par les services SATMOS de Météo-France. Le double intérêt de la méthode de désagrégation a été confirmé : les erreurs d'estimations du rayonnement solaire diminuent de 0,1 à 0,5% alors que la carte finale gagne en résolution spatiale, passant de 12 km à 90 m.

Le foisonnement de la ressource est une problématique soulevée par la sélection multicritère opérée en début de thèse et traitée en collaboration avec EDF. Les fluctuations du rayonnement mesuré sur 11 sites ont été caractérisées par l'application d'une nouvelle procédure de classification typologique des variations. Celle-ci a par la suite permis de démontrer le phénomène de foisonnement, les variations les plus intenses étant moins fréquentes, passant de 5,4% à 15,5% du temps à 0,13% par optimisation du phénomène. Enfin la prédictibilité des classes a été étudiée, montrant qu'à un horizon inférieur à 2 heures, les réseaux de neurones et k-plus proches voisins permettent 66,9% de bonnes prédictions à 1h et 57,1% à 2h. Au delà de 2h, les k-NN présentent de meilleures performances, permettant jusqu'à 61,2% à 6h.

## Abstract

Insular territories' energy planning is a complex and essential task. In this thesis, the solar energy systems integration into the Corsican electric network is thought through a multicriteria selection of photovoltaic projects and studies of solar resource estimations, its variability characterisation and prediction and the territorial dispersion of production units.

Corsica Island benefits from dynamic energy policies and considerable solar potential increased the island attractiveness for photovoltaic industrials. Numerous PV plant projects were consequently proposed to local policy maker. The limit of renewable energy source installations connected to a regional-scale electrical network reduces the number of projects that are likely to be realized. The multicriteria outranking model ELECTRE IS has been applied to help to select the most restrictive subset of relevant projects, through collaboration between the University of Corsica, the French National Scientific Research Centre and the Haute-Corse departmental Agriculture Chamber. The 16 candidate projects were submitted to 3 pre-selection constraints, and then evaluated through 8 criteria dealing with energetic, geo-economics, ecologic, visual impact and territorial used point of views. The criteria's relative weights as well as the discrimination and veto thresholds are grasped in the selection. The robust result is the recommendation of 4 projects composing the outranking graphs kernels.

Among the criteria, the net production appeared delicate to assess. An upstream contribution has been brought through cartography of potential solar over Corsica. It is been generated by the desegregation of Météo-France SATMOS' Meteosat-8 images, taking into account the relief effects. Both interests of the process were confirmed: errors of solar radiations estimations decreased by 0.1% to 0.5% when spatial resolution of the final map increased from 12 km to 90m.

The spatial distribution of resource variations was a problematic enlighten by the multicriteria selection and treated in collaboration with EDF. The fluctuations of radiations measured on 11 sites were characterized by applying a new process of classification. This classification allowed showing that intense variations were less frequent by cumulating radiation of dispersed sites, decreasing from 5,4 or 15.5% of time to 0.13 % when the phenomena is optimized. Finally the prediction of classes was studied; showing that neural networks and k-nearest neighbour had the same performances for horizon fewer than 2 hours. They allowed 66.9% of good predictions for 1h horizon and 57.1% for 2h horizon. For horizons greater than 2h, k-NN present best performances, allowing until 61.2% for horizon of 6h.