

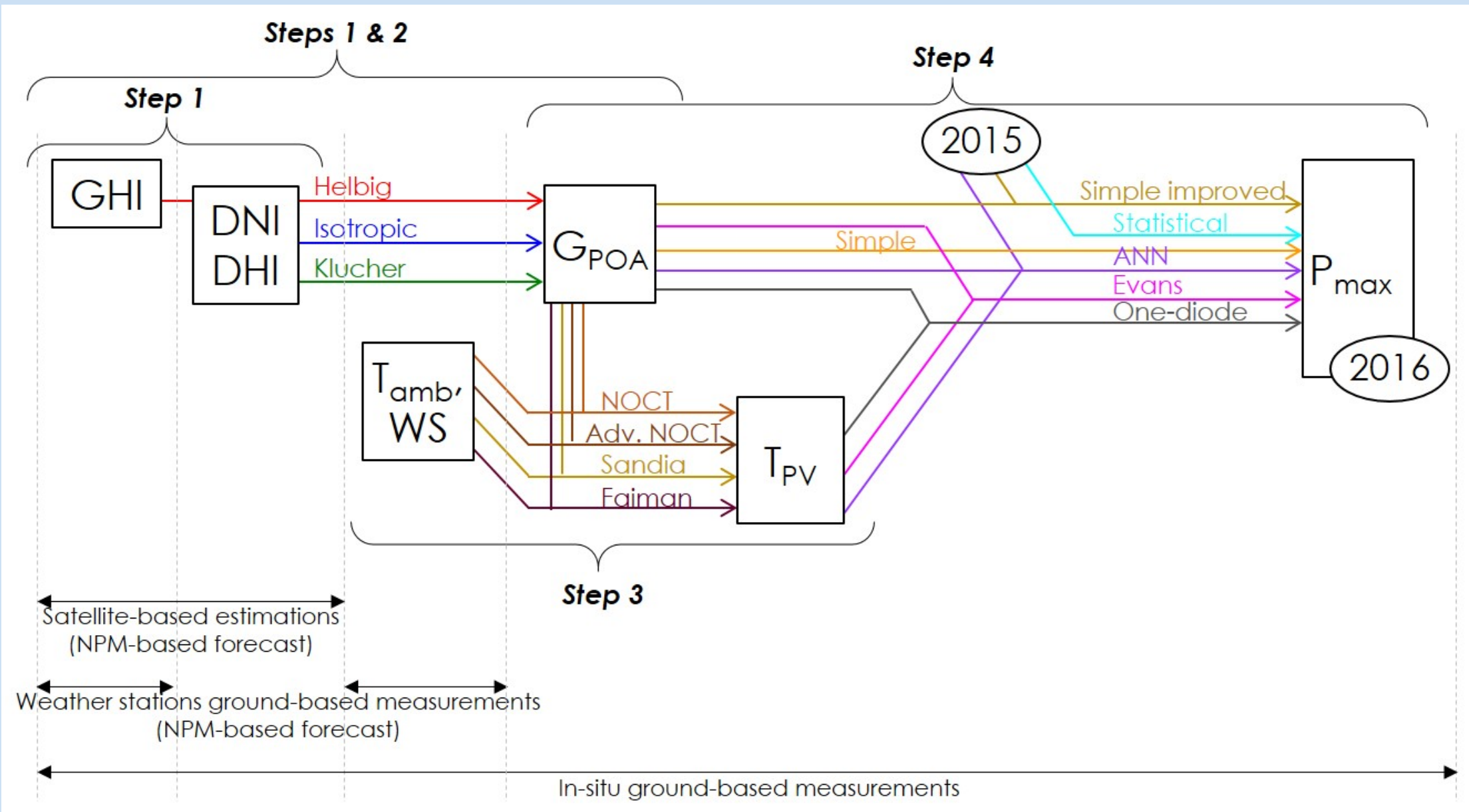
Modélisation de la production photovoltaïque : Évaluation de l'incertitude à chaque étape de simulation

Anne Migan-Dubois, Jordi Badosa, Fausto Calderón-Obaldía, Vincent Bourdin et Yvan Bonnassieux



RÉSUMÉ

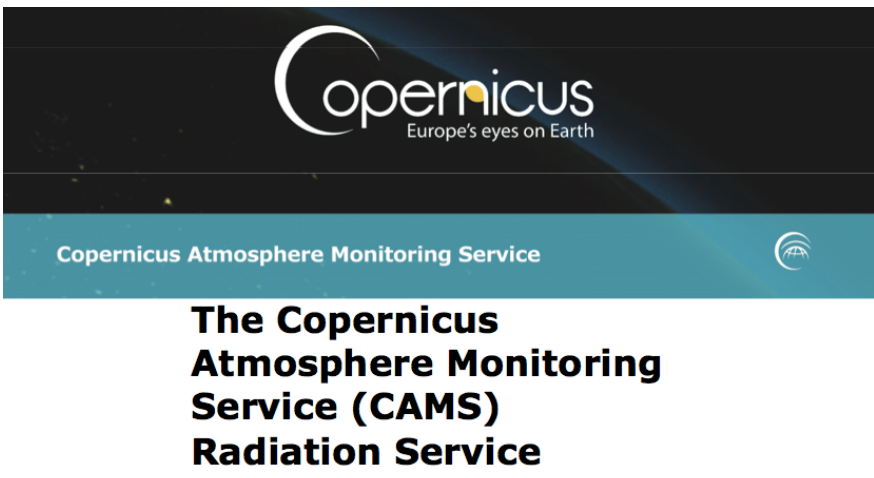
Connaître l'incertitude de la prévision de production photovoltaïque est crucial pour l'optimisation du fonctionnement des smart-grids et pour leur stabilité. Un calcul d'incertitude dans le processus de modélisation de la production d'énergie photovoltaïque est effectué étape par étape et sur la simulation totale de la chaine de conversion afin d'identifier les étapes critiques dans la modélisation (étapes 1 et 2 : transposition des irradiances horizontales dans le plan du réseau, étape 3 : calcul de la température de fonctionnement du module et étape 4 : modélisation de l'effet photo-électrique), selon des modèles simples trouvés dans la littérature. L'impact des sources de données (mesures au sol in-situ ou dans une station météo, estimations satellitaires) est également étudié à chaque étape du processus. L'incertitude est évaluée en calculant l'erreur de biais moyen relatif et l'erreur absolue moyenne relative pour une observation d'un an entre la valeur calculée et la valeur mesurée.



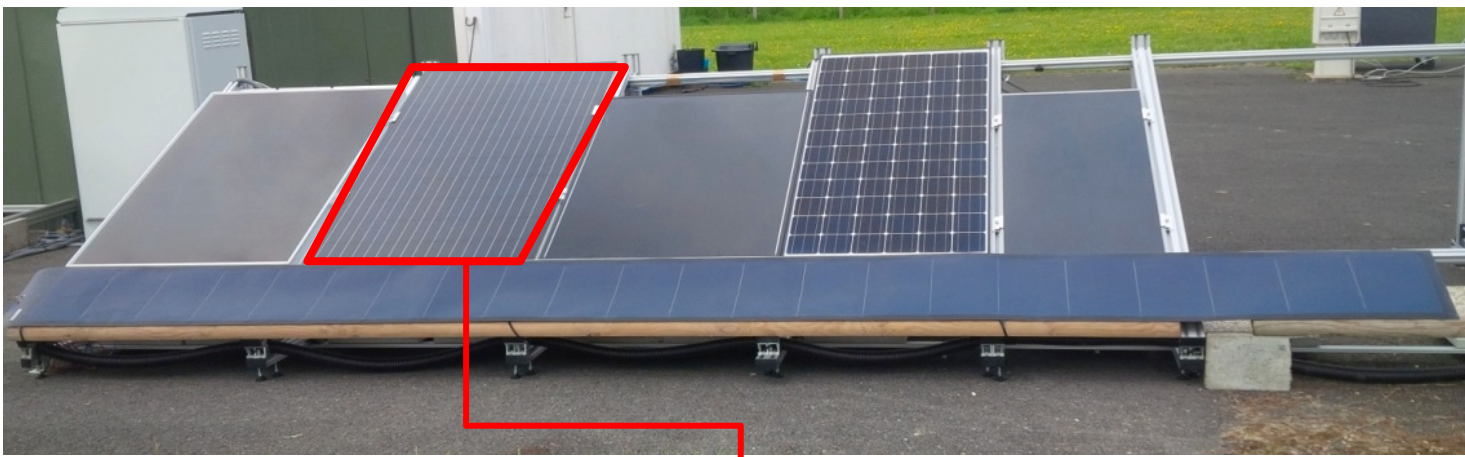
PLATEFORMES EXPÉRIMENTALES



Mesures au sol, station météorologique d'Orly



Estimations de GHI, DHI et DNI grâce aux observations du satellite géostationnaire Meteosat effectuées par CAMS.



FRANCEWATTS FL60-250MBP TECHNICAL PARAMETERS		
Maximum power	P _{MPP}	250 W
Open circuit voltage	V _{OC}	37.67 V
Short circuit current	I _{SC}	8.64 A
Power temperature coefficient	TC _P	-0.48%/°C
Current temperature coefficient	TC _I	0.02%/°C
Module area	A	1.6285 m²

Plateforme expérimentale de caractérisation photovoltaïque

LES MODÈLES

Les simulations réalisées correspondent aux flèches de la figure ci-dessus :

- Étape 1 :
 - 3 sources de données
 - 1 modèle
- Étape 2 :
 - 2 sources de données
 - 2 modèles
- Étape 3 :
 - 2 sources de données
 - 4 modèles avec 2 ajustements
- Étape 4 :
 - 1 source de données
 - 6 modèles

$$rMBE = \frac{\sum_{i=1}^N [X_{calc}(i) - X_{meas}(i)]}{\sum_{i=1}^N X_{meas}(i)}$$

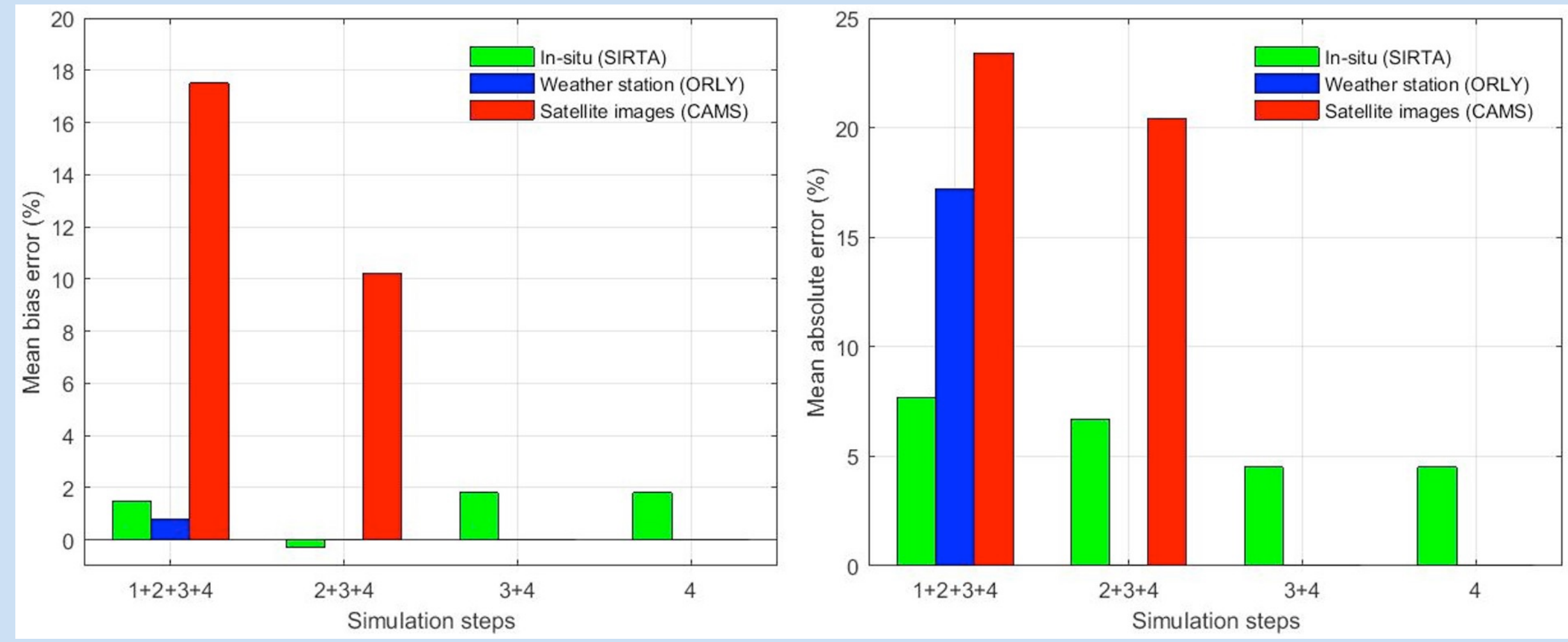
$$rMAE = \frac{\sum_{i=1}^N |X_{calc}(i) - X_{meas}(i)|}{\sum_{i=1}^N X_{meas}(i)}$$

LA SIMULATION

Le tableau montre les valeurs de rMAE (MAE pour la température) pour toutes les étapes considérées pour la simulation globale.

Données d'entrée	Source de données	Etape 1	Etape 2		Etape 3		Etape 4		Simulation
			G _{POA}		T _{PV}		P _{MPP}		
G _{POA} , T _{PV}	SIRTA	-	-	-	-	-	Evans	0.14	0.045
G _{POA} , T _{amb} , WS	SIRTA	-	-	-	Adv. NOCT	1.27°C	Evans	0.14	0.045
GHI, DHI, BNI, T _{amb} , WS	SIRTA	-	Klucher	0.071	Adv. NOCT	1.27°C	Evans	0.14	0.067
	CAMS	-	Isotropic	0.192	Faiman	3.52°C	Evans	0.14	0.204
GHI, T _{amb} , WS	SIRTA	Helbig	Isotropic	0.079	Adv. NOCT	1.27°C	Evans	0.14	0.077
	ONLY	Helbig	Isotropic	0.172	Faiman	3.52°C	Evans	0.14	0.172
	CAMS	Helbig	Isotropic	0.212	Faiman	3.52°C	Evans	0.14	0.234

CONCLUSION



1^{ère} et 2^{ème} étapes, meilleure erreur moyenne absolue :

- 7,9% pour des mesures in situ,
- 17,2% pour des mesures de station météo,
- 21,2% pour les estimations satellites.

3^{ème} étape :

- 1,27°C pour des mesures in situ,
- 3,52°C pour des mesures de station météo.

4^{ème} étape :

- 4,5% pour des mesures in situ.

Incertainitude globale :

- 7,7% pour des mesures in situ,
- 17,2% pour des mesures de station météo,
- 23,4% pour les estimations satellites

RÉFÉRENCES

- Haeffelin M., et al, "A ground-based atmospheric observatory for cloud and aerosol research". Annales Geophysicae, Vol. 23, (2), p. 253, 2005.

- Z. Qu, et al, "Fast radiative transfer parameterisation for assessing the surface solar irradiance: The Heliosat-4 method", Meteorologische Zeitschrift, 2016.

- M. Schroeder-Homscheidt, "The Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Radiation Service in a nutshell", SolarPACES, Abu Dhabi, UAE, 2016.

- N. Helbig, "Application of the radiosity approach to the radiation balance in complex terrain" Thesis at University of Zurich, 2009.

- H. C. Hottel, et al, "Evaluation of flat-plate solar heat collector" Trans. ASME 64, p. 91, 1942.

- T. M. Klucher, "Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces", Solar Energy, 23 (2), p. 111, 1979.

- D.L. King, et al, "Photovoltaic Array Performance Model", Sandia National Laboratories, SAND2004-3535, 2004.

- D. Faiman, "Assessing the outdoor operating temperature of photovoltaic modules", Prog. Photovolt.: Res. Appl. 16, p. 307, 2008.

- D. L. Evans, "Solar energy simplified method for predicting photovoltaic array output", Vol. 27, (6), pp. 555, 1981.

- Antonanzas J., "Review of photovoltaic power forecasting", Solar Energy 136, p. 78 (2016).

- Bishop J. W., "Computer simulation of the effects of electrical mismatches in photovoltaic cell interconnection circuits", Solar Cells, 25 (1), p. 73, 1988.

- Karamirad, et al, "ANN based simulation and experimental verification of analytical 4 and 5 parameters models of PV modules". Simul. Model. Pract. Theory 34, p. 86, 2013.