



GDR 2839
MSG-ATR

La base de données HelioClim de rayonnement solaire disponible au sol : évolution majeure

Mireille Lefèvre¹, Armel Oumbe¹, Philippe Blanc¹, Lucien Wald¹

1. Mines ParisTech, 1 rue Claude Daunesse, BP 207, F-06904 Sophia Antipolis cedex

Email : mireille.lefevre@mines-paristech.fr

ABSTRACT

Les première et deuxième générations de Météosat ont permis à MINES ParisTech de créer une base de données de rayonnement solaire mise à jour en temps réel de manière automatique. Les ressources HelioClim-1 (rayonnement solaire journalier de 1985 à fin 2005) et HelioClim-3 (périodes quart horaire, horaire, journalière et mensuelle depuis février 2004) sur l'Europe, l'Afrique, le Proche-Orient et l'Atlantique sont accessibles sur le site web SoDa <http://www.soda-is.com>. Une telle série temporelle de 1985 à aujourd'hui a fait d'HelioClim une ressource inestimable pour les acteurs du développement durable comme le montre la demande en forte augmentation et la nécessité de développer de nouvelles fonctionnalités pour accompagner leurs besoins. Ceci nous amène aujourd'hui à faire évoluer la base de données, d'une part en préparant la future ressource HelioClim-4, d'autre part en améliorant la résolution spatiale d'HelioClim-1 et -3 afin de proposer des applications à l'échelle locale.

1. Vers une nouvelle ressource HelioClim-4

HelioClim-1 et -3 ont été élaborées à partir du modèle inverse Heliosat-2 qui estime le rayonnement solaire incident au sol à partir du signal reçu par le capteur. Cette méthode s'appuie sur une seule information satellitale qui représente le changement de l'albédo apparent du pixel par comparaison avec un ciel clair. Un modèle direct, Heliosat-4 actuellement en cours de développement, tient compte des paramètres physiques de l'atmosphère et des propriétés optiques pour une application d'un modèle de transfert radiatif.

Une étude de sensibilité (Oumbe, 2009) a permis de déterminer les paramètres les plus influents sur le calcul du rayonnement : l'angle zénithal, le type et épaisseur optique des nuages, l'épaisseur optique des aérosols et sa variation spectrale, le contenu en vapeur d'eau, l'albédo du sol et sa variation spectrale, l'altitude du site et le profil atmosphérique sont déterminants. L'épaisseur géométrique du nuage et sa position verticale semblent quant à eux négligeables sur la précision du résultat. Les paramètres atmosphériques sont calculés à partir des images Météosat, MetOp, ERS et EnviSat par le DLR (Deutsches LuftRaumfahrt) avec qui Heliosat-4 est développé.

Oumbe (2009) montre également que le modèle Heliosat-4 pourra être développé en deux parties afin de faciliter son implémentation et d'optimiser les temps de calcul pour produire un résultat en temps réel. L'une calculera le rayonnement par ciel clair et albédo nul grâce au modèle SolIS permettant de simuler la propagation du rayonnement dans chacune des 30 bandes spectrales proposées par Kato *et al.* (1999). SolIS combine le code de transfert radiatif libRadtran (Mayer and Kylling, 2005) et la relation de Lambert-Beer Modifiée proposée par Mueller *et al.* (2004). Ce modèle concentre l'essentiel des ressources en calcul et devra être exécuté uniquement pour générer des abaques pour des combinaisons typiques de valeurs les plus représentatives (épaisseur optique des aérosols et sa variation spectrale, contenu en vapeur d'eau). L'autre partie, d'exécution rapide, consistera à calculer



GDR 2839
MSG-ATR

l'extinction due aux nuages et la contribution de l'albédo du sol, pour venir modifier le rayonnement par ciel clair issu de l'interpolation des valeurs enregistrées dans les LUT. C'est cette seconde partie qui sera opérationnelle dans la chaîne de traitement en temps réel pour générer une nouvelle base de données HelioClim-4.

HelioClim-4 sera créée avec la même résolution spatio-temporelle que HelioClim-3, mais avec des valeurs plus précises notamment aux niveaux des composantes directe et diffuse puisqu'elles seront calculées par le modèle de transfert radiatif alors qu'elles étaient déduites a posteriori du rayonnement global dans Heliosat-2 par des modèles empiriques. De plus Heliosat-4 prendra en compte la variation spectrale du rayonnement solaire ce qui permettra de fournir des valeurs plus ciblées car intégrées sur une plage du spectre dépendant des applications (capteurs photovoltaïques à une forte sensibilité spectrale, calcul UV, etc...).

2. De l'échelle globale à l'échelle locale

Le besoin de connaître la ressource solaire au niveau régional sur une surface petite au regard de la résolution de Météosat (environ 5 km aux latitudes moyennes) mais trop grande et hétérogène pour envisager l'installation d'un réseau de stations de mesures au sol, nous a conduit à améliorer localement la résolution spatiale de Météosat. Cette étude financée par l'ADEME, la région PACA et le département 06 est menée dans le cadre de la création d'un atlas solaire pour la région PACA avec une résolution de 250 m (figure 1). Cet atlas se propose de fournir aux utilisateurs du gisement solaire une analyse géographique du potentiel de la région, de les aider dans le choix des sites et le dimensionnement de leur système de production.

L'atlas est construit avec les rayonnements mensuels et annuels issus de séries temporelles de HelioClim-1 et -3. Ces valeurs sont affinées, d'une part en les étalonnant avec les données in-situ des stations de mesure au sol, d'autre part en injectant les informations de plus haute fréquence non perçues par Météosat : effets orographiques et effets d'ombres portées. La base de données de relief SRTM d'une résolution de l'ordre de 100 mètres a permis de créer des cartes d'ombrages dus au relief, et une base de données des horizons (angle d'élévation du soleil en dessous duquel le rayonnement direct incident est masqué par le relief) avec une résolution spatiale de 200 mètres et une résolution en azimut de 1 degré. La prise en compte de ces éléments permet d'appliquer une désagrégation du pixel Météosat pour augmenter la résolution de l'estimation de la ressource solaire (figure 2).

REFERENCES

- Kato S., Ackerman T., Mather J. and Clothiaux E. (1999), The k-distribution method and correlated-k approximation for shortwave radiative transfer model. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 62, 109-121.
- Mayer B. and Kylling A. (2005), Technical note : The libRadtran software package for radiative transfer calculations - description and examples of use, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 5, 1855-1877.
- Mueller R., Dagestad K., Ineichen P., Schroedter M., Cros S., Dumortier D., Kuhlemann R., Olseth J., Piernavieja G., Reise C., Wald L. and Heinemann D. (2004), Rethinking satellite based solar irradiance modelling - the SOLIS clear sky module. *Remote Sensing of Environment*, 91, 160-174.
- Oumbe A. (2009), Exploitation des nouvelles capacités d'observation de la terre pour évaluer le rayonnement solaire incident au sol, *Thèse Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris - ENSMP* (09/11/2009), Lucien WALD (Dir.) [tel-00450925 - version 1]

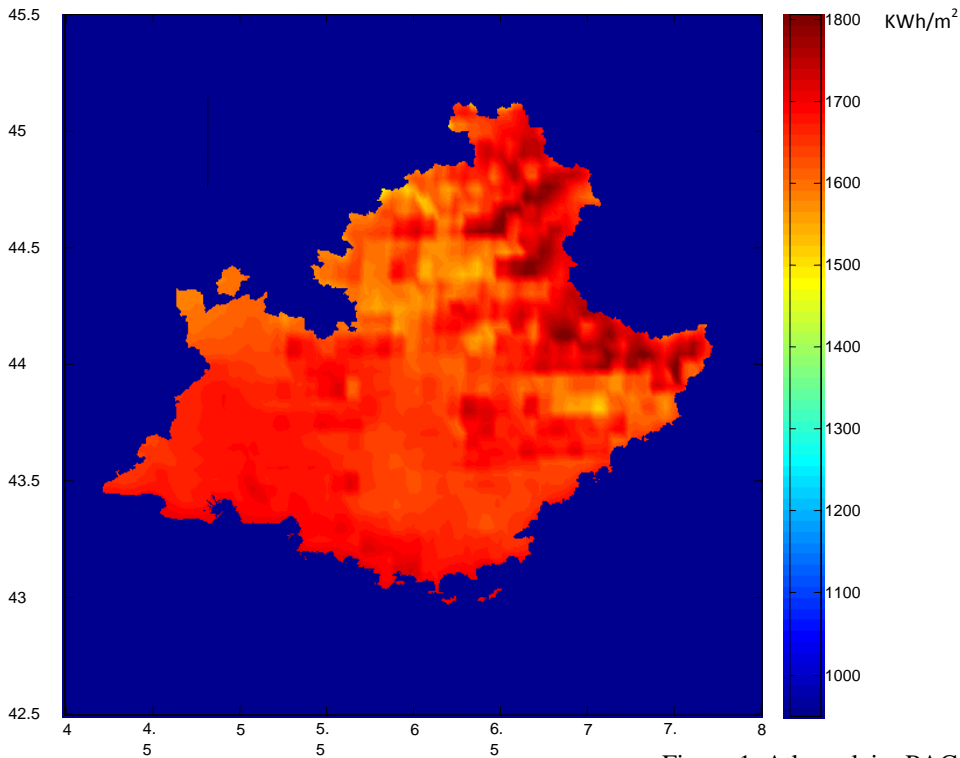
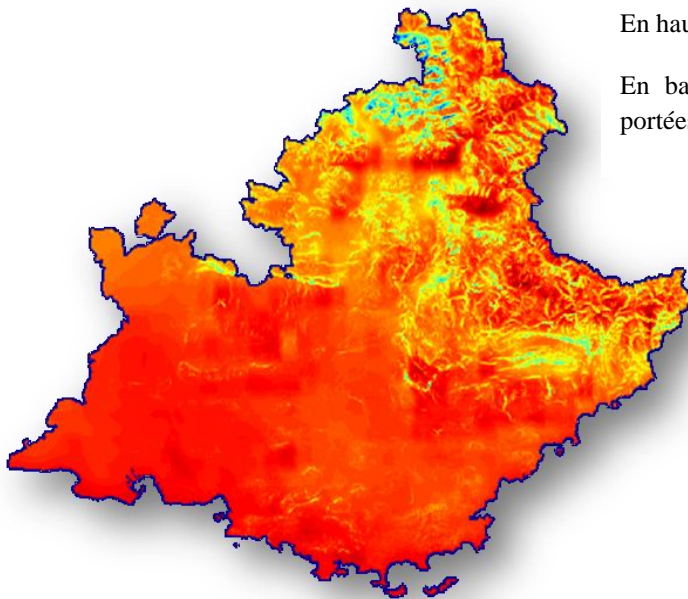


Figure 1. Atlas solaire PACA (maquette préliminaire) :

Somme annuelle moyenne 2004-2008 du rayonnement global horizontal (kWh/m²).

En haut : résolution 5 km (Meteosat)

En bas : résolution 250 m tenant compte des ombres portées et des horizons.



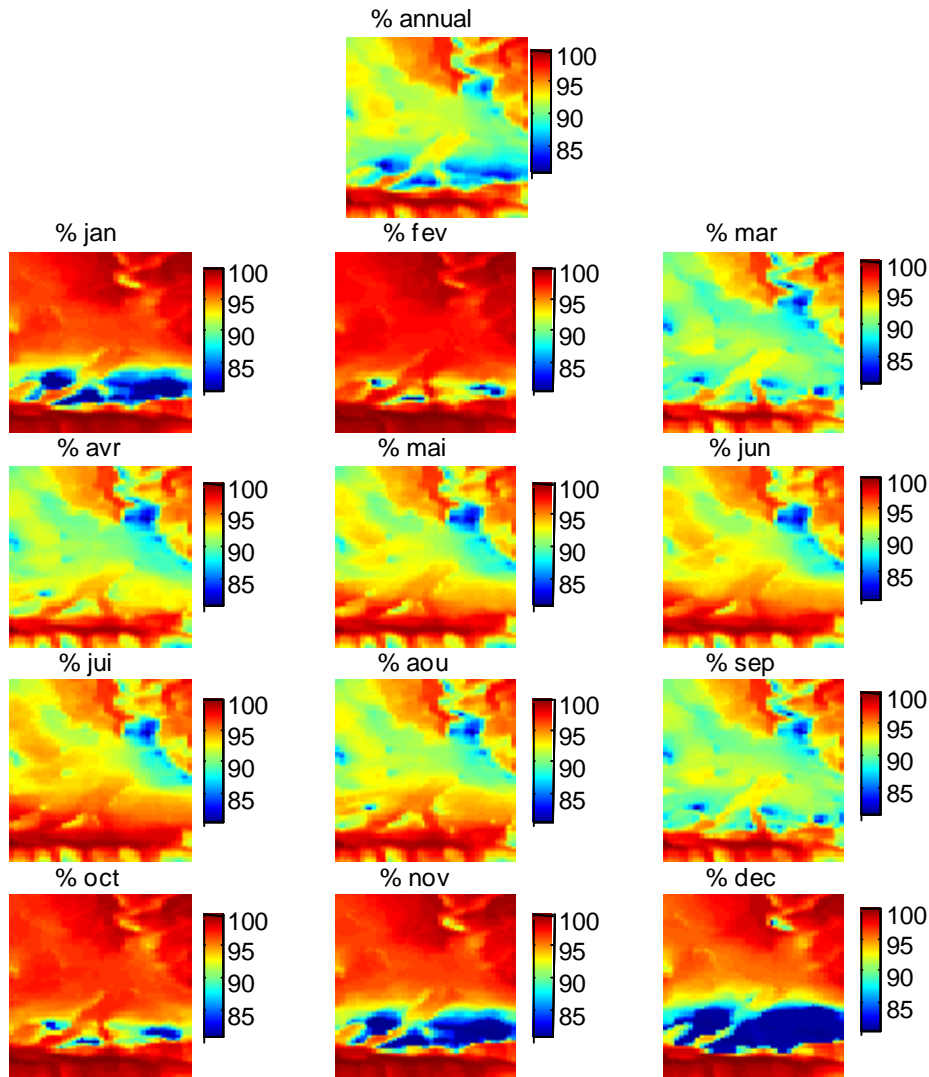


Figure 2. Variabilité spatiale du rayonnement global horizontal par ciel clair (résolution 250 m) sur un pixel MSG de résolution 5 km. Sommes annuelle et mensuelles moyennes 2004-2008. Echelle en % de la valeur du pixel MSG (43.96°N, 6.67°E).