

Simulation de systèmes agrivoltaïques par un couplage de modèles CFD, rayonnement et plante

Simulation of agrivoltaic systems by coupling CFD, radiation and plant models

Contexte

L'Agri-PV (ou agrivoltaïsme) désigne l'association d'une production agricole avec une production photovoltaïque sur une même surface (Dupraz et al., 2010). Cette association gagne de plus en plus d'attention afin notamment de protéger les cultures contre les aléas climatiques extrêmes (sécheresse, gel) et afin d'accéder à davantage de foncier pour permettre un développement massif des énergies renouvelables.

L'objectif principal du stage est d'étudier et d'analyser comment les panneaux photovoltaïques (PV) modifient le microclimat en terme de rayonnements solaire et infra-rouge, de vent, de turbulence, et de température de l'air, puis d'en déduire l'impact sur les échanges d'énergie et d'eau entre les plantes, le sol, et l'air, pour conclure sur le statut thermique et hydrique des plantes.

→ Un premier volet expérimental consistera à analyser les mesures microclimatiques effectuées sous 2 démonstrateurs Agri-PV. L'un est situé à EDF R&D lab les Renardières à Fontainebleau (Edouard et al., 2022), et l'autre sur la plateforme du SIRTA de l'école Polytechnique. ($\approx 30\%$ du temps)

→ Un second volet sera centré sur la modélisation des systèmes agrivoltaïques et l'analyse des résultats en fonction des données microclimatiques (rayonnement reçu, humidité du sol, évapotranspiration ...). Pour cela, le/la stagiaire utilisera le solveur CFD (Computational Fluid Dynamic) code_saturne dans lequel a été développé un modèle de plante type Soil-Plant-Atmosphere Continuum (Tuzet, Perrier, and Leuning, 2003). La prise en compte des panneaux solaires sur le microclimat se fait en reprenant les formalismes de milieux poreux de Katul et al. (2003). ($\approx 70\%$ du temps)

Le stagiaire évoluera au CEREAs (Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique) dans les locaux d'EDF R&D Chatou sur l'île des impressionistes. Le stage sera en collaboration avec le LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique), et des discussions avec l'INRAE et le GeePs sont à prévoir. Une immersion au sein de l'équipe photovoltaïque du département TREE d'EDF R&D les Renardières aura lieu afin de se familiariser avec le dispositif Agri-PV.

Missions du stage

- S'approprier et analyser les mesures microclimatiques des systèmes agrivoltaïques d'EDF R&D lab les Renardières et du SIRTA.
- Prendre en main code_saturne, le modèle de plante, ainsi que le formalisme milieu poreux pour la modélisation PV.
- Construire les cas d'étude Agri-PV EDF R&D les Renardières et SIRTA sous code_saturne.
- Evaluer le couplage de modèles via les données des Renardières et du SIRTA sur le rayonnement (solaire et infra-rouge), la température de plante, la température et le contenu en eau du sol.
- Effectuer des analyses de sensibilité sur les phénomènes physiques, et les données d'entrée du modèle.

En fonction de son appétence pour le sujet, le ou la stagiaire pourra aussi participer à l'amélioration des modèles en prenant en compte plus de phénomènes physiques et biologiques. Enfin, il ou elle pourra proposer des méthodes pour réduire le nombre de paramètres d'entrée du modèle en fonction des analyses de sensibilité réalisées au préalable.

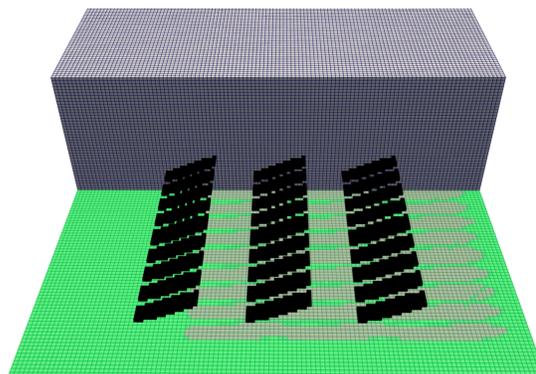
Profil recherché

Étudiant(e) en dernière année d'une grande école d'ingénieur, ou en M2, en dominante énergie, mécanique des fluides, thermique, agronomie ou mathématique appliquée. Avec un goût prononcé pour la recherche et la résolution de problèmes. Curieux(se), qui souhaite contribuer à une action en faveur de la planète en combinant recherche en mécanique des fluides et recherche en agronomie. Autonome, rigoureux(se), aime travailler en équipe, et est à l'aise en présentation orale et en rédaction de rapport scientifique.

- Modélisation physique, mécanique des fluides, rayonnement, thermique, biologie, CFD.
- Compétences informatiques : python / C.
- S'avoir s'intégrer dans une équipe de recherche.
- Langues : français et anglais oral et écrit.



(a) Photo Agri-PV EDF R&D lab les Renardières.



(b) Modélisation code_saturne du démonstrateur Agri-PV.

Figure 1—Comparaison entre le démonstrateur expérimental (a) et la modélisation numérique (b).

Durée

Stage de fin d'étude (5 à 6 mois) - début souhaité Mars 2025.

Laboratoire d'accueil

CEREA (Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique)
Laboratoire commun entre ENPC et EDF R&D, 6 quai Watier, 78401 Chatou CEDEX
RER Ligne A - Station Rueil-Malmaison

Responsable d'accueil

Patrick Massin, patrick.massin@edf.fr, patrick.massin@enpc.fr
Encadrement : Eric Dupont, Patrick Massin, Joseph Vernier (CEREA), Jordi Badosa (LMD)

References

- Dupraz, C et al. (2010). "Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes". In: *Renewable Energy*.
- Edouard, S et al. (2022). "Increasing land productivity with agrivoltaics: Application to an alfalfa field". In: *Applied Energy*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120207>.
- Katul, G G et al. (2003). "One- and two-equation models for canopy turbulence". In: *Boundary-Layer Meteorology*.
- Tuzet, A, A Perrier, and R Leuning (2003). "A coupled model of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration". In: *Plant, Cell and Environment*.