

SUMMARY

Our world is progressively taking into consideration the depletion of its resources more particularly the fossil ones, which are used to support ongoing growth. Therefore, renewable energies are a real challenge or even a windfall. Increasing prices of fossil fuels and the creation of incentive subsidies especially in Europe have led to an important development of renewable energies. Photovoltaic solar technologies use solar radiations, a renewable energy, to create an electric current. The quick and recent expansion of photovoltaic solar technologies, slowed down by the moratorium of December 2010, has nonetheless created many controversies related to the implantation of ground-mounted systems on agricultural lands. Recently, photovoltaic modules have been integrated to greenhouses and became what we could call photovoltaic greenhouses. Is this new concept interesting? Does it allow to gather electrical production and agricultural production? Is it possible to imagine intelligent photovoltaic greenhouses?

To address this problem, we modeled the distribution of irradiations in photovoltaic greenhouses while modifying the position of the photovoltaic modules fitted on the roof. The corresponding modeling results have been compared to the modeling results of a classical greenhouse (no modules) with the same dimensions and the same orientation, and also to the modeling ones of an ideal photovoltaic greenhouse. In this ideal greenhouse, there would be no winter light reduction due to photovoltaic modules. To the contrary, in summer, modules would be an efficient shadow screen for the entire greenhouse.

Modeling helped to understand better the impact on light of putting photovoltaic modules on a greenhouse roof and to identify better solutions than the often built photovoltaic greenhouse with the south-facing part of the roof covered by opaque photovoltaic modules. This south-facing photovoltaic greenhouse maximizes the electric production and therefore the direct income created, without considering the efficiency on biomass production, what could be called an indirect loss.. Light modeling demonstrates that photovoltaic greenhouses less penalizing from an agronomical point of view could be designed provided one accepts a slight reduction in electric production.

Due to photovoltaic modules set on the greenhouse's roof, light penetration in photovoltaic greenhouses is lower than in classical ones. Therefore, it was important to find information on light requirements of plants and on possible consequences of light reduction. That is why bibliographical review was led and experts were consulted. Plant light requirements are currently not well understood. Progress could be done in that field. Light reductions lead to several symptoms (plant whitening process, problems during flowering and fruit setting) that could be problematic if agricultural production is the main goal to reach. Some productions seem to develop well in these conditions: watercress, ferns. Since photovoltaic greenhouses have recently been created, we do not have enough feedbacks on cultivations to really judge them. There is also a lack of information on quantitative light requirements of plants to propose other species that could be grown under these photovoltaic greenhouses.

Additional studies should be led to investigate other issues raised in photovoltaic greenhouse concept.

Key words

Photovoltaic greenhouses, Feasibility study, solar panel,
Light modeling, plants' requirements

RESUME

Dans un monde qui prend peu à peu conscience de l'épuisement de ses ressources notamment fossiles utilisées pour soutenir sa croissance, les énergies renouvelables constituent un véritable défi, voire une aubaine. L'augmentation des prix des carburants et les subventions incitatives mises en place notamment en Europe ont permis un important développement des énergies renouvelables. Le solaire photovoltaïque permet de générer du courant électrique grâce au rayonnement solaire. Sa rapide et récente expansion, ralentie en France suite au moratoire de Décembre 2010, suscite diverses controverses avec l'agriculture, notamment suite à la mise en place de centrales au sol sur des terres agricoles. Récemment, des modules photovoltaïques ont été intégrés à des serres pour constituer des serres photovoltaïques. Ce nouveau concept est-il intéressant ? Permet-il de coupler production électrique renouvelable et production agricole ou met-il en concurrence ces 2 productions ? Est-il possible d'imaginer des serres photovoltaïques intelligentes ?

Pour répondre à ces questions, nous avons réalisé des modélisations de répartition d'irradiations de serres photovoltaïques en modifiant la disposition des modules photovoltaïques en toiture. Ces modélisations ont été comparées à une serre classique de mêmes dimensions et orientation (sans de modules) ainsi qu'à une serre photovoltaïque idéale. Les modules photovoltaïques ne provoqueraient pas de diminution de lumière en hiver et constitueraient un écran d'ombrage estival efficace dans le cas d'une serre photovoltaïque idéale.

Les modélisations nous ont permis de mieux comprendre l'impact sur la lumière de la mise en place de modules photovoltaïques sur le toit d'une serre et d'identifier des solutions préférables aux serres orientées Est-Ouest dont tout le pan Sud est recouvert de modules photovoltaïques opaques, solution majoritairement adoptée car elle maximise la production de courant électrique photovoltaïque. Ainsi, des serres photovoltaïques moins pénalisantes d'un point de vue agronomique peuvent être mises en œuvre à condition d'accepter une légère diminution de production de courant photovoltaïque.

La mise en place de modules photovoltaïques opaques sur les serres provoque une diminution de la pénétration de la lumière. Il était donc important de rassembler des éléments sur les besoins des plantes en lumière et sur les conséquences d'une diminution d'éclairement. Une recherche bibliographique et la consultation d'experts ont donc été menées. Les besoins des plantes en lumière sont pour l'heure assez mal connus. Des diminutions d'éclairement engendrent divers symptômes (étiolement, défauts de nouaison et de fructification) qui peuvent être problématiques lorsqu'une production agricole est recherchée. Des productions semblent fonctionner : cresson, fougères... Cependant, nous manquons de recul sur les cultures, les serres photovoltaïques étant un concept récemment mis en place. Nous manquons également d'informations sur les besoins quantitatifs des plantes pour proposer d'autres espèces cultivables sous ces serres photovoltaïques.

Nous avons pu répondre à quelques questions posées par la problématique de serres photovoltaïques agronomiquement intéressantes. Des études complémentaires plus poussées permettraient de répondre à d'autres interrogations soulevées par les serres photovoltaïques.

Mots clés

Serres photovoltaïques, Etude de faisabilité, modules photovoltaïques, modélisation, besoins des plantes.