

l'institut allemand Fraunhofer ISE en 2018 montrent que les systèmes agrivoltaiques peuvent atteindre une production agricole satisfaisante. En effet, certaines cultures tolèrent assez bien l'ombre et peuvent s'accommoder d'une réduction du rayonnement photosynthétiquement actif (le PAR : lumière utile aux végétaux entre 400 et 700 nanomètres de longueur d'onde), sans perte importante de rendement. Les effets dépendent également du niveau d'ombrage fourni par les panneaux solaires.

Dans le projet APV-RESOLA, une parcelle expérimentale où poussaient des pommes de terre (voir la figure page ci-contre) a été partiellement couverte de panneaux photovoltaïques, entraînant une diminution annuelle de 30 % de l'irradiation solaire. Verdict : le rendement en pommes de terre a augmenté de 3 % ! Le résultat s'exprime globalement par un ratio d'équivalence du sol (*land equivalent ratio*) : il est ici de 186 %, c'est-à-dire 103 % d'efficacité relative des pommes de terre et 83 % d'efficacité relative de la production photovoltaïque.

Si les pommes de terre semblent profiter de l'ombre, ce n'est pas le cas de toutes les plantes. Dans les mêmes conditions, la production de trèfle a diminué de 8 %... Le choix du type de culture est donc primordial !

FAVORISER LA BIODIVERSITÉ

Les synergies entre agriculture et photovoltaïque vont bien au-delà des cultures et du rendement énergétique. Les sites solaires peuvent être bénéfiques pour la biodiversité locale, tout en créant un habitat indispensable aux espèces pollinisatrices. Ainsi, aux États-Unis, ENGIE NORAM plante de la végétation locale sur ses sites solaires et s'associe à différents acteurs (le Laboratoire américain des énergies renouvelables (NREL) dans le Colorado, le Bee Lab de l'université du Minnesota...) afin de créer des habitats pour les pollinisateurs, dont les abeilles, et de favoriser la biodiversité à l'échelle nationale. Un exemple en particulier est le projet InSPIRE du NREL, qui tente de quantifier les bénéfices des plantations locales d'un point de vue environnemental, mais aussi économique.

Autre exemple : pour un projet en cours de développement à Hawaï, ENGIE s'est allié à Agicon LLC afin d'identifier des synergies possibles entre photovoltaïque et agriculture. Une recommandation a été d'intégrer au projet solaire une plante native coupe-vent, le seringat.

En France, ENGIE Green a également développé cinq projets solaires comportant des ruches et des plantes à fleurs, soutenant ainsi la biodiversité.

L'agrivoltaïque peut-il être utile ailleurs que dans les régions tempérées ? Pour y répondre, rejoignons le désert d'Atacama, au Chili. Pour ce qui est de l'ensoleillement et de la chaleur, on peut difficilement faire mieux ! Les niveaux



© ENGIE Laborelec, F. Clandestino

Dans la région d'Arica (ici, la vallée de Ljulia), au Chili, ENGIE envisage le développement d'un projet agrivoltaïque.

élevés d'irradiation sont une bonne nouvelle pour la production photovoltaïque, même si les températures excessives et la poussière peuvent nuire aux performances. Cependant, la chaleur et la sécheresse n'offrent pas toujours de bonnes conditions à la croissance des cultures.

POUSSER DANS LE DÉSERT

C'est là qu'intervient l'agrivoltaïque : à la faveur de l'ombre prodiguée par les structures solaires, les cultures pourraient prospérer dans des conditions microclimatiques favorables (humidité du sol plus élevée et températures ambiantes plus basses) et, s'il existe une source d'eau disponible, être irriguées à l'aide de l'électricité verte produite sur place. Encore mieux : sous ces climats, les cultures auraient tendance à atténuer la température sous les panneaux photovoltaïques, améliorant les performances de ces derniers.

En fin de compte, grâce à l'agrivoltaïque, les communautés locales bénéficieraient d'une activité économique inédite. Par rapport aux installations des régions tempérées, le gain potentiel du rendement global (solaire et agriculture) est plus important, principalement en raison de l'augmentation significative du rendement des cultures. ENGIE envisage le développement d'un projet pilote en collaboration avec les agriculteurs de la région d'Arica, dans le désert d'Atacama, l'une des villes les plus arides au monde.

Où que ce soit, l'intrication des cultures et du photovoltaïque ouvre la voie vers une agriculture encore plus intelligente et résiliente. Cette combinaison se doit d'être étudiée à un stade précoce de chaque projet, afin de bénéficier des meilleures expertises et ainsi d'optimiser les solutions agricoles et énergétiques. Preuve de l'intérêt porté à l'agrivoltaïque, la première conférence internationale dédiée à ce sujet aura lieu en août 2020, à Perpignan, à l'initiative de l'INRA et de l'institut Fraunhofer ISE. ■

RÉFÉRENCES

Agrophotovoltaics : High Harvesting Yield in Hot Summer of 2018, institut Fraunhofer ISE, 2019.

H. Marrou, Co-locating food and energy, *Nature Sustainability*, vol. 2, pp. 793-794, 2019.

G. Barron-Gafford et al., Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands, *Nature Sustainability*, vol. 2, pp. 848-855, 2019.

R. Davis, Solar and pollinators : A photo essay, *PV Magazine*, 2019.

ADELINE DUTERQUE,
Directrice de l'ENGIE LAB CRIGEN



LUC GOOSSENS,
Directeur de la technologie, ENGIE



JAN MERTENS,
Directeur scientifique d'ENGIE

Transition énergétique : l'indispensable complémentarité

Lorsque l'on parle de transition énergétique, on a souvent tendance à opposer les solutions. Chez ENGIE, nous cherchons plutôt à les mettre en synergie.

Fin 2019, deux experts en énergie déjeunaient ensemble et discutaient : l'un est une référence internationale en matière de pompes à chaleur et l'autre une sommité dans le domaine de la combustion de la biomasse. Il est frappant de constater à quel point même des personnes très intelligentes tombent dans le piège du « noir ou blanc ». Le spécialiste en pompes à chaleur affirmait qu'il était « évident » que l'avenir du chauffage domestique serait entièrement électrique et que les pompes à chaleur étaient la meilleure (et la seule) solution. L'autre habitait dans une maison rénovée dont l'isolation n'était pas aux normes actuelles, ce qui imposait un système de chauffage à haute température ; il soutenait qu'une pompe à chaleur ne serait pas efficace dans ce type de logement. Et d'ajouter que les nouvelles chaudières à biomasse utilisant une combustion à deux, voire à trois phases et équipées d'un système intégré de traitement des fumées, seraient très bien adaptées au chauffage domestique, même dans les zones densément peuplées, car leurs émissions étaient négligeables.

Le plus intéressant dans une discussion sur l'énergie est qu'il n'est pas nécessaire d'être un expert pour avoir une opinion tranchée. Ça tient évidemment au fait que l'énergie est omniprésente dans notre quotidien et au rôle essentiel qu'elle joue dans le monde aujourd'hui. Selon Michael Webber, elle est le gage d'une vie de qualité et, bien utilisée, elle offre aux humains santé, richesse et liberté. C'est grâce à elle que nous

avons accès à l'eau potable et à une nourriture saine. Dans beaucoup de ces discussions sur l'énergie, très divertissantes par ailleurs, la plupart des interlocuteurs semblent réfléchir de façon binaire à des solutions opposées : réacteurs nucléaires ou turbines à gaz pour pallier l'intermittence des énergies renouvelables électriques, électricité ou gaz pour produire de la chaleur, batteries lithium-ion ou batteries redox à flux pour équilibrer le réseau de distribution, mobilité électrique ou hydrogène, biogaz ou gaz de synthèse... Après avoir lu les articles de ce cahier, vous aurez compris que chez ENGIE, nous ne raisonnons pas en ces termes. Nous n'opposons pas les technologies, nous réfléchissons plutôt à la façon dont elles peuvent se compléter.

QUELLES SOLUTIONS POUR LE TRANSPORT ?

L'un des débats les plus courants est de savoir si l'avenir de la mobilité sera électrique ou hydrogène, à base de biogaz ou d'hydrocarbures de synthèse. Cette façon de poser la question suppose de faire un choix, alors qu'il serait plus juste de se demander où chaque solution de mobilité sera la plus pertinente. Ainsi, pour les courts déplacements et les véhicules légers, la voiture électrique à batterie possède une telle longueur d'avance qu'il sera difficile pour les autres technologies de rattraper leur retard. Cependant, pour les transports plus lourds (bus, camion, transport maritime...), on aura très probablement un mix énergétique