



Les secteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire, appelés à croître en raison de la démographie, ne pourront diminuer leur empreinte carbone qu'au prix de plusieurs changements d'habitudes de production. Les solutions existent.

L'électricité d'origine renouvelable peut aider à rendre plus verte l'agriculture.

Quelques exemples de projets pilotes montrent que l'on peut notablement diminuer l'impact carbone de notre alimentation. Ils répondent à trois questions. Quelles sont les technologies les plus prometteuses ? En quoi notre alimentation en sera-t-elle changée ? Polluerons-nous moins en mangeant des produits fabriqués à partir d'énergie locale ?

ENTRE CHAMP ET SERRE

Le premier projet porte sur la compétition entre différents usages de la terre. Il vise à produire plus de nourriture et d'énergie solaire sur une même surface en étudiant la meilleure combinaison de technologies de panneaux photovoltaïques et de cultures vivrières qui nécessitent de l'ombre pour favoriser leur croissance et ce dans plusieurs types de climat.

Le second pilote a pour objectif la réduction des émissions des cultures sous serres qui concernent en France une superficie d'environ 10 000 hectares, dont les deux tiers sont affectés aux cultures légumières. Il s'agit d'améliorer l'efficacité énergétique jusqu'à atteindre la neutralité carbone de ce type de cultures, sachant qu'aujourd'hui, elles consomment selon l'Ademe de 270 à 330 kilowattheures par mètre carré

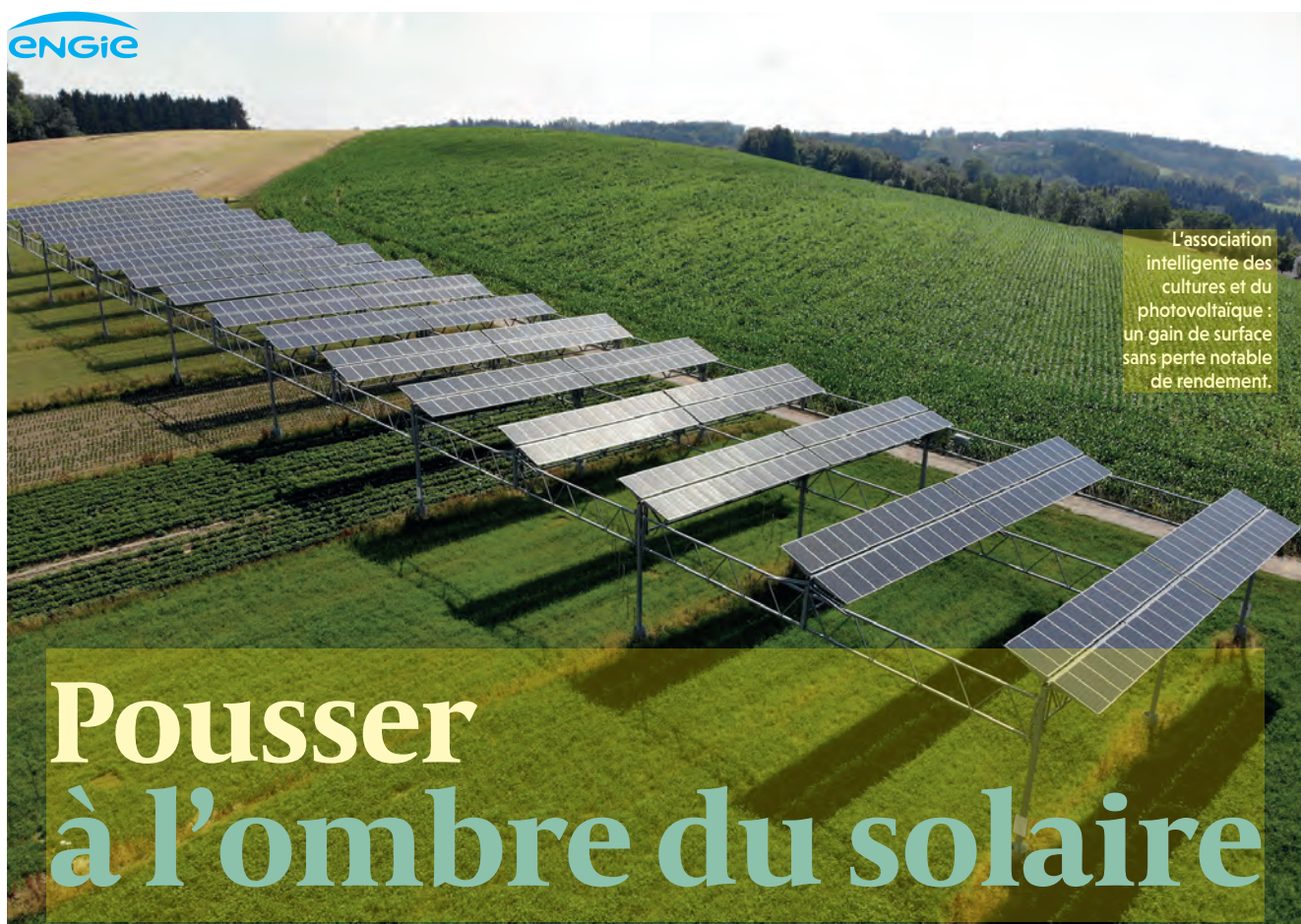
selon les régions. Cette énergie représente en moyenne 22 % des charges de production directes des exploitations de cultures sous serres chauffées. Pour ce projet, un partenariat a été monté avec l'université Wageningen, aux Pays-Bas, pour concevoir une serre autonome, notamment en énergie. Une serre test est équipée en capteurs d'eau, d'humidité du sol, de lumière, d'oxygène, de CO₂,... afin d'optimiser la culture sous contrainte de niveau d'émission de CO₂ et de consommation énergétique.

VERS L'HYDROGÈNE VERT

Le troisième axe concerne la production d'engrais verts. Une culture a besoin d'eau et de CO₂, mais aussi de nutriments comme l'azote, le phosphore et le potassium. L'azote est apporté par divers composés synthétiques élaborés à partir d'ammoniac aujourd'hui synthétisé *via* le procédé Haber Bosch : l'hydrogénation d'azote atmosphérique gazeux par de l'hydrogène gazeux avec un catalyseur. L'hydrogène est le plus souvent produit à partir d'hydrocarbures. ENGIE développe de nouveaux procédés de production d'hydrogène vert sur la base de l'électrolyse de l'eau avec de l'électricité verte excédentaire. Ce procédé, qui serait utile pour concevoir des engrais verts, est aujourd'hui centralisé dans des usines de très grandes capacités. Un des enjeux est d'étudier l'intérêt technico-économique de délocaliser cette production au plus près de sa consommation. De la sorte, non seulement nous baisserions la pollution des sols, mais aussi celle de l'air en diminuant le transport des fertilisants. Ces solutions, déployées seules ou combinées, n'influenceront pas sur la qualité des produits consommés, mais diminueront leur empreinte carbone.

Ces initiatives ne sont pas isolées. Elles complètent un panel de solutions high-tech (agriculture de précision, agriculture urbaine...) et low-tech (le non-labour par exemple). Elles se développeront en parallèle à travers les villes du monde entier selon la taille des exploitations et la capacité des producteurs à adopter ces nouvelles technologies. À moyen terme, les changements technologiques les plus abordables et les plus matures, comme l'utilisation de nouveaux capteurs pour optimiser la production et les procédés, vont largement se généraliser. En parallèle, les consommateurs devront s'organiser et faire pression pour diminuer les émissions liées au transport des aliments, le gaspillage alimentaire et améliorer le traçage des produits.

Selon le dernier panorama des technologies émergentes du cabinet DNV GL, les citoyens tendront vers un partage des ressources locales sous forme de coopératives alimentaires basées sur des productions plus locales à faible impact carbone. C'est ainsi qu'une empreinte carbone totale minimale sera envisageable, de la fourche à la fourchette. ■



L'association intelligente des cultures et du photovoltaïque : un gain de surface sans perte notable de rendement.

Pousser à l'ombre du solaire

© Fraunhofer ISE

Que ce soit sous les climats tempérés ou dans des régions plus arides, les cultures combinées aux panneaux solaires sur une même surface forment un duo gagnant.

Dans le monde entier, le photovoltaïque est devenu un élément clé de la transition énergétique. Pourtant, certains pays fortement urbanisés, tels la Belgique ou les Pays-Bas, manquent d'espace pour installer de grandes centrales solaires. Dans ce contexte, ne serait-il pas logique d'utiliser le sol de manière plus judicieuse ?

Une solution serait de combiner intelligemment l'activité agricole et la production d'électricité solaire sur une même parcelle : on parle alors d'agrivoltaïque (contraction d'agriculture et de photovoltaïque). C'est le pari d'ENGIE Bénélux, dont les équipes mettent en œuvre un projet de ce type à grande échelle, aux Pays-Bas. Il s'agit d'installer d'ici 2021 une centrale photovoltaïque d'une puissance de 45 mégawatts, cohabitant avec des cultures agricoles.

CÉLERI OU FRAMBOISES ?

La première étape consiste en un champ d'essai d'un hectare où différentes options seront testées, afin d'enregistrer une expérience indispensable au déploiement du démonstrateur en entier sur 50 hectares. Quelles cultures

LES AUTEURS

JÖRAN BEEKERK VAN RUTH
ET STIJN SCHEERLINCK,
LABORELEC,
ROB KURSTEN,
ENGIE BENELUX,
CLAIRE DU COLOMBIER,
ENGIE SOLAR

mettre en place, valorisables mais supportant l'ombrage ? Céleri ? Framboises ? Quelle technologie solaire choisir ? Classique ou bifaciale ? Quelle configuration adopter ? Quelle est la densité optimale de panneaux photovoltaïques à installer, afin de produire assez d'électricité sans trop assombrir le champ sous-jacent ? Pour y répondre, ENGIE coopère avec un partenaire local, Green Meteor, spécialisé à la base dans la construction de structures de protection des cultures contre la grêle ou le soleil. Cette association présente également l'avantage de créer des liens avec le secteur horticole, indispensable à la bonne conduite du projet.

Les rendements sont-ils affectés ? Les conclusions du projet APV-RESOLA mené par

L'AGRIVOLTAÏQUE, UNE HISTOIRE MONDIALE

L'agrivoltaïque associant photovoltaïque et agriculture sur une même surface a été proposé en 1981 par Adolf Goetzberger et Armin Zastrow. Au Japon, il s'est développé à partir de 2004 sous l'impulsion d'Akira Nagashima. De nombreux types de cultures en profitent, comme les agrumes, les concombres, le riz, les vignes... La technique a ensuite essaimé dans diverses régions du monde : Chine, Inde, Malaisie, Autriche, Chili... Au Vietnam, dans le delta du Mékong, l'institut Fraunhofer ISE a déployé un système agrivoltaïque pilote dans une ferme de crevettes en 2017.

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.