

Energies renouvelables

Se lancer dans l'agrivoltaïsme en grandes cultures



Agrivoltaïsme : en grandes cultures aussi

Sécheresse, événements climatiques extrêmes, calamités agricoles sont de plus en plus fréquents sur notre territoire et dans le monde. Au dérèglement climatique s'ajoute aujourd'hui la crise énergétique qui forme un argument de poids pour convaincre les plus sceptiques de la nécessité d'une transition écologique. Dans ce but, le maître mot de l'autonomie, qu'elle soit alimentaire ou énergétique, est plus engageant que la résilience et la, pourtant nécessaire, sobriété.

La France doit donc s'adapter et décarboner ses activités. En effet, sa demande énergétique finale est encore couverte à hauteur de 65 % par les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon), dont la combustion est la principale source d'émission de CO₂ dans l'atmosphère. Le développement des énergies renouvelables fait partie des leviers majeurs à actionner pour satisfaire nos besoins énergétiques sans contribuer au dérèglement climatique. De plus, RTE, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité, table sur une augmentation des besoins en électricité de 30 à 40 % dans la prochaine décennie, illustrant la dynamique d'électrification des usages. Parmi les solutions disponibles figure l'énergie photovoltaïque qui transforme le rayonnement solaire en électricité. Longtemps cloisonné aux toitures et aux espaces dégradés, le photovoltaïque au sol avait mauvaise presse puisque synonyme d'artificialisation.

Ainsi la notion d'agrivoltaïsme faisait presque figure d'oxymore laissant craindre une artificialisation de terres arables au bénéfice de la production énergétique. A l'instar d'autres technologies nouvelles, certaines dérives étaient pointées du doigt par le monde agricole. Il convenait au législateur de se saisir de la question pour y apporter le cadre nécessaire à un développement raisonnable assurant la priorité à l'agriculture. C'est chose faite. La mise en œuvre peut désormais être activée.

A raison, car le potentiel annoncé est plus qu'encourageant. En effet, il suffirait de moins de 0,2 % de la SAU française (43 600 ha sur les 26,7 millions d'hectares de SAU) couverte par des solutions agrivoltaïques pour atteindre l'objectif de 44 GW de capacités de production d'électricité issue du solaire d'ici 2028. Cependant, en matière d'agrivoltaïsme, les solutions techniques sont variées et les a priori nombreux.

Ce livre blanc vise donc à vous aider à :

- Visualiser les besoins à venir d'énergie photovoltaïque ;
- Définir un projet agrivoltaïque (cadre réglementaire) ;
- Comprendre les apports de l'agrivoltaïsme au regard du contexte climatique ;
- Etudier les différents aspects techniques et contractuels d'un projet d'agrivoltaïsme ;
- Envisager la faisabilité d'une installation sur une de vos parcelles.

TABLE DES MATIÈRES

- 
- 1 Le nécessaire recours au photovoltaïque pour une autonomie énergétique décarbonée**
 - Davantage d'énergies renouvelables pour atteindre la neutralité carbone
 - La progression annoncée du photovoltaïque
 - Où installer les panneaux solaires ?
 - 2 Agrivoltaïsme : un cadre réglementaire défini récemment**
 - Une limite de 40 % de taux de couverture des sols imposée par décret
 - Un déploiement facilité pour les technologies éprouvées
 - 3 Le dérèglement climatique impacte les grandes cultures**
 - Les années 2022 et 2023 annonciatrices des années à venir
 - La ressource en eau au cœur des préoccupations
 - Quels bénéfices attendre des solutions d'agrivoltaïsme pour l'agriculture ?
 - Avis d'expert : Jean Dayde, directeur du campus de Lamothe et directeur adjoint de la recherche, école d'ingénieurs de Purpan
 - 4 Quelles solutions d'agrivoltaïsme pour les grandes cultures ?**
 - Quels critères prendre en compte ?
 - Panneaux verticaux et trackers tournesols
 - Les ombrières se développent en France
 - 5 Envisager un projet agrivoltaïque sur son exploitation**
 - Se lancer dans l'agrivoltaïsme, un certain état d'esprit
 - Conditions techniques
 - Conditions contractuelles
 - Quelles sont les conditions financières pour l'exploitant ?
 - L'agrivoltaïsme, un projet de territoire
 - 6 L'agrivoltaïsme en questions**
 - Puis-je envisager de monter moi-même un projet d'agrivoltaïsme ?
 - Puis-je recevoir des aides PAC pour ma parcelle en agrivoltaïsme ?
 - Pour quelle durée je m'engage ?
 - Combien de temps avant la mise en fonctionnement de l'installation ?
 - Qui assure la maintenance de l'installation ?
 - Le développeur a-t-il son mot à dire sur mes pratiques ?
 - Suis-je obligé d'avoir une parcelle témoin ?
 - Que se passe-t-il à la fin du projet ?

1.

Le nécessaire recours au photovoltaïque pour une autonomie énergétique décarbonée

Davantage d'énergies renouvelables pour atteindre la neutralité carbone

La France ambitionne d'atteindre la neutralité carbone à horizon 2050 conformément aux engagements pris lors de l'Accord de Paris (COP 21). Cela signifie réduire drastiquement ses émissions de gaz à effet de serre et compenser celles qu'elle ne peut pas totalement supprimer. La décarbonation de l'économie française passe par des transferts d'usage des énergies fossiles vers l'électrification directe et l'hydrogène décarboné et, ce faisant, par une hausse des consommations électriques. **L'autonomie énergétique de la France pose alors question tant sur la quantité d'électricité à fournir que sur les moyens de la produire.**



Credit : Paradee

La vente d'électricité : comment ça se passe ?

Les projets de vente d'énergie renouvelable (photovoltaïque ou éolien) pilotés par des développeurs s'inscrivent dans deux types de dispositifs :

- *Les appels d'offres de la Commission de Régulation de l'Energie. Les projets retenus bénéficient d'un revenu garanti sur 20 ans, par l'intermédiaire du complément de rémunération.*
- *Les contrats de livraison d'électricité à long terme avec un acheteur d'électricité, par exemple un industriel. Ces contrats appelés « Power Purchase Agreements (PPA) » permettent également de définir un prix fixe pour une durée de 15-25 ans.*

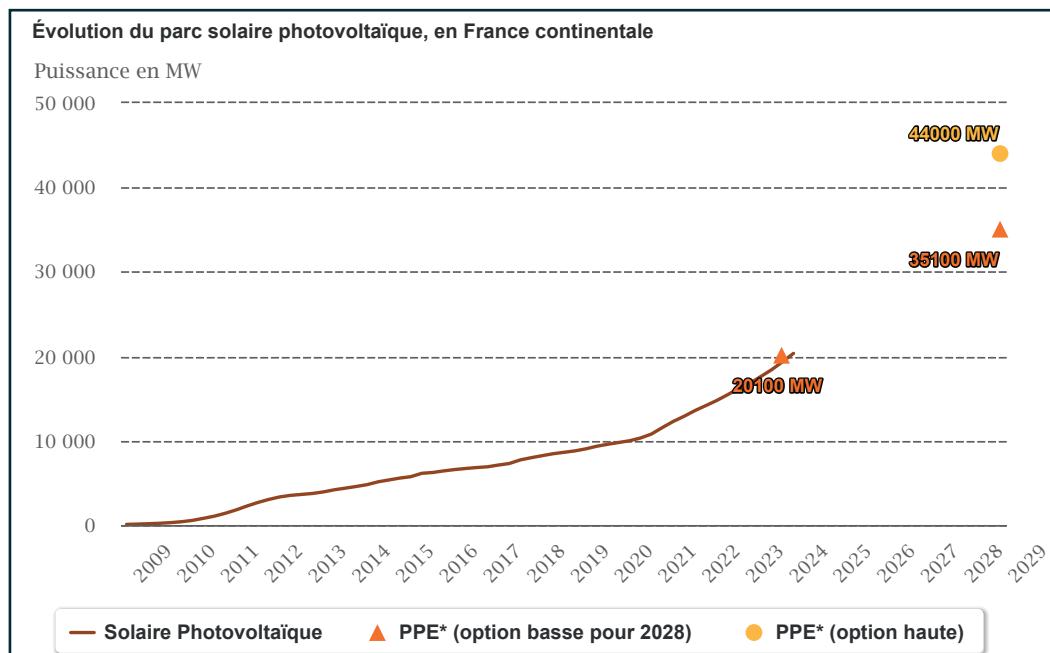
La progression annoncée du photovoltaïque

À la fin du premier semestre 2024, la puissance du parc solaire installé était de 22,2 GW et a permis de produire 12,1 TWh sur les 6 premiers mois de l'année (en hausse de 8 % par rapport au premier semestre 2023). **La production photovoltaïque a ainsi permis de couvrir 5 % de la consommation électrique française sur la période.**

Dans sa version actuelle datant de 2020, la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) prévoit une accélération du rythme de développement des énergies renouvelables d'ici à 2028. **Les 35,1 GW à 44 GW de capacités photovoltaïques visées pour 2028** doivent correspondre pour environ 40 % à des installations sur toitures, et pour 60 % à des installations au sol. Atteindre la cible pour **2028 suppose une croissance, de 3 à 5 GW par an, du parc photovoltaïque**, celle des dernières années avoisinant plutôt 2 GW annuels. Par ailleurs, ces chiffres doivent être prochainement revus à la hausse pour tenir compte de l'ambition d'accélération de la transition. Dans son projet de stratégie nationale énergie-climat, mis en consultation à l'automne 2023, le gouvernement proposait une cible de 75 à 100 GW pour 2035, ce qui suppose un rythme de déploiement annuel de 5,5 à 7 GW par an.

Si l'amélioration des technologies peut laisser supposer un meilleur rendement avec une densité de puissance des installations qui approche 1 MWc/ha dans le cas des centrales au sol, le besoin de surfaces reste indéniable, et pour autant relativement limité. Dans la mesure où le foncier des friches industrielles se raréfie, l'équipement des toitures est un axe de développement prioritaire, mais l'obstacle est économique car ces installations font face à de nombreuses contraintes techniques et donc à d'important surcoûts. L'agrivoltaïsme ouvre une voie complémentaire. Si les 21,8 GW restant à construire pour atteindre la cible des 44 GW pour 2028 devait uniquement être réalisé par l'agrivoltaïsme, **il faudrait mobiliser 43 600 hectares de surfaces agricoles, soit moins de 0,16 % de la SAU française**.

1 Térawatt (TW) = 1 000 Gigawatt (GW) = 1 000 000 Mégawatt (MW)



*La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoit un premier objectif de puissance installée pour fin 2023 et deux options (haute et basse) pour fin 2028 (cf. décret n°2020-456 du 21 avril 2020). Le parc inclut également les installations raccordées au réseau d'Enedis sans convention d'injection. Champ : France continentale. Source : SDES d'après Enedis, RTE et CRE

Nouvelle PPE en cours d'élaboration

Un projet de nouvelle Programmation Pluriannuelle de l'Energie est en cours d'élaboration mais l'instabilité gouvernementale en a retardé l'adoption définitive. Pour le secteur électrique, on attend une forte accélération du rythme de déploiement du photovoltaïque pour toutes les typologies de projets, dont l'agrivoltaïsme, pour atteindre entre 54 et 60 GW de capacité installée dès 2030 et de 75 à 100 GW pour 2035. D'autant plus que l'énergie photovoltaïque est la moins coûteuse à produire et peut être déployée de manière relativement rapide (comparativement à de nouvelles centrales nucléaires par exemple).



Credit: Julien Bru

La centrale photovoltaïque de Marville, construite sur un aérodrome en activité, couvre 155 hectares et équivaut à une puissance installée de 152 MWc. Elle produit dans sa totalité 160 GWh par an soit l'équivalent de la consommation annuelle de 23 000 habitants.

Où installer les panneaux solaires ?

Sur toitures, en ombrières de parking, aux abords des autoroutes, sur des friches industrielles ou sur des parcelles agricoles dans le cadre de projets agrivoltaïques, les solutions doivent être considérées comme complémentaires au regard de l'importance des objectifs climatiques, de la finalité des projets et de l'équilibre entre production énergétique et coût d'investissement.

En toitures, le gisement potentiellement mobilisable a été estimé par l'Ademe à environ 350 GW [1], mais ce potentiel théorique est en pratique plus limité car il faut intégrer différents critères de faisabilité technique (taille et orientation des toitures, capacité à supporter la charge, absence d'ombrage environnant, etc.), administrative (réglementation urbanistique) et économique (coût de production du solaire sur petite toiture actuellement 2 à 3 fois plus élevé que pour des grandes centrales au sol).

Le photovoltaïque au sol est moins onéreux, car moins contraint techniquement, mais le facteur limitant est celui de la disponibilité du foncier. Les centrales au sol ont été développées en priorité sur les friches industrielles mais ces zones artificialisées délaissées sont très convoitées et le gisement exploitable des friches atteint seulement 9 GW, selon le dernier recensement Ademe [2]. La loi APER a certes mis l'accent sur la mobilisation de foncier artificialisé additionnel, avec des obligations renforcées de solarisation des parkings ou encore une mise à disposition des abords routiers et autoroutiers mais le potentiel de développement associé est également très limité (respectivement 4 GW et 2,5 GW [3]).

L'agrivoltaïsme se présente alors comme une solution complémentaire, en soutien aux ambitions solaires de la France. Les projets agrivoltaïques sont déployés sur des terrains agricoles avec des solutions adaptées aux besoins des exploitations et dans une logique de synergie entre l'activité agricole et l'activité de production d'électricité décarbonée. Considérant les premières expérimentations dans le domaine (échec des premières serres agrivoltaïques, par exemple) et les dérives prévisibles, le législateur a dû fixer un cadre. La définition de l'agrivoltaïsme fait partie de ce nécessaire encadrement.

[1] Ademe, Un mix électrique 100 % renouvelable ? Analyses et optimisations, 2016, <https://librairie.ademe.fr>

[2] Ademe, Identification par département français, de zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques, mars 2022, www.ecologie.gouv.fr

[3] Ministère de la transition énergétique, Etude d'impact du projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergie renouvelable, <https://www.senat.fr/leg/etudes-impact/pj21-889-ei/pj21-889-ei.html>

2 Agrivoltaïsme : un cadre réglementaire défini récemment

Le cadre légal de l'agrivoltaïsme a été officiellement défini par la loi n° 2023-175, du 10 mars 2023, relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (Loi APER). L'article 54 de la loi modifie le code de l'énergie afin « d'encourager la production d'électricité issue d'installations agrivoltaïques, au sens de l'article L. 314-36, en conciliant cette production avec l'activité agricole, en gardant la priorité donnée à la production alimentaire et en s'assurant de l'absence d'effets négatifs sur le foncier et les prix agricoles.»

« Art. L. 314-36.-

I.-Une installation agrivoltaïque est une installation de production d'électricité utilisant l'énergie radiative du soleil et dont les modules sont situés sur une parcelle agricole **où ils contribuent durablement à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole.**

II.-Est considérée comme agrivoltaïque une installation qui apporte directement à la parcelle agricole au moins l'un des services suivants, en garantissant, à un agriculteur actif ou à une exploitation agricole à vocation pédagogique gérée par un établissement relevant du titre Ier du livre VIII du code rural et de la pêche maritime, **une production agricole significative et un revenu durable** en étant issu :

- 1° L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques ;
- 2° L'adaptation au changement climatique ;
- 3° La protection contre les aléas ;
- 4° L'amélioration du bien-être animal.

III.-Ne peut pas être considérée comme agrivoltaïque une installation qui porte une atteinte substantielle à l'un des services mentionnés aux 1° à 4° du II ou une atteinte limitée à deux de ces services. »

Une limite de 40 % de taux de couverture des sols imposée par décret

Le décret fixant le cadre pour le développement de l'agrivoltaïsme a été publié au journal officiel le 9 avril 2024. Prévu par la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER) de mars 2023, ce texte pose le cadre d'évaluation des projets agrivoltaïques ainsi que le régime de contrôle et de sanctions en cas de manquement aux obligations réglementaires. L'enjeu était de définir des règles protectrices pour l'agriculture et opérantes pour les porteurs de projet, qui soutiennent l'ambition de la loi APER de concilier production d'électricité et production agricole, en gardant cette priorité donnée à la production alimentaire. Le décret résulte d'un travail mené par l'administration, en lien avec les syndicats dont France Agrivoltaïsme, les porteurs de projets et les organisations professionnelles agricoles (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049386027>).

La loi prévoit, en premier lieu, que seuls des projets agrivoltaïques puissent être développés sur des terres agricoles, à l'exception de terres réputées incultes, ou inexploitées depuis plus de 10 ans. Celles-là pourront accueillir des projets photovoltaïques au sol sans coactivité.

Les Chambres d'agriculture sont chargées d'identifier et de répertorier ces parcelles improductives dans un document cadre. Au premier semestre 2025, après une phase de consultation organisée par les Préfets, elles seront ainsi toutes cartographiées et représenteront les potentielles exceptions à l'agrivoltaïsme, qui constitue la norme. Le décret donne aux services instructeurs des indications pour évaluer les projets agrivoltaïques, depuis la conception des installations jusqu'à la préservation des rendements agricoles. **Le décret se traduit par une grille d'évaluation afin que seuls des projets qui apportent réellement un service à l'agriculture ne soient retenus.**



Principales exigences fixées à l'agrivoltaïsme par le décret :

- Taux de couverture maximal des sols par les installations agrivoltaïques de 40 % ;
- Perte de surface exploitable inférieure à 10 % ;
- Rendement moyen au moins égal à 90 % de celui de la zone témoin ou du référentiel local.
- Moyenne des revenus de l'exploitation, en excluant le revenu tiré de l'installation agrivoltaïque, au moins égale à celle avant-projet.

Le décret a ensuite été complété par un arrêté, signé le 5 juillet 2024, qui précise encore les modalités de suivi et de contrôle des installations, notamment en élevage. Pour l'élevage de ruminants, les objectifs de rendement seront vérifiés au travers de deux indicateurs : la production de biomasse fourragère et le taux de chargement. Ces indicateurs seront évalués en comparaison avec un référentiel local.

La certification Afnor : la filière agrivoltaïque se labellise

La réflexion sur les bonnes pratiques anime aussi les développeurs de projets solaires. Regroupés en association en 2018, les membres de La Plateforme verte travaillent à un développement concerté de la production d'énergie renouvelable. La Plateforme verte fait partie du réseau France Agrivoltaïsme aux côtés notamment des Chambres d'agriculture et d'autres acteurs du secteur comme TSE. Le SER travaille aussi sur le sujet. Créé en 1993, le Syndicat des énergies renouvelables représente l'ensemble des filières des énergies renouvelables en France (producteurs de ressources (forestiers, agriculteurs), concepteurs, industriels et installateurs, développeurs et exploitants de centrales de production et associations professionnelles spécialisées).

Afin d'encadrer au mieux les projets d'agrivoltaïsme, France Agrivoltaïsme a mis en place fin 2021 une labellisation par l'Afnor pour les « projets de classe A sur culture ». Un projet est qualifié de « positif » dès lors qu'il favorise et améliore durablement la performance agricole de la parcelle et de l'exploitation agricole concernées. Le référentiel précise les exigences et modalités d'obtention du label sur des critères agronomiques mais aussi d'intégration paysagère ou encore de limitation de l'impact sur les sols. Ce référentiel concerne différents types de cultures végétales, dont les grandes cultures.

Un déploiement facilité pour les technologies éprouvées

Les discussions s'organisent à l'échelle locale, avec les chambres d'agriculture et les services de l'Etat, pour que les exigences du décret soient comprises et appliquées. Comme prévu par le décret, un contrôle préalable est prévu avant la mise en service de l'installation. Un contrôle de suivi sera opéré lors de la 6e année d'exploitation, puis tous les 3 ans (ou 5 ans pour les technologies dites « éprouvées »). Par ailleurs, des informations devront être transmises annuellement à l'Ademe.

En cas de non-respect, les sanctions pourront aller jusqu'à la suspension ou la résiliation du contrat de rachat de l'électricité et le démantèlement de l'installation agrivoltaïque avec remise en état de la parcelle.

Enfin, dès lors que la démonstration sera faite de la compatibilité entre un type de culture, un type de sol et une technologie, le déploiement de cette technologie sera facilité (contrôles plus espacés, absence de zone témoin, etc.). Ces technologies dites éprouvées seront définies par arrêté ministériel, sur proposition de l'Ademe.

Limiter les risques de spéculation sur le foncier agricole

Une terre agricole qui a plus de valeur avec la production d'énergie qu'avec sa production agricole ? Risque de spéculation foncière, de rétention des terres agricoles et de non-transmission ? Abandon des cultures face à un gain supérieur avec la production photovoltaïque ? Les loyers proposés pour la location des parcelles par les développeurs sont alléchants pour les propriétaires fonciers et pourraient être préjudiciables aux exploitants en fermage. Ce risque a rapidement été identifié par le législateur qui exige des projets agrivoltaïques qu'ils permettent le maintien d'une activité agricole significative et d'un revenu durable en étant issu, et que le statut du fermage soit strictement respecté. En ce sens, les projets d'agrivoltaïsme se doivent de :

- Ne pas casser pas le bail rural ;
- Apporter des garanties pour le maintien de l'activité agricole ;
- Intégrer le processus de reprise-transmission puisque les projets sont prévus pour 30 à 40 ans ;
- Partager la valeur entre le propriétaire et l'exploitant. L'association de l'exploitant aux revenus du projet est en effet une condition d'éligibilité aux appels d'offres de la CRE.

3. Le dérèglement climatique impacte les grandes cultures

Les années 2022 et 2023 annonciatrices des années à venir

2022 et 2023 ont été marqué par des **records de températures**, entraînant de longues périodes de sécheresse, au point même de voir apparaître le terme de « **sécheresse hivernale** » avec plus de 38 jours sans pluie significative durant l'hiver 2022/2023. L'eau a manqué dans plusieurs départements français et est une préoccupation sérieuse pour les années à venir.



Le dernier rapport du GIEC, qui fait la synthèse des études publiées recueillant le consensus du monde scientifique, projette une **augmentation de température au niveau mondial autour de 3,5°C d'ici 2100**. En France, la hausse avoisinerait plutôt les 5°C à la fin du siècle, autour des 3°C d'ici 2050, selon François Gemenne, membre du GIEC. Sont à attendre plus de jours dépassant les 40°C, plus d'épisodes météorologiques violents et des périodes de sécheresse plus longues et plus fréquentes.

Source : <https://podcast.asha.co/demain-n-attend-pas/55-tout-ce-que-vous-avez-toujours-voulu-savoir-sur-le-climat-sans-jamais-oser-le-demander-avec-francois-gemenne>

La ressource en eau au cœur des préoccupations

La question de l'eau a fait l'objet d'un constat alarmant lors de la récente conférence de l'ONU, un problème qui touche directement la France et s'accélère rapidement, comme le rappelle l'hydrologue Emma Haziza : « La demande mondiale d'eau douce sera de 40 % supérieure à l'offre d'ici 2030 ! » Les réserves souterraines sont littéralement pillées à l'échelle planétaire et les diminutions des pluies à venir ne permettront pas de les recharger.

Rappelons que l'agriculture est la première activité consommatrice d'eau en France (58 % en 2022), les surfaces irriguées ayant augmenté de 15 % depuis 2010. Les cultures souffrent, les rendements diminuent. **L'autonomie alimentaire est elle aussi en jeu.** Alors que la demande augmente, nos ressources s'amenuisent. Comment l'agriculture peut-elle diminuer ses besoins en eau et améliorer l'efficience de l'utilisation de cette précieuse ressource ?

Quels bénéfices attendre des solutions d'agrivoltaïsme pour l'agriculture ?

Ombrage

Le premier effet de l'implantation de panneaux photovoltaïques sur les parcelles agricoles, c'est l'apport d'ombrage. La structure agrivoltaique limite ainsi le risque que les plantes ne subissent des stress thermiques, liés à la sécheresse, ou encore oxydatifs. Le **taux de couverture** varie d'une solution à une autre. L'ombrage apporté à l'échelle de la parcelle peut être plus ou moins homogène en fonction du positionnement des panneaux et de leur caractère fixe ou dynamique. En fonction des types de cultures, il est important de pouvoir maîtriser le pourcentage d'ombre aux différents moments de la journée, selon les conditions climatiques et pendant les phases clés de développement de la plante. Car, le manque d'ensoleillement serait aussi dommageable au bon développement de la plante, avec des conséquences sur les composantes de qualité et de rendement de la culture. En parallèle, un travail de sélection des cultures et variétés les plus adaptées doit être mené.

Température sous panneaux

En période estivale, les **températures de l'air et du sol sont moins élevées sous les panneaux**. La protection contre les températures extrêmes vaut aussi avec les températures négatives. Sous les panneaux, qui conservent en partie la chaleur au sol, **les cultures sont protégées du gel.**

« Les capteurs dans le sol à 30 cm ont relevé 3,5°C de moins sous les panneaux que la partie témoin. Sur la partie témoin, les feuilles n'avaient pas un bel aspect. Sous les panneaux, les plantes n'étaient pas du tout stressées et beaucoup plus vertes. Elles ont moins souffert de l'effet de coup de soleil. »

Sylvain Raison, exploitant agricole, Amance (Haute-Saône),
cultive sous la 1^{ère} canopée agricole TSE

Moindre stress hydrique

La diminution des températures limite l'évapotranspiration et réduit les besoins en eau sous les panneaux (entre - 20 et - 30 % d'après l'étude de l'Ademe). Les plantes sont moins sujettes au stress hydrique. Là où des panneaux solaires fixes laisseront peu passer la pluie, les panneaux mobiles ont l'avantage de pouvoir être disposés au plus proche de la verticale ce qui permet à la parcelle de bénéficier de manière uniforme de l'apport en eau.

Protection contre les aléas

Les panneaux peuvent protéger la culture, contre la grêle par exemple, d'autant mieux s'ils sont mobiles et peuvent être positionnés à l'horizontal.

Développement de la biodiversité

Combinées à des interventions adéquates de la part de l'exploitant agricole, les bandes non cultivées sous les panneaux favorisent la présence des **insectes pollinisateurs et auxiliaires**.

Amélioration des pratiques

L'expérimentation autour de l'agrivoltaïsme fait aussi avancer la connaissance en matière de pratiques agricoles, les sites équipés faisant l'objet d'études minutieuses.

L'utilisation de panneaux bifaciaux permet de capter à la fois le rayonnement direct du soleil et le rayonnement diffus. L'albedo (le pouvoir réfléchissant d'une surface) d'un sol avec un couvert végétal est supérieur à celui d'un sol nu. Ainsi, les pratiques tendent à une **couverture permanente du sol (semis direct, couverts d'intercultures)** améliorent le rendement énergétique, tout en favorisant le stockage du carbone et en protégeant les sols agricoles.



Credit : Primopiano

« On fait du semis direct en agriculture de conservation depuis 8 ans. Les panneaux bifaciaux bénéficient de la réverbération des plantes. »

Sylvain Raison, exploitant agricole, Amance (Haute-Saône), cultive sous la 1ère canopée agricole TSE

Impact sur le rendement

La question du rendement est un sujet qui anime le monde agricole et les experts sont nombreux à travailler sur le sujet. Aujourd'hui, les premiers retours d'expérience sont encore trop rares pour tirer des conclusions. C'est l'objectif que se fixent les développeurs avec leurs sites pilotes. TSE a cependant des premiers retours sur différentes cultures cultivées sous les canopées agricoles (cf encadré page 16).

L'avancée des connaissances en agrivoltaïsme

Le Pôle National Recherche, Innovation, Enseignement sur l'Agri-Photovoltaïsme (PNR-AgriPV) de l'Inrae a été créé en février 2023, en partenariat avec 37 structures publiques et privées, notamment des développeurs de projets solaires tels que TSE, pour mesurer l'impact du photovoltaïsme sur les cultures, ou encore, identifier les plantes, voire les variétés qui s'épanouissent le mieux sous les structures.

Ainsi, les développeurs investissent aussi dans l'avancée des connaissances. TSE prévoit d'ailleurs l'implantation d'une dizaine de sites pilotes partout en France et mène parallèlement un travail de modélisation du climat généré par ses différentes solutions.

Parmi les axes de travail de TSE figurent aussi l'évaluation et la sélection des variétés qui bénéficieront le plus des conditions climatiques engendrées par les différentes solutions agrivoltaïques. Cela passe par un screening de variétés en atmosphère contrôlée, les variétés présélectionnées étant ensuite testées en conditions réelles au niveau des sites pilotes. L'objectif est, à terme, de constituer un ensemble de références associées à des recommandations de pratiques adaptées, que TSE mettra à disposition des agriculteurs équipés par ses solutions.

Avis d'expert :

Jean Dayde, directeur du campus de Lamothe et directeur adjoint de la recherche, Ecole d'ingénieurs de Purpan



Que se passent-ils lors des étés très chauds ?

La sécheresse, forte chaleur et manque d'eau, ont été les principales causes des défauts de rendements agricoles en 2022 ainsi qu'en 2023, avec des pertes partout en France de 20 à 30 %, voire plus dans certaines régions. L'irrigation du maïs a perdu en efficience par le fait même de l'aspersion et de l'évaporation sur sol sec et peu couvert.

Que peut apporter l'agrivoltaïsme sur ces aspects ?

Sous panneaux, on peut constater une baisse de température et un moindre stress hydrique. Mais, il ne faut pas oublier que ce qui est le plus important pour la plante, c'est la lumière. Toute l'énergie des plantes vient de la lumière pour permettre la photosynthèse. Il n'y a pas de plante de grandes cultures ou de prairie qui se trouve mieux sous ombrage. L'agrivoltaïsme pénalise forcément le métabolisme de la plante. Il serait dommage de diminuer le rendement de parcelles à fort potentiel en les couvrant de panneaux photovoltaïques.

Cela étant dit, on peut penser que les aménités positives dues à la couverture compensent la moindre luminosité. Il faut raisonner au niveau de tout l'agro-système. On ne fait pas la même agriculture dans les Pyrénées que dans les champs des Hauts-de-France. De même, sous panneaux, c'est un nouveau modèle agricole qui est à concevoir.

Quelle agriculture sous panneaux justement ?

Il faut raisonner globalement la rotation et des itinéraires techniques adaptés au regard des aménités positives telles que l'économie d'eau. Faire entrer dans la rotation une espèce prairiale me semble une bonne idée. C'est la prairie qui bénéficie le plus de l'agrivoltaïsme, la sécheresse rallongeant les intervalles de coupe. On peut perdre de la productivité, mais les degrés gagnés favorisent la pousse.

On évitera les plantes ayant besoin de beaucoup de lumière comme le tournesol. A contrario, des nouvelles cultures peuvent être introduites, comme le framboisier, qui apprécie en partie l'ombrage. On peut aussi penser que lorsqu'on s'attend de facto à un rendement moindre, on adapte les moyens et efforts dans le même sens, notamment l'apport d'intrants et de protection des cultures. Ce sont des économies à prendre en compte. Un modèle plus intensif est aussi envisageable, notamment en s'appuyant sur la structure pour mettre en place un système d'irrigation, pour des cultures à forte valeur ajoutée.

Il n'y a pas qu'un seul modèle, les solutions sont à adapter en tenant compte de l'environnement de la parcelle, des types de sols, etc. Des travaux de modélisation sont nécessaires pour envisager les apports des panneaux sur des cultures dans différents contextes géographiques. Les connaissances doivent être développées d'un point de vue agronomique mais aussi sur les solutions techniques.

Quelle responsabilité pour les développeurs de projets solaires ?

Il vaut mieux gagner sur la performance des panneaux que de perdre davantage d'intensité lumineuse. Les développeurs doivent continuer à faire de la R&D pour améliorer l'efficience des solutions techniques. Ils doivent s'engager à protéger les intérêts de l'agriculteur qui prend des risques de perte de rendement agricole. De ce point de vue, la rémunération de l'agriculteur est incontournable.

La réflexion à avoir est celle d'un bon agronome qui reste objectif pour envisager les différentes techniques et fait évoluer le système vers tout ce qui va dans le sens de l'agroécologie. Des arbitrages seront forcément à faire entre les deux types de production, alimentation et énergie, pour savoir à quel point l'agriculteur devient « énergiculteur ». Il est nécessaire qu'agriculteurs et énergéticiens travaillent en synergie. Le monde agricole et les citoyens en général n'accepteront pas d'agriculture alibi.

4. Quelles solutions d'agrivoltaïsme pour les grandes cultures ?

Pour que la production agricole reste l'activité principale de la parcelle, il convient de viser la meilleure synergie entre la solution photovoltaïque et la production agricole. La loi APER identifie les bénéfices tirés de cette synergie : **amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques, adaptation au changement climatique, protection contre les aléas** et l'amélioration du bien-être animal.

Les combinaisons sont multiples et, l'expérimentation sur grandes cultures en étant à ses prémisses, les références encore inexistantes. De plus, chaque projet se distingue par la zone géographique de la parcelle, les conditions météorologiques et l'ensoleillement, mais également le type de sol et l'hydrographie du territoire.

Quels critères prendre en compte ?

La solution d'agrivoltaïsme ne doit pas être un obstacle aux modes de production, notamment l'usage d'engins agricoles. L'espacement entre les poteaux supportant la structure, leur sens d'implantation et la hauteur sous panneaux devront être **compatibles avec votre matériel et les pratiques. Le sens de travail induit par l'installation** d'une structure d'agrivoltaïsme est à considérer, notamment pour la gestion de l'érosion et du tassement des sols. Dans tous les cas, la réversibilité de la solution est importante à prendre en compte. La solution doit autoriser les changements de production et de pratiques.

Autre point à questionner concernant le choix de la solution d'agrivoltaïsme : l'ombrage et la couverture de la parcelle. Le taux de couverture est maintenant limité à 40 % par le décret d'avril 2024, pour une surface d'ombre portée modulaire, allant de 0 à 100 % en fonction des heures de la journée. En effet, certains panneaux, en plus de pouvoir tourner en fonction de la course du soleil, sont aussi protractiles et peuvent s'étendre (puis se rétracter) en fonction des besoins. Seuls les petits projets expérimentaux pourront dépasser ces 40 % de taux de couverture, avec l'aval de la Commission départementale de préservation des espaces naturels et forestiers (CDPENAF).

Enfin, **l'emprise au sol de l'installation et de ses aménagements annexes** engendre une perte de SAU, plus ou moins conséquente selon le dispositif. En effet, une installation agrivoltaïque nécessite, outre les structures solaires elles-mêmes, des équipements annexes comme le poste de transformation ou la piste pour la gestion des incendies. De plus, selon les solutions, sous les panneaux, entre les poteaux, une bande reste indisponible à la culture.

Panneaux verticaux et trackers tournesols

Les rangées de **panneaux solaires bifaciaux verticaux** implantés sur un axe nord-sud captent les rayons du soleil de manière optimale le matin et le soir, c'est-à-dire aux moments où les besoins en énergie sont les plus importants. Ce système limite la perte de SAU. Les espaces non cultivés sous panneaux sont propices au développement de la biodiversité.

Leur effet brise-vent peut présenter un intérêt en fonction de l'orientation des vents dominants sur la parcelle. Leur compatibilité avec des cultures en hauteur, telles que le maïs, qui feraient de l'ombre aux panneaux est à questionner.

L'ombre portée sur les cultures atteint au maximum 30 % (source : Ademe). L'hétérogénéité de l'ombrage à l'échelle de la parcelle peut être relativement importante (certains points recevront une quantité importante d'ombre au cours de la journée tandis que d'autres au contraire n'en auront que très peu). L'espacement entre les rangs peut être sur-mesure pour permettre le passage du matériel. Les premières expérimentations avec panneaux verticaux ont surtout été menées en élevage.

Les trackers s'apparentant à des tournesols suivent la course du soleil en s'adaptant selon les axes est-ouest et nord-sud (en fonction du moment de la journée et de l'année), priorisant le rendement énergétique au service agronomique. Le bénéfice d'ombrage serait équivalent à celui d'un arbre isolé. La densité d'implantation est à réfléchir, si on envisage une installation en grandes cultures, sachant que le passage des engins à proximité sera limité. Implantés sur des fondations en béton, la réversibilité du projet au terme de l'exploitation pose question. Les références manquent, car peu de projets de ce type existent aujourd'hui et sont souvent des projets d'autoconsommation implantés sur des sites d'élevage.



Les ombrières se développent en France

Les ombrières de culture

Pour concilier au mieux production d'énergie et production végétale, le choix de **panneaux mobiles de type trackers** tend à s'imposer. Dans leur inclinaison maximale, ils permettent aux cultures de profiter pleinement des pluies et aux engins agricoles de passer sans encombre. En dehors de ces épisodes, les trackers suivent la course du soleil d'est en ouest pour maximiser la production d'énergie tout en garantissant un ombrage tournant sur la parcelle. Ces trackers solaires sont utilisés en grandes cultures par TSE. Les panneaux mobiles sont installés en rangées de 30 à 80 m à une hauteur de 2,5 m.



Exemple de l'ombrière de culture TSE vidéo :

▶ <https://youtu.be/DXzHc7C7XY0>

Les supports, pieux battus (sans fondation béton), représentent moins de 1 % d'emprise au sol sur la parcelle. Ils ont vocation à s'adapter aux différentes configurations de parcelles. Le matériel agricole peut passer entre les rangées dont la largeur est de 15 m pour un ombrage homogène, tandis que les surfaces sous panneaux restent accessibles pour l'entretien (débroussaillage).

Les structures en hauteur

Des structures avec des modules solaires positionnés en hauteur se développent pour conserver l'usage agricole du terrain et assurer le passage d'engins agricoles. C'est le cas de la canopée agricole de TSE. Il existe aussi d'autres solutions en hauteur plus adaptées à la viticulture et l'arboriculture.

TSE a développé une canopée agricole sur le principe de panneaux mobiles. **Disposés au-dessus des cultures** (entre 6,5 et 7,5 m lorsqu'ils sont à plat), ils garantissent une homogénéité de l'ombrage optimisée sur la parcelle.

Cette **structure haute (passage de 5 m au point le plus bas)** est compatible avec la mécanisation. Les portées de 27 mètres dans le sens nord-sud



autorisent une largeur de travail jusqu'à 24 m. Les poteaux, en pieux battus, sont implantés tous les 11 mètres dans le sens est-ouest.

La canopée agricole est une ombrrière constituée de **panneaux solaires rotatifs, équipés de trackers**. Les panneaux s'inclinent suivant la course du soleil, d'est en ouest, générant un ombrage partiel sur la parcelle. Le positionnement des panneaux est automatique et s'adapte aussi aux conditions climatiques (vent, grêle, gel, pluie...).

L'emprise au sol de la canopée agricole se limite à 0,5 % (hors équipements annexes comme le poste de livraison). Elle est compatible avec toutes les activités de grandes cultures (blé, maïs...). Facilement réversible, cette solution autorise les changements de pratiques ou de systèmes et ne freine pas la transmission des exploitations.



*Retour sur la pratique agricole de
Sylvain Raison sous la canopée agricole
d'Amance, mise en culture en juin 2022 :*

▶ <https://www.youtube.com/watch?v=SatHdSwb5dE&t=6s>

« La canopée agricole de TSE est celle qui nous semblait la plus souple et la plus ouverte. Au niveau de la hauteur, tous nos matériels passent sous les câbles à 5 m de haut. Et au niveau de la largeur, mis à part le pulvérisateur qu'on est obligé de replier en partie, ça ne pose pas de problème particulier pour le fonctionnement. On a moissonné sans encombre, avec la trémie ouverte, tout s'est bien passé. »



La première canopée agricole a été installée à Amance en Haute-Saône en juin 2022. Elle produit 3,2 GWh par an, soit la consommation de 1 350 habitants. L'agriculteur, Sylvain Raison, accompagné des équipes agronomiques de l'Alliance BFC, sa coopérative, et de l'équipe R&D agronomique de TSE, a semé début juin 2022 du soja sur les 3 ha couverts par l'ombrière et 2 ha témoins à côté. La rotation suivante intégrait du blé et en septembre dernier, ce sont 3ha d'orge qui ont été récoltés.

Une seconde canopée agricole est implantée à Brouchy dans la Somme depuis juillet 2023. Elle est équipée d'un système d'irrigation intégré.

TSE dispose également de deux autres canopées pilotes, une située à Verdonnet en Côte-d'Or et une à Souleuvre en Bocage, dans le Calvados. De nombreux sites pilotes, de type canopée agricole ou ombrière de culture, seront répartis à terme sur tout le territoire avec l'ambition de constituer le plus grand démonstrateur agrivoltaïque de France.

Premiers retours d'expérience sur les canopées agricoles de TSE

Source : TSE

Depuis 2022, TSE s'est lancé dans un important programme d'expérimentation avec 4 démonstrateurs implantés sur le territoire, à Amance (71), Verdonnet (21), Brouchy (80) et Souleuvre-en-Bocage (14). Différentes espèces et différentes variétés ont été testées depuis 2022 sur ces sites : Soja, Blé tendre d'hiver, Orge d'hiver, Maïs, Pomme de terre mais également de la prairie temporaire sur le site de Souleuvre-en-Bocage.

Les premiers résultats sont encourageants :

- La croissance végétative des différentes cultures s'est déroulée de manière tout à fait normale sous la canopée agricole.
- Une diversité de comportements est observée sous les canopées selon les modalités : variété, densité de semis, fertilisation. Par exemple, à Verdonnet, les résultats de l'année 2024 montrent une variabilité de rendement allant jusqu'à 35% entre 2 variétés de blé pour une même modalité de fertilisation. Ce résultat confirme l'importance du travail de recherche et de suivi agronomique.
- Une homogénéité de la qualité des récoltes a été observée. Des différences minimales existent selon les indicateurs et les cultures (taux de protéines, calibrage, poids spécifique).
- Sur les 3 premières années d'expérimentation, un microclimat, bénéfique aux cultures, a été observé sous la canopée sur l'ensemble des sites :
 - Les températures de l'air sont en moyenne plus faibles sous la canopée sur l'ensemble des cycles cultureaux : -0.2°C. Lors de journées chaudes et ensoleillées, la différence s'accentue sous la canopée : -1 à -2°C.
 - Les températures du sol sont aussi plus faibles à 30cm de profondeur, avec des valeurs allant jusqu'à -2°C pendant la période printanière et estivale.
 - Lors des années sèches, le bilan hydrique est amélioré sous la canopée grâce à une réduction de l'évapotranspiration. Ainsi, en 2022, sur le site d'Amance, -75% de jours de stress hydrique ont été observés sur l'ensemble du cycle sous la canopée.
- Les solutions agrivoltaïques jouent un rôle protecteur contre les différents stress des cultures en particulier lors des années chaudes et sèches :
 - L'année 2024 a connu des conditions météorologiques hors normes sur les démonstrateurs d'Amance, Verdonnet et de Brouchy avec un faible rayonnement lumineux, une pluviométrie importante et peu d'extrêmes de température. Une légère diminution du rendement sous la canopée en comparaison avec le témoin a été constatée sur ces sites.
 - En revanche, lors des années chaudes et sèches, comme en 2022 à Amance, sur la variété Soprana, aucune différence significative n'a été constatée pour le rendement global et le nombre de goussettes du soja hors et sous canopée.
 - De même, à Souleuvre-en-Bocage en 2024 avec des conditions climatiques similaires aux années précédentes, le rendement pendant le mois le plus chaud (août) sous la canopée a atteint le double du rendement de la zone témoin.
- Enfin, la canopée agricole a un effet protecteur en cas de grêle : « En 2022, après un épisode de grêle en post levée du soja, j'ai pu constater des dégâts sur la zone témoin. Le soja implanté sous les panneaux était mieux protégé », témoigne Sylvain Raison, l'exploitant agricole du site expérimental d'Amance.



Credit : Julien Bru

5 Envisager un projet agrivoltaïque • sur son exploitation

Se lancer dans l'agrivoltaïsme, un certain état d'esprit

L'agrivoltaïsme tel qu'il est nouvellement défini « présence sur une même parcelle d'une production électrique rendant service à la production agricole » est une démarche qui suscite autant de questions que d'a priori. L'exploitant, même s'il a déjà recours au photovoltaïsme sur son exploitation, sur toiture des bâtiments, se trouve dans une position différente avec l'agrivoltaïsme. Cette fois, la production énergétique influence directement son cœur de métier.

De plus, il s'agit d'une démarche nouvelle, encore en phase d'expérimentation. Si le manque de recul peut effrayer, certains exploitants sont prêts à tenter l'aventure. Ils partagent cette vision d'une agriculture qui évolue pour s'adapter à son contexte environnemental autant que sociétal.



Jean-François Cortot, 52 ans, est exploitant en Côte-d'Or (Asnières-en-Montagne) depuis 20 ans. Son associé et lui travaillent depuis quelques années avec leur fils respectif au sein de la SCEA des Tours. L'exploitation accueille une canopée agricole TSE sur une parcelle de 3 ha, depuis janvier 2024.

L'exploitation de 650 ha, qui emploie également trois salariés, a vu ses activités se diversifier au fil des années. Après un démarrage en agriculture céréalière conventionnelle en 1998, l'exploitation passe rapidement à l'agriculture biologique et s'équipe de matériel de précision à partir de 2003.

En 2009, Jean-François et son associé sont parmi les premiers à expérimenter le photovoltaïsme sur bâtiment agricole. En 2020, ils ouvrent un atelier de 24 000 poules pondeuses et accueillent 500 brebis plein air. Tandis que les fientes viennent fertiliser leurs sols, la fabrication d'aliments à la ferme a vocation à les rendre autosuffisants pour leurs élevages.

Le photovoltaïsme et l'agrivoltaïsme compensent l'importante consommation d'énergie pour la fabrication de fourrage déshydraté. Un projet en autoconsommation pourrait voir le jour, mais ce qui a motivé Jean-François et ses associés, c'est l'envie d'apporter leur pierre à l'édifice, de se lancer dans une nouvelle aventure.

► <https://www.youtube.com/watch?v=5qqCqgREKMM>

« Tous les choix que nous avons faits pour l'exploitation, bien que souvent sortant des sentiers battus, ont porté leurs fruits. Je suis fier de mon métier et je me lève tous les jours avec l'envie et le plaisir d'aller travailler. Avec le projet de canopée agricole, nous allons d'une certaine manière participer à la recherche scientifique. Nous avons eu de nombreux échanges avec TSE en amont du projet, sur les questions agronomiques. J'ai conscience qu'il y a une part de risques sur le rendement mais j'ai confiance. Nous travaillons en toute transparence avec TSE et le projet a évolué pour s'adapter au mieux à notre exploitation. »

Jean François Cortot, exploitant en Côte d'Or.

Se lancer dans l'agrivoltaïsme nécessite en effet une réflexion sur le choix des parcelles et des cultures et de la solution technique adaptée. Jean-François était peu convaincu par les panneaux verticaux et pense que l'ombrage fourni par la canopée sera plus profitable à la production agricole. Il souhaite conserver ses pratiques habituelles, ne pas changer de matériel et mesurer la différence avec la présence de panneaux. Il a aussi su minimiser les risques :

« On a pris notre plus mauvaise parcelle pour voir si on peut en augmenter la valeur, par le loyer bien sûr, mais surtout par l'amélioration du rendement j'espère. Le sol y est très léger, superficiel. On va garder nos rotations classiques. Nous sémerons du blé en novembre. Nous prévoyons à suivre luzerne, orge de printemps et lentilles. Nous expérimenterons même le tournesol, qui d'habitude ne convient pas à ce type de sol, pour mesurer l'effet de la canopée. » Jean-François Cortot

L'exploitant agricole s'engage en étant conscient des contraintes. Il est prêt à tester différentes options pour exploiter au mieux les bandes sous panneaux : pâturage ou rotation en multiculture, végétation type haies sur la zone entre les poteaux... Les idées ne manquent pas à Jean-François Cortot pour tendre vers toujours plus d'autonomie. Partisan de l'innovation, il pense aussi à une évolution de son parc matériel qui pourrait être liée à la production énergétique. Mais n'allons pas trop vite...

A travers l'agrivoltaïsme, l'exploitant agricole entre également dans une démarche sociétale, affirmant encore plus son rôle de producteur non seulement agricole mais aussi énergétique. Une façon de rappeler le rôle territorial des exploitations et la nécessité de concertation et de cohésion.

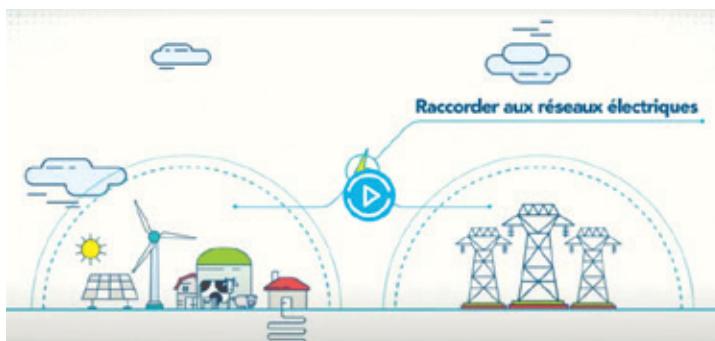
« Localement, il y a une forte opposition à l'éolien. La concertation locale a été très importante pour répondre aux questions des riverains, en particulier sur l'aspect paysager. Mais les retours sont positifs. » Jean-François Cortot

Se lancer dans l'agrivoltaïsme en grandes cultures aujourd'hui peut sembler moins évident qu'il ne le sera dans quelques années, voire quelques mois, avec plus de recul et de données. Toutefois, à l'image de Jean-François, ceux qui tentent l'aventure ont mûrement réfléchi leur démarche et ont largement échangé sur la question avec leurs différents partenaires. Les premiers échanges pour la canopée agricole de Verdonnet ont démarré en mars 2020, la canopée agricole a été mise en service en janvier 2024.

« Les premiers essais vont nous donner des clés. Dès 2024, on en saura plus sur l'agriculture sous panneaux solaires. » Jean-François Cortot

Conditions techniques

La **possibilité de raccordement au réseau ainsi que la distance de raccordement associée**, déterminée par le schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR), est un facteur déterminant dans le choix des parcelles et le dimensionnement des projets. Le développement de la production d'énergie photovoltaïque coïncide avec un enjeu fort de modernisation et de développement du réseau électrique, pour augmenter le nombre de postes de raccordement et pouvoir répartir les projets sur le territoire. L'implantation des projets d'agrivoltaïsme contribue à l'amélioration du réseau. Essentiellement développée en étoile, l'installation de nouveaux points de production permettra un meilleur maillage et un meilleur équilibre de distribution de l'électricité sur le territoire national.



Le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables de Pays de la Loire (S3REnR) | RTE (rte-france.com)

« Notre projet est situé en bout de ligne, là où l'électricité du réseau traditionnel a le plus de mal à aller. En produisant à cet endroit, on réinjecte de l'électricité à « l'autre bout ». Cela participe à un meilleur équilibre, une meilleure qualité d'approvisionnement. » Jean François Cortot

Le ratio moyen de distance au transformateur Enedis/EDF est estimé à 1 km par MW. La surface minimum allouée à un projet est définie par le développeur selon un calcul de rentabilité de production. La **dimension des projets** est, de fait, aussi corrélée aux besoins locaux.

« Cela nous tient à cœur de garder une production agricole, qui est notre cœur de métier, tout en pouvant produire de l'électricité au cœur des territoires. Si on peut produire (l'électricité) localement et le consommer localement, ce qui est le cas, ce sont des beaux projets. » Sylvain Raison

L'acceptabilité des projets et leur intégration paysagère sera plus aisée avec des projets de dimension restreinte. Sans compter qu'ils sont aussi réglementairement moins contraignants. Les projets inférieurs à 1 MW ou ombrières dont l'emprise au sol fait moins de 4 ha ne requièrent qu'un **rapport d'enjeu environnemental simplifié**. L'étude et l'instruction, au cas par cas, prend alors **1 à 1,5 an**, si les enjeux environnementaux identifiés sur le site ne nécessitent pas d'évaluation complète. Les projets supérieurs en surface impliquent systématiquement des inventaires écologiques sur 4 saisons et la conduite d'une enquête publique, ajoutant au moins 1 an de délai. Privilégier des projets dont l'emprise au sol est inférieure à 4 ha favorise aussi une meilleure répartition de la valeur au niveau local.

« Le maire du village était favorable, idem pour la population. L'empreinte dans les paysages est raisonnable, en particulier si on veut l'indépendance alimentaire et énergétique. » Sylvain Raison

Les installations photovoltaïques se développent, enfin, sur des parcelles globalement planes ou pouvant présenter une légère pente homogène, une pente orientée sud étant plus que bienvenue. En fonction des types de solutions, une configuration rectangulaire sera privilégiée. Les grandes cultures y sont propices.

Conditions contractuelles

Même si vous êtes contactés par un développeur, rien ne vous empêche d'en solliciter un autre. Plusieurs modèles d'affaires sont proposés aux exploitants. **Les propositions pourront varier autant sur la solution technique proposée que sur les modalités financières et contractuelles**. Il est recommandé d'éviter un projet qui porterait atteinte au bail rural ou à l'activité agricole.

Une solution d'agrivoltaïsme est, par définition, compatible avec l'un et l'autre. L'agriculteur, de son côté, a l'obligation de préserver la structure et d'éviter, par exemple, tout dispositif qui induirait une ombre portée sur les panneaux.

Dans le cas de projet de vente de l'électricité (à différencier des projets en autoconsommation), l'investissement est en général entièrement supporté par l'énergéticien. L'exploitant ne prend en charge aucun frais d'installation. **Les projets sont proposés clef en main**. Certains développeurs offrent la possibilité à l'exploitant qui le souhaite de participer au financement du projet. Cette participation au financement peut prendre différentes formes (investissement en capital, prêt) en fonction des conditions contractuelles offertes par le développeur. Le financement participatif est la forme la plus répandue aujourd'hui.

Quelles sont les conditions financières pour l'exploitant ?

Une **rémunération annuelle** est proposée par certains développeurs, tels que TSE, le cas échéant, dans le cadre d'une convention tripartite, avec le propriétaire et l'exploitant agricole. Le bail emphytéotique de 40 ans en moyenne, porte principalement sur un ou plusieurs volumes d'air situés au-dessus de la surface du sol et qui correspond à la zone d'implantation des modules photovoltaïques. Cette approche permet de limiter l'emprise foncière des projets tout en conservant le bail rural, en réduisant partiellement son assiette. Dans ce cas de figure, **il n'est pas obligatoire d'être propriétaire foncier** pour envisager un projet d'agrivoltaïsme sur une parcelle, mais l'autorisation de celui-ci est incontournable. L'indemnisation annuelle est alors répartie entre le propriétaire et l'exploitant. Elle est calculée en fonction de la puissance de l'installation au moment de sa mise en service (nombre de MWc). Le revenu est assuré tout au long du bail. Il est indexé sur l'évolution du prix de rachat de l'électricité et peut donc évoluer.

Ce **revenu locatif, régulier, forfaitaire et indexé**, complémente et diversifie les revenus de l'exploitant, lui permet d'expérimenter des solutions innovantes, d'investir en vue d'améliorer son exploitation et/ou de faciliter l'installation ou la transmission.

Les modèles de contractualisation en agrivoltaïsme font aujourd'hui l'objet de discussions avec les syndicats agricoles et l'enjeu du « partage de la valeur » pourrait donner lieu à de nouvelles initiatives réglementaires. Il y a néanmoins peu de recul sur un modèle idéal. Il doit avant tout satisfaire toutes les parties.

L'agrivoltaïsme, un projet de territoire

Mettre en place un projet d'agrivoltaïsme n'est pas une décision individuelle. Hormis les critères techniques et réglementaires, l'agrivoltaïsme ne sera accepté que s'il est **pertinent à l'échelle de son territoire**. Il tient compte des besoins énergétiques locaux et bénéficie aux parcelles sélectionnées.

Un territoire, où de nombreuses surfaces sur toitures et zones artificialisées sont disponibles voire déjà équipées de panneaux photovoltaïques, aura moins d'intérêt à envisager l'agrivoltaïsme. L'énergie, en particulier quand elle se veut verte, repose sur un mix énergétique qui tient compte des autres modes de production au niveau local. L'agrivoltaïsme n'a pas vocation à se développer partout, ni de la même manière.

« Il faut relocaliser les productions énergétiques au cœur des territoires. Il faut que ces projets photovoltaïques soient au cœur de la consommation, donc les répartir sur le territoire. L'agriculture devra être pionnière sur le sujet. » Sylvain Raison

L'acceptation locale est essentielle pour développer sereinement un projet. La question de l'intégration paysagère est au cœur des questionnements des riverains. Un travail de concertation et un dialogue ouvert de la part de l'exploitant et du développeur participent à désamorcer d'éventuelles réticences et à associer la population dès la conception du projet pour une réelle appropriation territoriale.

« Je ne voulais pas de confrontation. Le manque d'acceptation locale nous aurait fait renoncer, non sans essayer de comprendre pourquoi. Mais les retours sont positifs et nous avons confiance dans ce que nous faisons. En étant transparents sur la démarche, nous répondons à toutes les questions des habitants. »

Jean François Cortot

Témoignage :

Martin Lechenet, Responsable Data Recherche et Développement chez Alliance BFC (union de Coopérative Bourgogne du Sud, Dijon Céréales et Terre Comtoise)



Plusieurs projets d'agrivoltaïsme sont mis en place et/ou en projet au sein d'exploitations adhérentes, dont la première canopée agricole de TSE, à Amance. Alliance BFC met en avant son fort investissement au service de l'innovation agricole. Elle travaille d'ailleurs en partenariat avec l'Inrae et l'Institut Agro Dijon.

« On doit refaire le lien entre production agricole et alimentation car, l'insécurité de nos agriculteurs, c'est aussi celle de notre alimentation. Les agro-énergies peuvent redonner une vision à long terme aux exploitants, une sécurité profitable à tous. »

Le rôle d'une coopérative, en particulier de son service R&D, est d'être un écran de protection, une sorte de filtre scientifique et technique pour les agriculteurs adhérents. Nous travaillons sur l'agrivoltaïsme depuis le printemps 2020 et avons procédé à un screening des solutions pour être sûrs d'accompagner nos adhérents dans les meilleurs choix. Nous devons absolument éviter l'écueil de l'agriculture alibi. Les projets d'agrivoltaïsme s'envisageant sur le long terme, 30 à 50 ans, il est important de ne pas faire d'erreurs dès le début.

Faire de l'agrivoltaïsme un projet de territoire, c'est rapprocher la production de la consommation, que ce soit pour l'énergie ou l'activité agricole. Cette vision guide les projets dans le bon sens. Un agriculteur qui a une partie de son revenu sécurisée, c'est un agriculteur qui peut plus facilement s'orienter vers des pratiques respectueuses, notamment dans la connaissance et la maîtrise de son bilan carbone.

Les enjeux principaux de la filière agrivoltaïsme, telle que nous l'avons réfléchie localement se résument en trois lettres : TCD

- *Technologie : qui s'adapte à l'agriculture et qui rend le maximum de services aux cultures*
- *Collectif : 15 à 20 agriculteurs, reliés à un même poste source sur un territoire, pour partager la valeur mais également créer une cohésion. Ils peuvent partager le matériel nécessaire à l'entretien de ces parcelles, par exemple. Une disposition en grappe de petits projets permet une meilleure intégration paysagère et acceptation par les riverains. Certains projets pourront être plus éloignés du poste source pour être moins visibles, bénéficiant que d'autres soient situés plus près du poste. (Cf. ratio de raccordement moyen)*
- *Démonstration : nous n'avons pas encore LA solution. Cette phase d'expérimentation va contribuer à l'amélioration des connaissances et au progrès. Ayons l'humilité de ne pas nous enfermer dans un modèle et continuons à apprendre.*

Dans le paysage agricole global, il faut penser que certaines parcelles ont déjà une vocation uniquement énergétique (méthanisation, biocarburants). Avec l'agrivoltaïsme, on concilie production d'énergie et alimentaire sur une même surface. On tend donc à cette double autonomie. L'agriculture doit territorialement rester maître de ses outils de production.

Je conclurai en disant que l'adaptation de l'agriculture au changement climatique comporte nécessairement une part de risques. Les projets d'agrivoltaïsme aussi. Mais l'accompagnement en matière de recherche et de suivi dont ils bénéficient permet de l'assumer dans de bonnes conditions pour essayer de trouver, collectivement, des solutions. »

6

L'agrivoltaïsme en questions

Puis-je envisager de monter moi-même un projet d'agrivoltaïsme ?

Une installation agrivoltaïque est coûteuse et le processus d'autorisation complexe. La réponse aux appels d'offres et les aspects administratifs de ce type de projet requièrent des compétences spécifiques et surtout du temps dont ne dispose pas toujours un exploitant agricole.

La question d'une participation financière au projet et de gouvernance partagée est envisageable auprès de certains développeurs.

Puis-je recevoir des aides PAC pour ma parcelle en agrivoltaïsme ?

Un nouvel arrêté, publié le 21 mai 2024, confirme que les surfaces accueillant des installations reconnues comme agrivoltaïques par l'autorité compétente, à savoir le Préfet de département, sont bien éligibles aux aides PAC, en excluant du calcul la surface artificialisée nécessaire au soutien des panneaux. Vous recevrez bien des aides à partir du moment où le projet respecte les conditions fixées par le décret sur l'agrivoltaïsme, donc qu'une activité agricole principale est maintenue, mais surtout que la parcelle reste régie par un bail rural. Certains modèles d'affaires ne satisfont pas à cette exigence. Soyez vigilant.

Pour quelle durée je m'engage ?

Les projets d'agrivoltaïsme sont des engagements longs, de 30, 40, voire 50 ans. Cette dimension peut être bénéfique à un jeune agriculteur, au moment de son installation. Elle sécurise son revenu et peut en être attestée notamment lors de négociations bancaires. Cela peut aussi préparer une reprise-transmission, accompagnée par le développeur pour la recherche du candidat.

Combien de temps avant la mise en fonctionnement de l'installation ?

Le cadre réglementaire des projets entraîne de facto un délai d'attente avant la mise en place des structures d'agrivoltaïsme. L'obtention du permis de construire découle d'une série d'études d'impact et d'une enquête publique, qui prennent du temps. Les travaux de raccordement au réseau ne peuvent commencer qu'après l'obtention du permis de construire. Il faut, au mieux, de 18 mois à 2 ans entre la signature du bail et les premiers semis pour les plus petits projets, étudiés au cas par cas. Les projets de plus grande ampleur peuvent n'aboutir qu'au bout de 5 ans.

Qui assure la maintenance de l'installation ?

La maintenance est assurée par le développeur via son équipe locale ou un sous-traitant. L'agriculteur signale les éventuels dysfonctionnements mais n'intervient pas sur la structure ni les panneaux.

Le développeur a-t-il son mot à dire sur mes pratiques ?

Non, seuls les projets dits pilotes sont intégrés dans un programme scientifique défini par le développeur en concertation avec les partenaires de recherche. Sur un projet classique, l'exploitant est libre dans sa pratique agricole. Un accompagnement agronomique est cependant recommandé et proposé par le développeur, faisant profiter l'agriculteur du retour d'expérience acquis sur d'autres sites. Dans tous les cas, un suivi des bénéfices agronomiques du projet est rendu obligatoire par la loi APER et ses futurs décrets.

Suis-je obligé d'avoir une parcelle témoin ?

Dans le cadre des appels d'offre de la CRE et du décret sur l'agrivoltaïsme, il est obligatoire de mettre en place une zone témoin dans le cas de projet en culture. La zone témoin doit alors représenter une superficie d'au moins 5 % de la surface agrivoltaïque installée, dans la limite d'un hectare. Elle doit être située à proximité de l'installation, connaître des conditions pédoclimatiques équivalentes et être cultivée dans les mêmes conditions que la parcelle accueillant l'installation. Dans le cas des projets en élevage, un référentiel local est utilisé afin de vérifier que les exigences de maintien des rendements et du revenu agricole sont bien respectées.

Que se passe-t-il à la fin du projet ?

Le financement du projet intègre les coûts de démantèlement des installations. Il s'agit d'une obligation légale qui impose que la parcelle doit être remise dans son état d'origine. Bon nombre de développeurs sont d'ores et déjà partenaires d'un réseau de recyclage des équipements. <https://www.soren.eco/>

CONCLUSION

L'enjeu de développement des énergies renouvelables incite à une réflexion large et à la définition d'un cadre pour l'agrivoltaïsme qui évite les dérives et protège les surfaces agricoles.

Au même titre que l'élevage ou les cultures spéciales, les grandes cultures disposent de solutions techniques adaptées. Dans tous les cas, la jeunesse des dispositifs fait que les références manquent en matière de performances de production. L'agrivoltaïsme se positionne cependant comme une des réponses possibles dans l'adaptation au dérèglement climatique. Un développement concerté et des projets suivis, grâce à des agriculteurs impliqués et vigilants, accompagnés de partenaires engagés, laissent espérer de belles avancées en matière de pratiques vertueuses.

Car, l'agrivoltaïsme, adossé à un mix énergétique renouvelable, peut participer à décarboner nos activités. Le déploiement des installations, même relatif (moins de 0.2% de la SAU), permettrait de répondre aux enjeux d'autonomie énergétique sans compromis avec la production alimentaire.

L'agrivoltaïsme n'a toutefois pas vocation à protéger toutes les surfaces agricoles. Les autres devront s'adapter au changement climatique autrement. L'agroforesterie s'approche ainsi de l'agrivoltaïsme par les services rendus à la parcelle en matière d'ombrage et de biodiversité, ainsi que l'ajout d'une source d'énergie (bois).

L'agrivoltaïsme en grandes cultures sera, dans tous les cas, pensé à l'échelle d'un territoire et de ses filières. Cette cohérence, et même cohésion, locale est de bon augure pour faire face aux défis à venir. Penser et construire ensemble notre subsistance est la plus prometteuse des démarches à entreprendre.

Pour continuer à réfléchir :

[Définir l'agrivoltaïsme, un enjeu crucial pour la protection de l'activité agricole](#)

[Avantages et inconvénients d'installer des panneaux solaires dans les champs](#)

[Dans la Nièvre, la colère gronde contre les 64 projets de parcs agrivoltaïques](#)

[Agrivoltaïsme : nos positions](#)

[Agrivoltaïsme : nos cultures à l'ombre des panneaux solaires ? \[podcast\]](#)

[Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate](#)

Remerciements

Merci à Jean-François Cortot, pour son éclairage sur l'engagement pionnier d'un exploitant agricole dans l'agrivoltaïsme.

Merci à Sylvain Raison, pour le partage de son expérience agricole et son engagement dans les premières expérimentations.

Merci à Martin Lechenet, Alliance BFC, pour sa présentation passionnée et passionnante de l'implication des coopératives aux côtés des agriculteurs.

Merci à Jean Dayde, Ecole Purpan, pour son point de vue éclairant sur le contexte agronomique dans lequel se développe l'agrivoltaïsme.

Merci à l'équipe de TSE, en particulier à Carole Mathieu et Franklin Bigot pour leur présentation claire et objective de leurs missions et du contexte de développement de l'activité d'agrivoltaïsme.

Merci à Delphine Raymond pour son suivi attentif et la mise en relation avec les interlocuteurs.

Crédit page de garde : Alliance BFC

Credit: TSE

