



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**CONCOURS INTERNE DE RECRUTEMENT
DES ÉLÈVES INGENIEURS DE L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT
DU MINISTÈRE CHARGÉ DE L'AGRICULTURE**

Session 2023

Épreuve écrite d'admissibilité
(Durée : 3 heures – Coefficient 2)

Rédaction d'un rapport mettant en exergue la problématique et les enjeux présentés dans le texte fourni et formulant un point de vue critique et argumenté, en faisant notamment appel à des arguments relevant de différents registres techniques, scientifiques, économiques et/ou sociologiques.

Vérifiez que le sujet est celui de l'examen professionnel auquel vous êtes inscrit(e) et qu'il contient 28 **pages** : si ce n'est pas le cas, signalez-le aussitôt.

En l'absence d'indications contraires, **EMPLOYEZ EXCLUSIVEMENT DE L'ENCRE NOIRE** et évitez toute présentation pouvant constituer un signe distinctif : l'utilisation du crayon gris ou de couleurs autres que le noir entraînera la non-correction de la copie et l'annulation de votre participation.

Inscrivez sur la bande d'anonymat de chacune de vos copies vos nom et prénom en **lettres capitales**, date de naissance ainsi que l'épreuve, l'examen et la session. Faites-le avant d'entamer la rédaction de chacun de vos feuillets : il ne vous sera plus possible de le faire une fois l'épreuve terminée, et l'absence de ces mentions sur un feuillet entraînera la non-correction de votre copie et l'annulation de votre participation. N'inscrivez rien dans la case réservée au numéro d'inscription.

Renseignez la case relative au nombre de feuillets.

Ne faites pas apparaître votre nom, ni le nom du centre d'épreuves, ni aucun autre nom de personne ou de lieu, ni signe distinctif, ni signature même fictive en quelque endroit de votre composition : cela entraînerait la non-correction de votre copie et l'annulation de votre participation.

À l'issue de l'épreuve, rendez votre copie même si elle est vierge, avec toutes les bandes d'anonymat renseignées, avant de signer la feuille d'émargement. Tout candidat quittant la salle sans rendre sa copie est signalé absent.

Aucun brouillon, ni collage de documents, ni feuille non réglementaire ne sont acceptés.

La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entrent pour une part importante dans l'appréciation du candidat.

L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé.

Sujet

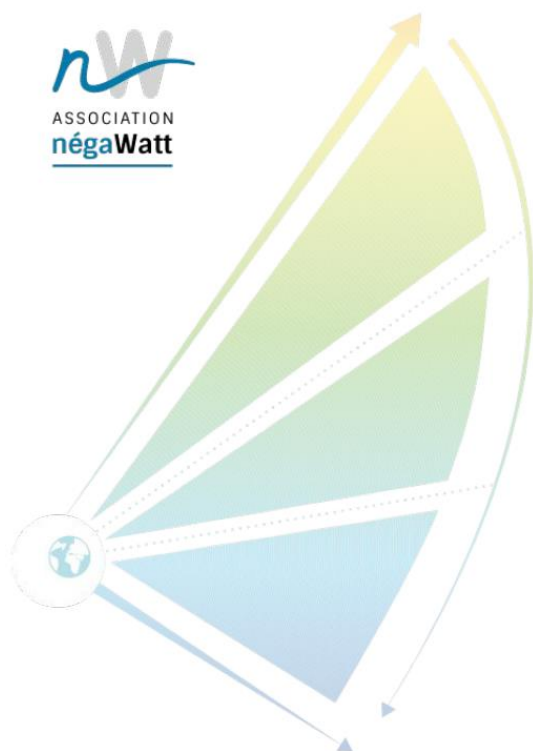
Vous venez de rejoindre le bureau Foncier de la Direction générale de la performance économique et environnementale des entreprises du Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire.

En vue de la rédaction d'une note au Ministre, votre chef de bureau vous demande de lui faire un rapport sur le cadre de développement des projets d'agrivoltaïsme et les enjeux pour l'agriculture française.

En vous appuyant sur les documents ci-joints et sur vos connaissances personnelles, vous ferez un état de la situation de l'agrivoltaïsme aujourd'hui en France et développerez ensuite les conditions de la compatibilité des activités de production agricole et d'énergie, ainsi que l'impact potentiel sur le foncier et sur le revenu des exploitants.

Documents joints (26 pages) :

Document	Intitulé du document	Nombre de pages	Pagination
<u>N°1</u>	Webinaire du 16/09/2020 –Université négawatt – Les parcs photovoltaïques au sol sont-ils compatibles avec la préservation des sols agricoles ?	5	Pages 3 à 7
<u>N°2</u>	Extrait du rapport Sénat n° 646 (2019-2020) de MM. Roland COURTEAU, sénateur et Jean-Luc FUGIT : les enjeux de la production d'énergie dans le secteur agricole	8	Pages 8 à 15
<u>N°3</u>	ADEME : Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme	10	Pages 16 à 25
<u>N°4</u>	Article de www.actu-environnement.com du 08 février 2023 : Énergies renouvelables : la loi d'accélération est adoptée	2	Pages 26 à 27
<u>N°5</u>	Article de la France Agricole du 31 janvier 2023 : les députés adoptent la loi sur l'accélération des énergies renouvelables	1	Page 28



Université négaWatt

**Les parcs photovoltaïques au sol
sont-ils compatibles avec la
préservation des terres agricoles ?**

Webinaire - 16 septembre 2020 - De 12h à 13h15

➤ Introduction



- **Les parcs photovoltaïques au sol sont-ils compatibles avec la préservation des terres agricoles ?**
- Projet Energie partagée, Enercoop et Terre de Liens, avec l'appui de l'expertise de Solagro et négaWatt
- Une série d'articles autour des transitions énergétiques et agricoles, publiés sur le site Décrypter l'énergie : www.decrypterlenergie.org



1.

Etat des lieux de la production photovoltaïque (PV) aujourd'hui

➤ Etat des lieux du PV en France

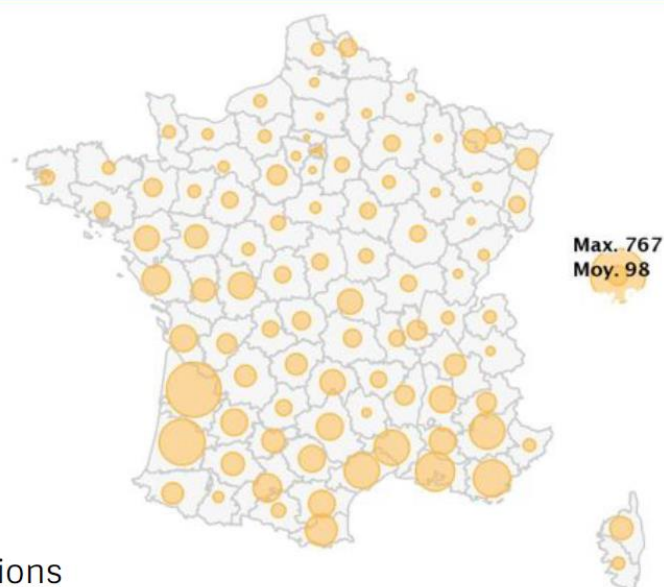


Cumul au 31/12/2019 :

- 9,9 GW* raccordés
- 455 000 installations
- 4,5 GW de + de 1 MW

Durant 2019 :

- + 1 GW et 28700 installations
- < 9 kW : 10% Puissance et 84% installations
- > 250 kW : 55% Puissance et 166 installations (<1%)



*GW = gigawatt et MW = mégawatt
Source : SOES, Statinfo, février 2020

2.

Quelle responsabilité des parcs PV au sol dans la perte de terres agricoles aujourd'hui ?



Dynamiques du changement d'usage des terres et d'artificialisation et liens avec le PV



Artificialisation : 50 000 ha/an (France Stratégie, 2019) dont 70% sont des sols agricoles



Localisation des nouvelles surfaces artificialisées entre 2000 et 2010
(Source : Solagro/ Teruti/RGP)



La surface agricole disponible par habitant a diminué de moitié depuis 1930 à cause de l'urbanisation et de l'augmentation de la population.



L'artificialisation des sols progresse au rythme de 56 000 ha par an à comparer à la surface moyenne d'un département qui est de 302 000 ha.

Artificialisation France Stratégie (2019) : « tout processus impliquant une perte d'espaces naturels, agricoles ou forestiers (ENAF), conduisant à un changement d'usage et de structure des sols »
- 20 000 ha hors infrastructures de transport

*MWc = mégawatt crête = puissance nominale

Enfrichement, boisements, forêt :
Perte de 30 000 ha par an
(Solagro, Teruti-Lucas)

Surface totale PV cumulée fin 2018 (1 MWc/ha) --> env. 10 000 ha

Surfaces qualifiables de « terres d'origine agricole » couvertes par des parcs PV : ?? (mal connue)

D'après analyse sur CRE3 (DGEC, 2015) : 7,5 % des centrales au sol qui sont 50% de la puissance GWc --> env. 500 à 1000 ha (max ?)

3.

Perspectives : quels besoins d'espaces pour le PV au sol dans les années à venir ?

➤ Besoins d'espaces au regard des objectifs énergie



	2018	2028	2050
PPE (GW)	10 (8,9)	35,6 à 44,5 GW	
PPE (ha)	10 000 ha PV dont 5 000 ha toitures	33 à 40 000 ha PV dont 15 à 20 000 ha en toitures	
Scénario nW (GW)	/	43,9 GW de PV dont 10,3 GW au sol	135,7 GW de PV dont 20,8 GW au sol
Scénario nW (ha)	/	15 000 ha de centrales au sol	31 000 ha de centrale au sol

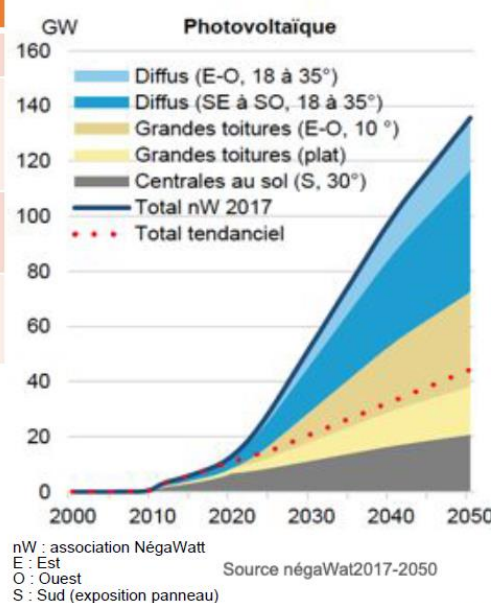
PPE : programmation pluriannuelle de l'énergie

nW : association NégaWatt

Quels espaces pour les parcs PV ?

1. Friches, délaissés (principalement Nord, Ile de France)
2. Terrains agricoles "abandonnés"
3. Parcours, landes, autres pâturages
4. Co-activités : PV+cultures, PV+Serres

**Agrivoltaïsme
(agriPV, etc)**



17

➤ Les systèmes agrivoltaïques



Définition actuelle, non stabilisée --->

On trouve ...

Coupler une production électrique secondaire avec une production agricole principale en permettant une synergie de fonctionnement (AO CRE Innovations)

*Appel d'Offre de la Commission de Régulation de l'Energie

- | | |
|---|----------------|
| 1. Des parcs PV avec surtout élevages ovin ou apiculture (fixe ou mobile) | 1 MW /ha |
| 2. Des serres agricoles équipées de panneaux PV (plus ou moins dense) | 0,6 à 1 MW /ha |
| 3. Des cultures sous ombrières fixe ou mobile (pilotée) | 0,3 à 1 MW/ha |

Etude ADEME en cours pour préciser l'état des lieux, la définition des systèmes agriPV et les recommandations aux décideurs, développeurs, administrations

18

➤ Conclusion



1. La perte des surfaces agricoles n'est pas due principalement aux parcs PV au sol. Ce sont plutôt les infrastructures, les zones économiques et l'habitat qui en sont la cause.
2. Le développement du PV doit privilégier les toitures et les surfaces déjà artificialisées.
3. La co-activité agriculture / production photovoltaïque est possible.
 - Il faut disposer de réel projet agricole avec des agriculteurs impliqués pour utiliser les surfaces.
 - Il faut que les développeurs PV adaptent leurs structures aux productions agricoles et à leur mécanisation.
 - Cela nécessite des partenariats locaux entre acteurs du territoire qui s'impliquent dans les projets vertueux.

24

EXTRAIT du Rapport n° 646 (2019-2020) de MM. [Roland COURTEAU](#), sénateur et Jean-Luc FUGIT, député, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, déposé le 16 juillet 2020

LES ENJEUX DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR AGRICOLE

A. ENJEUX GÉNÉRAUX

1. État des lieux et données générales sur le secteur agricole comme producteur d'énergies

Le ministère de l'agriculture et de l'alimentation, le ministère de la transition écologique et l'Ademe estiment tous les trois qu'environ **20 % de la production d'énergies renouvelables françaises** (4,6 Mtep sur les 23 Mtep d'EnR au niveau national) est issue du secteur agricole, ce qui représenterait environ **396 GWh d'énergies renouvelables**^{47(*)}, soit **3,5 % de la production globale d'énergie**.

Cette production interne au secteur est, par ailleurs, environ équivalente à la consommation énergétique du secteur de 4,5 Mtep par an (en termes de consommation directe, car la consommation indirecte - fabrication des engrais ou d'autres intrants, etc. - représenterait plutôt le double de la production), en soulignant que l'énergie issue de la seule biomasse propre à l'agriculture, n'en fournit qu'un tiers, soit 15 à 20 %.

En 2015, au moins **50 000 exploitations** étaient impliquées en France dans la production d'EnR selon l'Ademe - sur un total de 437 000 exploitations agricoles^{48(*)} - avec une croissance rapide prévue dans les prochaines années (plus de 140 000 à l'horizon 2030 et plus de 280 000 à l'horizon 2050, ce qui devrait représenter la grande majorité des exploitations).

On peut dénombrer une **quinzaine d'EnR produites par le secteur agricole**, que l'on peut regrouper en 7 filières.

		Sous-Type d'EnR			Les énergies
Type d'EnR					
Biocarburant		Bioéthanol		Biodiésel	
Méthanisation		À la ferme		Centralisée	
Eolien		Petit/moyen éolien		Grand éolien	
Photovoltaïque		Centrale au sol	Petite toiture	Moyenne/grande toiture	
Pompe à chaleur		Aérothermie		Géothermie	
Solaire Thermique		Petite toiture		Moyenne/grande toiture	
Biomasse Chaleur		Production de biomasse		Production de chaleur	

renouvelables dans le secteur agricole - Source : ADEME

Il faut **distinguer les EnR dépendantes de l'espace agricole**, qui ont comme support les exploitations mais qui ne s'intègrent pas dans la production (éolien, solaire...), **de celles qui s'intègrent dans la production agricole et en dépendent** (les biocarburants et la méthanisation), que l'on peut qualifier de « **bioénergies** ».

Les premières peuvent engendrer des **conflits d'usages de la terre** et les autres une **concurrence entre production alimentaire et non alimentaire**, surtout dans le cas des biocarburants : la **méthanisation n'a pas ce défaut si elle ne s'accompagne pas de cultures dédiées**. L'agrivoltaïsme, dont il sera question plus loin, est une autre façon d'éviter les conflits d'usage. Il est pertinent de chercher des synergies entre le développement de ces énergies et la production alimentaire : les **énergies renouvelables doivent s'intégrer dans le système agricole et alimentaire dans son ensemble** et s'articuler avec l'activité des exploitations

agricoles, y compris en termes de retour au sol des digestats de méthaniseurs et d'utilisation des biodéchets issus de la consommation de nourriture ou du gaspillage.

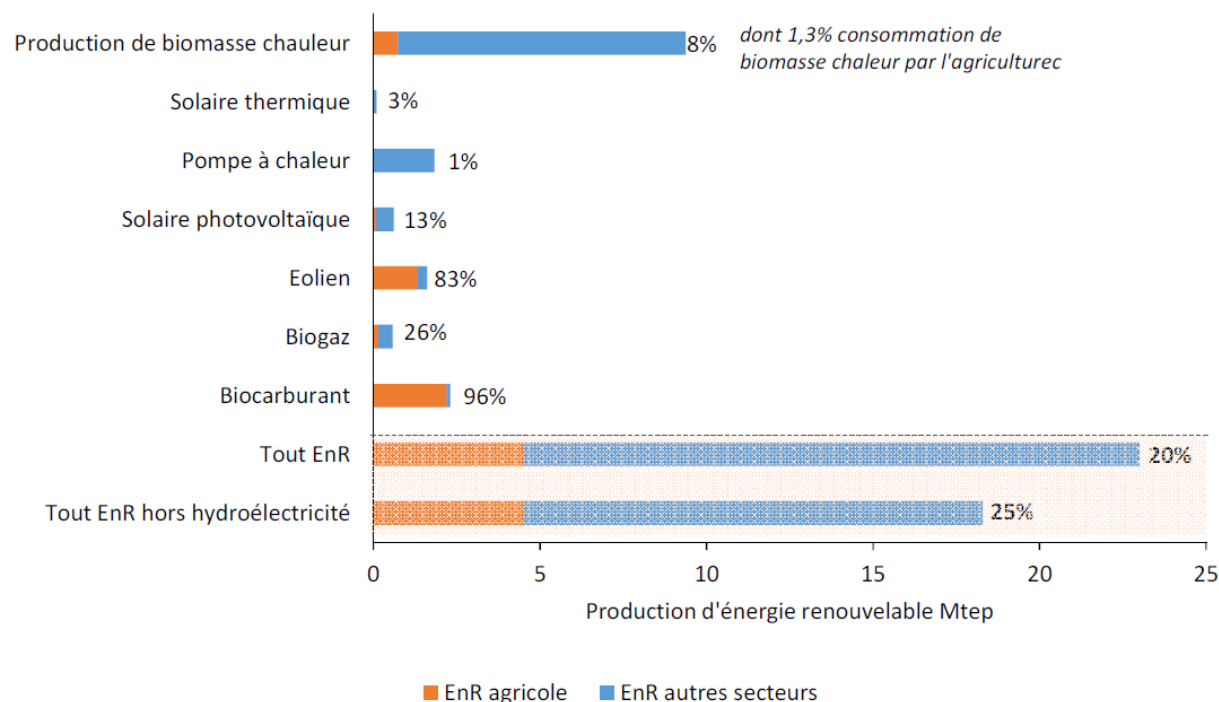
Le tableau suivant permet ainsi d'avoir une **vision d'ensemble de la production d'énergies renouvelables dans le secteur agricole** et des valeurs afférentes estimées (selon les seules données disponibles, qui datent de 2015). En **2050**, selon l'Ademe, les **bioénergies** pourraient à elles seules **couvrir 100 % de la consommation d'énergie directe de l'agriculture** (contre 50 % aujourd'hui). Dans le détail, cette répartition pourrait évoluer de la manière suivante.

En ktep	2015	2023	2030	2050
Biocarburant	2 208	2 436	1 510	1 510
Biogaz cogénération	97	320	418	418
Biogaz injection de biométhane	51	350	1 795	4 129
Eolien	1 341	3 288	5 432	6 439
Solaire photovoltaïque	81	270	613	1 504
Pompe à chaleur (géothermie et aérothermie)	13	28	40	63
Solaire thermique	3	13	44	81
Production de biomasse chaleur	738	1 061	1 398	1 619
Total ENR agricole	4 532	7 765	11 250	15 763

Source : Ademe (ktep : millier de tonnes équivalent pétrole).

La production d'énergies renouvelables par le secteur agricole progresse et devrait être **multipliée par 3 entre 2015 et 2050 passant, selon l'Ademe, de 4,6 Mtep à 15,8 Mtep**. Les biocarburants ne seront plus l'énergie la plus produite à partir du périmètre agricole, puisqu'à l'horizon de 2050 c'est **l'éolien puis le biogaz** qui seraient en tête.

Le schéma ci-après permet d'identifier la part agricole de chaque EnR en France aujourd'hui (les données issues de ce rapport paru en 2018 datent toutefois de 2015).



L'**éolien terrestre** a vu sa puissance électrique installée en France augmenter au cours de la dernière décennie, passant de 6 812 MW en 2011 à 16 617 MW en 2019. En outre, la production d'électricité à partir d'éoliennes terrestres en 2019 était de 34,1 TWh, soit 7,2 % de la consommation électrique totale^{49(*)}.

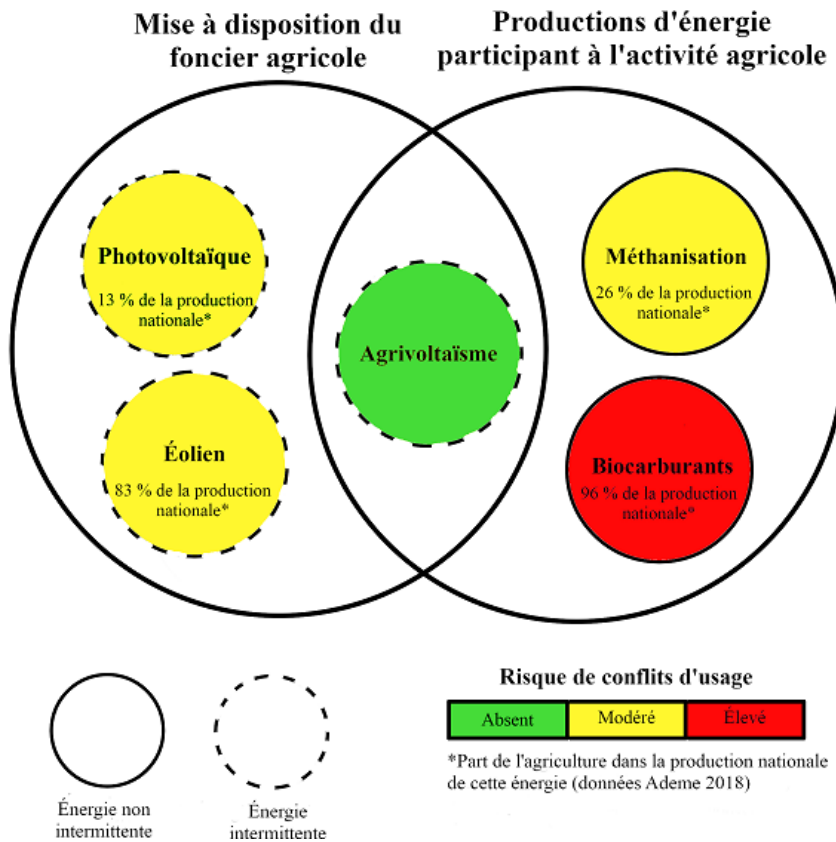
Le **solaire photovoltaïque** connaît lui aussi une croissance forte, sa production électrique passant de 8,2 TWh en 2014 à 17,5 TWh en 2019^{50(*)}.

A ce jour, l'Ademe dénombre 167 projets d'agrivoltaïsme pour 1,3 gigawatts (GW), l'Afnor 11 projets certifiés et 7 en cours de certification, et la CRE 155 projets soutenus pour 130 mégawatts (MW). EDF indique de son côté que 6 GW de projets solaires sont en attente. De son côté, le Syndicat des énergies renouvelables (SER) a indiqué que la PPE prévoit de réaliser 33 000 à 44 000 hectares d'installations photovoltaïques d'ici 2028, ce qui correspondrait au maximum entre 0,06 et 0,1 % de la surface agricole utile (SAU), rappellent les sénateurs. A plus long terme, France agrivoltaïsme évalue le potentiel des projets agrivoltaïques entre 60 et 80 GW, **répartis sur 20 000 à 30 000 exploitations en 2050**, l'équivalent de 80 000 à 120 000 hectares, indique le résumé du rapport.

Enfin, concernant le **biogaz**, fin décembre 2019, 776 installations de biogaz d'une puissance installée totale de 493 MW étaient raccordées au réseau électrique en France. Cette puissance a augmenté de 40 MW au cours de l'année 2019^{51(*)}.

Le schéma de synthèse ci-après a pour objet de construire une **typologie des sources d'énergie propres au monde agricole** en mettant en valeur deux grandes catégories : les énergies produites grâce à la mise à disposition de terres agricoles et les énergies directement liées à la production agricole elle-même, ou bioénergies. Il distingue aussi les énergies intermittentes des autres et précise le risque de conflits d'usage pour chacune.

Typologie des sources d'énergie dans l'agriculture



Source : OPECST.

Il faut préciser que ces **conflits d'usage** correspondent à la seule situation présente, susceptible d'évoluer, par exemple de la manière suivante :

- une méthanisation raisonnée permettrait d'éviter les conflits d'usage en n'ayant recours qu'aux cultures intermédiaires à valorisation énergétique (CIVE), aux effluents d'élevage et aux déchets ;
- de même, pour les biocarburants de 2^e génération, le conflit d'usage sera inexistant ou très modéré.

2. Les problèmes d'acceptabilité sociale : les positions de l'opinion publique, des parties prenantes et des agriculteurs

Les problèmes d'acceptabilité sociale des EnR peuvent être traités de plusieurs manières, en faisant état des positions de l'opinion publique, des parties prenantes et des agriculteurs, avec des sondages d'opinion ou avec des approches plus qualitatives.

Si l'on commence avec des sondages généraux, une étude de l'Ademe de novembre 2018 sur « Les Français et l'environnement » montrait que **92 % des Français se déclarent favorables au développement des énergies renouvelables**, que 57 % de la population estime que les EnR permettent de lutter contre le réchauffement climatique et que 54 % des Français déclarent qu'ils seraient prêts à soutenir le développement des EnR dans leur région en investissant une partie de leur épargne.

La question de la **multifonctionnalité** de l'agriculture et de la vocation des agriculteurs à fournir à la société des biens autres qu'alimentaires **font débat** au sein de la profession agricole, notamment au sujet de la production d'énergie, par exemple avec les biocarburants. Vos rapporteurs ont pu mesurer l'ampleur de ce débat en rencontrant la diversité du monde agricole et ses trois principaux syndicats.

Le **rendement énergétique** de ces cultures et leurs **impacts environnementaux** sont d'autres sujets régulièrement débattus, parfois avec l'expression de tensions (cf. chapitre 4 du présent rapport). Si la perspective de nouvelles activités et de nouveaux débouchés économiques conforte l'attitude entrepreneuriale d'une partie des agriculteurs, l'attachement à la fourniture quasi exclusive de biens alimentaires est prégnant pour d'autres. Ce débat se retrouve au sein de la société comme dans les choix des décideurs, au niveau national comme local : certaines collectivités territoriales soutiennent l'approvisionnement en produits alimentaires de proximité alors que d'autres favorisent le développement de filières industrielles. Les deux logiques peuvent d'ailleurs cohabiter sur un même territoire.

Sur les questions d'acceptabilité par le monde agricole, il faut observer que si l'intervention d'entreprises externes peut avoir de réels avantages (moins d'endettement, prise en charge des autorisations et des raccordements...), les agriculteurs se montrent **réservés voire hostiles à l'intervention d'acteurs tiers**. La plupart des agriculteurs affirment investir dans ces projets pour des raisons économiques et notamment la volonté de diversifier leurs sources de revenu, dans le contexte de la volatilité des prix des matières agricoles. S'ils constatent que les investissements dans les EnR augmentent les revenus de leur exploitation, ils subissent aussi une masse de travail accrue, surtout s'agissant des énergies issues de la biomasse.

Un tel constat est également établi par un rapport d'étudiants de Sciences Po Rennes sur les EnR et les agriculteurs⁵³([C](#)). Il montre que le développement des EnR peut présenter un risque pour les agriculteurs car il s'agit d'une **activité chronophage** : parce qu'ils ont déjà une activité à plein temps, les agriculteurs peuvent éprouver des difficultés à monter un projet d'EnR. S'ils y consacrent trop de temps, ils risquent de ne plus pouvoir faire leur métier d'agriculteur correctement. Au contraire, s'ils n'y passent pas suffisamment de temps, ils s'exposent à la prédation d'acteurs du secteur des EnR. Toutefois, il faut garder à l'idée que **la surcharge de travail est le plus souvent temporaire**. Elle intervient surtout en phase d'émergence, de pré-faisabilité et de développement du projet.

Ce rapport de Sciences Po Rennes souligne aussi que la production d'énergie étant une activité spéculative et concurrentielle, les agriculteurs, dont les EnR ne sont pas le cœur de métier, sont **vulnérables** face à des acteurs qui enchaînent les projets. Les développeurs éoliens joueraient ainsi de cette faiblesse lors de la signature des promesses de bail en dissimulant le fait que tous les agriculteurs qui ont signé n'auront pas forcément une éolienne sur leur terrain et donc que les revenus promis n'iront qu'à quelques-uns. Ces pratiques seraient destructrices pour la solidarité locale. En traitant de manière bilatérale et non transparente, certains développeurs attisent des tensions entre agriculteurs, concurrents pour recevoir une éolienne et toucher un loyer.

3. Les enjeux économiques et financiers pour les agriculteurs

Avec 20 % de la production française d'EnR et un développement attendu très important, la production d'énergie constitue une **activité stratégique pour l'agriculture** de même que **cette dernière représente un secteur stratégique pour le développement des EnR en France**. Il faut donc l'organiser, la suivre et l'animer, car elle représentera un enjeu économique et financier croissant pour les agriculteurs : une **source de revenus** avec la vente des énergies produites et, dans une moindre mesure, un gisement d'emplois mais aussi des **besoins d'investissements considérables**, des **économies sur les dépenses d'énergie** (renforcement de l'autonomie énergétique des exploitations à travers l'autoconsommation et la récupération de l'énergie sous forme d'électricité, de gaz, de carburants ou de chaleur), des **économies sur d'autres intrants** (engrais et amendements...) *via* le retour au sol des digestats, etc.

La production d'EnR a représenté des recettes de l'ordre d'**1,366 milliard d'euros** (données 2015), elle rapporte donc au monde agricole l'équivalent de **2 % du chiffre d'affaires du secteur**. Ce chiffre d'affaires est développé principalement par la vente de biomasse pour les biocarburants (1 057 millions d'euros), mais

aussi par le photovoltaïque (105 millions), la méthanisation (88 millions) et la production de biomasse pour la combustion (85 millions). À ce chiffre d'affaires, s'ajoutent 112 millions d'euros d'économies sur la facture énergétique des exploitations par l'autoconsommation de biomasse, la mise en place d'installations de solaire thermique et de pompes à chaleur, soit 3,4 % des dépenses énergétiques.

Si, cette production n'est que peu génératrice d'emplois directs supplémentaires, elle permet d'accroître le revenu global des agriculteurs avec **des revenus supplémentaires et diversifiés, relativement stables car non soumis aux facteurs de volatilité des prix internationaux**, participant ainsi à l'équilibre économique des exploitations et à l'amélioration de la compétitivité du secteur agricole.

Les montants sont très variables, pouvant aller **de quelques milliers d'euros** de réduction de leur facture énergétique à **plus de 15 000 euros annuels de revenus complémentaires**. Ces chiffres sont à mettre en perspective avec le revenu courant avant impôts (RCAI) agricole moyen, évalué à 30 360 euros par l'Insee en 2018 pour l'ensemble des filières. Ces chiffres ne doivent pas masquer les écarts considérables entre agriculteurs et les pertes de certains agriculteurs, notamment dans le domaine de la méthanisation qui reste un procédé complexe et soumis à plusieurs incertitudes, comme la variation des intrants.

Selon l'énergie produite, le modèle d'affaires n'est pas le même pour l'agriculteur, comme le montre bien l'étude de l'Ademe précitée de 2018.

Quatre principaux modèles d'affaires, plus ou moins intégrés au système agricole de l'exploitation, peuvent être distingués :

- l'autoconsommation d'énergies renouvelables (chaleur, électricité ou gaz) pour réduire la facture énergétique de l'exploitation (géothermie, solaire thermique, photovoltaïque, méthanisation) ;
- la production et la vente de biomasse pour la production d'énergies renouvelables (cultures pour les biocarburants et la méthanisation, bois pour la chaleur) ;
- la vente d'électricité ou gaz directement sur les réseaux (photovoltaïque, méthanisation) ;
- la mise à disposition de surfaces (éolien, photovoltaïque).

Il serait pertinent, par ailleurs, de **favoriser autant que faire se peut l'autoconsommation**, qui facilite les **circuits courts** et permet une **plus grande autonomie énergétique** dans l'agriculture. L'autoconsommation est cependant soumise à un cadre juridique complexe et peu incitatif.

4. L'accès au foncier agricole

L'accès au foncier agricole est un **enjeu majeur du développement des énergies renouvelables dans le secteur agricole**. En outre, certaines énergies sont plus demandeuses en terres agricoles que d'autres, et peuvent donc entraîner davantage de conflits d'usage ou de modification de la qualité des sols. Le tableau ci-après récapitule l'espace occupé par les principales énergies développées en milieu agricole en France, en 2015^{56(*)} :

Les surfaces agricoles mobilisées pour la production d'énergie

Surface agricole totale	28 000 000 d'ha ^{57(*)}	100 %
Type d'énergie	Surfaces agricoles mobilisées (en ha)	Part de la surface agricole totale (en %)
Photovoltaïque au sol	450	0,0016 %
Éolien	583	0,0021 %
Méthanisation (cultures dédiées)	14 850	0,0530 %
Biocarburants	769 000	2,7464 %
Total	784 883	2,8031 %

Source : OPECST d'après les données de l'Ademe.

Ainsi, le **photovoltaïque au sol** utilise peu de foncier productif au sol, notamment car son développement est encadré par la circulaire du 18 décembre 2009 relative au développement et au contrôle des centrales photovoltaïques au sol.

Cadre réglementaire de l'utilisation de terres agricoles pour des projets d'aménagement

L'utilisation des terres agricoles pour les projets d'agrivoltaïsme est notamment encadrée en France par la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt du 13 octobre 2014. Selon cette loi, les projets d'aménagements publics et privés susceptibles d'avoir des conséquences importantes sur le secteur agricole doivent faire l'objet d'une étude préalable comprenant les mesures envisagées pour éviter et réduire leurs effets négatifs notables, ainsi que des mesures de compensation visant à consolider l'économie agricole du territoire.

Par ailleurs, le code de l'urbanisme indique clairement que « *les centrales au sol ne peuvent être autorisées que dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages* ». La jurisprudence établie par le Conseil d'État en février 2017 (*Conseil d'État, 2017*) indique d'ailleurs que l'activité agricole, pastorale ou forestière doit être « *significative sur le terrain d'implantation du projet, au regard des activités qui sont effectivement exercées dans la zone concernée ou, le cas échéant, auraient vocation à s'y développer, en tenant compte notamment de la superficie de la parcelle, de l'emprise du projet, de la nature des sols et des usages locaux* ».

La **méthanisation**, certes plus demandeuse en foncier productif, reste limitée grâce au décret n° 2016-929 du 7 juillet 2016 pris pour l'application de l'article L. 541-39 du code de l'environnement, qui **limite la part d'intrants provenant de cultures dédiées à 15 % du tonnage brut total des intrants**. L'absence de plafonnement du niveau de cultures dédiées conduirait à une plus grande utilisation de terres agricoles.

Enfin, les **biocarburants** détiennent un record, ce qui met en lumière les risques de conflits d'usage de cette production d'énergie, avec 769 000 hectares de surfaces agricoles mobilisées en France, cette superficie ne représentant toutefois que 2,7 % de la surface agricole utile (SAU).

-
- * ⁴⁷ Rapport de l'Ademe, « Agriculture et énergies renouvelables : contributions et opportunités pour les exploitations agricoles », 2018 <https://www.ademe.fr/agriculture-energies-renouvelables>
 - * ⁴⁸ Données 2016. Un recensement est en cours en 2020.
 - * ⁴⁹ Cf. OFATE, Onshore Windenergie in Frankreich, 2020 <https://energie-fr-de.eu/fr/energie-eolienne/actualites/lecteur/barometre-ofate-de-leolien-terrestre-en-france.html>
 - * ⁵⁰ Cf. OFATE, Photovoltaik in Frankreich, 2020 <https://energie-fr-de.eu/fr/energie-solaire/actualites/lecteur/barometre-sur-le-photovoltaique-en-france.html>
 - * ⁵¹ Cf. OFATE, Biogas und Biomethan in Frankreich, 2020 <https://energie-fr-de.eu/fr/bioenergies/actualites/lecteur/barometre-ofate-de-biogaz-en-france.html>
 - * ⁵² Cf. https://ec.europa.eu/agriculture/external-studies/renewable-energy-impacts_en
 - * ⁵³ Cf. <https://energie-partagee.org/wp-content/uploads/2017/10/Rapport-dexpertise-AgriEnR.pdf>
 - * ⁵⁴ Cf. la synthèse de l'atelier « Contribution de l'agriculture au développement des ENR » <https://www.philippe-bolo.fr/wp-content/uploads/2018/06/004-Synthese-PPE-CNDP-EnR-Agriculture-vf.pdf>
 - * ⁵⁵ Cf. <https://agriculture.gouv.fr/sia2018-stephane-travert-presente-le-plan-daction-bioeconomie>
 - * ⁵⁶ Ademe, Agriculture et énergies renouvelables : contributions et opportunités pour les exploitations agricoles, 2018, disponible au lien suivant : <http://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2018/02/Agriculture-EnR-contributions-opportunites-2018-Synthese.pdf>
 - * ⁵⁷ Cf. <https://agriculture.gouv.fr/agriculture-et-foret/quelle-part-du-territoire-francais-est-occupee-par-lagriculture>

Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme

Extrait du rapport

Etat de l'art bibliographique

sept.
2021



EXPERTISES



4. Définition de l'agrivoltaïsme

L'ensemble des éléments détaillés précédemment permettent d'aboutir à la définition suivante de l'agrivoltaïsme, basé sur les trois critères de qualification de la synergie agricole, mais également sur les critères d'attention qui seront détaillés dans les paragraphes suivants.

Une installation photovoltaïque peut être qualifiée d'agrivoltaïque lorsque ses modules photovoltaïques sont situés sur une même surface de parcelle qu'une production agricole et qu'ils l'influencent en lui apportant directement (sans intermédiaire*) un des services ci-dessous, et ce, sans induire, ni dégradation importante* de la production agricole (qualitative et quantitative), ni diminution des revenus issus de la production agricole.

- Service d'adaptation au changement climatique
- Service d'accès à une protection contre les aléas
- Service d'amélioration du bien-être animal
- Service agronomique précis pour les besoins des cultures (limitation des stress abiotiques etc.)

Au-delà de ces aspects majeurs de caractérisation, le projet d'agrivoltaïsme se doit également d'assurer sa vocation agricole (en permettant notamment à l'exploitant agricole de s'impliquer dans sa conception, voire dans son investissement), de garantir la pérennité du projet agricole tout au long du projet (y compris s'il y a un changement d'exploitant: il doit toujours y avoir un agriculteur actif), sa réversibilité et son adéquation avec les dynamiques locales et territoriales (notamment pour la valorisation des cultures), tout en maîtrisant ses impacts sur l'environnement, les sols et les paysages. Enfin, en fonction de la vulnérabilité possible des projets agricoles, l'installation agrivoltaïque se doit d'être adaptable et flexible pour répondre à des évolutions possibles dans le temps (modification des espèces et variétés cultivées, changement des itinéraires de culture).

* Se référer au chapitre 3.2 pour plus de détails sur ces notions.

Par ailleurs, en l'état actuel des connaissances, il est indispensable de prévoir, lors de la conception d'une installation agrivoltaïque, la mise en place d'une zone témoin (avec les mêmes conditions pédo-climatiques, de taille représentative et cultivée dans les mêmes conditions (variétés, densité, itinéraires de culture) et sans modules photovoltaïques) et d'un suivi agronomique des cultures (ou zootechnique), sur plusieurs années, par un organisme professionnel ou scientifique indépendant afin de comparer à minima la production agricole sous la zone agrivoltaïque et la zone témoin.

3.3. Effets de la présence de photovoltaïque sur les performances agricoles

Les deux activités (agricole et énergétique) doivent se partager l'espace disponible et l'ensoleillement. Ainsi, les rendements respectifs des deux activités sont influencés par les caractéristiques de l'installation photovoltaïque : densité, types de modules, inclinaison, possibilité de pilotage, etc.

L'activité agricole est influencée par quatre grands facteurs, qui peuvent alternativement avoir des effets positifs ou négatifs sur son rendement, sa qualité et son homogénéité : le rayonnement solaire, la température, l'évapotranspiration et l'efficacité de l'eau.

Ainsi, la combinaison d'une production agricole avec une production photovoltaïque sera dépendante des interactions physiques ayant lieu entre chacune de ces productions et influençant directement les quatre facteurs précédemment cités.

Il peut ainsi naître de ce couplage une incompatibilité pour certains facteurs, ou a contrario une amélioration de certains de ces facteurs permettant, par exemple, une protection de la culture face à divers aléas climatiques. Dans tous les cas, le couplage agrivoltaïque demande un équilibre des 2 composantes, photovoltaïque et agricole, comme présenté dans le schéma ci-dessous.

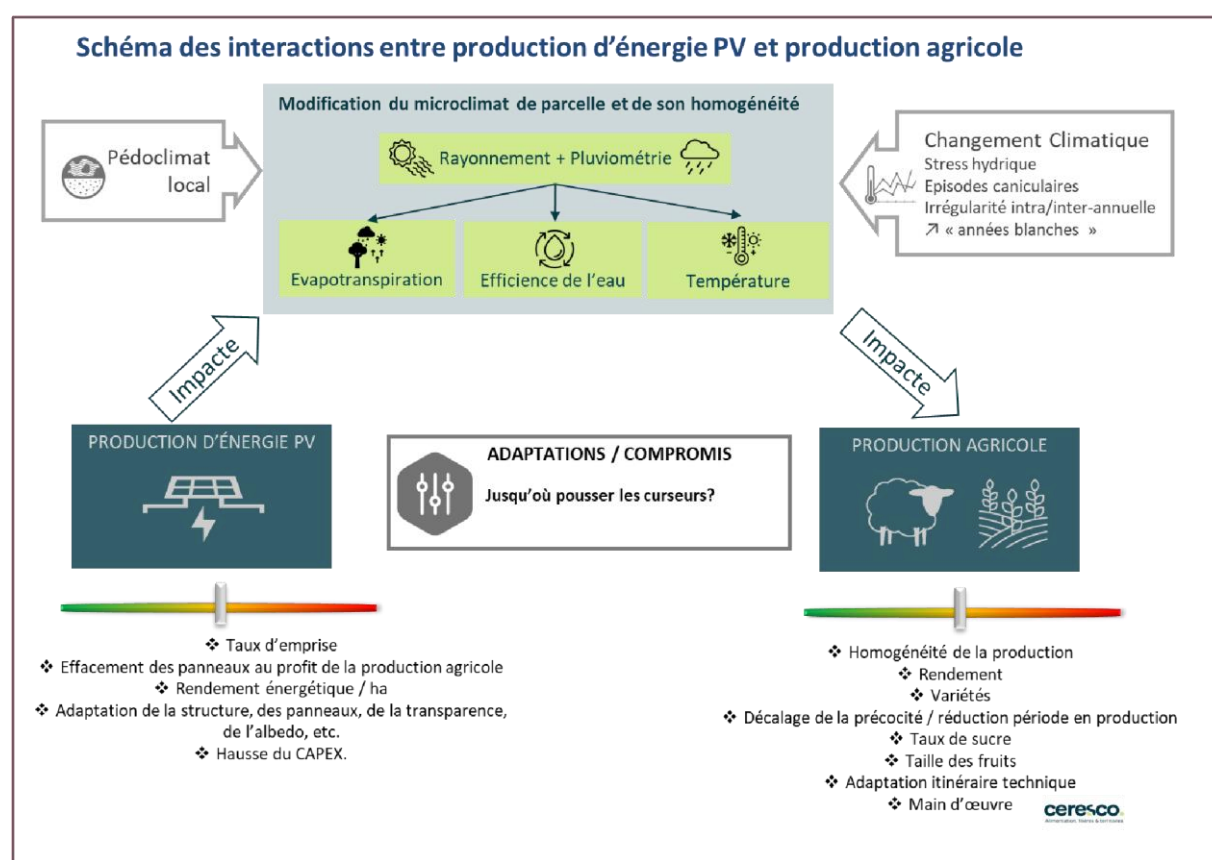


Figure 12 : Schéma des interactions entre production d'énergie PV et production agricole (CERESCO, 2020)

Les paragraphes suivants dressent un état des lieux bibliographique de ces impacts, mais aussi des adaptations possibles.

3.3.1. Impacts du microclimat sur les résultats agronomiques

3.3.1.1. Influence de la diminution du rayonnement solaire sur les résultats agronomiques

La réduction de la lumière liée à la présence de modules photovoltaïques constitue la principale contrainte écophysiological sur la productivité des plantes (Dupraz et al. 2011). Les modules photovoltaïques, placés au-dessus ou à côté des plantes vont venir interférer avec la lumière qu'elles peuvent recevoir, tant sur son intensité que sur sa durée d'exposition. Selon leur positionnement, les modules photovoltaïques peuvent aussi entraîner des alternances d'ombre et de lumière, généralement inexistantes, sur les productions végétales. Ces facteurs vont influencer la transpiration des plantes, l'évaporation de l'eau du sol, et donc l'évapotranspiration totale du système.

Dès le début des années 80, une publication scientifique allemande suggérait qu'un tiers des radiations étaient interceptées si on maximisait la production d'énergie (GOETZBERGER et ZASTROW 1982). On sait maintenant que ces premières estimations étaient sous-estimées et que, même quand la production d'électricité est optimisée, au moins 50% du rayonnement est intercepté par les modules et la structure dans des centrales classiques qui visent à maximiser la production d'énergie.

Concernant les serres photovoltaïques, les publications disponibles sont très disparates, compte tenu de la diversité des structures et des cultures.

En France, six essais complets et très bien documentés ont été menés par l'APREL⁸, directement sur des sites exploités par des agriculteurs (Goillon 2016; 2012; Goillon et al. 2016; 2013; Goillon et Camoin 2017). Plusieurs modèles de serres (photos ci-dessous) ont fait l'objet de suivis agronomiques pour caractériser les conditions de production, évaluer les performances de cultures, rechercher des adaptations techniques et in-fine, informer les producteurs adhérents de l'APREL.

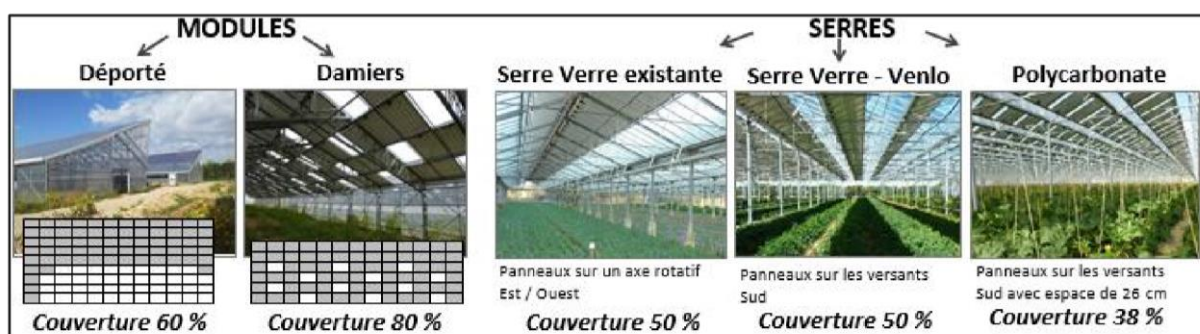
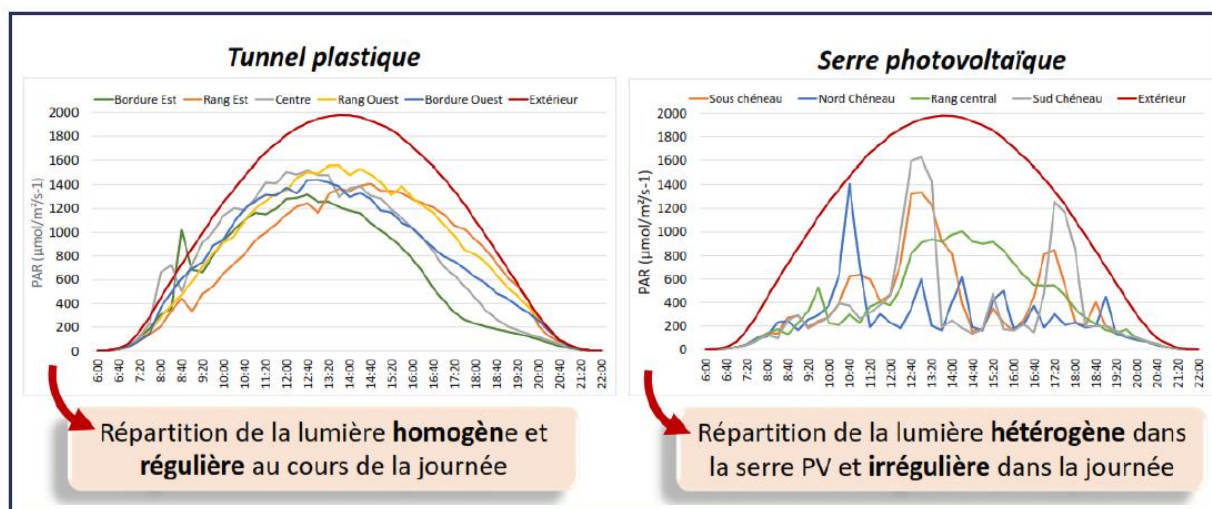


Figure 15: diversité des types de serres existantes en France et étudiées par l'APREL dans la zone sud-est (source : APREL)

Ces travaux montrent que dans trois situations différentes de serres, la transmission de rayonnement photosynthétique actif est de 30% en moyenne, soit 40% de moins que sous serre tunnel plastique. L'analyse des données montre que la répartition de la lumière dans les serres PV étudiées est hétérogène au cours de la journée, du fait de l'ombre portée des panneaux en toiture, qui se déplace au fur et à mesure de la course du soleil (figure ci-dessous). Des cultures comme la courgette supportent très mal ce type d'alternance. A cette très forte hétérogénéité spatiale s'ajoute le fait que le taux d'ombrage apporté par les serres est plus important en hiver qu'en été, ce qui est potentiellement contraire aux besoins des cultures.



rayonnement photosynthétique actif mesuré au cours de la journée du 23 juillet 2018 sous tunnel plastique et sous serre photovoltaïque. Capteurs placés en largeur de chapelle ou du tunnel sur un axe Est/Ouest. La ligne rouge correspond au PAR mesuré à l'extérieur (source : APREL)

La présence des panneaux photovoltaïques influence aussi le climat de la serre. Les périodes d'ouverture des ouvrants sont généralement définies pour optimiser la production agricole (trop sec ou trop humide). Les travaux de l'APREL montrent ainsi que l'aération n'est donc pas toujours en adéquation avec les besoins des plantes. Les observations agronomiques montrent un retard de développement de 3 à 4 semaines et une perte de rendement d'environ 50% par rapport à des cultures sous abris du même créneau.

Les plantes présentent aussi des désordres physiologiques sur la floraison et la nouaison. L'aspect et la qualité des produits est impactée, avec des fruits de calibre réduit ou plus fragiles. Dans certains cas, des maladies et ravageurs semblent avoir été favorisés par une gestion plus complexe du climat et des plantes sanitaires plus fragiles. Parmi les 40 espèces maraîchères étudiées par l'APREL, la majorité ont montré un mauvais comportement sous serre photovoltaïque. Quelques résultats corrects ont été observés sur des plantes aromatiques et des concombres en été, des betteraves et choux raves en hiver.

Espèces	Observations	Rendement (perte/ abri classique même créneau)
Tomate	Bouquets pliés, plantes étiolées, maturation longue	-60 à -70%
Melon	Retard de production, dégâts d'oïdium, petit calibre	-55 %
Aubergine	Floraison et nouaison difficiles, pucerons	-50%
Poivron	Floraison et nouaison difficile, entrée en récolte tardive	-81%
Courgette	Défauts de pollinisation, coulures de fleurs, production par vague	- 50 %
Concombre	Oïdium, pucerons	-20 à -80%
Fraise	1 mois de retard, petit calibre, botrytis	-53%

Figure 17: Observations physiologiques et baisses de rendement observées par l'APREL pour les principales espèces concernées par les serres PV en zone provençale (Goillon and Deboisvilliers, 2018).

Les travaux de l'APREL montrent enfin que les conditions climatiques et la faible exposition lumineuse modifient les besoins des plantes en eau et nutriments. **Une adaptation complète des itinéraires techniques de culture est ainsi nécessaire et les auteurs rappellent qu'il n'existe pas de références sur ces adaptations.**

Les auteurs appellent aussi à réfléchir à des solutions techniques permettant d'orienter les modules photovoltaïques quand la radiation photosynthétique est déficitaire, ou encore à développer et expérimenter des modules solaires semi-transparents ou capables de laisser passer les longueurs d'ondes utilisées par la photosynthèse. Ce phénomène physique ne captant que les longueurs d'onde rouges et



bleues, les plantes n'absorbent pas les longueurs d'onde vertes mais les reflètent : ces dernières pourraient donc être converties en électricité tout en permettant aux plantes sous les modules de s'épanouir. Un prototype de ce type de serre « magenta » existe en Californie (technologie WSPV pour « Wavelength-Selective Photovoltaic Systems ») et les premiers résultats sont encourageants : aucun effet sur le rendement des épinards et des salades, des fruits plus nombreux (mais plus petits) pour les tomates, mais un rendement plus faible pour les fraises (McNulty 2017).

Figure 21: Photo d'une toiture de serre magenta, prototype réalisé par l'Université de Santa Cruz, en Californie (McNulty, 2017)

3.3.1.2. Effets de la présence de photovoltaïque sur la température en période de croissance végétale

Des travaux menés sur le microclimat d'une centrale au sol sur prairie pâturée au Royaume-Uni (Armstrong, Ostle, et Whitaker 2016) montrent des différences significatives de température liées à la présence de modules. Les auteurs constatent des températures plus faibles sous les modules du printemps à l'automne, mais avec des variations journalières moins fortes. Sur deux saisons contrastées en termes de pousse fourragère, les résultats observés sur les températures entre modules, sous module et sur le témoin sont les suivants :

- En hiver : les températures de l'air et du sol sont plus froides entre les modules et la température du sol est supérieure sous les modules que sur le témoin. Il en résulte un fort impact sur la température du sol entre les modules (plus basse), alors que c'est cette zone qui reçoit le meilleur ensoleillement.
- En été : les températures sont plus élevées la nuit sous les modules et plus faibles la journée. Il en résulte des sols plus froids sous les modules, en moyenne, à cette période.

Globalement, la radiation photosynthétique active est 92% plus faible sous les modules, avec une proportion de 90% de radiation diffuse, contre 79% dans la zone témoin.

En termes de résultats en production, les durées de croissance demeurent inchangées mais la biomasse produite est plus faible en raison de la baisse de température moyenne sous les modules. En effet, la biomasse aérienne est 4 fois supérieure entre les modules et dans le témoin que sous les modules. La diversité d'espèces y est aussi plus faible car il est aussi observé une disparition totale des légumineuses fourragères comme le trèfle et plus de zones nues (cf. tableau ci-contre).

Table 1. Differences in plant community composition and productivity in under, control and gap areas: percentage cover of plant species and bare ground, number of species, non-grass:grass, and above ground plant biomass (g dwt m^{-2}) between the treatment plots (mean $\pm$ SD). Different letters denote a significant difference ($p < 0.05$) in the number of species, non-grass:grass and biomass between treatments.

	Species	Control	Gap	Under
Forbs	<i>Leucanthemum vulgare</i>	0.8 $\pm$ 1.5	2.0 $\pm$ 2.4	0.0 $\pm$ 0.0
	<i>Plantago lanceolata</i>	7.5 $\pm$ 8.7	1.3 $\pm$ 2.5	0.0 $\pm$ 0.0
	<i>Achillea millefolium</i>	10.0 $\pm$ 8.2	18 $\pm$ 35.0	20.0 $\pm$ 26.0
	<i>Ranunculus acris</i>	0.8 $\pm$ 1.5	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
Legumes	<i>Trifolium repens</i>	24.0 $\pm$ 10.0	9.8 $\pm$ 4.1	0.0 $\pm$ 0.0
	<i>Lotus corniculatus</i>	1.3 $\pm$ 2.5	10.0 $\pm$ 17.0	0.0 $\pm$ 0.0
	<i>Onobrychis viciifolia</i>	1.0 $\pm$ 2.0	0.8 $\pm$ 1.5	0.0 $\pm$ 0.0
Grasses	<i>Phleum pratense</i>	6.3 $\pm$ 7.5	21.0 $\pm$ 27.0	15.0 $\pm$ 7.1
	<i>Poa spp. (pratensis or annua)</i>	24.0 $\pm$ 11.0	20.0 $\pm$ 15.0	41.0 $\pm$ 26.0
	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	8.8 $\pm$ 12.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
	<i>Festuca rubra</i>	3.8 $\pm$ 4.8	1.3 $\pm$ 2.5	3.8 $\pm$ 7.5
Other	Dead/bare	13.0 $\pm$ 2.9	16.0 $\pm$ 7.5	20.0 $\pm$ 10.0
	Number of species	4.8 $\pm$ 1.0 ^{ab}	5.8 $\pm$ 2.2 ^a	2.8 $\pm$ 0.5 ^b
	Non-grass:grass	1.5 $\pm$ 0.5 ^a	1.6 $\pm$ 0.9 ^{ab}	0.3 $\pm$ 0.3 ^b
	Biomass	511.1 $\pm$ 102.8 ^a	599.5 $\pm$ 143.1 ^a	131.6 $\pm$ 46.5 ^b

Tableau 10 : Différence de diversité floristique et de productivité sous les modules, entre les modules et sur la zone témoin

3.3.1.3. Impacts sur l'évapotranspiration et conséquences agronomiques

Comme précisé dans les paragraphes précédents, la présence de modules photovoltaïques influe sur le rayonnement et la température. Ces deux facteurs influencent fortement l'évapotranspiration, qui correspond à la quantité d'eau évaporée au niveau du sol, transpirée par les plantes et interceptée par ces dernières (eau de pluie qui reste sur le feuillage et s'évapore ensuite, et qui donc ne touche pas le sol).

La baisse d'évapotranspiration peut être bénéfique en période chaude et sèche. Un travail mené en cultures maraîchères sous ombrières fixes (Marrou, Guilioni, et al. 2013) montre que l'évapotranspiration est réduite de 10 à 30% avec une lumière variant de 50 à 70% de la pleine radiation solaire (sans modules photovoltaïques), avec des variations observées selon la saison, comme indiqué sur le graphique ci-dessous.

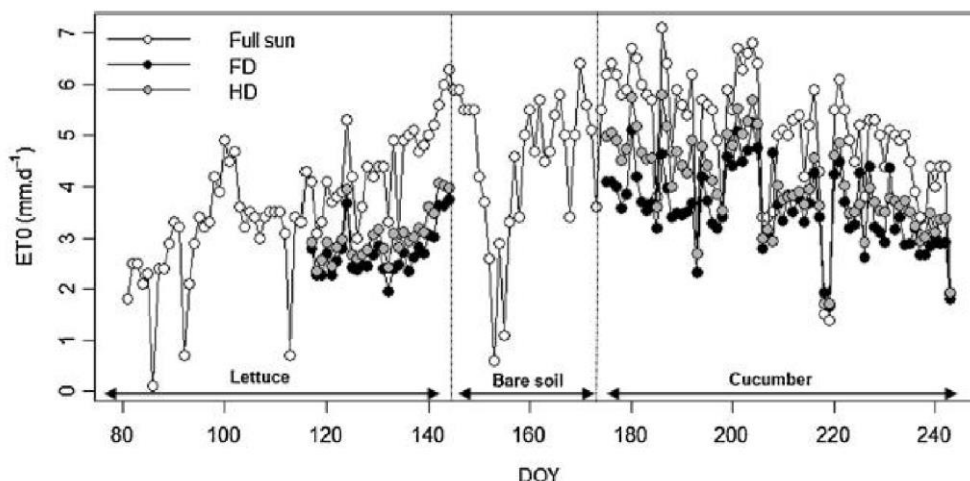


Fig. 5. Potential evapotranspiration calculated over the lettuce canopy (DOY 81 to 144) and the cucumber canopy (DOY175 to 244).

Figure 22 : Evapotranspiration potentielle calculée au-dessus de cultures de salades, concombres et d'un sol nu. (Marrou et al., 2013b) . DOY : Day Of Year = Jour de l'année ; FD : Full Density = pleine densité de modules ; HD : Half Density = semi densité

Concernant le rendement, l'accumulation de matière sèche pour les salades atteint 67% (d'un équivalent plein soleil) à pleine densité et 84% à demi-densité de modules, avec de fortes variations entre variétés (figure ci-après). Les variétés « Kiribati » et « Emocion » sont les plus productives sous ombrage, avec un rendement relatif dépassant 80% à pleine densité de modules, et 91% à semi-densité. Pour ces deux variétés, l'efficacité de l'eau est améliorée à l'ombre, de 12 à 35% à pleine densité, et de 21 à 42% à semi-densité, selon la variété. Les concombres s'avèrent être plus sensibles à l'ombrage, avec une baisse de 68% de la matière sèche produite à pleine densité et 21% à semi-densité, avec une diminution moyenne de l'efficacité de l'eau (ratio entre la variation relative de la matière sèche et l'évapotranspiration réelle) de 4%.

	FD			HD		
	DM (%)	AET (%)	WUE(%)	DM (%)	AET (%)	WUE (%)
Lettuces						
Emocion	80	71	112	107	75	142
Model	47	71	66	81	75	108
Bassoon	56	71	89	61	75	82
Kiribati	96	71	135	90	75	121
All varieties	67	71	95	84	75	112
Cucumbers	42	79	53	79	82	96

Tableau 11: Accumulation relative de matière sèche (DM) et efficacité de l'eau (WUE) exprimées en pourcentage du plein soleil pour des laitues et des concombres. DOY : jour de l'année ; FD : pleine densité de modules ; HD semi densité

Dans l'ensemble, plusieurs auteurs soulignent que dans un contexte de changement climatique et de raréfaction de ressource en eau, les modules photovoltaïques ont un rôle potentiel à jouer pour atténuer le stress climatique et économiser de l'eau dans le futur. Le défi est en effet d'améliorer l'efficacité de l'eau, tout en maintenant le rendement (Wallace, 2000), ce qu'un ombrage bien maîtrisé peut permettre de réaliser pour certaines cultures et pour certains climats.

Si l'eau n'est pas limitante et l'énergie apportée par le soleil pas trop en excès par rapport aux besoins de la plante, le rendement semble toujours meilleur sans modules (en tous cas, dans un contexte climatique proche de celui observé actuellement en France). En revanche, le maintien de conditions hydriques moins limitantes sous les modules en période de sécheresse peut venir compenser, voire dépasser, la perte de rendement liée à l'ombrage.

En « récoltant » l'excès de soleil avec des modules photovoltaïques, l'évapotranspiration est réduite. Ainsi, en poussant le raisonnement à l'extrême, il est possible d'imaginer, pour des terrains sujets au stress hydrique, de limiter le rayonnement solaire grâce aux modules, équilibrant ainsi l'évapotranspiration potentielle et réelle (Hassanpour Adeg, Selker, et Higgins 2018). Ce type de raisonnement n'est bien sûr pas valable dans des contextes pédo-climatiques limités en ressources solaires, sous des plus hautes latitudes comme au Royaume-Uni, ainsi que présentés par (Armstrong, Ostle, et Whitaker 2016).

3.3.2. Interactions entre la structure photovoltaïque et l'activité agricole

La combinaison de modules photovoltaïques avec une activité agricole suppose également un ajustement de la structure porteuse, tant en termes de densité qu'en terme d'agencement « morphologique » de la structure.

Pour les filières animales, il est nécessaire d'adapter la structure photovoltaïque pour qu'elle puisse être compatible avec son usage. Les considérations suivantes ont ainsi été recueillies en fonction des animaux envisagés :

- Avec les ovins : ces projets sont très courants et de nombreux projets ont été recensés. Il n'y a pas d'incompatibilité de la structure, à part un léger rehaussement des modules par rapport à une centrale classique afin de pouvoir laisser passer les animaux sous le bord inférieur de la structure.
- Avec les caprins : ces animaux ont tendance à escalader la structure et à grignoter les câbles. De fait, aucun projet n'a été recensé.
- Avec les bovins : ces animaux, de grande taille, peuvent endommager les modules. Cependant, des projets avec bovins sont à l'étude.
- Avec des volailles : la structure photovoltaïque permet de fournir de l'ombrage aux animaux. Trois installations ont été recensées, une en France, une aux Etats-Unis et une au Japon.
- Apiculture : la structure photovoltaïque met à disposition un parc fermé et sécurisé pour l'apiculteur.

Pour les filières végétales, l'itinéraire technique mobilise souvent des engins agricoles, ce qui implique les adaptations suivantes :

- Optimisation des pieux sous centrale au sol pour le passage de la faucheuse.
- Choix optimal des engins agricoles, voire renouvellement (hauteur, rayon de braquage, etc.)
- Hauteur de modules à 4 m, voire 5 m en grandes cultures pour laisser passer les tracteurs et leurs outils attelés, ainsi que la moissonneuse-batteuse.
- Largeur minimale entre les pieux pour le passage des engins, et permettre leurs manœuvres courantes (virages, demi-tour, etc.).

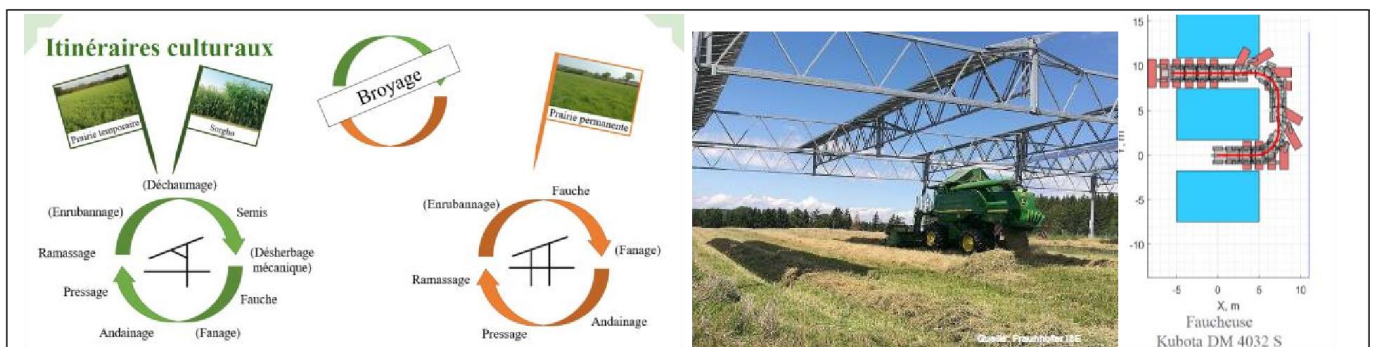


Figure 27: (de gauche à droite) exemples d'itinéraires culturaux sur prairie avec centrale au sol, récolte de blé tendre d'hiver sur les parcelles expérimentales de l'institut Fraunhofer (Trommsdorff, n.d.), exemple de trajectoire de tracteur avec faucheuse attelée dans un parc (ENDERLEN, GUILLEMEAU, et TIOLLIER 2020).

Dans le cas des fruits et légumes et de la vigne, les ombrières peuvent aussi (cf. photo ci-dessous) :

- Fournir un support d'ancrage pour des filets paragrêles.
- Fournir un support pour le tuteurage des arbres.



Figure 28: Exemple d'installations photovoltaïques adaptées pour accueillir des filets para-grêles

Enfin, l'activité agricole peut aussi impacter le rendement des modules :

- Effets négatifs sur la production électrique :
 - o le dépôt sur les modules de la poussière soulevée par les activités agricoles et les animaux est un facteur à prendre en compte dans le choix de la production et de l'itinéraire technique.
 - o Pour les serres, la forte humidité et la présence de produits phytosanitaires pourraient affecter la durée de vie des modules (Cossu et al. 2014).
- Effets positifs : la diminution de la température liée à l'évapotranspiration peut améliorer le rendement électrique. Des travaux menés en Arizona sur des cultures maraichères (tomates cerises et piments) montre une température de modules diminuée de 8,9 degrés en moyenne pendant la journée, entraînant une hausse du productible de 3 % entre mai et juillet, et de 1% de hausse en moyenne annuelle (Barron-Gafford et al. 2019).

ARTICLE DE www.actu-environnement.com du 08 février 2023

Énergies renouvelables : la loi d'accélération est adoptée

Le Parlement a adopté définitivement le projet de loi relatif à l'accélération des énergies renouvelables. Zoom sur les principales mesures qui devraient permettre d'augmenter le rythme d'installation des ENR et leur raccordement.

« Nous devons accélérer. Accélérer, car nous sommes le seul pays européen à ne pas avoir atteint ses objectifs de déploiement des énergies renouvelables. Accélérer, car face au dérèglement climatique, tous les scientifiques nous le disent : nos prochains objectifs devront être encore plus ambitieux. Voilà l'ambition de ce texte : lever tous les verrous qui retardent le déploiement des projets d'énergies renouvelables », a déclaré la ministre de la Transition énergétique, Agnès Pannier-Runacher, devant les sénateurs qui ont adopté à une large majorité, le 7 février, le projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables.

Il s'agit de l'étape finale de ce texte, désormais définitivement adopté après l'engagement d'une procédure accélérée par le Gouvernement. Son ambition est, comme son nom l'indique, de lever les freins au développement des énergies renouvelables en simplifiant les procédures, en planifiant le déploiement des installations et en libérant du foncier. Mais *« les débats ont été révélateurs des rapports complexes qu'entretiennent nos concitoyens vis-à-vis de l'énergie renouvelable et [du] besoin de pédagogie et de proximité qui en découle »,* analyse le Syndicat des énergies renouvelables (SER). Plusieurs mesures visent notamment à encadrer les ENR et pourraient freiner leur développement : la prise en compte de l'effet de saturation visuelle pour les projets éoliens terrestres ou encore l'exclusion des projets photovoltaïques des zones agricoles et forestières.

Les conditions d'application d'autres mesures seront également déterminantes. *« À travers ce vote, la France a défini un nouveau cadre législatif pour le développement des énergies renouvelables, en plaçant les élus locaux au cœur du dispositif d'accélération. Une grande responsabilité en découle, et nous sommes confiants que chacun portera ce mouvement de planification dans l'ensemble des territoires. Désormais, il nous faut sortir des postures conflictuelles pour agir, et surtout réussir l'accélération vitale à notre souveraineté ! »* met en garde Anne-Catherine de Tourtier, présidente de France Énergie éolienne (FEE).

Simplification des procédures environnementales

Le texte prévoit, tout d'abord, une série de mesures visant à simplifier les procédures environnementales et réduire la durée d'instruction des projets. Il introduit une présomption d'existence de raison impérieuse d'intérêt public majeur (RIIPM) pour les projets ENR, les ouvrages de raccordement et de stockage. Ce qui devrait faciliter l'obtention d'une dérogation Espèces protégées, à condition que deux autres critères soient réunis : l'absence de solution alternative satisfaisante et le maintien de l'espèce concernée dans un bon état de conservation. Les conditions pour obtenir cette présomption de RIIPM doivent encore être définies par décret (type d'ENR, puissance des projets, contribution aux objectifs nationaux).

« Il nous faut sortir des postures conflictuelles pour agir, et surtout réussir l'accélération vitale à notre souveraineté »
Anne-Catherine de Tourtier, FEE

Cette mesure reprend peu ou prou celle inscrite dans le règlement européen de décembre 2022, qui instaure une présomption d'intérêt public supérieur aux fins de la législation environnementale et une présomption d'intérêt de la santé et de la sécurité publiques pour les installations de production renouvelable, leur raccordement et les capacités de stockage associées. En revanche, le règlement prévoit que cette présomption puisse être restreinte, à l'échelle nationale, à certaines parties du territoire ou à certaines technologies.

Par ailleurs, le règlement fixe des délais maximaux d'instruction des dossiers en fonction des technologies : un mois pour les pompes à chaleur de moins de 50 mégawatts (MW), trois mois pour le solaire sur structures artificielles et six mois

pour les opérations de *repowering*. Délais que ne reprend pas la loi française, sauf dans les zones d'accélération (trois mois au maximum). Elle se contente de créer un référent préfectoral chargé de l'instruction des projets renouvelables et d'alléger les procédures pour les opérations de *repowering*, en ne prenant en compte que les incidences liées à l'extension ou à la modification du parc.

Planification des zones de développement des ENR

Autre mesure proche de celle figurant dans le règlement européen : la définition de zones d'accélération des énergies renouvelables. Elle doit permettre aux élus locaux de définir des zones prioritaires permettant de contribuer aux objectifs nationaux de développement des ENR. Le règlement européen prévoit que l'évaluation environnementale soit réalisée à l'échelle de la zone, exemptant les projets de cette procédure. La loi française prévoit, quant à elle, que les projets situés dans ces zones puissent faire l'objet d'une procédure de déclaration.

Si, dans le principe, ces zones doivent faciliter et accélérer le développement des projets, leur mise en place fait craindre à de nombreux acteurs un freinage. En effet, dans un délai de six mois, s'organisent la concertation du public et les délibérations entre élus locaux. Le comité régional de l'énergie doit ensuite être saisi pour avis et peut demander une redéfinition de ces zones s'il les estime insuffisantes pour contribuer aux objectifs nationaux. Par ailleurs, chaque commune doit rendre un avis conforme sur la zone située sur son propre territoire. Autrement dit, elle dispose d'un droit de veto. Enfin, les documents d'urbanisme et d'aménagement (Scot, PLU, cartes communales, OCAET, SRCAE...) doivent être mis en cohérence avec ces zones. Ce processus doit être renouvelé tous les cinq ans. *« Cette procédure est très lourde, on peut s'interroger sur le temps que ça va prendre, analyse l'avocate Corinne Lepage. Quelle est sa compatibilité avec le règlement européen, qui est entré en vigueur le 1^{er} janvier 2023 pour dix-huit mois ? »*

Le texte formalise également un processus de planification pour l'éolien en mer. Le document stratégique de façade devra définir des zones prioritaires pour les parcs éoliens et leurs raccordements sur dix ans et à horizon 2050. Le premier exercice sera présenté en 2024.

Par ailleurs, les débats publics pourront être mutualisés afin de donner plus de visibilité sur les projets. Les collectivités territoriales littorales, le Conseil national de la mer et des littoraux ainsi que les collectivités situées à moins de cent kilomètres de la zone d'implantation y seront associés.

Faire en sorte que les réseaux suivent le rythme

Autre frein au développement des ENR : les réseaux. Pour rappel, près de 11 gigawatts (GW) d'éolien et 15 GW de solaire sont en attente de raccordement. Le projet de loi adopté prévoit d'améliorer le développement des réseaux, en modifiant leur planification. Les porteurs de projets seront notamment encouragés à déclarer leurs projets avant l'élaboration du schéma de raccordement (S3ENR). L'horizon de ces schémas est étendu de dix à quinze ans, au lieu de trois à dix ans aujourd'hui. De leur côté, les gestionnaires de réseaux pourront anticiper certaines études et travaux pour le raccordement des parcs éoliens en mer. Ils pourront également, pendant quatre ans, établir un ordre de priorité en faveur de grands projets industriels nécessaires à la transition énergétique. Le texte prévoit également de simplifier les procédures pour raccorder au réseau de transport les grandes installations industrielles qui ont entamé une stratégie de décarbonation.

Sophie Fabrégat, journaliste
Rédactrice spécialisée

Les députés adoptent la loi sur l'accélération des énergies renouvelables

L'agrivoltaïsme au cœur des débats

Très discuté lors de la CMP, **l'agrivoltaïsme bénéficiera enfin d'un cadre légal**. Le fait pour la production agricole d'être considérée comme l'activité principale sur une parcelle accueillant des panneaux photovoltaïques pourra s'apprécier au regard du volume de production, du niveau de revenu ou de l'emprise au sol. La loi détermine par ailleurs les conditions de déploiement et d'encadrement de l'agrivoltaïsme en s'appuyant sur le strict respect des règles qui régissent le marché du foncier agricole, notamment le statut du fermage et la mission des sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural, la politique de renouvellement des générations et le maintien du potentiel agronomique actuel et futur des sols concernés.

L'agrivoltaïsme bénéficiera d'un cadre juridique et les chambres d'agriculture seront chargées d'identifier les parcelles pouvant accueillir ces installations.

La commission mixte paritaire (CMP) est parvenue à un compromis sur le **projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables**. Les députés en ont adopté la version définitive ce 31 janvier 2023 par 217 voix pour et 169 contre. Le texte apporte des évolutions par rapport à la proposition votée par les deux chambres au début de janvier.

Remplir l'une des quatre conditions

Pour être reconnu comme un véritable outil agricole et donc entrer dans le cadre de l'agrivoltaïsme, l'installation devra répondre à l'une des quatre conditions suivantes :

- Améliorer le **potentiel agronomique des cultures**,
- Constituer pour l'agriculteur un levier de lutte contre les **effets du changement climatique**,
- Aider à faire face aux aléas du type **sécheresse ou stress hydrique**,
- Contribuer à améliorer le **bien-être animal**.

Les chambres d'agriculture à la manœuvre

Les parcelles répondant aux critères de l'agrivoltaïsme seront **définies par les chambres départementales d'agriculture**. Un arrêté préfectoral, pris après consultation de la commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers, des organisations professionnelles intéressées et des collectivités territoriales concernées, établira un document-cadre sur proposition de la chambre d'agriculture. **Ce document-cadre définira notamment les surfaces agricoles** et forestières ouvertes à un projet d'installation ainsi que les **conditions d'implantation** dans ces surfaces. Ces surfaces seront définies en veillant à préserver la souveraineté alimentaire. Le délai entre la proposition du document-cadre et la publication de l'arrêté ne peut excéder six mois. En zone forestière, le défrichement pour mettre en place une installation photovoltaïque sera interdit au-delà de 25 ha.

La FNSEA se félicite de "l'introduction d'une définition juridique fondée sur celle de l'Ademe, ainsi que de nombreux garde-fous pour préserver la production agricole sur les terres concernées et empêcher à l'avenir tout développement de projets alibis".

Enfin, la loi contient des **avancées sur le biogaz**, qui permettront aux agriculteurs-méthaniseurs d'accélérer leur projet, notamment en améliorant les délais de raccordement.