

PROJET DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE



Construction d'ombrières photovoltaïque d'élevage Ovin à Saint-Sardos (82600)



GAEC Le Jardin des Fedes

Monsieur Frédéric Sembinelli

06 87 40 07 15

Table des matières

PREAMBULE	4
I. ÉTAT DE L'ART	5
1. IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR L'AGRICULTURE	5
a. <i>Effets du réchauffement climatique</i>	5
b. <i>Conséquence sur l'agriculture</i>	6
2. USAGE DE L'AGROFORESTERIE ET BENEFICES DE L'OMBRAGE	8
c. <i>Abri pour les animaux</i>	8
d. <i>Création d'un micro-climat</i>	8
e. <i>Combiner agriculture et photovoltaïque</i>	9
II. PRESENTATION DE L'EXPLOITATION	10
1. PRESENTATION DE L'EXPLOITATION ET DU PROJET AGRICOLE	11
a. <i>Localisation</i>	11
b. <i>Fonctionnement de l'exploitation</i>	11
c. <i>Les besoins agricoles identifiés et les nécessités de l'exploitation</i>	12
2. SOLUTION AGRICOLE ET PHOTOVOLTAÏQUE	12
d. <i>Réponses aux besoins agricoles exprimés</i>	12
e. <i>Partage de la lumière</i>	12
f. <i>Synergie agricole</i>	14
III. DESCRIPTION DE LA SYNERGIE ENTRE LA PRODUCTION AGRICOLE ET LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ	16
1. L'OMBRIERE PHOTOVOLTAÏQUE	16
2. UNE SYNERGIE TECHNIQUE	16
a. <i>Zones abritées</i>	16
b. <i>Réduction du stress thermique et amélioration du bien-être animal</i>	17
c. <i>Amélioration de la pousse des prairies et de la ressource fourragère</i>	17
3. UNE SYNERGIE ECONOMIQUE	17
a. <i>Réduction de l'investissement</i>	17
b. <i>Réduction des coûts d'entretien</i>	17
IV. CONTACTS	18
1. PETITIONNAIRE DU PROJET	18
2. MAITRE D'ŒUVRE	18

Commune d'implantation	Saint-Sardos (82600)
Type de centrale	Ombrières photovoltaïques avec élevage ovin
Technologie utilisé	5 460 modules Structure réversible qui sera recyclée en fin de vie (durée de vie supérieure à 40 ans)
Puissance crête installée	3 838 kWc
Ressource solaire	1 285 kWh/m²/an
Production estimée	Environ 4 933 590 kWh soit la consommation annuelle de 1 794 foyers (hors chauffage et eau chaude sanitaire)
Surface utile totale au projet	49 677 m² soit 16 % de la SAU totale de l'exploitation
Surface artificialisée	92.8 m² soit 0.18 % de la surface projet Cette surface d'emprise au sol représente l'imperméabilisation du sol venant des fondations (18.3m²) + un poste de livraison/transformation (22.5 m²) + réserve incendie (52 m²)
Taux de couverture des structures	8.7 %

PREAMBULE

La France est un acteur majeur de la production agricole en Europe, positionnée au 1^{er} rang européen en termes de productions végétales, animales et de services agricoles (soit 77 milliards d'euros par an en 2019)¹, 46 % du territoire français est alloué à l'usage agricole. Or depuis quelques décennies, le secteur agricole traverse une profonde mutation socioéconomique, avec :

- une concentration des exploitations agricoles, soit une hausse des formes sociétaires et des grandes exploitations ;
- une baisse des aides aux productions agricoles passant à un budget total de 7,69 M€ en 2005 à 6,67 M€ en 2019 ;
- une baisse de l'emploi salarié et non salarié, accompagnée d'une baisse de la part des personnes de moins de 40 ans travaillant dans le secteur agricole².

De plus, face au dérèglement climatique, la vulnérabilité des exploitations agricoles s'accroît avec une dégradation potentielle des débouchés agricoles (baisse des rendements, perte de qualité des produits) et une augmentation des coûts d'exploitation pour la mise en place de moyens de luttés contre les aléas météorologiques et biologiques délétères : sécheresse, gel « tardif », bioagresseurs, *Influenza* etc.

Dans un contexte de transition énergétique et écologique, l'agriculture est appelée à lutter contre le réchauffement climatique ou encore la surexploitation de l'eau. En effet, la Stratégie Nationale Bas Carbone préconise, d'ici 2050, une réduction de 50 % des émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture, soit environ 40 Mt de CO₂ (10 % de la part totale nationale)³.

Cette transition agricole reste un défi important pour les propriétaires et les exploitants dont les principales problématiques concernent leur capacité d'investissement, le risque de perte de chiffre d'affaires ou encore le besoin de nouvelles solutions techniques.

Dans ce contexte, la recherche de solutions techniques et financières a mené à une réflexion vers une synergie entre l'agriculture et le développement de projets photovoltaïques : pan primordial de la transition écologique. Les développeurs photovoltaïques, en partenariat avec leurs partenaires agricoles, se sont intéressés au développement de projets dits « photovoltaïques », pour venir répondre aux enjeux de la transition agricole et énergétique.

Chez Technique Solaire, l'investissement est porté par le groupe, permettant à l'agriculteur de développer son nouveau projet agricole tout en préservant sa capacité d'investissement propre. Ce modèle d'affaire assure le financement de la construction de l'installation photovoltaïque ainsi que l'achat du matériel technique nécessaire à la mise en place et à la pérennité de l'activité agricole, ainsi que les éléments de protection supplémentaires pour garantir une prévention optimale face aux aléas climatiques, aux risques biologiques et sanitaires.

La conception des installations photovoltaïques est menée en étroite collaboration entre l'Agriculteur et Technique Solaire, avec comme point de départ : l'identification des besoins agricoles pour répondre au mieux au développement de l'atelier agricole et finalement à travers le financement le développement du secteur agricole local *et extensio* régional.

¹ Eurostat - Comptes de l'agriculture (2019 provisoire)

² Mémento Statistique Agricole 2020 – L'agriculture, la forêt, la pêche et les industries agroalimentaires –Février 2020 - Agreste

³ <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

I. ÉTAT DE L'ART

1. Impact du réchauffement climatique sur l'agriculture

a. Effets du réchauffement climatique

Ces dernières années, les bouleversements climatiques dont l'intensité augmente chaque année entraînent à la surface du globe des phénomènes météorologiques de plus en plus extrêmes et fréquents. Les effets du réchauffement climatique sont observables depuis au moins 30 ans, comme le montrent les relevés de températures de Météo France (cf. Figures 1 à 3) ainsi que les projections des chambres d'agriculture, de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) et de l'AREC (Agence Régionale Energie-Climat). Ces effets se traduisent par :

- Une hausse moyenne et continue des températures printanières (en journée) et estivales,
- Des périodes sans précipitations de plus en plus longues,
- L'apparition d'accidents climatiques toujours plus fort et plus fréquents (i.e. orages violents, vent, grêle, gel, etc.).

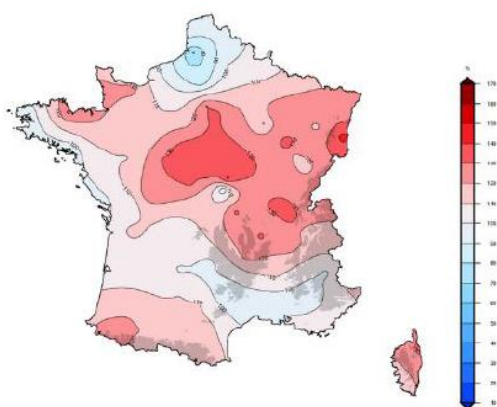


Figure 2. Rapport à la moyenne saisonnière de référence 1991-2010 de la durée d'ensoleillement.

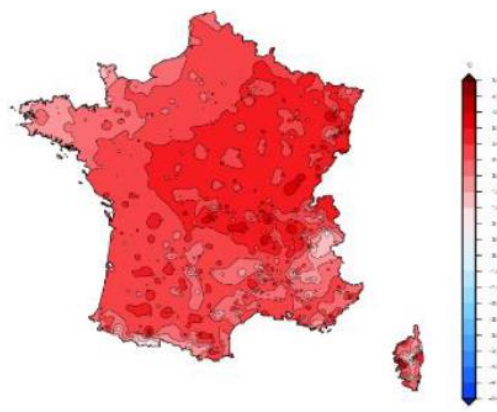


Figure 3. Ecart à la moyenne saisonnière de référence 1981-2010 de la température moyenne.

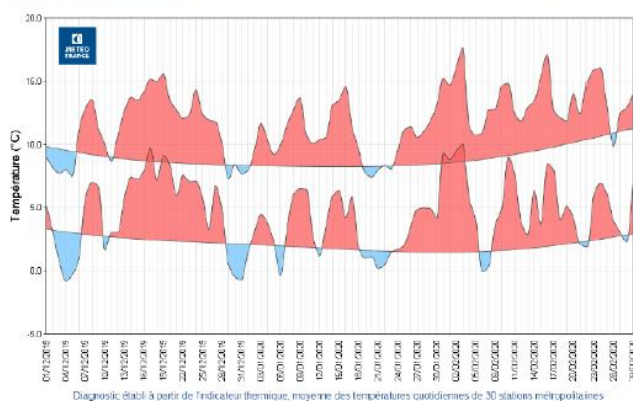


Figure 1. Evolution des températures minimales et maximales quotidiennes en France par rapport à la normale quotidienne du 1er décembre 2019 au 29 février 2020.

Les conséquences de ces événements ont un impact direct sur les productions agricoles et les pertes liées à ces aléas (inondations, fortes chaleurs, sécheresse, gel, tempêtes, ...) vont continuer de croître.

Depuis 2018 notamment, les exploitations agricoles ont souffert du manque d'eau, qui a négativement impacté leurs prairies et rendements (toutes espèces confondues).

b. Conséquence sur l'agriculture

Augmentation des températures printanières et estivales

Depuis plusieurs années, des températures très fortes sont relevées en période estivale, et les retours de nombreux producteurs laitiers le confirment. En effet, les fortes chaleurs entraînent un stress thermique important chez les ruminants devant ainsi mobiliser leur énergie pour thermoréguler leur organisme au dépend de leur production de lait. Le stress thermique est mesuré par l'indicateur THI « Temperature Humidity Index » (cf. Figure 4) qui prend la température ambiante et l'humidité relative. A titre d'exemple, pour une valeur au-delà de 68, correspondant à une température de 22°C et avec une humidité relative de 50%, une vache laitière subit déjà un stress léger ayant des impacts sur sa production.

En effet, il faut savoir que la première adaptation des ruminants en cas de stress thermique est de limiter l'ingestion d'aliment. Les conséquences sont alors néfastes sur la performance laitière des troupeaux (Renna et al. 2010), sur l'efficacité de la reproduction (Armstrong, 1994) ou sur le gain moyen quotidien des animaux à l'engraissement.

Les performances zootechniques des animaux d'élevages sont également impactées par le ralentissement de la pousse des prairies. Des espèces majeures entrant dans la composition des prairies telles que le ray-grass anglais ou hybride, la fléole, le trèfle blanc et violet ou la luzerne sont très sensibles aux sols séchant et donc à la sécheresse.

Le ray-grass, par exemple, ralentit et stoppe sa croissance dès 23-25°C. Ainsi, il n'est plus à disposition des animaux au pâturage et contraint les éleveurs à rentrer en bâtiments d'élevage et/ou à les compléter. Les sécheresses se produisant de plus en plus tôt limitent également la pousse des prairies et retarde les dates de fauches et/ou limite les rendements fourragers de celles-ci.

Le développement des espèces végétales sont impactées à divers niveaux par l'augmentation des températures, engendrant alors de lourdes pertes de rendement et donc économiques :

- Diminution de la viabilité du pollen : l'émission du pollen décroît à partir de 30°C et sa viabilité est affectée au-delà de 37°C. Couplée à un retard d'émission des soies, elle peut causer une forte réduction du potentiel de rendement,
- Diminution de la fécondation,
- Diminution du remplissage du grain et du Poids Moyen Grain.

L'augmentation des températures est également à la source de nombreux épisodes caniculaires récurrents. L'assèchement des végétaux et des sols est propice aux incendies, notamment lors de la récolte des céréales à paille. L'année 2019 a particulièrement été marquée par de nombreux sinistres (« Les incendies de moisson placés sous haute surveillance », 2020).

Episodes d'intempéries irréguliers (orages, grêle, inondations...)

Les intempéries (i.e. orages, grêle, etc.) se multiplient, rendant les semis et les récoltes difficiles (« Intempéries : quelles conséquences pour l'agriculture ? », 2018).

En 2021, d'autres conditions ont impacté les grandes cultures, notamment les précipitations violentes et les orages qui se sont déversés à intervalles réguliers, comme le souligne le Communiqué de Presse de la FNSEA du 26 août 2021 – « *L'année avait débuté par des épisodes de gel d'une ampleur*

exceptionnelle ayant sérieusement amputé la production 2021 de fruits et de raisins. Elle s'est poursuivie, cet été, par des inondations d'une ampleur jamais vue, liées à des phénomènes orageux et à une pluviométrie exceptionnelle qui ont largement perturbé les récoltes. A cela se sont ajoutés des incendies très importants. » (FNSEA 2021). Ces fortes pluies rencontrées ont provoqué l'inondation de nombreuses parcelles, parfois à la suite des crues.

L'hydromorphie des sols peut entraîner des conséquences délétères sur les espèces végétales, en particulier pour des stades clés tels que les semis ou les levées. L'hydromorphie entraîne une anoxie, c'est-à-dire une baisse de la disponibilité de l'oxygène nécessaire à la respiration des cellules. Un ralentissement, voire un arrêt complet du métabolisme de la plante peut s'observer. Ce sont notamment les racines qui sont les plus impactées car en cessant de fonctionner, les stomates se ferment, bloquent la photosynthèse et inhibent l'absorption d'azote.

Les pluies courtes et intenses qui s'abattent, ne permettent pas à l'eau de pouvoir s'infiltrer correctement dans les sols et entraînent :

- Un lessivage des produits phytopharmaceutiques et effet phytotoxique racinaire,
- L'apparition des croûtes de battance,
- L'augmentation du risque de verse,
- Lors de la phase de maturation : retard de la maturation (en cas de pluies régulières avant la récolte) et du séchage du grain,
- Des destructions dans les champs.

Gels printaniers suivis de fortes amplitudes thermiques

Les épisodes de gels au mois d'avril ont toujours été présents mais les hivers plus cléments associés à des chaleurs de plus en plus tôt entraînent des éclosions précoces de la végétation. Le débourrement arrive avec de l'avance et les bourgeons sont particulièrement sensibles au gel. Le gel printanier de 2021 avait provoqué de très fortes pertes de cultures sur le territoire français car plus de 70% de celui-ci a été touché, à des degrés divers. Les conditions d'avril 2021, 12 jours avec de très faibles températures nocturnes sur les 17 premiers jours d'avril suivis d'importants écarts de températures ont provoqué des dégâts majeurs sur les vignes, les cultures d'automne (i.e. céréales, colza, betterave, ...) et dans les vergers (i.e. abricotiers, cerisiers, pommiers, ...) (« Gaillac. "Après ce gel exceptionnel, il faut laisser la vigne tranquille" assure Olivier Yobréat, ingénieur agronome », 2021 ; « Pertes liées au gel : les agriculteurs commencent à sortir leur ardoise », 2021).

Couplé à un manque d'eau et à la fraîcheur persistante en avril-mai, ce gel a momentanément ralenti la pousse et le rendement des prairies permanentes. Dans de nombreuses régions, ces dégâts de gel ont été suivis de stress hydriques qui ont notamment affecté les vignobles méridionaux et les céréales (blé, orge) et provoqué des pertes de rendement lorsque l'irrigation n'a pas été possible. Des pluies intenses ont aussi impacté les vignobles septentrionaux, qui connaîtront la plus faible récolte depuis le début du 20ème siècle, avec 30 à 35% de pertes estimées à ce jour (« Vignes : la récolte 2021 sera "la plus faible du siècle dernier et du siècle actuel", selon le président national des Vignerons indépendants », 2021). Face aux pertes économiques considérables, les agriculteurs cherchent à se prémunir au maximum de ces phénomènes climatiques récurrents et de plus en plus violents.

2. Usage de l'agroforesterie et bénéfices de l'ombrage

Les questions de valorisation du pâturage combinée à l'augmentation prévisible des aléas climatiques obligent la profession à se questionner sur les solutions pouvant protéger les cultures et leurs animaux. Par exemple, des retours d'expérience sont déjà disponibles sur la mise en place de systèmes agroforestiers, permettant de combiner les performances économiques, agronomiques et environnementales au coeur des exploitations.

L'implantation d'arbres et haies rendent directement et indirectement des services à l'agriculture et de nombreux bénéfices peuvent être présentés.

c. Abri pour les animaux

La présence d'arbres et/ou de haies dans les prairies permet aux animaux d'élevages de venir s'abriter du froid et des intempéries, mais également d'y trouver un ombrage partiel. En effet, nous avons vu précédemment que les animaux étaient très sensibles aux fortes chaleurs provoquant un stress thermique et impactant leurs performances zootechniques. L'ombre portée des arbres contribue directement au bien-être des animaux qui dépensent moins d'énergie pour se thermoréguler et de mieux assimiler les fourrages verts eux-mêmes impactés positivement par l'ombre. Des études simulant des systèmes agroforestiers (mise en place de parasols imitant la présence d'arbres) en élevages laitiers ont déjà montré plusieurs effets positifs de l'ombre générée sur le troupeau laitier. Celle-ci a un effet bénéfique sur le temps de pâturage et sur la quantité d'herbe ingérée : les génisses bénéficiant d'un ombrage ont pâture plus longtemps et ainsi ingéré plus d'herbe que celles qui n'en bénéficiaient pas. L'absence d'ombrage a aussi révélé avoir un effet négatif sur le comportement des animaux : ceux ne bénéficiant pas d'ombre présentaient des comportements indiquant un stress (moins de déplacement, moins de consommation d'herbe, certains animaux haletants...). Ce stress, et le nombre de déplacements, étaient atténués grâce à la présence d'ombre. Cette atténuation a permis d'améliorer les performances de croissance des animaux (i.e. GMQ, Gain Moyen Quotidien) (« Agroforesterie et élevage », 2018). Si les bovins cherchent l'ombre plutôt en période de fortes chaleurs estivales, d'autres animaux d'élevage n'expriment pas le même besoin. Par exemple, les brebis recherchent activement l'ombre, y compris en dehors des périodes estivales et de façon croissante avec l'augmentation des températures et du rayonnement (Ginane et al., 2018).

L'institut de l'élevage (IDELE) en France, l'université de l'Oregon (Andrew et al. 2021) ont démontré que l'ombrage partiel sur une prairie avait plusieurs effets positifs. Il est observé une meilleure disponibilité des espèces végétales et un temps de pâturage plus long pour les bovins puisque la densité de la prairie n'est pas affectée. Comme déjà évoqué, c'est d'autant plus vrai pour l'un des composants majeurs des prairies, le Ray-Grass Anglais, très utilisé pour sa facilité d'installation, sa tolérance au piétinement, sa très bonne valeur fourragère et protéique, mais très sensible aux fortes chaleurs (stress thermique) qui affectent significativement sa croissance.

d. Création d'un micro-climat

Les haies et arbres implantés à proximité de cultures permettent de diminuer l'amplitude thermique et de réduire l'évapotranspiration des plantes. Cela permet alors une économie de la ressource en eau et rend certaines cultures moins sensibles à la sécheresse. Ces effets bénéfiques s'observent en particulier grâce à l'ombrage porté par les arbres sur les plantes. Des études récentes en agroforesterie ont montré que le blé pouvait très bien répondre à l'ombrage partiel (Arenas-Corraliza et al. 2019). En effet, sur des variétés standard et couramment commercialisées ils ont montré que le blé et l'orge pouvaient avoir de meilleurs rendements sous 50% d'ombrage en agroforesterie que naturellement,

mais réagissaient de manière différente physiologiquement pour l'orge, morphologiquement pour le blé (i.e. augmentation de la surface foliaire). Les deux espèces ont augmenté leur rendement jusqu'à 19% en conditions de mi-ombre. Grâce à son comportement en phases claire et obscure de la photosynthèse (i.e. activité, taux de chlorophylle et caroténoïdes) et son point de compensation lumineuse plus faible, l'orge semblerait être une espèce plus facilement adaptable à la culture sous ombrage partiel. Mais dans les deux cas, des variétés commerciales récentes, donc utilisées couramment par les agriculteurs et référencées par leurs coopératives, ont montré une plasticité suffisante pour bien produire dans ces conditions et profiter du lissage des stress dus aux évolutions climatiques. (Silva-Pérez et al. 2020) décrit des essais sur blé tendre et blé dur (i.e. plante en C3), et montre que les diverses variétés de blé réagissent différemment à la photosynthèse, qu'il existe une grande variabilité génotypique ainsi qu'une bonne héritabilité sur son efficacité, en relation avec la fertilisation et l'environnement.

Les différences se situent au niveau du statut hydrique foliaire (i.e. teneur relative en eau), de la photosynthèse nette, de l'activité photochimique du photosystème II et de la résistance stomatique. La baisse de température joue sur les phytochromes (i.e. photorécepteurs) et exerce une influence positive sur la concentration en chlorophylle et en caroténoïdes.

Evidemment, ce caractère de « tolérance à l'ombrage partiel » est fortement dépendant de l'effet variétal, comme c'est le cas pour les performances agronomiques telles que la rusticité (i.e. adaptation aux différentes conditions pédoclimatiques), la production grainière, la composition et qualité de l'huile et/ou des protéines, la tolérance à des stress ou à des maladies. Des publications de (Valladares et Niinemets 2008) et plus récemment (Xu, Hu, et Poethig 2021) ont aussi confirmé le principe d'adaptation potentielle des plantes aux conditions ombragées, appelée en anglais le « Shade Tolerance Syndrome ». Les végétaux qui se développent sous une faible intensité lumineuse présentent un phénotype particulier permettant d'optimiser l'assimilation carbonée et l'activité photosynthétique dans cette situation, similaire à celui des plantes en phase juvénile de développement (sur le modèle *Arabidopsis thaliana* en culture in-vitro, une faible intensité lumineuse prolonge cette phase).

Bien que l'agroforesterie présente de nombreux avantages pour l'agriculture ou l'élevage, cette pratique trouve quelques limites. Si les arbres ou les haies ne sont pas implantés, le temps que ceux-ci poussent allonge le retour sur investissement des agriculteurs. A cela s'ajoute un surplus de travail imposé par les divers entretiens des arbres tels que la taille des racines, des branches, etc. Ces limites imposent

e. Combiner agriculture et photovoltaïque

Largement utilisés pour l'éco-pâturage dans les villes ou sur les terrains des entreprises privées, les ovins sont apparus dans l'entretien des prairies des centrales photovoltaïques au sol. Ils pouvaient alors bénéficier de l'ombrage porté par les panneaux solaires et une amélioration du bien-être des animaux est supposée mais n'a jamais été clairement évaluée. Ainsi, la réflexion autour de la combinaison entre l'élevage et/ou l'agriculture et le photovoltaïque s'est profilée et laisse émerger un nouveau système agricole : « L'agrivoltaïsme ». La bibliographie et les retours d'expérience montrent qu'il existe bon nombre d'activités agricoles possibles sous les panneaux solaires et recensent plusieurs exemples en France et dans le monde : maraîchage, arboriculture, viticulture, horticulture, grandes cultures, élevage, etc.

Aujourd'hui, des élevages sous ombrage photovoltaïque existent (i.e. projets au Japon) pour des volailles et bovins. Cependant, peu de paramètres zootechniques ou de bien-être animal sont étudiés. Les chercheurs japonais commencent à s'intéresser au bien-être animal sous ces structures mais rien n'est publié à ce jour. Aux Etats-Unis, des structures sont installées pour apporter un ombrage estival aux animaux, mais aucun des paramètres cités précédemment n'a été réellement étudié.

Des expérimentations récentes en agrivoltaïsme (sur des espèces de grandes cultures) et en agroforesterie (sur blé et orge notamment) ont déjà montré les effets positifs et les avantages potentiels de l'ombrage partiel en termes de productivité (Dupraz et al. 2011; Valle et al. 2017; Elamri et al. 2018), et de bénéfices économiques et agronomiques pour les exploitants, surtout dans les régions où les terres agricoles et les conditions environnementales sont souvent défavorables pour les cultures (Marrou et al. 2013; Marrou, Dufour, et Wery 2013; Ravi et al. 2016; Dinesh et Pearce 2016). La baisse des radiations solaires joue aussi sur l'évapotranspiration (moins importante), l'humidité et la température du sol, en générant des conditions plus favorables pour la croissance en non irrigué. Dans le cas du maïs (i.e. espèce qui n'est pas la plus tolérante à l'ombre) selon la densité des panneaux photovoltaïques, il est possible d'avoir dessous une hausse de la biomasse (Sekiyama et Nagashima 2019). Des essais portant sur certaines cultures maraichères ont prouvé une bonne tolérance aux conditions ombragées notamment sous structures agrivoltaïques malgré les difficultés de mécanisation : les espaces réduits entre les poteaux soutenant la structure ne permettaient pas le passage de toutes les machines agricoles, et donc la conduite de certaines grandes cultures parallèlement au maraîchage (Marrou et al. 2013).

Cependant, toutes les espèces et variétés ne réagissent en effet pas de la même manière sous l'ombrage. Une étude chinoise menée sur le maïs (i.e. plante en C4) et sur 24 cultivars a montré que 14 se comportaient bien sous l'ombrage de panneaux photovoltaïques (i.e. shade-tolerant type) et 10 étaient plus sensibles aux conditions modifiées (Fu et al. 2009).

Il est indispensable de trouver des solutions durables et innovantes permettant, au moins partiellement, de réduire et lisser ces différents stress et accidents climatiques afin de préserver le potentiel agricole. Parmi les systèmes pouvant apporter une réponse partielle à ces problématiques, l'agrivoltaïsme, basé sur le principe étagé permettant de générer de l'électricité tout en laissant au sol son usage agricole s'avère être une piste prometteuse. Afin de tirer profit des deux activités de manière pérenne, une synergie doit être recherchée entre production agricole et production solaire. Les rendements respectifs de chacune des deux activités sont en effet conditionnés par le partage de l'espace disponible et de l'ensoleillement. Les solutions techniques pour l'implantation de panneaux en surface agricole sont multiples, et de nombreuses pistes de recherche et d'expérimentation sont en cours, en partenariat avec le monde agricole et ses représentants. Il sera possible de concilier de la production d'énergie renouvelable avec une agriculture raisonnée (i.e. mélanges floristiques diversifiés, conservation des sols, réduction des intrants phytopharmaceutiques), incluant des variétés et de conduites culturales adaptées aux conditions pédoclimatiques contraignantes.

Il s'agit donc de trouver l'architecture optimale, permettant d'atteindre un point d'équilibre entre productions énergétique et agricole, en tenant compte de l'ensemble des contraintes et exigences liées à chacune.

II. Présentation de l'exploitation

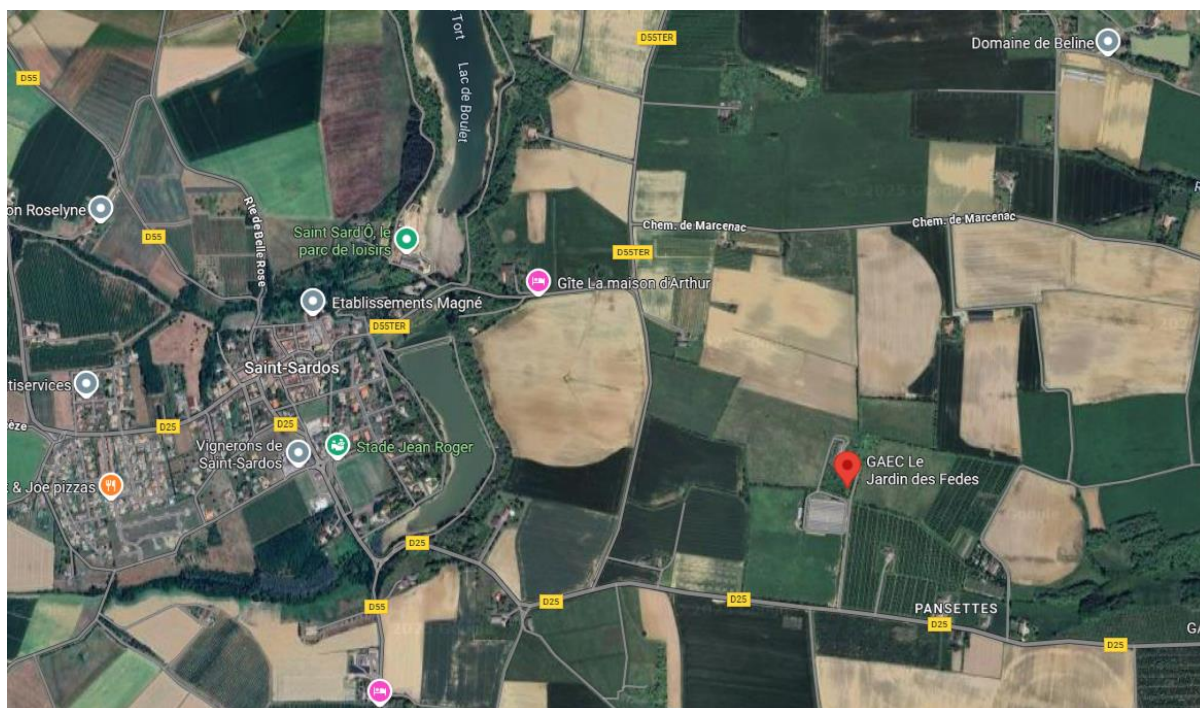
Le **GAEC Le Jardin des Fèdes** est co-géré par **Monsieur Frédéric Sembinelli** et **Madame Stéphanie Ermen**. L'exploitation est située à **Barthe Canude, commune de Mas-Grenier (82600), dans le Tarn-et-Garonne**, à proximité immédiate du site de projet sur la commune de Saint-Sardos.

Le GAEC développe une activité agricole orientée vers **la production de fourrages** et prévoit **l'installation d'un troupeau ovin allaitant** sur des prairies pâturées. L'élevage sera conduit de manière **extensive**, en plein air, avec un système de **pâturage tournant**.

1. Présentation de l'exploitation et du projet agricole

a. Localisation

Le terrain concerné par le projet d'ombrières photovoltaïques à vocation d'élevage ovin est situé sur le **foncier agricole du GAEC Le Jardin des Fèdes**, au lieu-dit « **Barthe Canude** », sur la **commune de Saint-Sardos (82600)**, dans le département du **Tarn-et-Garonne**.



Localisation de l'exploitation (sources : Google Earth)

b. Fonctionnement de l'exploitation

L'histoire de la ferme

Créé le 1er décembre 2020, le GAEC Le Jardin des Fèdes est co-géré par Frédéric Sembinelli et Stéphanie Ermen, tous deux associés. L'exploitation s'étend sur environ 23 hectares de prairies et de parcelles maraîchères, engagées en conversion vers l'agriculture biologique depuis 2014. Dès l'origine, les porteurs de projet ont fait le choix de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, excluant les produits phytosanitaires de synthèse et valorisant les cycles naturels.

Initialement tournée vers la production de légumes de saison (tomates, aubergines, poivrons, pommes de terre, choux, etc.), l'exploitation se distingue par l'utilisation de traction animale et l'entretien manuel des cultures. Dans une logique de diversification cohérente avec leur modèle agroécologique, Frédéric et Stéphanie ont récemment introduit un élevage ovin de race Texel, conduit en mode biologique, en synergie avec les cultures existantes.

Ce système mixte vise à renforcer l'autonomie de l'exploitation, à valoriser les prairies permanentes et à s'adapter aux enjeux climatiques et économiques actuels.

c. Les besoins agricoles identifiés et les nécessités de l'exploitation

Le changement climatique s'est particulièrement illustré sur les 5 dernières années avec des sécheresses estivales souvent marquées et une pluviométrie très basse. Avec de telles augmentations des températures, plusieurs comportements des prairies sont observés tels que :

- Un début de pousse retardé,
- Un ralentissement de la pousse des prairies lors de fortes amplitudes thermiques,
- L'assèchement des prairies et la diminution du rendement fourrager de celle-ci.

Ces effets nécessitent de garder les animaux en bâtiments d'élevage plus longtemps en fin d'hiver. Pour les fortes amplitudes en été, les éleveurs doivent compléter les rations des animaux en pâture avec du fourrage (généralement issu du stock prévu pour l'hiver) car l'herbe n'est plus disponible en quantité suffisante pour couvrir les besoins alimentaires du cheptel. Les coûts pour l'alimentation des animaux augmentent ainsi considérablement.

Les éleveurs observent également leurs animaux en été souffrir de plus en plus de la chaleur. Les bovins se regroupent entre eux et se couchent pour limiter leur dépense énergétique. Ils sont souvent haletants et présentent des signes importants de stress thermique pouvant avoir un impact sur la qualité de leur engraissement. Il est alors nécessaire de rentrer des animaux en bâtiments alors qu'ils auraient dû rester en pâture.

La volonté actuelle de l'EARL Bidet Père et Fils est de participer à cette étude expérimentale menée sur les bovins et l'ombrière d'élevage pour observer quel sont les effets de l'ombre portée sur le stress thermique des animaux et la productivité des prairies en-dessous. Les résultats obtenus leur permettront de changer leurs pratiques et/ou de laisser leurs animaux en pâture plus longtemps.

2. Solution agricole et photovoltaïque

d. Réponses aux besoins agricoles exprimés

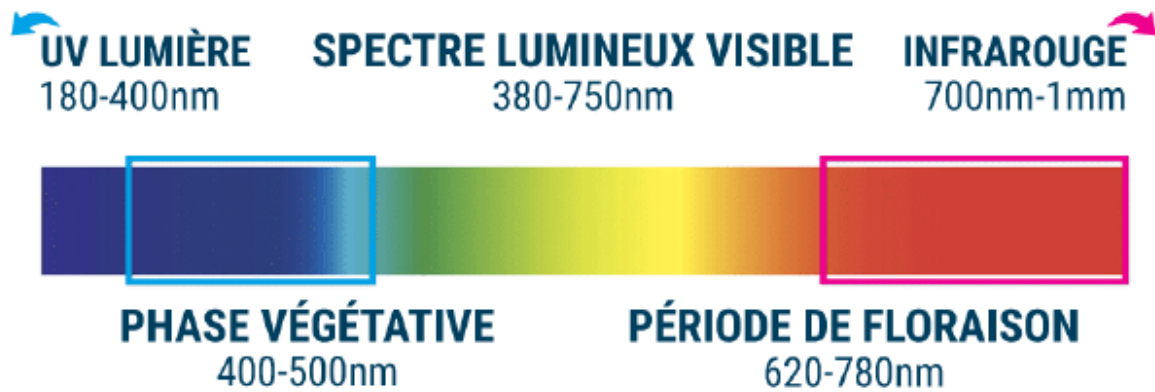
La structure permet de conserver son usage agricole et sa désignation au sol et de garder la mécanisation facile (espacement variable entre chaque rangée de tracker ; avec un minimum de 10m), donc de simplifier le travail de l'agriculteur qui n'aura pas à faire évoluer sa flotte, ni ses pratiques.

e. Partage de la lumière

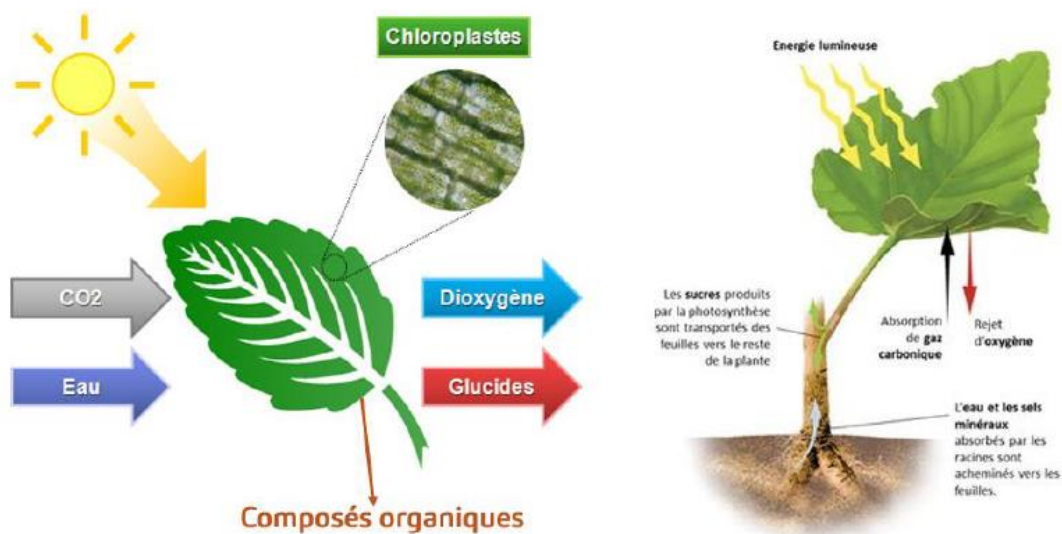
La photosynthèse est un processus se déroulant dans les chloroplastes et au cours duquel la plante convertit l'énergie lumineuse reçue, l'eau et le gaz carbonique absorbés (pour ce dernier via les stomates, pores sur la face inférieure de la feuille), en composés organiques/sucres comme le glucose. Stocké sous forme d'amidon, le glucose fournit de l'énergie à l'ensemble de la plante, accompagné du fructose, il peut se transformer en saccharose. Parallèlement, la plante rejette du dioxygène dans l'atmosphère.

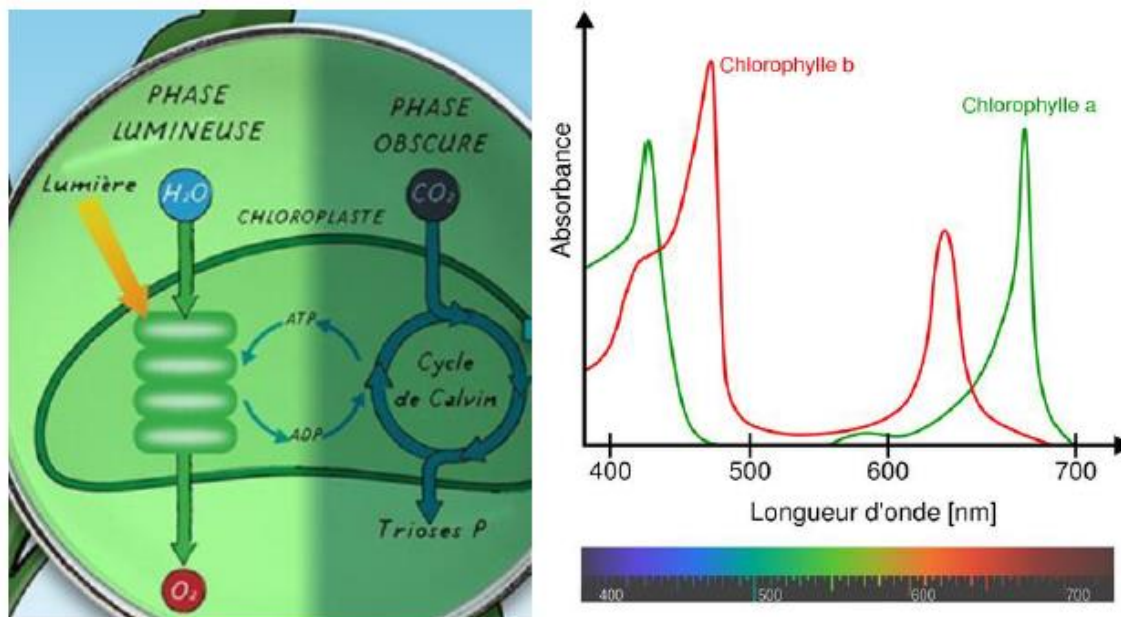
- La photosynthèse et son efficacité dépendent de nombreux paramètres tels que :
- La quantité et l'intensité de lumière reçue et assimilée,
- Les longueurs d'ondes absorbées (i.e. rayonnement photosynthétiquement actif : 400-700 nm, cf. Figure 5),

- L'activité chloroplastique,
- La température,
- La durée de photopériode (la nuit et/ou à l'obscurité se déroule la phase d'ombre),
- Le CO₂,
- L'espèce végétale,
- La variété (i.e. génotype).



La première étape est la phase claire (photochimique, via les photosystèmes 1 et 2). La seconde étape correspond au cycle de Calvin (enzyme Rubisco, activité carboxylase).





importations de poulets, espèce la plus consommée, ont progressé de 26 %. « La France importe désormais la moitié des poulets qu'elle consomme », indique le directeur de l'Anvol, Yann Nédélec. De plus, le marché en France évolue progressivement avec une demande croissante en élevage plus respectueuse du bien-être animal.

f. Synergie agricole

Les tables de panneaux intégreront des moto-réducteurs leur permettant de suivre la course du soleil d'est en ouest pour la production électrique, ainsi que de répondre aux besoins spécifiques des cultures à différents moments de la journée. La centrale sera, à tous les endroits stratégiques identifiés, équipée de capteurs météorologiques pour anticiper les changements climatiques (i.e. couverture nuageuse, pluie, grêle, ...) ainsi que de capteurs agricoles tels que des sondes tensiométriques et capacitatives.

Un système d'algorithme permettra de définir en amont, avec l'agriculteur, le positionnement des panneaux selon les conditions climatiques et les pratiques de l'éleveur :

Limiter la rotation et donc la hauteur minimal des panneaux lorsque les animaux pâturent en dessous ;

Pivoter à la verticale : en cas de pluie (ou parallèlement à celle-ci) afin d'arroser de manière homogène la parcelle, ou la nuit pour profiter de la rosée ;

En période de sensibilité au gel printanier et aux grandes amplitudes thermiques, il sera possible de laisser les panneaux à l'horizontale la nuit afin de gagner quelques degrés ;

En cas de risque de grêle ou de fortes pluies (i.e. jusqu'à une certaine taille – diamètre d'une balle de golf), les panneaux pourront protéger les plantes et les animaux de dégâts majeurs en restant à l'horizontale ;

Pivoter à la verticale aux aurores et en fin d'après-midi, pour laisser la prairie et les cultures assimiler la lumière bleue et en tirer tous ses bénéfices, notamment en phase de croissance végétative.

Les études des données recueillies permettront d'affiner le process de tracking des panneaux, afin de les positionner de manière optimale tant pour la production agricole que pour la production d'énergie.

Différents impacts positifs de l'ombrière sont attendus sur l'exploitation tels que :

- **Réduction du stress hydrique** : baisse de l'évapotranspiration donc des besoins en eau lors des excès de rayonnement dans certaines conditions, assure une meilleure rétention d'eau dans les sols ;
- **Réduction de l'amplitude thermique** : l'ombrage porté va entraîner un refroidissement sous la structure le jour, quelques degrés de plus que la température ambiante la nuit lorsque les panneaux seront laissés à la l'horizontale, en cas de risque de gel entre l'automne et la reprise de croissance au début du printemps – nous pouvons espérer gagner 2 à 3 °C au moins la nuit dans ces conditions ;
- **Baisse de la température en cas de fortes chaleurs** : effet bénéfique sur la fécondation et le remplissage des grains, teneur en chlorophylle et caroténoïdes ;
- **Augmentation du taux de survie des végétaux et leur croissance en conditions défavorables** (sécheresse, chaleur, ...) ;
- **Réduction du stress thermique des animaux subis en période estivale**, permettant un meilleur bien-être de ces derniers. Il va dans le sens de la directive 98/58/CE concernant la protection des animaux d'élevage qui spécifie : « Les animaux non gardés dans des bâtiments doivent, dans la mesure où cela est nécessaire et possible être protégés contre les intempéries par des moyens adaptés aux conditions météorologiques de la région. » ;
- **Réduction des comportements agonistiques des animaux** : diminution du nombre d'animaux haletants, plus de déplacements, etc.,
- **Amélioration du bilan économique de l'élevage** en limitant l'apport de compléments alimentaires (foin, concentrés) en période estivale grâce à l'amélioration de la survie et de la croissance des prairies multi-espèces sous la structure agrivoltaïque ;
- **Contribution au développement de la biodiversité** : avec une intégration environnementale réfléchie, via le renforcement de haies pluristratifiées en harmonie avec l'environnement local, apportant des bénéfices en termes d'humidité, de pollinisation et de protection contre le vent.

Fruits d'hypothèses et d'observations de la littérature scientifique, ces bénéfices nécessitent d'être validés par un panel de données. Ainsi, des expérimentations seront menées durant 3 ans, sur 3 projets « élevage » dont celui de Villefranche d'Allier, visant à vérifier ces hypothèses et caractériser les effets d'un ombrage partiel et tournant sur les productions agricoles dans le but d'identifier des pistes d'amélioration pour l'agrivoltaïsme.

III. DESCRIPTION DE LA SYNERGIE ENTRE LA PRODUCTION AGRICOLE ET LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

1. L'ombrière photovoltaïque

Une ombrière photovoltaïque est une structure surélevée équipée de panneaux solaires permettant de produire de l'électricité tout en maintenant l'activité d'élevage au sol. L'ombrière agricole est conçue pour être réversible, limiter l'artificialisation et préserver l'usage agricole de la parcelle.

Dans le cadre du présent projet, les ombrières sont spécifiquement dimensionnées pour répondre aux besoins de l'élevage ovin : offrir un abri contre les aléas climatiques (soleil, pluie, grêle), réduire le stress thermique des animaux, et préserver la ressource herbagère en améliorant la pousse estivale des prairies.

L'installation sera composée de rangées de structures métalliques sur pieux vissés, supportant les modules photovoltaïques. La hauteur libre permettra la circulation et le pâturage des brebis, ainsi que le passage des engins agricoles pour la gestion des prairies (tonte, fauche, transport de fourrage).

Les ombrières participent donc directement au bien-être du troupeau en offrant des zones d'ombre recherchées par les brebis, limitant les phénomènes de regroupement et d'essoufflement observés en été. Elles améliorent également la résilience des prairies sous-jacentes, qui bénéficient d'un microclimat favorable (diminution de l'évapotranspiration, limitation du dessèchement, meilleure restitution de l'humidité).

2. Une synergie technique

Ce projet va permettre à l'exploitant de s'équiper d'ombrières photovoltaïques conçues pour répondre à la fois aux besoins de production d'électricité et aux besoins agricoles liés à l'élevage ovin. Ces structures offriront un abri naturel aux animaux contre les aléas climatiques et contribueront à améliorer la pousse et la valorisation des prairies.

a. Zones abritées

Les zones couvertes par les panneaux fourniront aux brebis des espaces d'ombrage essentiels en période estivale. Le stress thermique, souvent observé lors des fortes chaleurs, sera réduit grâce à la présence de ces abris, améliorant le confort des animaux et favorisant leur temps de pâturage. En hiver ou en cas d'intempéries (pluies, grêle), l'ombrière constitue également un refuge qui limite les pertes de rendement liées aux conditions météorologiques extrêmes.

En offrant des zones ombragées réparties sur l'ensemble de la parcelle, l'ombrière incite les animaux à se disperser plus largement au lieu de se regrouper uniquement sous les rares zones d'ombre naturelles (arbres isolés, haies). Cette répartition homogène améliore l'utilisation du couvert végétal, limite le surpâturage localisé et réduit les phénomènes d'érosion ou de tassement des sols.

Cette solution s'inscrit dans la continuité de la directive européenne 98/58/CE relative à la protection des animaux d'élevage, qui précise que :

« Les animaux non gardés dans des bâtiments doivent, dans la mesure où cela est nécessaire et possible, être protégés contre les intempéries par des moyens adaptés aux conditions météorologiques de la région. »

L'ombrière photovoltaïque constitue ainsi un moyen concret et innovant de répondre à cette exigence réglementaire, tout en conciliant production agricole et production d'énergie renouvelable.

b. Réduction du stress thermique et amélioration du bien-être animal

L'ombrière permet de lisser les variations de température sur la parcelle. En période de canicule, elle contribue à diminuer la température ressentie par les ovins, limitant l'essoufflement et les regroupements massifs au détriment de la dispersion du troupeau. Les animaux sont ainsi répartis plus harmonieusement sur les parcours, ce qui favorise l'utilisation optimale des surfaces de pâturage et réduit la dégradation localisée des sols.

c. Amélioration de la pousse des prairies et de la ressource fourragère

L'alternance d'ombre et de lumière entraîne une baisse de la température diurne sous la structure et limite le dessèchement rapide du couvert végétal. La nuit, les panneaux disposés à l'horizontale permettent de conserver quelques degrés supplémentaires, réduisant l'impact des gelées précoces ou tardives. Ce microclimat contribue à une meilleure résilience des prairies face aux extrêmes climatiques (canicules, sécheresses, gels). Grâce à cette régulation climatique, la durée de pâturage peut être prolongée : l'herbe reste disponible plus longtemps au cours de l'année et sa qualité nutritive est mieux préservée. Cela réduit le recours aux stocks de foin en été et contribue à renforcer l'autonomie alimentaire de l'exploitation.

3. Une synergie économique

a. Réduction de l'investissement

L'électricité produite par les panneaux et injectée sur le réseau constitue une source de revenus complémentaires pour l'exploitation. La location annuelle versée par le partenaire photovoltaïque permet à l'exploitant de sécuriser son modèle économique et de faire face aux aléas de la production agricole.

En diversifiant ses activités, l'exploitation gagne en résilience économique. La combinaison entre production agricole et production énergétique permet de consolider la viabilité de l'élevage ovin, tout en valorisant les terres de manière durable. Cette diversification contribue ainsi à maintenir l'activité et l'emploi agricole sur le territoire, dans une logique de transmission et de long terme.

b. Réduction des coûts d'entretien

L'entretien de la parcelle reste compatible avec les pratiques agricoles : la conception des ombrières permet le passage des engins agricoles pour la gestion des prairies (fauche, transport de fourrage, entretien courant). La structure, robuste et dimensionnée pour résister aux aléas climatiques, ne nécessite pas d'entretien spécifique de la part de l'éleveur. Elle s'inscrit dans une logique de long terme, en apportant à la fois un confort de travail et une diminution des charges opérationnelles liées à l'alimentation du troupeau.

IV. CONTACTS

1. Pétitionnaire du projet



GAEC Le Jardin des Fedes

Monsieur Frédéric Sembinelli

06 87 40 07 15

2. Maitre d'œuvre



TECHNIQUE SOLAIRE

26 rue Annet Segeron, 86580, Biard

Ahmad JABIR, Chef de projets
développement sol

Tél : 06 58 55 66 87

ahmad.jabir@techniquesolaire.com

Romain PROUX, Service Urbanisme

Tél : 06 64 95 52 44 / 05 49 56 01 19

romain.proux@techniquesolaire.com