

Projet agrivoltaïque de La Belle Epine

-

Dossier technique agricole



Table des matières

Préambule	6
1. Présentation du demandeur	8
1.1. Un acteur français des EnR	8
1.1.1. Présentation de l'entreprise.....	8
1.1.2. Notre partenaire exclusif : Tenergie	9
1.2 L'agrivoltaïsme chez Synerdev.....	12
1.2.1 Nos 4 fondamentaux.....	12
1.2.2 Une approche expérimentale	13
1.2.3 Références AgriPV Tenergie	17
2. Le projet agrivoltaïque de la Belle Epine.....	20
2.1. Présentation de l'exploitation agricole.....	20
2.2. Description des parcelles du projet.....	20
2.2.1. Parcelles cadastrales et surfaces du projet	20
2.2.2. Le type de sol et son potentiel agronomique	22
2.2.3. L'assolement	23
2.3. Description du projet agricole	23
2.3.1. La volonté de l'exploitant.....	23
2.3.2. Une activité agricole significative générant un revenu durable.....	24
2.3.3. Un projet pérenne et en accord avec la volonté du territoire.....	26
2.4. Un projet adapté à l'activité agricole	27
2.4.1. Un dimensionnement adapté	27
2.4.2. Aménagements connexes	29
2.5. Services rendus par l'installation	31
2.5.1 Présentation de Climadiag agriculture	31
2.5.2 Bien-être animal	32
2.5.3 Production fourragère	34
2.6. Description de la zone témoin.....	40
3. Un projet accompagné d'un suivi expérimental rigoureux	42
3.1 Suivi du microclimat et du sol	42
3.2 Suivi du couvert végétal	43
3.2.1 Paramètres mesurés et schéma expérimental.....	43
3.2.2 Méthode de mesure des paramètres de suivi	45

3.2.3 Protocole de suivi du bien-être animal46

Glossaire

Biomasse	La biomasse est l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie. Elles peuvent être utilisées soit directement (bois énergie) soit après une méthanisation de la matière organique (biogaz) ou de nouvelles transformations chimiques (biocarburant). Elles peuvent aussi être utilisées pour le compostage (Insee, 2020).
Bien-être animal	Le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal (Anses, 2018).
Evapotranspiration	L'évapotranspiration désigne le processus par lequel l'eau liquide terrestre est renvoyée dans l'atmosphère environnant sous forme gazeuse. Cette eau provient de la sublimation de la neige, de l'évaporation de l'eau libre ou contenue dans le sol, et d'autre part de la transpiration des plantes (ONF, 2022).
Fourrage	Matière végétale constituée par la partie aérienne de certaines plantes, servant d'alimentation aux animaux après avoir été coupée et conservée (foin, ensilage) ou immédiatement après avoir été fauchée (fourrage vert) (Larousse).
Index Température Humidité	L'indice de température et d'humidité est une valeur unique représentant les effets combinés de la température et de l'humidité de l'air associés au niveau de stress thermique
Irradiance	L'irradiance est un terme radiométrique qui quantifie la puissance d'un rayonnement électromagnétique frappant par unité de surface perpendiculaire à sa direction.
PAR	Photosynthetically Active Radiation ou Rayonnement Photosynthétiquement Actif en français, appelé PAR, est un rayonnement dont les longueurs d'onde s'étendent de 400 à 700 nm que les organismes photosynthétiques peuvent utiliser dans le processus de photosynthèse. L'énergie lumineuse reçue par la surface éclairée s'exprime en $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ou μE
Sonde capacitive	Capteur permettant de mesurer l'humidité et la température du sol à différentes profondeurs.
Stress hydrique	Un stress hydrique, qui peut également être une pénurie d'eau, est une situation dans laquelle la demande en eau dépasse les ressources en eau disponibles (Centre d'information sur l'eau, 2024).

Acronymes

AMIA	Appel à manifestation d'intérêt agricole
GAEC	Groupeement agricole d'Exploitation en commun
IRe	Inter-rang ensoleillé
IRo	Inter-rang ombragé
ITH	Index Température Humidité
PAI	Point Accueil Information
PDL	Poste de livraison
PTR	Poste de transformation
Tc	Taux de couverture, rapport entre la surface projetée de panneaux photovoltaïque et la surface totale de la parcelle
UCS	Unités Cartographiques de Sols

Projet La Belle Epine

Combles en Barrois, Meuse (55)

Extrait du décret d'application n°2024-318 du 8 avril 2024 :

« III. – Lorsque la demande porte sur une installation, un ouvrage ou une construction agrivoltaïques mentionnés à l'article L. 314-36 du code de l'énergie, la demande d'autorisation d'urbanisme comporte un dossier présentant les justifications détaillées du respect des conditions prévues à ce même article.

« Ce dossier comporte :

« 1o Une description physique de la parcelle mentionnée à l'article R. 314-108 du code de l'énergie ;

« 2o Une note technique justifiant que l'installation, l'ouvrage ou la construction fournit au moins l'un des services mentionnés aux 1o à 4o du II de l'article L. 314-36 du code de l'énergie selon les conditions fixées à l'un des articles R. 314-110 à R. 314-113 du même code et qu'il ne porte pas une atteinte substantielle à l'un de ces services ou une atteinte limitée à deux de ces services ;

« 3o Une note technique justifiant que la production agricole est l'activité principale de la parcelle agricole conformément à l'article R. 314-118 du code de l'énergie ;

« 4o Une note technique justifiant que la production agricole est significative et qu'elle assure des revenus durables à l'exploitant agricole conformément aux articles R. 314-114 à R. 314-117 du code de l'énergie ;

« 5o S'il y a lieu, d'une description de la zone témoin prévue en application de l'article R. 314-114 du code de l'énergie ;

« 6o Une attestation certifiant que l'agriculteur est actif, au sens de l'article R. 314-109 du code de l'énergie. »

Préambule

L'agrivoltaïsme est un concept visant à associer, sur une même parcelle, une production photovoltaïque secondaire à une production agricole principale avec une synergie de fonctionnement démontrable (ADEME et al., 2021). Cette coactivité présente l'intérêt d'optimiser l'utilisation du foncier, une ressource de plus en plus sous pression.

Etant donné que le développement du photovoltaïque sur terrain agricole doit nécessairement préserver les sols agricoles, il était primordial pour l'Etat de définir ce qu'est une installation agrivoltaïque pour que l'administration puisse instruire correctement les projets. C'est pourquoi en 2021, l'ADEME a mené une étude approfondie visant à caractériser les projets photovoltaïques sur terrain agricole et à définir précisément la notion d'agrivoltaïsme (ADEME et al., 2021). Ce travail a grandement inspiré la loi relative à l'Accélération de la Production d'Energies Renouvelables (APER), publiée le 10 mars 2023, qui avait entre autres pour objectif de donner une définition de l'agrivoltaïsme (ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2023). Ainsi, la loi française définit l'agrivoltaïsme comme suit (Légifrance, 2023) :

« Est considérée comme agrivoltaïque une installation qui apporte directement à la parcelle agricole au moins l'un des services suivants, en garantissant à un agriculteur actif une production agricole significative et un revenu durable en étant issu :

- L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomique ;
- L'adaptation au changement climatique ;
- La protection contre les aléas ;
- L'amélioration du bien-être animal »

Par conséquent, une installation photovoltaïque sur terrain agricole qui ne respecte pas cette définition ne peut pas être qualifiée d'agrivoltaïque. La loi précise également que l'installation doit être réversible et doit permettre à l'activité agricole d'être l'activité principale.

La publication le 8 avril 2024 du décret d'application n°2024-318, relatif au développement de l'agrivoltaïsme, est venu apporter davantage de précisions sur les caractéristiques technico-économiques que les projets doivent respecter pour s'inscrire dans la loi. Il définit également les modalités de contrôle des installations.

Le décret précise que « lorsque la demande porte sur une installation, un ouvrage ou une construction agrivoltaïques mentionnés à l'article L. 314-36 du code de l'énergie, la demande d'autorisation d'urbanisme comporte un dossier présentant les justifications détaillées du respect des conditions prévues à ce même article ».

Ce dossier doit comporter :

- Une description physique de la parcelle ;
- Une note technique justifiant que l'installation fournit au moins l'un des services mentionnés et qu'elle ne porte pas une atteinte substantielle à l'un de ces services ou une atteinte limitée à deux de ces services ;
- Une note technique justifiant que la production agricole est l'activité principale de la parcelle agricole ;

- Une note technique justifiant que la production agricole est significative et qu'elle assure des revenus durables à l'exploitant agricole ;
- S'il y a lieu, d'une description de la zone témoin prévue ;
- Une attestation certifiant que l'agriculteur est actif.

Le présent dossier rédigé par Synerdev vise à remplir cette obligation légale en prévision de l'obtention de l'autorisation d'urbanisme et concerne le projet agrivoltaïque de La Belle Epine, situé sur la commune de Combles en Barrois (55 000).

1. Présentation du demandeur

1.1. Un acteur français des EnR

1.1.1. Présentation de l'entreprise

Basée à Nîmes et fondée début 2023, Synerdev est spécialisée dans le développement de projets de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables, notamment éolien, photovoltaïque et agrivoltaïque. Particulièrement consciente des enjeux de transition énergétique et soucieuse d'y contribuer, la société a également à cœur de développer des projets avec et pour les territoires via une approche participative et partenariale.

Issue de plus de 15 années d'expertise en développement de projets et composée de 25 collaborateurs répartis sur le territoire français (Figure 1), Synerdev propose une approche différenciante intégrant davantage les territoires et défend des projets agrivoltaïques mêlant une réelle synergie entre l'activité agricole principale et la production électrique secondaire.



Figure 1 : Présence de Synerdev sur le territoire.

Chez Synerdev un pôle indépendant est consacré au dialogue territorial, notion essentielle dans le développement de projets d'énergie renouvelable. Il favorise une prise de décision collective, transparente et équitable en incluant les parties prenantes. En impliquant les habitants dès les premières étapes, le dialogue territorial favorise leur appropriation des projets d'énergie renouvelable. Cela crée un engagement plus marqué et contribue à leur acceptation à long terme. Le dialogue territorial tient ainsi compte des spécificités locales et des besoins de la communauté pour concevoir des projets adaptés, tout en préservant le patrimoine naturel et culturel de la commune.

En favorisant la transparence et la confiance, il partage des informations pertinentes et écoute les préoccupations des habitants, ce qui réduit les malentendus et construit des relations solides. Le dialogue territorial intègre les connaissances locales, enrichissant les études

d'impact et améliorant la qualité des projets, renforçant ainsi leur acceptabilité sociale. De plus, Synerdev profite de ces moments d'échanges afin de sensibiliser la population locale aux enjeux énergétiques, aux avantages des énergies renouvelables et encourage l'adoption de comportements durables.

Synerdev met également en œuvre une politique de développement réfléchi, avec une méthodologie adaptée et personnalisée pour chaque projet. Le développement de projets d'énergie renouvelable doit être réalisé au cas par cas afin de prendre en compte les spécificités de chaque situation. Chaque projet est unique, avec ses caractéristiques géographiques, environnementales, économiques, sociales et agricoles propres. Il est crucial d'évaluer soigneusement les impacts potentiels sur l'environnement, les communautés locales et l'économie, ainsi que de considérer les besoins énergétiques spécifiques de chaque région. L'approche personnalisée permet d'adapter les solutions énergétiques renouvelables en fonction des contraintes et des opportunités de chaque site, favorisant ainsi une intégration harmonieuse et une acceptation locale des projets d'énergie renouvelable.

Dans le but de dessiner des projets agrivoltaïques les plus pertinents possibles et dans cette politique de développement réfléchi, Synerdev est constitué d'un Pôle Agro qui appuie le développement de projets par leur expertise agricole. Les ingénieurs agronomes composant ce pôle mêlent leurs compétences ainsi qu'une forte concertation, avec les exploitants et les professionnels du monde agricole, pour développer au cas par cas chaque projet agrivoltaïque.

Pour rappel, un projet agrivoltaïque est constitué d'un projet agricole principal et d'une production d'énergie secondaire. Ce pôle est donc destiné à traiter chaque projet agrivoltaïque au cas par cas en dessinant un projet agricole pertinent avec l'agriculteur et en concertation avec le monde agricole (Chambres d'Agriculture, BE agricoles, etc.).

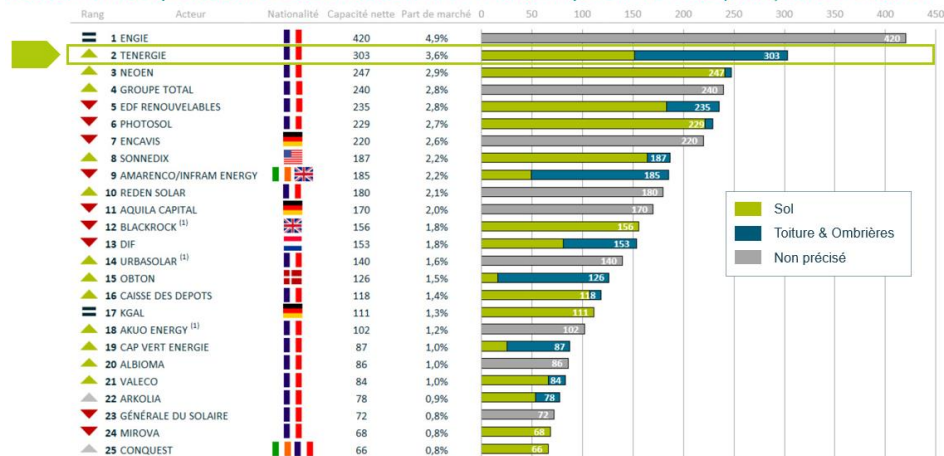
1.1.2. Notre partenaire exclusif : Tnergie

Fondée en 2008, Tnergie se distingue en tant que producteur indépendant d'énergies renouvelables, se hissant au deuxième rang national dans la production d'énergie solaire selon le dernier classement du cabinet de conseil Finergreen. Basée à Fuveau, dans les Bouches-du-Rhône, Tnergie est une entreprise à taille humaine employant 300 collaborateurs pour un chiffre d'affaires de 228 millions d'euros en 2020.

CLASSEMENT FRANÇAIS DES PRODUCTEURS D'ÉNERGIE SOLAIRE: Tenergie numéro 2



Classement des producteurs d'électricité solaire en France en puissance nette (MWc)* au 31/12/2018



*Classement des producteurs d'électricité d'origine solaire en fonction du nombre de MWc nets (MWc bruts x % de détention) au 31/12/2018 sur une base déclarative

Figure 2 : Présentation Finergreen de mai 2019.

Tenergie est un acteur indépendant et français (actionnariat 100% français). Les actifs développés ont vocation, post mise en service, à être transférés à Terres d'Énergie, la première foncière ENR française que l'entreprise codétient avec la Banque des Territoires et le Crédit Agricole (Pyrénées-Gascogne).

Ce partenariat atteste du sérieux et de la capacité de Tenergie d'exploiter sur du long terme les centrales d'énergies renouvelables, et permet d'être associé à un partenaire financier institutionnel de premier rang. Par ailleurs les actionnaires de la structure se sont engagés à financer le développement de futurs projets à hauteur de 500 MW minimum, ce qui permet de poursuivre sereinement le développement.

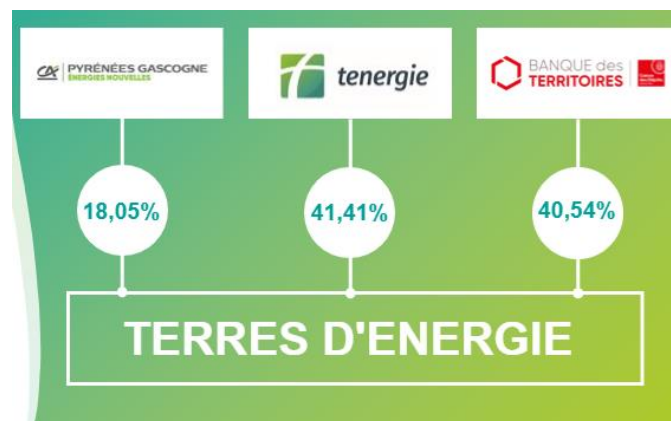


Figure 3 : Répartition de la co-détention de Terres d'Énergie.

Tenergie se spécialise dans le développement, la possession et l'exploitation de plus de 1 600 centrales d'énergies renouvelables, totalisant une puissance installée de 765 MW en France.

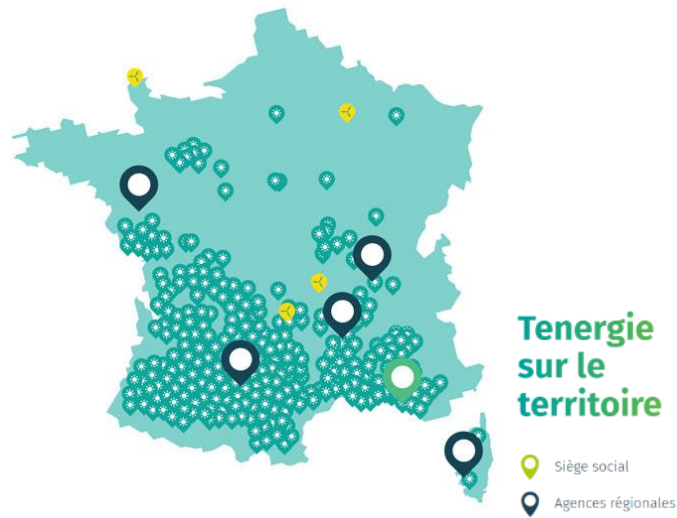


Figure 4 : Carte des centrales photovoltaïques et parcs éoliens en exploitation chez Tenergie (2022).

Tenergie est une entreprise reconnue pour la qualité apportée à ses projets via ses certifications. Engagé dans un système de Management de la Qualité (SMQ) depuis 2016, TENERGIE est certifié ISO 9001 et ISO 14001 pour ses activités de Conception et Construction d'installations photovoltaïques.



Tenergie et Synerdev agissent ensemble depuis 2023 afin de développer des projets d'énergies renouvelables les plus pertinents possibles avec et pour le territoire. Ces deux acteurs se complètent dans les différentes phases de vie d'un projet d'énergie renouvelable.

Synerdev est spécialisée dans le développement de centrales agrivoltaïques, de centrales photovoltaïques au sol et de parcs éoliens. Tenergie assure la construction et l'exploitation de ces projets, en plus d'être un pionnier dans le développement de projets photovoltaïques sur toitures, sur bâtiments agricoles, sur serres et en ombrières de parking.

1.2 L'agrivoltaïsme chez Synerdev

1.2.1 Nos 4 fondamentaux

Chez Synerdev, un projet agrivoltaïque s'articule autour de quatre notions fondamentales :

La synergie



Pour chaque projet agrivoltaïque, une synergie est réfléchiée grâce à une technologie choisie en fonction du projet agricole établi et en accord avec le (ou les) agriculteur(s). Chaque projet est unique et mérite d'être traité au cas par cas en fonction de l'exploitation, de la manière d'exploiter ainsi que du terrain en question. Cette synergie est réfléchiée en interne mais aussi en concertation avec des bureaux d'études techniques, pour les structures agrivoltaïques, et les exploitants agricoles de chaque projet.

L'impact agricole



L'impact agricole est une notion primordiale à prendre en compte dans les projets agrivoltaïques et interroge les collectivités territoriales, le monde agricole et les acteurs des énergies renouvelables. C'est pour cela que chez Synerdev, l'impact agricole est calculé et étudié via des outils internes permettant de modéliser au mieux le projet agrivoltaïque. La luminosité ou bien la disposition des panneaux sont prises en compte dans ces modélisations pour être en phase avec les réglementations légales mis en place par la France, notamment avec le décret d'application de la loi APER n°2024-318.

Le suivi



Pour compléter et justifier les notions précédentes, un suivi scientifique et rigoureux est systématique grâce à un suivi expérimental prévu sur tous nos projets en partenariat avec des instances agricoles et agronomiques locales, telles que les Chambres d'Agriculture. L'objectif de ce suivi est d'étudier l'impact des panneaux sur le microclimat, sur le sol, sur le couvert végétal (prairie) et sur le bien-être animal. Il peut s'agir de l'installation de stations météo et de sondes capacitatives mais aussi de la mise en place d'un suivi zootechnique en comparant différentes

zones de la centrale. Encore une fois, ce suivi sera propre et adapté à chaque projet agrivoltaïque développé par Synerdev.

Le partage

Un projet agrivoltaïque, et d'énergie renouvelable en général, se décide et se concrétise grâce à l'apport de différents acteurs territoriaux. Pour Synerdev, il est nécessaire d'aborder la notion de partage dans ses projets. Un partage de la rentabilité juste et transparent entre les acteurs locaux et le monde agricole à travers différents leviers : le financement participatif ou bien l'entrée au capital de la société de projet. Ces mécanismes récompensent et offrent des opportunités financières à tous ces acteurs qui contribuent au bon déroulement des projets d'énergies renouvelables.

Ces notions s'additionnent à la définition de l'agrivoltaïsme issue de la loi n°2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER), complétée par le décret n°2024-318 du 8 avril 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme, sur laquelle repose la vision de Synerdev.

1.2.2 Une approche expérimentale

Aujourd'hui, il est certain qu'il existe un besoin de connaissances concernant l'impact de l'agrivoltaïsme sur les productions agricoles, c'est pourquoi les expérimentations doivent se multiplier afin d'identifier les meilleures synergies possibles. Dans le but d'avancer sur ces enjeux et appuyer le développement de ses futurs projets agrivoltaïques, Synerdev a souhaité mettre en place des projets agricoles expérimentaux sur des centrales photovoltaïques au sol mises à disposition par la société Tenergie où des activités agricoles mais également de l'éco-pâturage étaient déjà menés.

Depuis début 2023, Synerdev a donc mené un suivi technique et des études agro pédologiques sur 48 centrales au sol dans l'objectif de sélectionner les sites les plus pertinents pour la mise en place d'expérimentations agricoles. Finalement, six centrales photovoltaïques présentant des caractéristiques techniques et des contextes pédoclimatiques diversifiés ont été retenues (Figure 5). Les projets agricoles en développement sont multiples : prairie pâturée (bovins et ovins), rotations grandes cultures, luzerne fourragère, maraîchage... Chaque site dispose d'une zone

témoin et ces derniers seront en majorité gérés par des agriculteurs déjà présents sur les centrales et qui profiteront des productions agricoles.

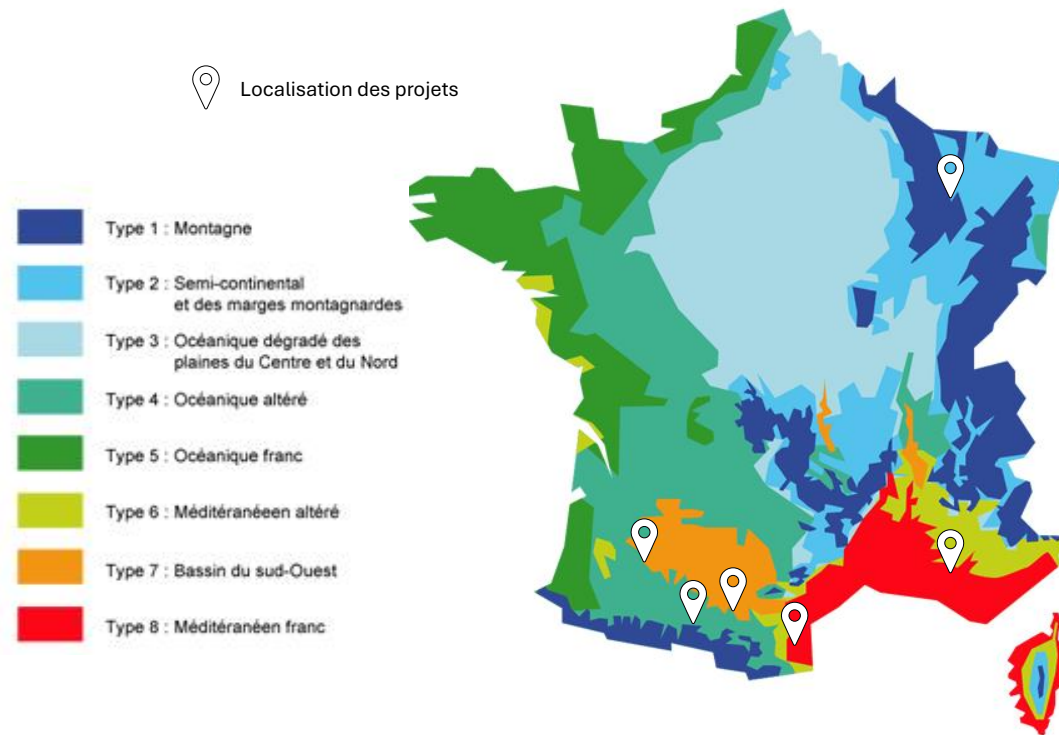


Figure 5 : Localisation des projets expérimentaux.

Depuis le début de l'année 2024 des suivis microclimatiques, hydriques et agronomiques sur l'ensemble des sites sélectionnés ont été lancés. Nous avons commencé par équiper les centrales de stations agro-météo et de sondes capacitatives connectées (Figure 6). En parallèle, des partenariats sont noués avec des Chambres d'Agriculture et des Instituts techniques agricoles afin de réaliser les suivis agronomiques et zootechniques (Tableau 1). L'ensemble des suivis ont été prévus sur des durées allant de 3 à 5 ans minimum. A terme, les données acquises permettront de mieux comprendre l'impact de l'ombrage créé par les modules photovoltaïques sur les productions végétales (rendements, qualité des productions, phénologie, morphologie) et sur le bien-être animal (stress thermique, comportement).

Tableau 1 : Présentation des partenariats et projets agricoles développés sur les sites expérimentaux.

Nom projet - Département	Projet agricole	Partenariat
Solar Med 3 – Haute-Garonne	Rotation grandes cultures	Chambre d’agriculture 31 Institut Agro Montpellier
Ortaffa – Pyrénées Orientales	Luzerne fourragère	Chambre d’agriculture 66
Valence Solarphoton – Gers	Prairie pâturée Elevage bovin et ovin	Chambre d’agriculture 32
Solaire Vinon – Var	Rotation grandes cultures	Chambre d’agriculture 04 Arvalis
Toul-Rosière – Meurthe-et-Moselle	Prairie pâturée Elevage ovin	A définir
La Pomarède – Aude	Maraîchage de plein champ	A définir

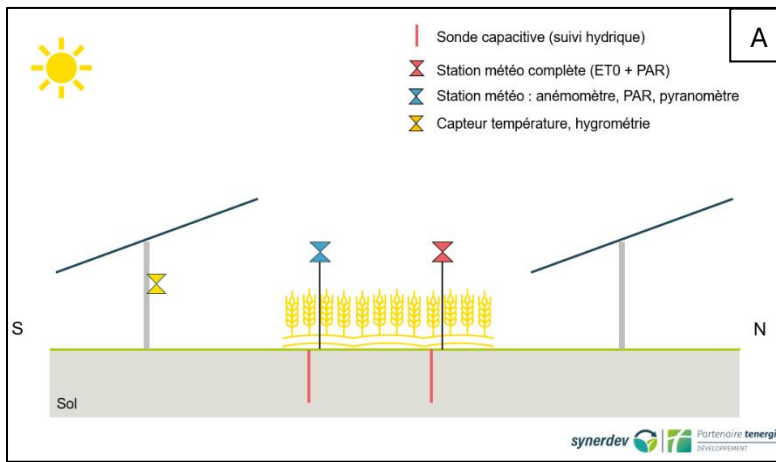


Figure 6 : Présentation du dispositif expérimental. A : schéma du dispositif ; B : Photographie du dispositif sur Solar Med 3

Les capteurs connectés que nous avons installés sont distribués par la société Agralis. Ces capteurs transmettent des données toutes les 10 minutes et ces dernières sont visualisables et téléchargeables via l’application ou la plateforme web Aqualis (Figures 7 et 8). Le fait d’avoir un pas de temps de mesure de 10 minutes couplé à une transmission en temps réel nous permet d’analyser les paramètres microclimatiques et hydriques de manière continue dans le temps. Nous téléchargeons ces données et réalisons des analyses statistiques sous R afin d’identifier les différences entre modalités et caractériser l’impact des modules sur le microclimat, le sol et les productions végétales.

Nous avons choisi Agralis comme partenaire car elle fournit des capteurs robustes, propose un accompagnement technique (maintenance, installation...) et laisse la possibilité de paramétrer des accès à Aqualis à n’importe quel acteur. Or, cela nous tenait à cœur de pouvoir partager les données avec les instances et les territoires, notamment les Chambres d’Agricultures qui réalisent les suivis agronomiques.

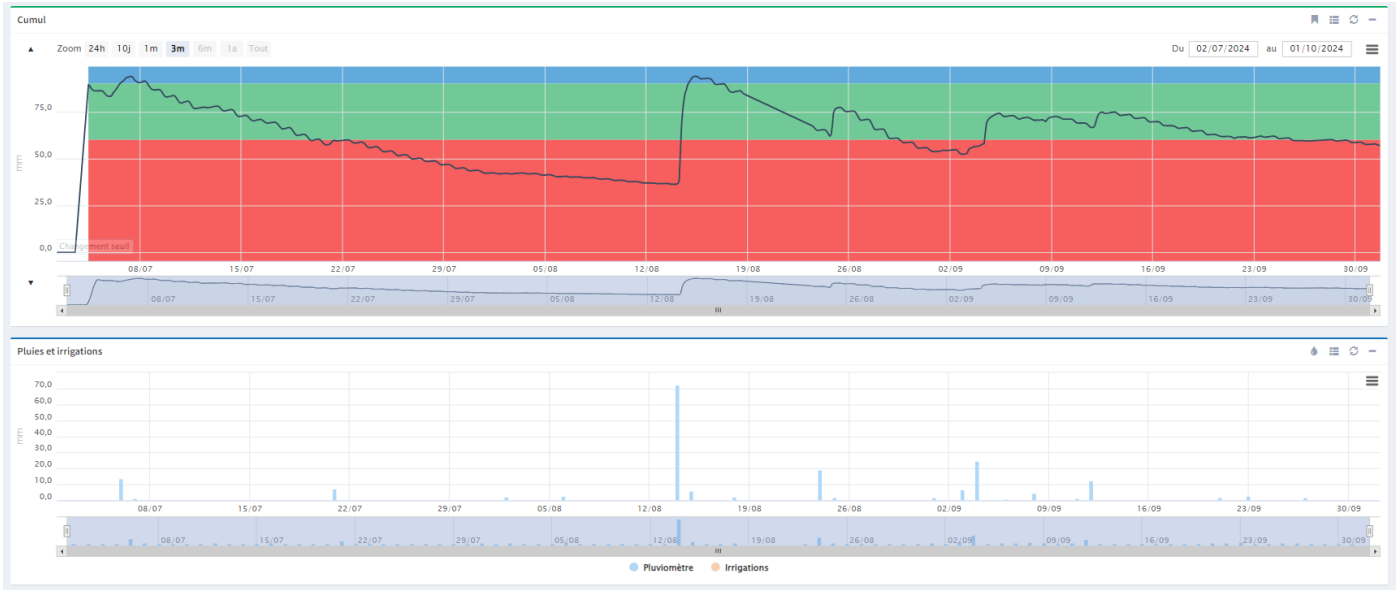


Figure 5 : Exemple de suivi de l'état hydrique du sol et de la pluviométrie via Aqualis sur Solar Med 3.

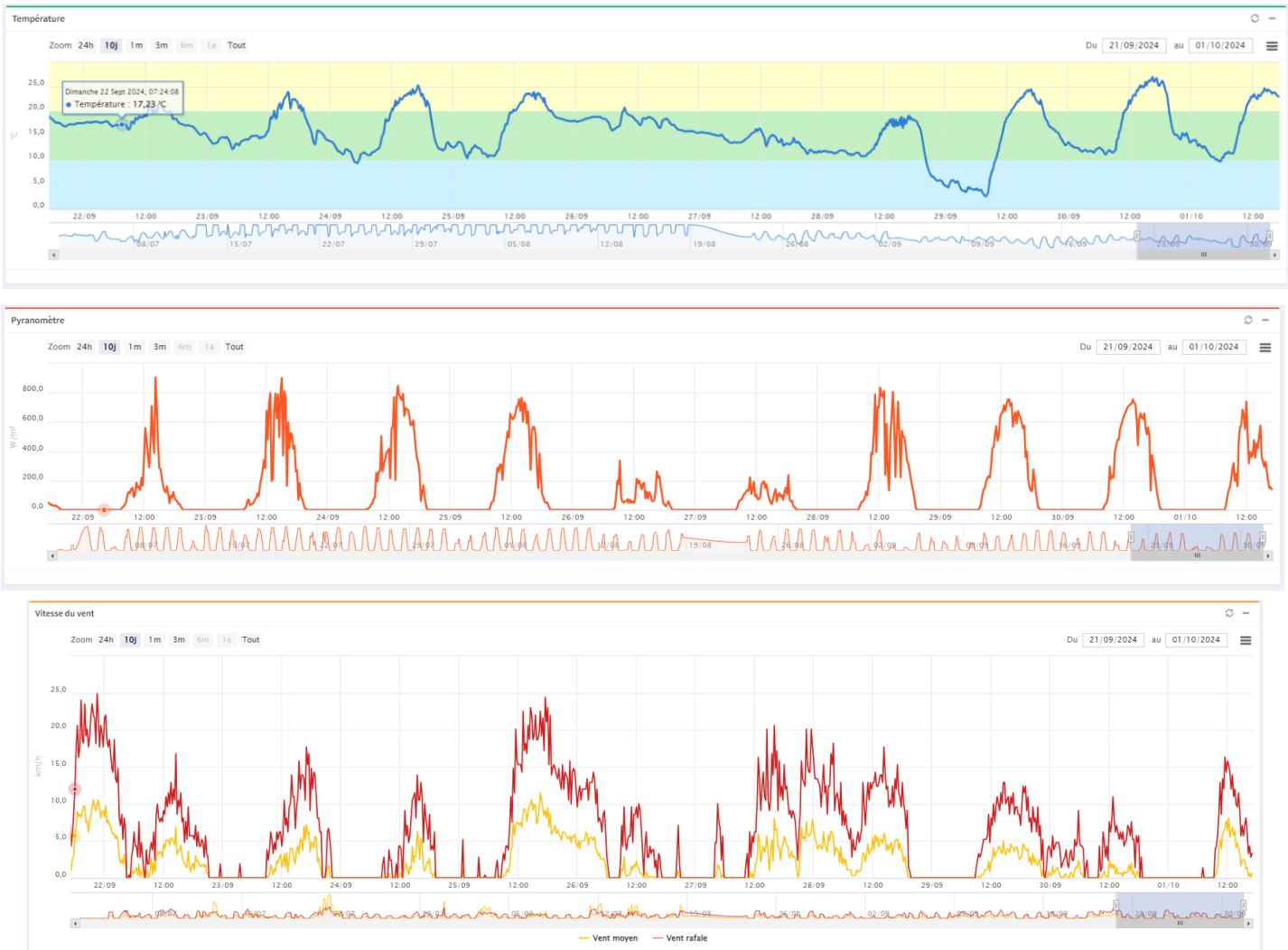


Figure 6 : Exemple de suivi de la température, de l'irradiance et du vent via Aqualis sur Solar Med 3.

1.2.3 Références AgriPV Tnergie

Solar Med 3 – Grandes cultures

Agriculteur : François MARFAING



Figure 7 : Photographies du travail du sol, du semis et de la récolte du sarrasin sur Solar Med 3.

Valence Solarphoton – Pâturage ovin et bovin
Agriculteur : Thierry CAPERAN



Figure 8 : Photographies des bovins et des brebis sur Valence Solarphoton.

Clarensac – Pâturage de lamas

Agriculteur : Dimitri SERVIERE



Figure 9 : Photographies des lamas sur Clarensac.

2. Le projet agrivoltaïque de la Belle Epine

2.1. Présentation de l'exploitation agricole

Le projet prendra place sur les parcelles actuellement exploitées par le GAEC CERES.

Monsieur Pelletier est un des associés du GAEC et le propriétaire des parcelles. Il est installé depuis 2009. Il a intégré le GAEC qui, lui, existe depuis 1971. Le GAEC est composé de deux associés exploitants. Il est engagé en polyculture - élevage Bovins lait et allaitants sur une surface de 360 ha dont 47.56 ha sont concernés par le projet. Le GAEC est installé sur deux sites : Brillon en Barrois et Combles-en-Barrois. C'est sur ce dernier que le projet est prévu. Le site de Combles-en-Barrois est tourné vers l'élevage de bovins allaitants (57 vaches allaitantes).

Sur les 47.56 ha du projet, 32 sont en prairie permanente pâturée. Les années où la pousse est trop importante par rapport à la consommation du troupeau, le GAEC ensile le surplus de production. Cependant cela est exceptionnel puisque les parcelles se situent sur un sol superficiel.

Les 15 ha restants sont en terres labourables. Après 4 années de remise en herbe, les parcelles seront implantées en blé tendre d'hiver pour la campagne 2025. L'exploitation n'est engagée dans aucun label ou MAEC pour la campagne 2025 concernant ces 15 ha. Cependant les parcelles de la zone Ouest était engagé en MAEC jusqu'à juin 2024.

En plus des deux associés, le GAEC emploie un salarié à temps plein et bénéficie d'une aide familiale non salariée. Le dernier associé à être rentré dans le GAEC est Monsieur Pelletier en 2009 et n'a pas prévu de cesser son activité dans les 10 années à venir. Agé de 37 ans, il n'y aura pas non plus de départ en retraite à prévoir dans un horizon proche. C'est donc bien un agriculteur actif qui prévoit de le rester sur le long terme.

2.2. Description des parcelles du projet

2.2.1. Parcelles cadastrales et surfaces du projet

Les parcelles du projet sont localisées sur la commune de Combles en Barrois (55000), au sud-ouest du département de la Meuse et à 5 km de son chef-lieu, Bar le Duc (Figure 12). La commune fait partie de la communauté d'agglomération de Bar-le-Duc Meuse Grand Sud.

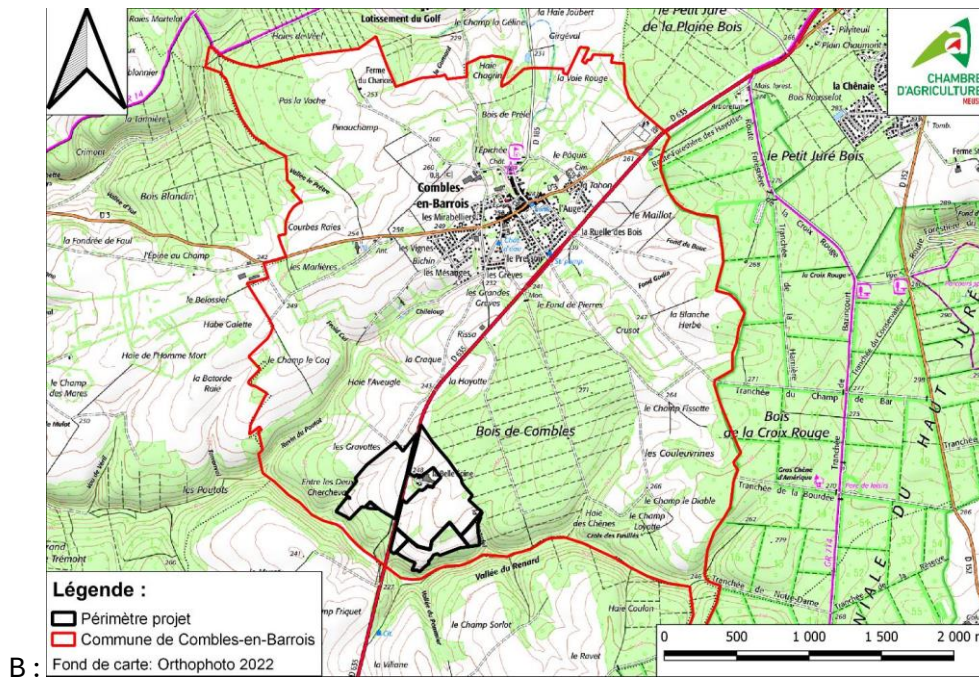
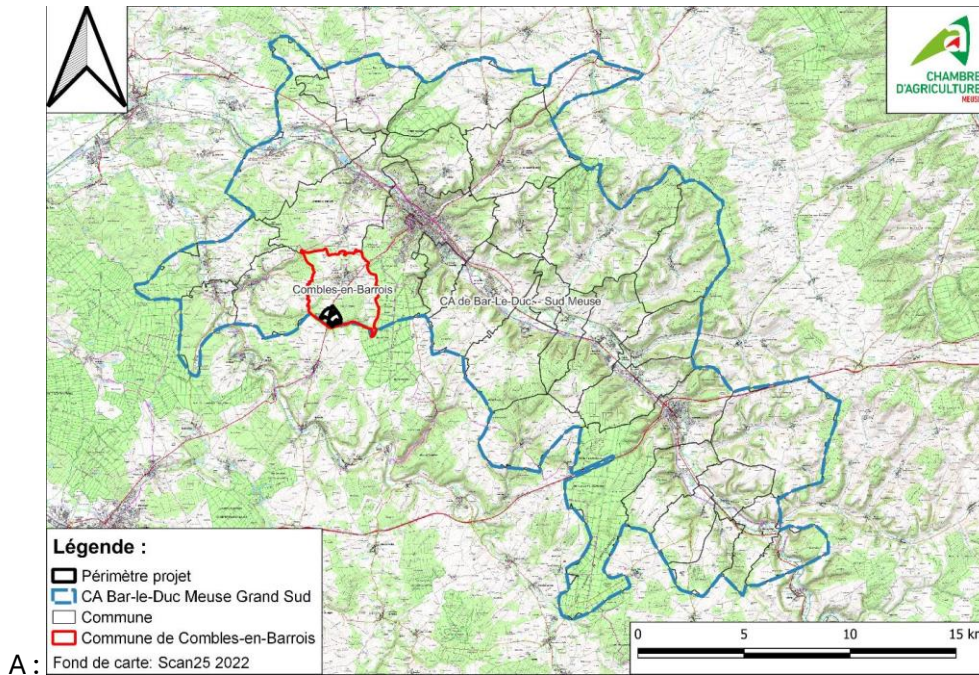


Figure 12 : Localisation du projet par rapport à A : la communauté d'agglomération B : à la commune d'implantation (Combes en Barrois).

Au total, quarante-neuf parcelles cadastrales sont concernées par l'installation agrivoltaïque. L'ensemble des parcelles du projet se trouvent sur la commune de Combes-en-Barrois (Annexe 1). La surface totale de ces dernières, de 51.88 ha est plus importante que celle du projet qui a une emprise 47.56 ha (Figure 13) car les zones forestières sont directement extraites du projet. Bien qu'ils n'apparaissent plus physiquement sur le terrain, de nombreux chemins communaux sont présents dans les parcelles. Après discussion avec la commune, ces chemins seront compris dans le projet.

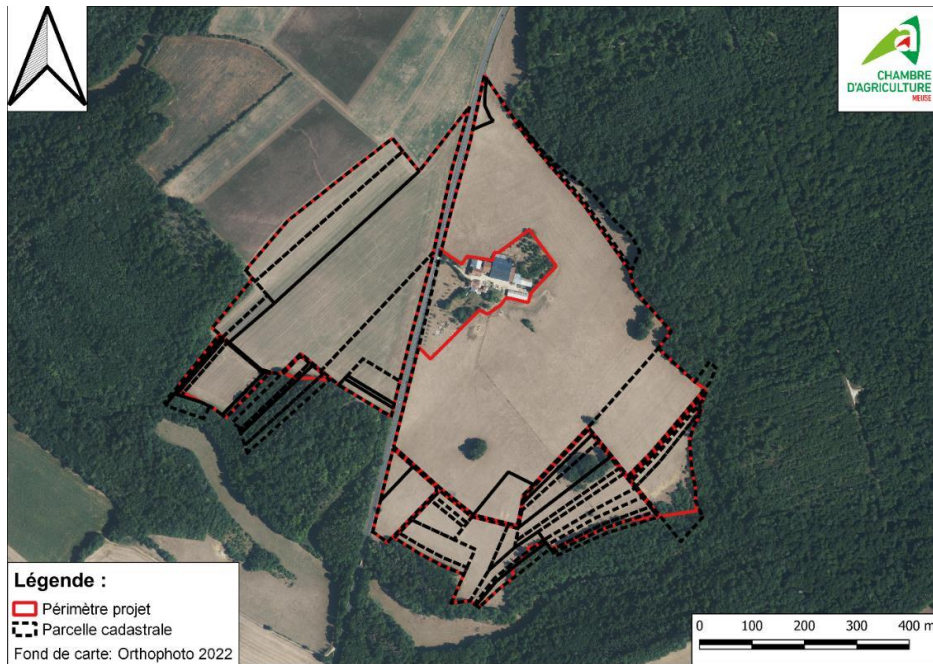


Figure 13 : Localisation des parcelles cadastrales par rapport au périmètre du projet.

2.2.2. Le type de sol et son potentiel agronomique

Aucune étude récente n’a été réalisée pour décrire le potentiel agronomique de la parcelle ou le type de sol précis. Cependant, d’après l’étude de Maillant et al. réalisée en 2016, les parcelles reposent sur trois Unités Cartographiques de Sol (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des UCS dans les parcelles

Parcelle	2603	2602	2604
Combles en Barrois	27.1ha	14.5 ha	5.4 ha

Les descriptions des UCS sont les suivantes :

- UCS 2602 - Plateau cultivé et forestier sur dépôts limoneux ou sableux recouvrant les calcaires du Portlandien : sols argilo-limoneux à limono-sablo-argileux, parfois hydromorphes, moyennement profonds, décarbonatés à faiblement acides.
- UCS 2603 - Plateau agricole (culture) et forestier sur calcaires du Portlandien parsemés de dépôts limoneux : sols limono-argileux à argilo-limoneux, sains, peu à moyennement profonds, décarbonatés ou calcaires.
- UCS 2604 - Pentes fortes à moyennes et fonds des vallons forestiers et agricoles (prairie et culture) sur colluvions calcaires : sols limono-argileux, caillouteux, sains, généralement peu profonds, calcaires.

Il est à noter que les UCS ne correspondent pas à des types de sol. Chacune d’entre elles regroupe plusieurs Unités Topologiques de Sol pouvant être de natures différentes au sein d’une même UCS. En complément de cette étude, l’esquisse pédologique du Département de la Meuse, réalisée par la Chambre d’Agriculture de Lorraine en 1980, permet de situer la zone sur « Le plateau du Barrois ». D’après l’étude de la CRAL, les sols du plateau se décrivent de la manière suivante : très homogènes, de type buns calcaïques superficiels plus ou moins recalcarifiés.

Profond de 10 à 30 cm, l'importance et la dureté du cailloutis ainsi que la nature du substrat calcaire varient localement. Sur les plateaux, le sol peu épais et très caillouteux repose sur une dalle ou un cailloutis très dense. Il a une valeur agronome réduite dépendante de la pluviométrie (CRAL, 1980).

D'après ces études et sans étude complémentaire, le potentiel des sols peut être considéré comme faible, ce qui peut expliquer la présence de prairie.

2.2.3. L'assolement

Le site d'étude couvre ici une surface de 46.44 ha. Sa totalité est constituée de terres agricoles actuellement déclarées à la PAC (IGN, 2023 ; Figure 14).

La zone Est est déclarée en Prairie Permanente (PP) depuis plus de 20 ans. La zone Ouest est une parcelle de 15.07 ha de terres labourables. De 2020 à 2022, elle était déclarée en Prairie temporaire. En 2018 et 2019, elle était en Blé tendre d'hiver et en Orge d'hiver.



Figure 14 : Parcelles déclarées à la PAC en 2023. A : zone déclarée prairie temporaire (2020-2022) ; B : zone déclarée prairie permanente (2024)

2.3. Description du projet agricole

2.3.1. La volonté de l'exploitant

Pour le chef d'exploitation, la mise en place du projet lui permettra une sécurisation économique par l'apport d'une nouvelle source de revenus mais également de participer à son échelle à la transition écologique du territoire.

M. Pelletier possède déjà plusieurs hangars photovoltaïques au sein de son exploitation, les énergies renouvelables sont à ses yeux un moyen simple et bas carbone de pouvoir réduire sa dépendance énergétique tout en réalisant des économies.

L'agrivoltaïsme a tout son intérêt sur ces terres à faible potentiel agronomique (voir Etude Préalable Agricole réalisée par la Chambre d'Agriculture) où de la pâture a du sens. La synergie panneaux et élevage bovins allaitants voit facilement posséder plusieurs avantages :

- Prairie à l'abri des étés secs grâce aux panneaux,
- Possibilité de laisser les animaux plus longtemps en pâture,
- Moins de temps passé au sein de bâtiments : plus agréable pour les bêtes et moins de travail pour l'exploitant,
- Maintien de la production de fourrage,
- Possibilité pour les animaux de se reposer à l'ombre et de se protéger des intempéries,
- Pérennisation de l'exploitation et protection du volet agricole sur toute la durée de vie de projet tant d'un point de vue urbanistique que productif

Ce sont en autres ces raisons qui ont poussé Sébastien Pelletier à développer ce projet agrivoltaïque avec Synerdev.

2.3.2. Une activité agricole significative générant un revenu durable

L'objectif du projet agrivoltaïque de La Belle Epine est de pérenniser l'atelier bovin en augmentant la surface pâturée et en apportant des installations favorisant le bien être des bêtes. Afin de s'assurer qu'un tel atelier soit techniquement et économiquement faisable, Synerdev a fait le choix de solliciter la Chambre d'Agriculture de la Meuse pour qu'elle réalise une étude technico-économique.

L'étude technico-économique permettra de dimensionner correctement l'atelier en fonction des surfaces et des ressources disponibles, de quantifier les investissements nécessaires, d'estimer les résultats économiques de cette modification de l'activité sur la parcelle et d'apporter des conseils techniques sur les facteurs de réussite du projet agricole. Cette étude est en cours de réalisation par Fanny Meusot, responsable du marché productions animales au sein de la Chambre d'Agriculture, et sera présentée à la CDPENAF 55 et jointe en compléments à ce permis de construire.

a. Description technique du projet agricole

L'ensemble du parcellaire concerné est destiné à la production bovine, organisée en pâturage tournant dynamique sur une prairie implantée lors de l'ouverture du site. Un troupeau de 55 vaches allaitantes de race Blonde d'Aquitaine pâturera sur la zone (Figure 15).



Figure 15 : Blondes d'Aquitaine de M. Pelletier

Le pâturage sera réparti en rotation sur plusieurs zones distinctes au sein de la centrale, dont les modalités seront choisies par l'éleveur.

Par rapport à l'assolement initial de la zone, les parcelles situées dans la zone Est resteront majoritairement en prairies pâturées par les bovins, avec seulement 24,28 hectares destinés à accueillir des panneaux photovoltaïques. L'ensemble de la zone Ouest sera remis en herbe afin d'uniformiser l'activité de pâturage sur la centrale. Le mélange de semences sera choisi par l'exploitant en collaboration avec la Chambre d'Agriculture pour créer une prairie adaptée à ses besoins et à ceux de son troupeau. Sur cette zone enherbée, 5.72 hectares seront également équipés de panneaux photovoltaïques.

Lors de la phase de construction, la prairie pourrait être dégradée, ce qui favoriserait l'apparition de plantes envahissantes telles que les orties, les ronces et les chardons, comme cela a été observé sur certains projets expérimentaux. Ces végétations indésirables pourraient dissuader les animaux de s'abriter sous les installations. Pour limiter ces effets, un réensemencement à la suite de la phase chantier sera réalisé sur l'entièreté de la prairie. De plus, un entretien rigoureux sera mis en place incluant une surveillance régulière par l'éleveur et au minimum une fauche annuelle. Cela dans l'objectif de maintenir la prairie en bon état, de prévenir la prolifération de ces plantes et garantir à la fois le bien-être des animaux et l'efficacité du site.

En résumé, l'atelier bovin existant sur l'exploitation sera maintenu et même étendu en termes de surface pâturée, au détriment de l'atelier de production végétale. Selon l'étude agricole préalable, cette transformation ne constitue pas une perte significative pour le secteur agricole, mais plutôt un changement de filière. À ce titre, l'impact sur les opérateurs peut être considéré comme nul.

b. Éléments économiques du projet agricole

L'impact économique a été traité au sein de l'EPA réalisée par la Chambre d'Agriculture jointe au sein de ce permis de construire.

A noter qu'afin d'accompagner au mieux M. Pelletier dans la création de ce projet agrivoltaïque, Synerdev s'engage à financer plusieurs éléments facilitant le lancement de l'activité agrivoltaïque :

- Acheminement et accès à l'eau sur la ferme (non existant à ce jour)
- Nouveaux abreuvoirs répartis sur la centrale
- Une zone de contention à la sortie de l'étable
- Clôtures amovibles pour équiper la parcelle remise en prairie à l'est

c. Un accompagnement pour garantir la pérennité de l'activité et son évolution

Afin de garantir un projet agricole pérenne et fonctionnel, Synerdev propose qu'une journée de conseil technique soit organisée chaque année pendant 5 ans minimum. Elle pourra par exemple être réalisée par la Chambre d'agriculture. L'objectif est d'accompagner l'agriculteur dans ses pratiques afin d'ajuster au mieux l'itinéraire technique selon les aléas climatiques et techniques pour garantir une production pérenne et significative. Cette prestation pourra être financée grâce aux indemnités versées par Synerdev à l'exploitant dans le cadre du projet.

Par ailleurs, Synerdev restera un contact privilégié en support de l'exploitation pendant toute la durée de vie du projet. Une évolution envisageable à plus long terme serait de faire évoluer l'atelier vers un élevage naisseur-engraisseur grâce au réaménagement des bâtiments de la ferme. La taille du cheptel pourrait aussi être augmentée.

2.3.3. Un projet pérenne et en accord avec la volonté du territoire

a. Transmission de l'exploitation

En cas d'arrêt de l'activité ou de départ à la retraite de l'agriculteur, Synerdev s'engage à trouver un exploitant dans un délai de 18 mois conformément au délai légal.

Pour cela, Synerdev a mis en place un modèle d'appel à manifestation d'intérêt agricole (AMIA) qu'elle propose aux collectivités territoriales de ses projets pour identifier des agriculteurs. Ce principe est notamment en cours déploiement sur la commune d'Epeigné-les-Bois (37100), en étroite collaboration avec M. le maire M. Jean CANDIAGO, avec qui Synerdev a lancé un AMIA pour identifier un ou plusieurs agriculteurs ou agricultrices souhaitant participer à un projet agrivoltaïque visant à relancer une activité sur une friche agricole. Le modèle d'AMIA est disponible en Annexe 2 de ce DTA.

Une autre solution que l'entreprise adopte est de travailler avec le Point Accueil Installation (PAI) des Chambres d'agriculture. Cela permet de mettre en contact les porteurs de projets agricoles avec Synerdev afin de construire un projet agrivoltaïque (cas des friches agricoles) ou transmettre une exploitation bénéficiant d'une installation agrivoltaïque (départ à la retraite, arrête de l'activité, décès).

Dans le cas de La Belle Epine, ces deux solutions pourront être envisagées en cas d'imprévu. Par ailleurs, l'existence de l'installation agrivoltaïque permettra de faciliter la transmission de l'exploitation car les indemnités versées dans le cadre du projet présentent un soutien financier notable pour conforter et développer une activité.

b. Un projet correspondant aux attentes agricoles du territoire

Le projet s'inscrit pleinement dans les attentes agricoles du territoire en limitant la consommation de foncier agricole, naturel et forestier à moins d'1.5 ha, témoignant d'une gestion raisonnée de l'espace et permettant de conserver l'activité agricole comme activité principale. Conçu prioritairement comme un projet agricole, il a été élaboré en collaboration avec l'exploitant, intégrant un design adapté et pensé pour répondre aux besoins spécifiques de leur activité (cf. partie suivante). De plus, la sécurisation de l'exploitant est au cœur du dispositif, avec une attention particulière portée à la pérennisation de son activité, notamment par une analyse rigoureuse des contrats réalisée par un acteur tiers garantissant un cadre stable et équitable (document qui sera présenté en CDPENAF). Enfin, dans une vision territoriale globale, le projet intègre des mesures d'intégration paysagère et de compensation environnementale (bandes enherbées, haies etc) contribuant à un développement harmonieux et respectueux du territoire.

2.4. Un projet adapté à l'activité agricole

Extrait du décret d'application n°2024-318 du 8 avril 2024: « 1- La superficie qui n'est plus exploitable du fait de l'installation agrivoltaïque n'excède pas 10% de la superficie totale couverte par l'installation agrivoltaïque ;

2- La hauteur de l'installation agrivoltaïque ainsi que l'espacement inter-rangées permettent une exploitation normale et assurent notamment la circulation, la sécurité physique et l'abri des animaux ainsi que, si les parcelles sont mécanisables, le passage des engins agricoles. »

2.4.1. Un dimensionnement adapté

Le dimensionnement de l'installation agrivoltaïque doit permettre une exploitation normale des parcelles. Or, sur toutes les parcelles du projet, une activité de fenaison devra rester possible pour l'entretien des prairies. Ainsi, Synerdev a considéré la plus grande largeur de travail et l'attelage le plus long du matériel agricole utilisé par le GAEC CERES pour dimensionner la centrale agrivoltaïque.

Les attelages agricoles travaillent sur une largeur de 6 m maximum, la distance inter-pieux (pitch) choisie ici étant ici de 13m, la totalité de la surface pourra être travaillée tout en conservant une distance de sécurité de part et d'autre. Cela correspond à un inter-rang (distance panneau à panneau) de 9.15m (Figure 16), inter-rang également sélectionné pour assurer un taux de couverture optimal de 29.5% (voir plus bas). Par ailleurs, afin d'assurer un espace de manœuvre suffisant en bout de rangée, les tournières (distance entre la clôture et la première table) seront de 8 m au minimum.

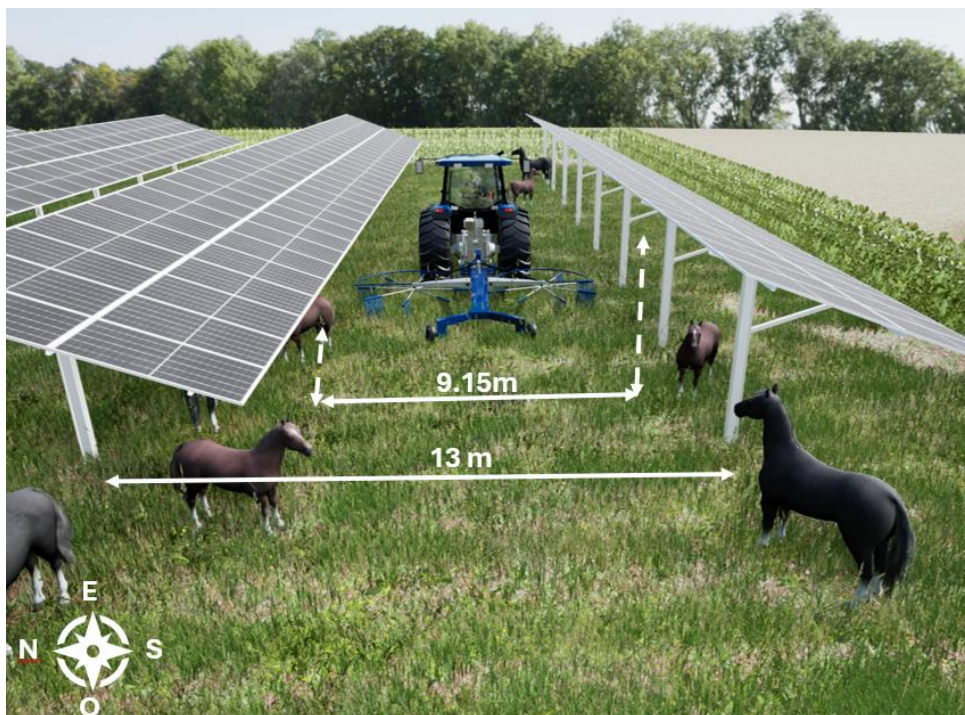


Figure 16 : Plan de coupe de l'inter-rang et du pitch

Dans le but d'assurer la visibilité du troupeau par l'éleveur, le passage du matériel sous les tables ainsi que la bonne circulation, l'abri et la sécurité des animaux, le point bas des tables sera situé

à 2m de hauteur. Deux allées au sein de chaque parc (Est et Ouest) ne seront pas équipées de panneaux permettant une visibilité globale sur toute la longueur de la parcelle.

Malgré la hauteur du point bas, a priori non atteignable par les bovins, les coins de chaque table seront protégés par des pièces en caoutchouc afin de prévenir toute blessure. Dans la même optique, les pieux choisis seront de forme arrondie afin de réduire au maximum le risque de blessure en cas d'impact. Ces aménagements rejoignent les recommandations de la Chambre d'agriculture (Figure 17).

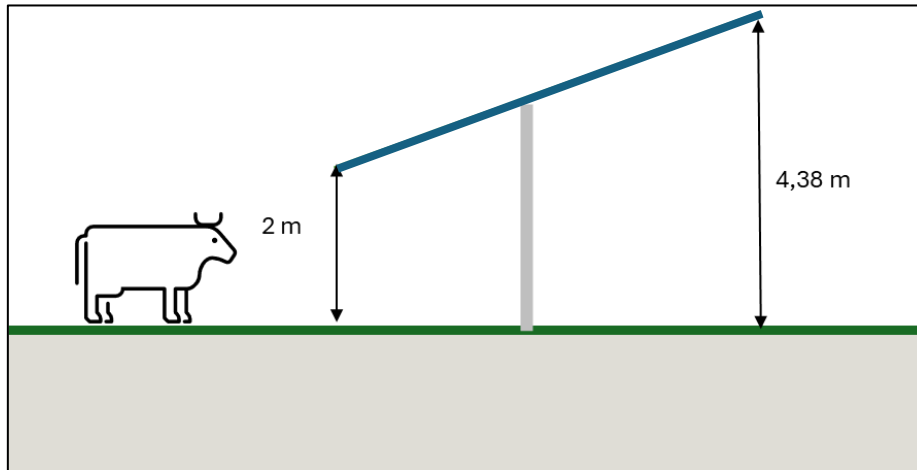


Figure 17 : Plan de coupe des tables photovoltaïques.

Le dimensionnement sélectionné par Synerdev amène à un taux de couverture, calculé en divisant la surface projetée au sol par la surface délimitée par une implantation continue de panneaux photovoltaïques, de 29.46%, ce qui est en dessous des recommandations de la chambre d'agriculture pour l'élevage (30%).

L'implantation finale des panneaux sur les parcelles a été définie en tenant compte de ces critères, ainsi que des exigences de sécurité spécifiques aux centrales de production d'énergie solaire, notamment en matière de prévention des risques d'incendie. Par ailleurs, elle respecte les préconisations environnementales, telles que le maintien de la lisière de la zone forestière, afin de préserver les écosystèmes locaux et intègre des haies favorisant à la fois l'intégration paysagère et la biodiversité locale. (Figure 18)

Afin de conserver un maximum de surface exploitable, des monopieux seront utilisés et les tournières seront laissées enherbées. Sur les 47.76 ha du périmètre clôturé, 17 ha seront dépourvus de panneaux et aménagements, 30 ha seront consacrés à une coactivité agricole. Un aménagement précis, calculés agronomiquement et à la suite de nombreux échanges avec les instances permet de conserver plus de 98.5% de la surface du projet mécanisable. Les surfaces qui ne seront plus exploitables correspondent à l'emprise des pieux, des pistes lourdes, des PDL (postes de livraison), des PTR (postes de transformation), des citernes et des haies implantées au sein de la centrale.

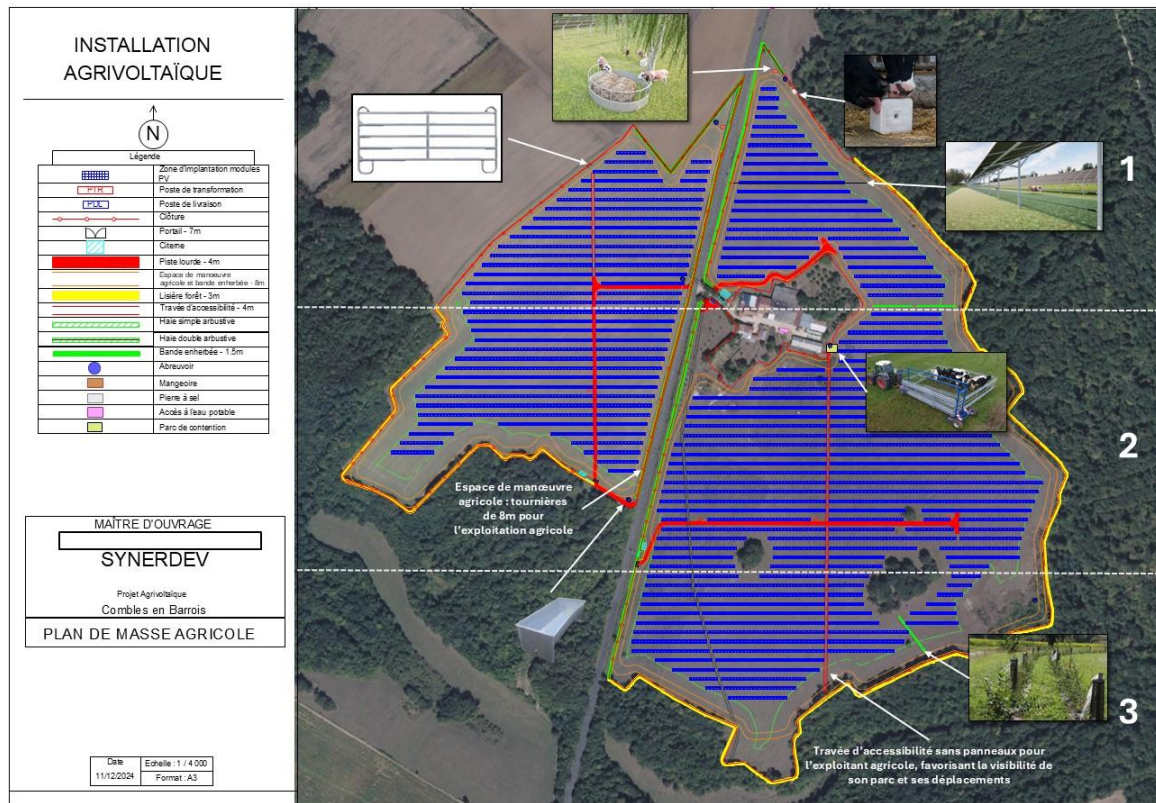
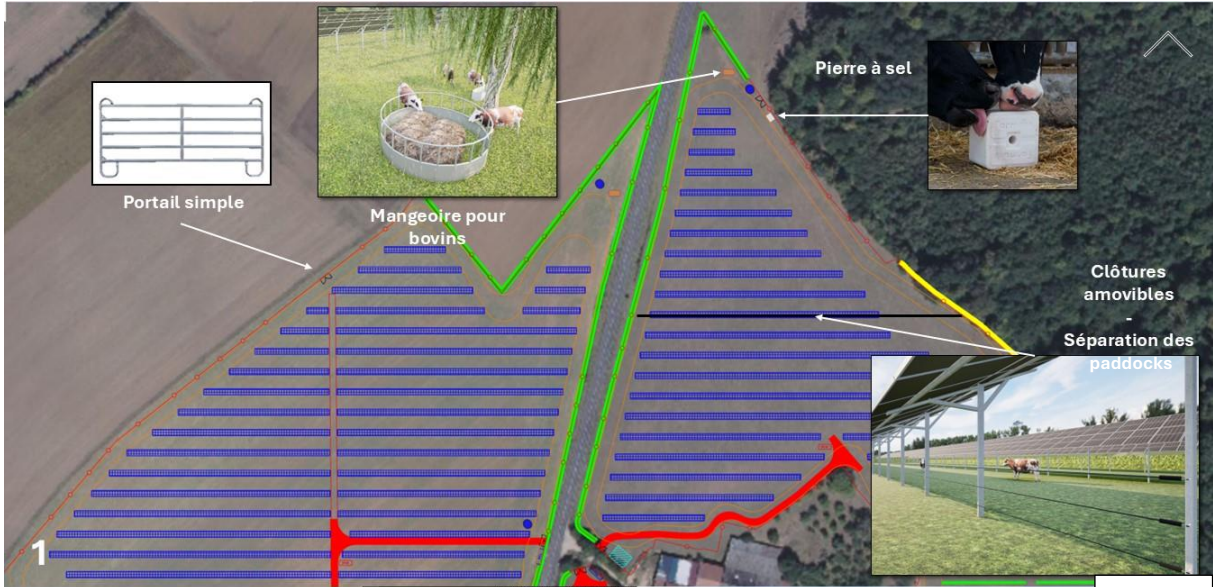


Figure 18 : Plan de masse agricole de l'installation agrivoltaïque de la Belle Epine.

2.4.2. Aménagements connexes

Plusieurs éléments ont également été rajoutés pour le besoin du bétail : abreuvoirs, mangeoires, un parc de contention ainsi que des barrières mobiles pour la bonne circulation des bêtes (Figure 19).

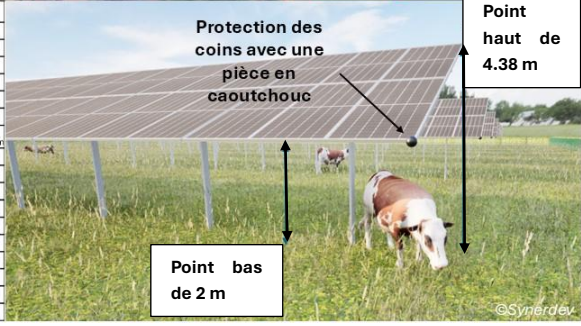


MAÎTRE D'OUVRAGE
SYNERDEV
Projet Agricolaque
Comblés en Barrois
PLAN DE MASSE AGRICOLE



Date: 11/12/2024 | Echelle: 1 / 2 000
Format: A3

	Zone d'implantation modules PV
	Poste de transformation
	Poste de livraison
	Clôture
	Portail - 7m
	Chêne
	Piste lourde - 4m
	Espace de manœuvre agricole et bande enherbée - 8m
	Lisière forêt - 3m
	Travée d'accessibilité - 4m
	Hais simple arbustive
	Hais double arbustive
	Bande enherbée - 1.5m
	Abreuvoir
	Mangeoire
	Pierre à sel
	Accès à l'eau potable
	Parc de contention



MAÎTRE D'OUVRAGE
SYNERDEV
Projet Agricolaque
Comblés en Barrois
PLAN DE MASSE AGRICOLE



Date: 11/12/2024 | Echelle: 1 / 2 000
Format: A3

	Zone d'implantation modules PV
	Poste de transformation
	Poste de livraison
	Clôture
	Portail - 7m
	Chêne
	Piste lourde - 4m
	Espace de manœuvre agricole et bande enherbée - 8m
	Lisière forêt - 3m
	Travée d'accessibilité - 4m
	Hais simple arbustive
	Hais double arbustive
	Bande enherbée - 1.5m
	Abreuvoir
	Mangeoire
	Pierre à sel
	Accès à l'eau potable
	Parc de contention



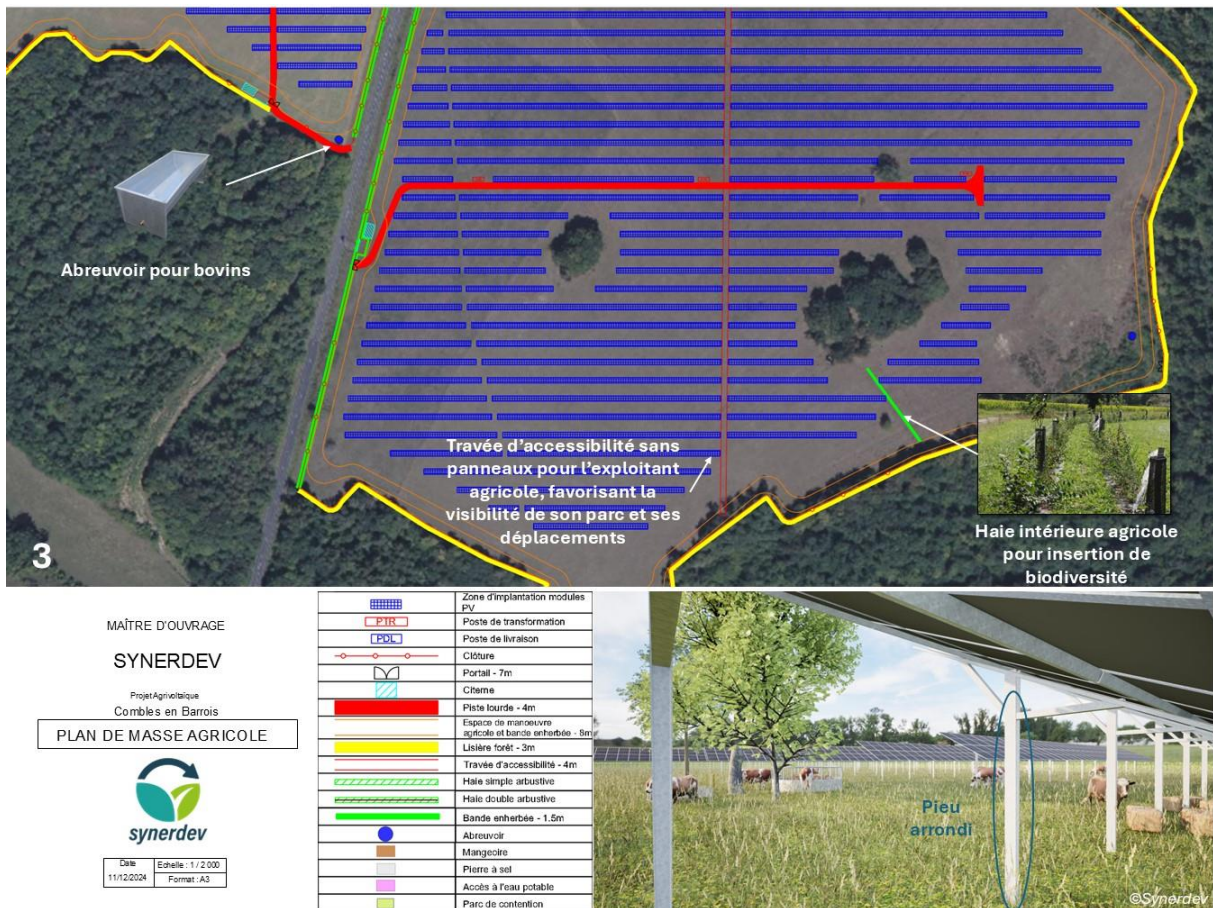


Figure 19 : Localisation des aménagements connexes sur le plan de masse agricole.

2.5. Services rendus par l'installation

Article L. 314-36.-I. du code de l'énergie : « Une installation agrivoltaïque est une installation de production d'électricité utilisant l'énergie radiative du soleil et dont les modules sont situés sur une parcelle agricole où ils contribuent durablement à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole »

Le changement climatique pose des défis croissants aux exploitations agricoles : événements extrêmes plus fréquents, stress hydrique et dégradation des sols remettent en question les pratiques actuelles. Tous types d'exploitations sont concernés, à des degrés divers, mais des adaptations sont indispensables pour assurer leur pérennité. Les projets agrivoltaïques tels que celui de la Belle Epine constituent des adaptations à ces changements.

2.5.1 Présentation de Climadiag agriculture

Climadiag Agriculture est un portail gratuit développé par Météo-France et Solagro permettant de calculer une sélection d'indicateurs agro-climatiques pour les trois niveaux de réchauffement correspondant à la trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC). Ces niveaux de réchauffement (considérés par rapport au niveau préindustriel) sont : +2°C en 2030, +2,7°C en 2050 et +4°C en 2100.

La France s'est dotée de la TRACC au printemps 2023 en préparation du 3e Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC-3). Les données utilisées dans l'application Climadiag Agriculture correspondent aux 17 projections climatiques du jeu TRACC-2023 basées sur le scénario d'émissions RCP 8.5, distribuées sur le portail DRIAS – les futurs du climat et issues du projet national Explore 2.

Les simulations de Climadiag Agriculture permettent d'étudier l'impact futur du changement climatique sur l'agriculture (production végétale et élevage) et ainsi d'évaluer les services que pourrait fournir un projet agrivoltaïque.

2.5.2 Bien-être animal

Pour l'élevage, le changement climatique pose de sérieux défis au bien-être des animaux, principalement en raison de l'augmentation du stress thermique. Les vagues de chaleur de plus en plus fréquentes et intenses soumettent les animaux d'élevage à des températures supérieures à leur zone de confort thermique.

Afin d'illustrer l'impact du changement climatique sur le stress thermique des animaux, nous avons simulé, via Climadiag Agriculture, les indicateurs agro-climatiques suivants :

- Nombre de jours chaud par an (température maximale > 25°C)
- Nombre de jours de stress selon l'index température-humidité (ITH) (ensemble des jours de stress : $68 \leq \text{ITH} < 150$)

Selon les projections à proximité de Combles-en-Barrois, l'indicateur *nombre de jours chauds par an* présente une médiane de 37 jours à l'horizon 2010 (voir Annexe 3). La médiane évolue à 45 jours pour l'horizon 2030 et 56 jours pour l'horizon 2050. La médiane du nombre de jours chauds par an augmente donc de 19 jours entre 2010 et 2050, soit une augmentation de 51%. Le maximum de l'indicateur évolue quant à lui de 90 jours à l'horizon 2010 à 116 jours à l'horizon 2050.

Concernant le nombre de jours de stress thermique par an (ITH > 68), l'indicateur présente une médiane de 91 jours à l'horizon 2010 (Annexe 4). La médiane évolue à 100 jours pour l'horizon 2030 et 111,5 jours pour l'horizon 2050. La médiane du nombre de jours de stress thermique par an augmente donc de 20,5 jours entre 2010 et 2050, soit une augmentation de 23%.

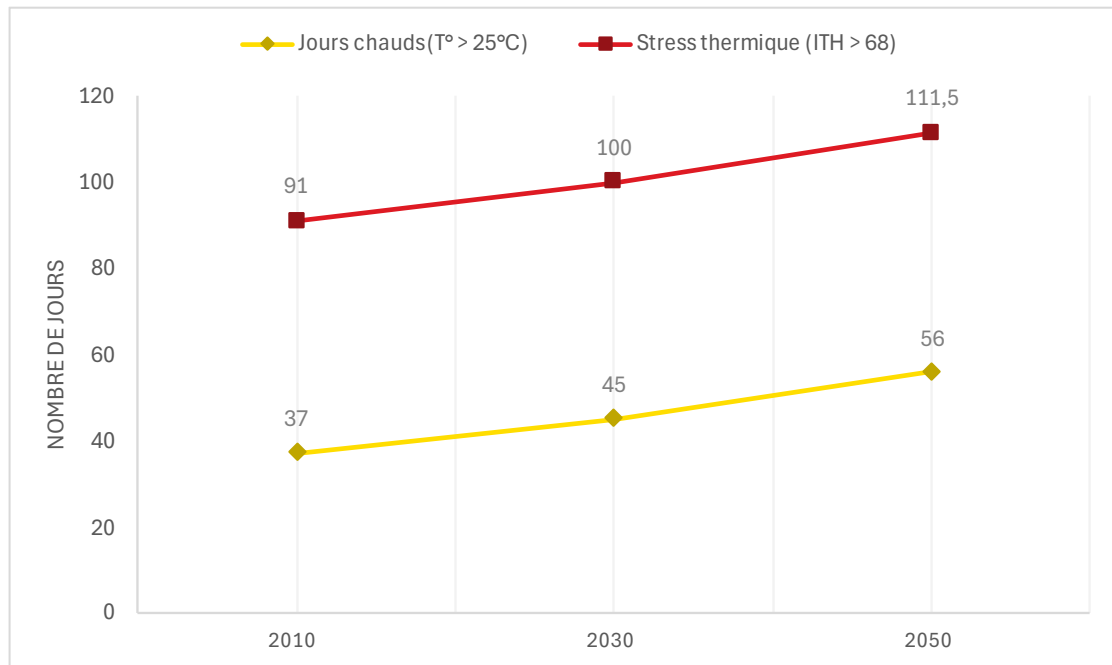


Figure 20 : Evolution dans le temps de la médiane du nombre de jours chauds (température maximale journalière > 25°C) et du nombre de jours de stress thermique (ITH > 68) à Comblès-en-Barrois (source : Climadiag Agriculture)

Ces données montrent que dans un futur proche, nous pouvons nous attendre à une augmentation significative du risque de stress thermique pour les animaux. Or, lorsqu'il fait très chaud et humide, les bêtes peuvent subir des coups de chaleur. Il s'agit d'un stress thermique au cours duquel le bovin ne parvient plus à maintenir sa température corporelle. Il peut alors entrer en hyperthermie et avoir besoin de soins rapides pour éviter de graves complications.

Or, plusieurs études montrent que la température de l'air est généralement inférieure sous panneaux au printemps et en été. De plus, les variations journalières de températures sont significativement plus faibles sous les panneaux, avec des températures maximales pouvant être 6°C plus fraîches et des températures minimales 2,4°C plus chaudes (Armstrong et al., 2016 ; Hassanpour Adeg et al., 2018 ; Barron-Gafford et al., 2019). Ainsi, en modifiant le microclimat et en faisant office de protection physique contre le soleil, la présence d'ombrières sur les parcelles permettrait aux animaux de s'abriter, facilitant la régulation de leur température corporelle et favorisant leur bien-être.

Nous pouvons par ailleurs citer les travaux de Alyssa Andrew pour l'Université d'Oregon sur le comportement du bétail sous panneaux qui démontre que les animaux restaient beaucoup plus souvent sous les panneaux qu'au niveau des inter-rangs. Leur poids ainsi que leur consommation en eau ont également été analysés, et tandis que leur engraissement était au minima identique voire supérieure leur consommation en eau a diminué de 0,72L par jour par agneau (Andrew et al., 2021).

2.5.3 Production fourragère

a. Impacts identifiés dans la littérature

La modification du microclimat par les panneaux a une incidence sur la production des prairies que ce soit en termes de qualité ou de quantité. Bien que les résultats soient nuancés, les retours d'expérience existants semblent montrer que l'ombrage est favorable à la production d'herbe, tout particulièrement lors des périodes de fortes chaleurs. Le couvert végétal peut être affecté négativement à certaines périodes de l'année mais le potentiel fourrager global est à priori conservé sur la période de pâturage (Idele, 2021).

Il semblerait, entre autres, que la production de biomasse sous les panneaux soit supérieure à la production en zone pleinement ensoleillée dans les contextes de déficit hydrique marqué (climat aride, année sèche) (Idele, 2021; Kannenberg et al., 2023). A titre d'exemple, l'étude de Hassanpour Adeg et al. (2018) a trouvé une production de biomasse supérieure de 90% sous panneaux avec une utilisation de l'eau par le couvert 328% plus efficace qu'en zone témoin. Les résultats de l'INRAE et Photosol vont également dans ce sens, avec 125% à 200% de croissance en plus observée sous panneaux en période estivale et un étalement de la ressource fourragère sur l'année (Deboutte, 2021). Toutefois, lorsque le déficit hydrique estival reste modéré, les panneaux auraient plutôt un effet neutre à négatif sur la production de biomasse (Armstrong et al., 2016 ; A. C. Andrew et al., 2021 ; Idele, 2021). Enfin, Madej (2020) souligne qu'en été les panneaux avantagent la qualité du fourrage grâce à la réduction du stress hydrique et thermique. Dans l'étude, la prairie présentait une qualité fourragère supérieure avec un taux d'azote plus élevé et une teneur en fibre plus faible, conséquences de la maturation retardée. A. C. Andrew et al. (2021) montrent également une amélioration de la qualité du fourrage malgré une baisse de la production de biomasse. Cependant, plusieurs études rapportent une baisse de la diversité végétale des prairies sous les panneaux solaires par rapport à l'inter-rang, en observant une majorité de graminées sous panneaux et une majorité de plantes diverses et de légumineuses en inter-rang et en zone témoin (Armstrong et al., 2016; Hassanpour Adeg et al., 2018; Madej, 2020; Idele, 2021).

Nous considérons également les travaux réalisés par l'INRAE sur l'agrivoltaïsme qui permettent de fournir des ordres de grandeur intéressants. A noter tout de même que ces résultats sont des moyennes reliant des systèmes agropédologiques et climatiques distincts et ne doivent pas être considérés comme des données à suivre à la lettre mais plutôt comme des garde-fous en fonction du projet souhaité. Le tableau ci-dessous, extrait des travaux de M. Dupraz, chercheur pionnier au sein de la filière agrivoltaïque, met en garde notamment sur le fait d'utiliser des technologies fixes avec un ombrage supérieur à 50% sur du maïs ou des légumes racines (respectivement 60% et 50% de pertes de production estimées), au contraire des espèces telles que des baies ou les fruits voient des améliorations de rendement avec un ombrage pouvant monter jusqu'à 50%. On s'aperçoit ici qu'il est essentiel de définir le taux d'ombrage de manière rigoureuse en fonction de la culture associée afin d'envisager une amélioration ou au minima un maintien de la production agricole.

Tableau 3 : Tableau indiquant l'impact de l'ombrage sur le rendement de plusieurs cultures.

Table 4 Changes in the RPY of agrivoltaic crops as deduced from Laub et al. (2022) synthesis for 25% and 50% shade ratios

Crops	n	25% shade (proxy for GCR = 20%)	50% shade (proxy for GCR = 45%)
Berries	5	+15%	0%
Fruits	7	+10%	0%
Fruity vegetables	3	+5%	-5%
Leafy vegetables	4	0%	-25%
C3 Cereals	10	-20%	-45%
Maize	10	-40%	-60%
Root crops	2	-25%	-50%
Grain legumes	14	-30%	-60%
Forages	11	0%	-20%
Weighted (by n) Average	66	-14%	-35%

The RPY change values were deduced from the fitted curves

b. L'évolution du déficit hydrique et du stress thermique des prairies

Dans le cas du GAEC CERES, la figure 21 montre que le déficit hydrique en été va augmenter à Combles-en-Barrois dans les prochaines décennies (+ 60 mm environ). L'apport d'ombrage par les panneaux permettrait de diminuer l'évapotranspiration et donc le déficit dans la période estivale. Au vu des retours d'expérience présentés plus haut, cette réduction du stress hydrique peut s'avérer bénéfique pour la production fourragère, en améliorant la disponibilité en eau pour les cultures destinées à l'alimentation animale pendant les périodes de fortes chaleurs.

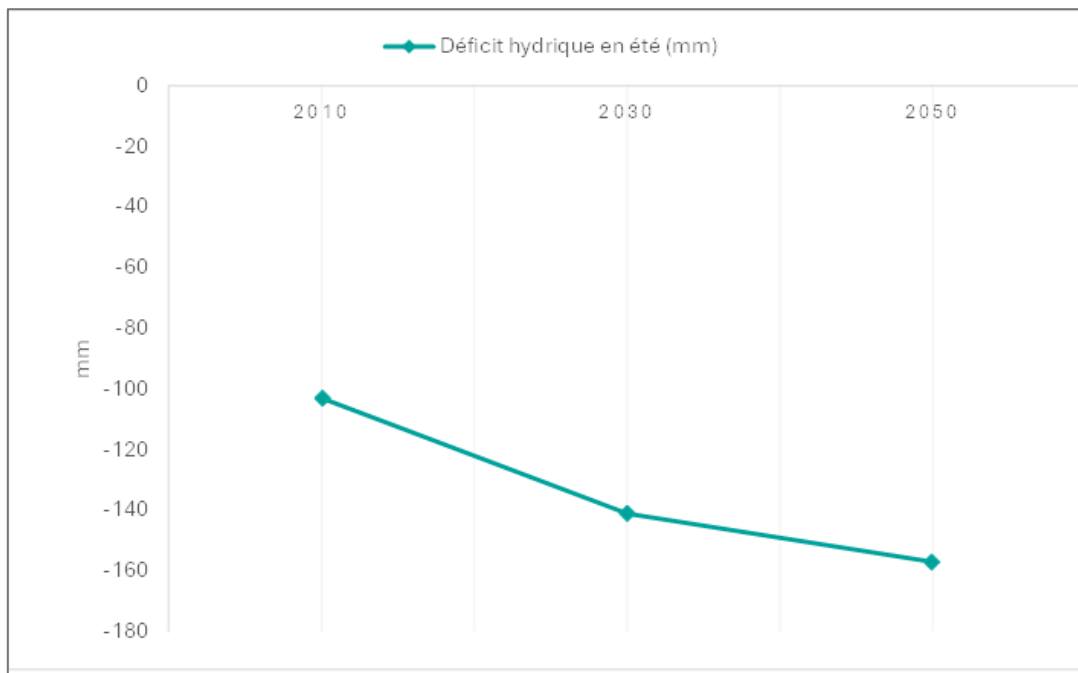


Figure 21 : Evolution du stress hydrique en été à Combles-en-Barrois de 2010 à 2050 (en mm).

c. Modélisation de l'irradiance du site

Afin de dimensionner au mieux ses projets agrivoltaïques en gardant en tête les travaux des différents chercheurs cités, chez Synerdev nous avons décidé d'internaliser un bureau d'étude spécialisé en modélisation 3D et analyse de données. Ces équipes, couplées aux analyses fournies par nos ingénieurs agronomes nous permettent d'obtenir des ordres grandeurs concernant l'ombrage produit, les pertes d'irradiations futures sous panneaux ainsi que les pertes en activité photosynthétiques.

Notre outil de modélisation nous permet de connaître l'impact de chaque structure sur la luminosité sous panneaux sur une période donnée. Notre analyse peut donc se concentrer sur une semaine, une saison ou même toute une année. Grâce aux données météorologiques fournies par France Météo en libre-service et les données EPW nous réalisons toutes nos modélisations via une moyenne des 10 dernières années afin d'obtenir des résultats les plus parlants possibles (en utilisant qu'une seule année nous augmentons le risque de construire notre projet sur des données exceptionnelles et donc non représentatives de la zone).

Ci-dessous, le résultat d'une modélisation annuelle de la répartition de l'irradiance directe sous un arbre à Bar-le-Duc (localisation des données météorologiques utilisées, à 2,97 km du site d'étude).

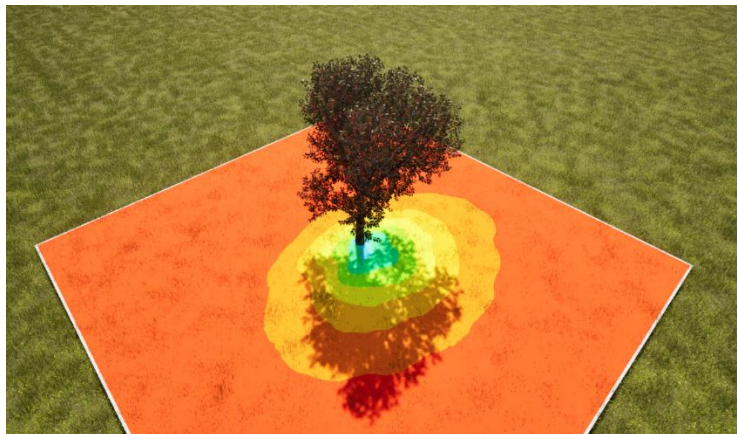


Figure 22 : Illustration du fonctionnement de notre outil de modélisation de l'irradiance directe sur un arbre.

En rajoutant une structure AgriPV sur le site avec un inter-rang choisi nous pouvons donc reproduire les conditions que connaîtra notre prairie et adapter le design de la centrale en fonction.

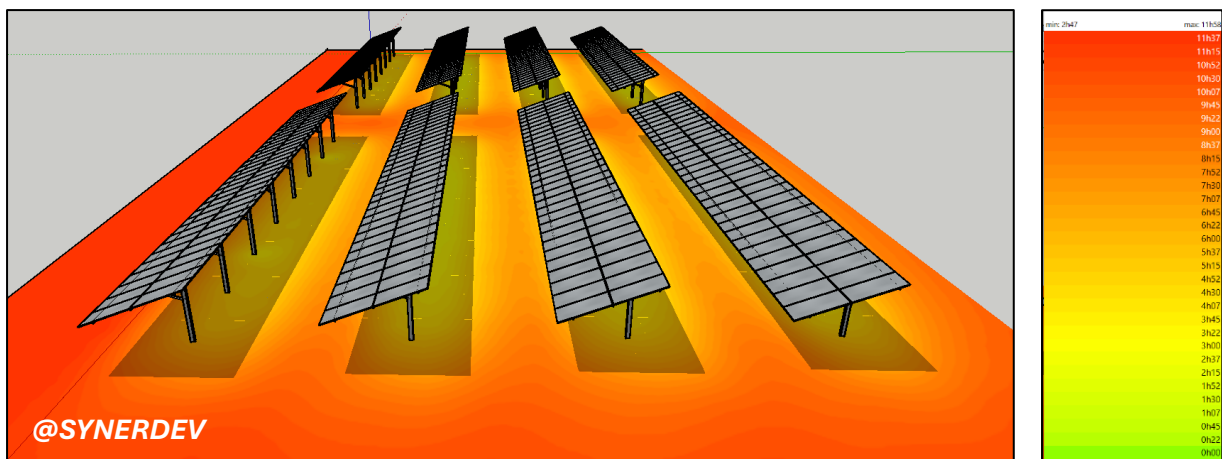


Figure 23 : Exemple de panneaux photovoltaïques agricoles au sein de nos logiciels internes de modélisation d'irradiance directe.

Ces modélisations nous permettront indirectement d'estimer les pertes en activité photosynthétique. En effet, la lumière se compose d'ondes électromagnétiques et de particules appelées photons, chacun portant une énergie spécifique qui dépend de sa longueur d'onde. Le rayonnement solaire comprend un large spectre de photons, avec des longueurs d'ondes variant de 300 à 2500 nanomètres (nm).

Les organismes photosynthétiques interceptent des photons du rayonnement solaire et utilisent leur énergie pour leurs besoins métaboliques. Seuls les photons ayant une longueur d'onde entre 400 et 700 nm sont utilisables dans la photosynthèse : cet ensemble de photons constitue le rayonnement photo synthétiquement actif (ou PAR), qui s'exprime généralement en $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ou μE .

Dans la littérature scientifique, le rayonnement PAR représente entre 40 et 50% de l'énergie solaire globale reçue sur Terre (Jacovides et al., 2004). Ces proportions varient légèrement selon la saison et la latitude.

d. Un inter-rang adapté à la production fourragère

Afin de vérifier si l'inter-rang choisi était idéal pour que la prairie du site de La Belle Epine puisse se développer dans les meilleures conditions nous avons modélisé l'impact de nos panneaux photovoltaïques agricoles sur l'irradiance de notre parcelle en fonction de plusieurs inter-rangs et durant les différentes saisons.

Les panneaux modélisés ici ont tous un point bas à 2m et une inclinaison de 33°, tels qu'ils le seront sur la future centrale.

Ci-dessous la figure 24 résume nos différentes modélisations en fonction de cinq inter-rangs : 5.5m, 7m, 9m, 11m et 15m. Nous nous focaliserons notamment sur les périodes de printemps, été et automne, saisons où le développement végétatif d'une prairie est actif. Nous avons ensuite recueilli au sein du Tableau 4 l'analyse de ces différentes modélisations, nous permettant d'évaluer les pertes potentielles d'irradiance au printemps et la croissance en été et automne.

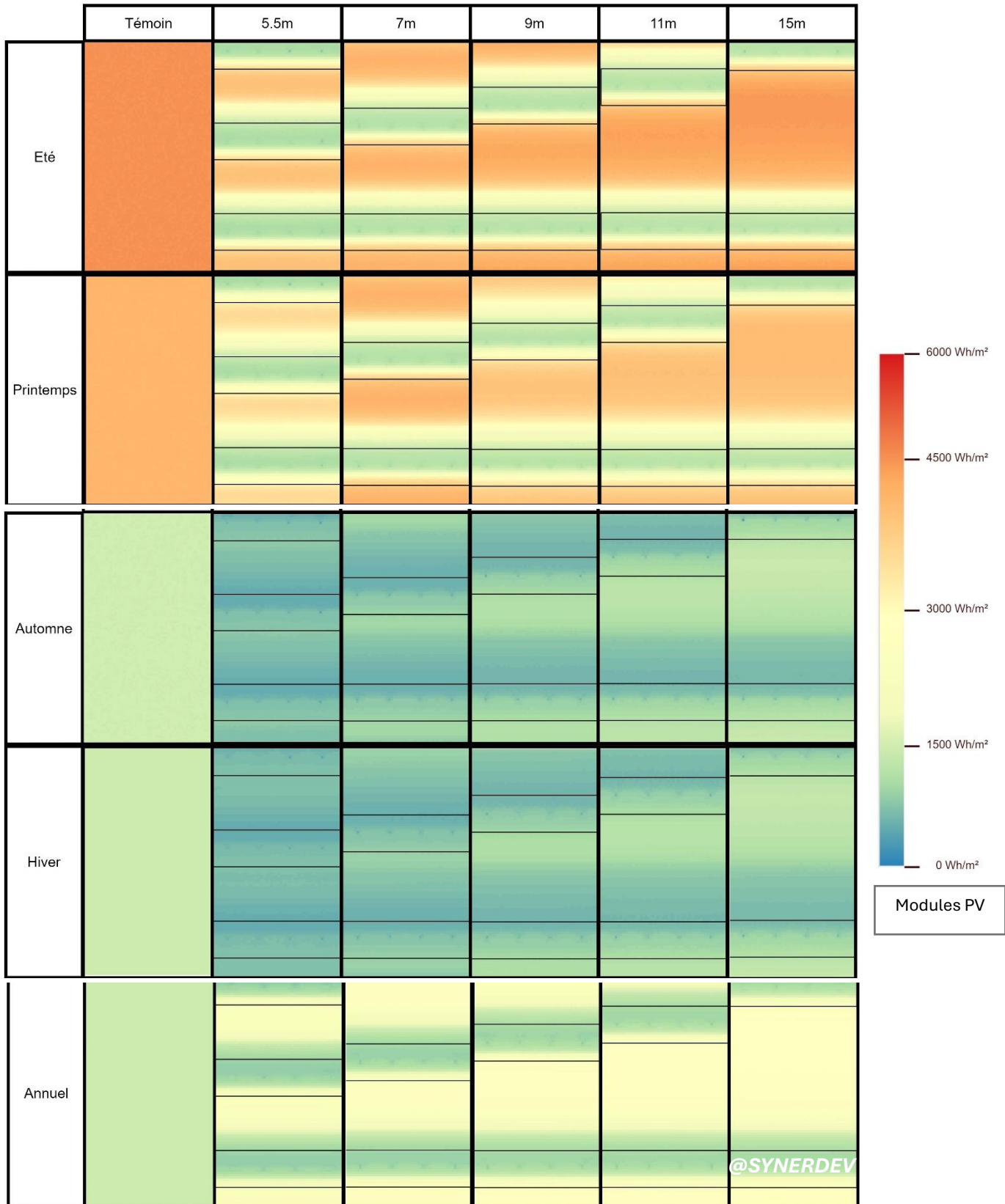


Figure 24 : Comparaison de l'impact des panneaux photovoltaïques agricole sur l'irradiance en fonction de l'inter-rang considéré. La position des panneaux est représentée par les rectangles gris.

Tableau 4 : Résultats des modélisations d'irradiance en fonction des saisons et des inter-rangs sous des panneaux photovoltaïques agricoles.

		Irradiance moyenne journalière (W/m ²)	Pertes d'irradiance moyenne (%)	Gains en irradiance/ 5,5 m (%)	Irradiance journalière moyenne annuelle (W/m ²)	Pertes annuelles en irradiance (%)	Gains en irradiance/ 5,5 m (%)	Taux de couverture (%)
5,5	Printemps	2 360	45		1 550	47		41
	Été	2 605	45					
	Automne	630	55					
	Hiver	604	56					
7	Printemps	2 996	30	15	1 852	37	20	35.3
	Été	2 995	37	8				
	Automne	723	48	7				
	Hiver	694	49	7				
9	Printemps	2 770	35	10	1 849	37	19	29.8
	Été	3 054	36	9				
	Automne	798	43	12				
	Hiver	774	44	12				
11	Printemps	2 829	34	11	1 913	35	23	25.8
	Été	3 107	35	11				
	Automne	871	38	17				
	Hiver	847	38	18				
15	Printemps	3 208	25	20	2 184	26	41	20.3
	Été	3 534	26	20				
	Automne	1 011	28	27				
	Hiver	983	28	28				
Témoïn	Printemps	4 277			2 951	0		
	Été	4 752						
	Automne	1 401						
	Hiver	1 373						

Ce tableau nous permet de mettre en évidence que les pertes d'irradiance sont trop importantes pour des inter-rangs de moins de 5,5 m. En effet, d'après les travaux de l'INRAE ainsi que le décret AgriPV sorti en avril 2024, il est conseillé de viser des Tc en dessous des 40% afin de favoriser le développement du végétal (parfois beaucoup moins pour certaines espèces telles que les céréales ou le maïs). A la suite de nos retours d'expérience sur nos projets expérimentaux et en adéquation avec la volonté de la chambre d'agriculture, nous visons des Tc inférieurs à 30% afin de conserver une irradiance moyenne de 65% en printemps et été sur l'ensemble des parcelles équipées d'ombrières photovoltaïques agricoles.

Un inter-rang de 9.15m tel que celui retenu pour le projet de la Belle Epine caractérisé par un taux de couverture de 29.46% subit des pertes d'irradiance similaires à celles d'inter-rangs présentées plus haut pour un inter-rang de 9m. 65% de l'irradiance est bien conservée en été et au printemps, mais malgré des pertes plus importantes en automne, la proportion globale de l'irradiance est

suffisamment maintenue pour assurer un bon développement de la prairie selon les retours d'expérience existants.

Ce seuil nous permet d'être confiant tant sur une conservation de la production fourragère significative dès le début du printemps qu'une augmentation de la production de biomasse fourragère lors d'années sèches et stressantes. De plus, toujours par le biais de nos projets expérimentaux, nous avons pu constater une baisse de 4 à 7°C sous les panneaux photovoltaïques, créant un microclimat plus agréable pour le bétail, spécifiquement en été. Nous lançons d'ailleurs un suivi zootechnique avec la Chambre d'Agriculture du Gers d'ici la fin d'année 2024, ce dernier nous permettra d'alimenter nos modèles en données empiriques et de vérifier que les panneaux créent véritablement des conditions climatiques plus agréables pour le bétail.

2.6. Description de la zone témoin

Extrait du décret du 8 avril 2024 : « *Pour les installations agrivoltaïques sur élevage, le caractère significatif de l'activité agricole peut être apprécié au regard du volume de biomasse fourragère, du taux de chargement ou encore du taux de productivité numérique* »

Afin de respecter les recommandations du décret, nous avons décidé de mettre en place une zone témoin à l'intérieur de la zone clôturée par l'installation. Cette zone s'étendra du nord de la parcelle est jusqu'à la haie située à l'est de la parcelle, sur une largeur comprise entre la clôture et une distance de 10 mètres du bord des panneaux, afin d'éviter les effets de bord (Figure 25).



Figure 25 : Carte représentant la zone témoin considérée (orange).

Cette zone couvre une superficie totale d'un hectare. Elle inclut des zones de manœuvre agricole et des tournières qui, laissées enherbées pour réduire l'impact du projet sur l'activité agricole, sont représentatives d'un développement sans emprise de panneaux.

Conformément aux prescriptions du décret, l'évaluation de l'impact des panneaux dans le cadre de l'élevage repose principalement sur la qualification de la ressource fourragère, tant en quantité qu'en qualité, ainsi que sur le comportement des animaux. Il n'est donc pas nécessaire d'aménager une zone témoin physiquement séparée de celle couverte par les panneaux.

Cette disposition permet en outre d'observer le comportement des animaux dans une configuration où deux types d'espaces coexistent : une zone sans panneaux et une zone avec panneaux. Cela permettra de mieux déterminer laquelle de ces zones est préférée par les animaux. Par ailleurs, les conditions initiales des zones inter-rangs et de la zone témoin seront identiques, garantissant ainsi une base de comparaison fiable.

3. Un projet accompagné d'un suivi expérimental rigoureux

Dans la continuité des projets expérimentaux qu'elle développe et valorise, Synerdev suggère de mettre en place un suivi expérimental qui aura pour objectif d'étudier l'impact des panneaux sur le microclimat, le sol, le couvert végétal (prairie) et le bien-être animal.

Ce suivi répond à l'obligation d'identification des services d'adaptation apportés par les panneaux solaires et de chiffrage des éventuelles pertes de rendement, conformément au décret sur l'agrivoltaïsme. Cependant, au-delà de cette exigence, il s'agit surtout de comprendre l'évolution du système agricole sous panneaux et d'identifier les leviers d'amélioration pour ces nouvelles configurations. En identifiant ces leviers, nous pourrons non seulement accompagner au mieux le GAEC CERES dans l'optimisation du projet agrivoltaïque, mais aussi perfectionner la conception des futurs systèmes agrivoltaïques développés par Synerdev. Ce suivi a pour ambition d'être réalisé en collaboration avec la Chambre d'Agriculture de la Meuse, l'Institut de l'élevage (Idele) ou un bureau d'étude spécialisé en élevage.

3.1 Suivi du microclimat et du sol

Pour l'étude du microclimat et du sol, Synerdev propose d'installer des stations météo et des sondes capacitatives selon le dispositif présenté en Figure 26.

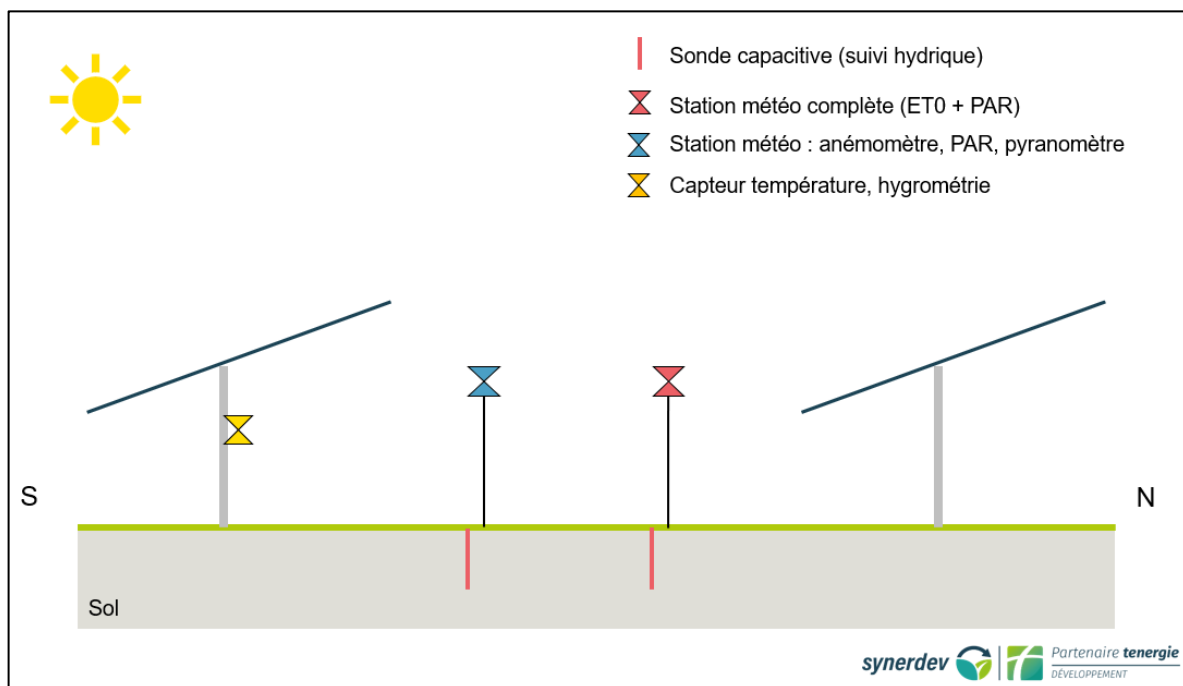


Figure 26 : Dispositif de suivi du microclimat et de l'état hydrique du sol mis en place par Synerdev.

Les stations météo mesureront la vitesse du vent, la pluviométrie, l'irradiance, le rayonnement photosynthétiquement actif (PAR), la température et l'humidité de l'air. Les sondes capacitatives mesureront quant à elles l'humidité et la température du sol à 5, 15 et 25 cm de profondeur. Ces données permettront de caractériser les paramètres exerçant une influence sur les végétaux et le bien-être animal. Il sera par exemple possible de calculer et d'observer l'évapotranspiration (potentielle et réelle), indicateur permettant d'évaluer la demande climatique et le stress

hydrique des plantes. Il sera également possible d'estimer les pertes en activité photosynthétique par la mesure du rayonnement PAR. Les paramètres seront comparés entre différentes modalités et conditions d'ensoleillement.

3.2 Suivi du couvert végétal

Concernant la prairie, le protocole expérimental permettra de :

- Quantifier la production de biomasse / la production fourragère
- Analyser la valeur alimentaire du couvert végétal
- Etudier l'impact de l'ombrage sur la composition floristique du couvert végétal

3.2.1 Paramètres mesurés et schéma expérimental

Tout d'abord, des tests « bêches » et des diagnostics prairies pourront être prévus avant la phase de construction pour réaliser un état initial de la parcelle, puis lors de la mise en service et au bout de cinq ans de suivi pour évaluer l'impact du chantier sur le sol et la prairie.

Ensuite, le Tableau 5 présente les paramètres qui pourront être mesurés et calculés chaque année pour étudier l'influence des modules photovoltaïques sur le couvert végétal. Tous les paramètres seront mesurés et comparés entre trois modalités, à savoir une zone témoin (T), la zone ensoleillée de l'inter-rang (IRe) et la zone ombragée de l'inter-rang (IRo) (Figure 27). Il y aura trois répétitions par modalités et les emplacements des mesures seront mis en exclos grâce à des claies d'élevage galvanisées afin de les protéger du pâturage. Cela représente donc au total neuf répétitions sur l'ensemble du dispositif. Au sein du parc expérimental, les exclos seront répartis sur trois inter rangs différents avec au maximum un exclos des modalités IRe et IRo par inter-rang. Enfin, les exclos seront éloignés du bout des rangées de tables afin d'éviter les effets de bord. La Figure 28 présente une proposition d'emplacement des exclos dans le cas du projet agrivoltaïque de La Belle Epine.

Tableau 5 : Proposition de paramètres de suivis de la prairie.

Production	Masse sèche Masse brute	MB MS
Valeur alimentaire (qualité)	Masse sèche	MS
	Matières Azotées Totales	MAT
	Neutral Detergent Fiber	NDF
	Acid Detergent Fiber	ADF
	Matières Grasses	MG
	Digestibilités amidon	DT amidon
	Glucides solubles	
	Minéraux (Ca, K, MG, P, S, Na, CL)	
	Unité Fourragère	UFL
	Digestibilité de la matière organique	dMO
Protéine Brute, Dégradable, Soluble		
Energie métabolisable	EM	
Composition du couvert végétal	Espèces végétales	
	Diversité spécifique	
	Richesse spécifique (indice de Shannon)	

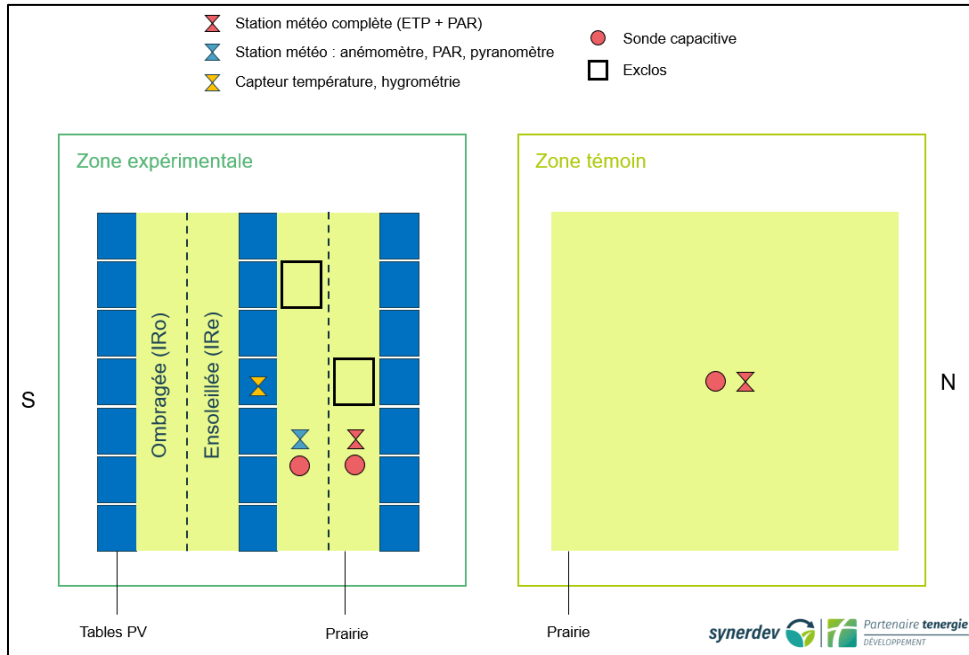


Figure 27 : Schéma expérimental des suivis expérimentaux microclimatique et fourragers.

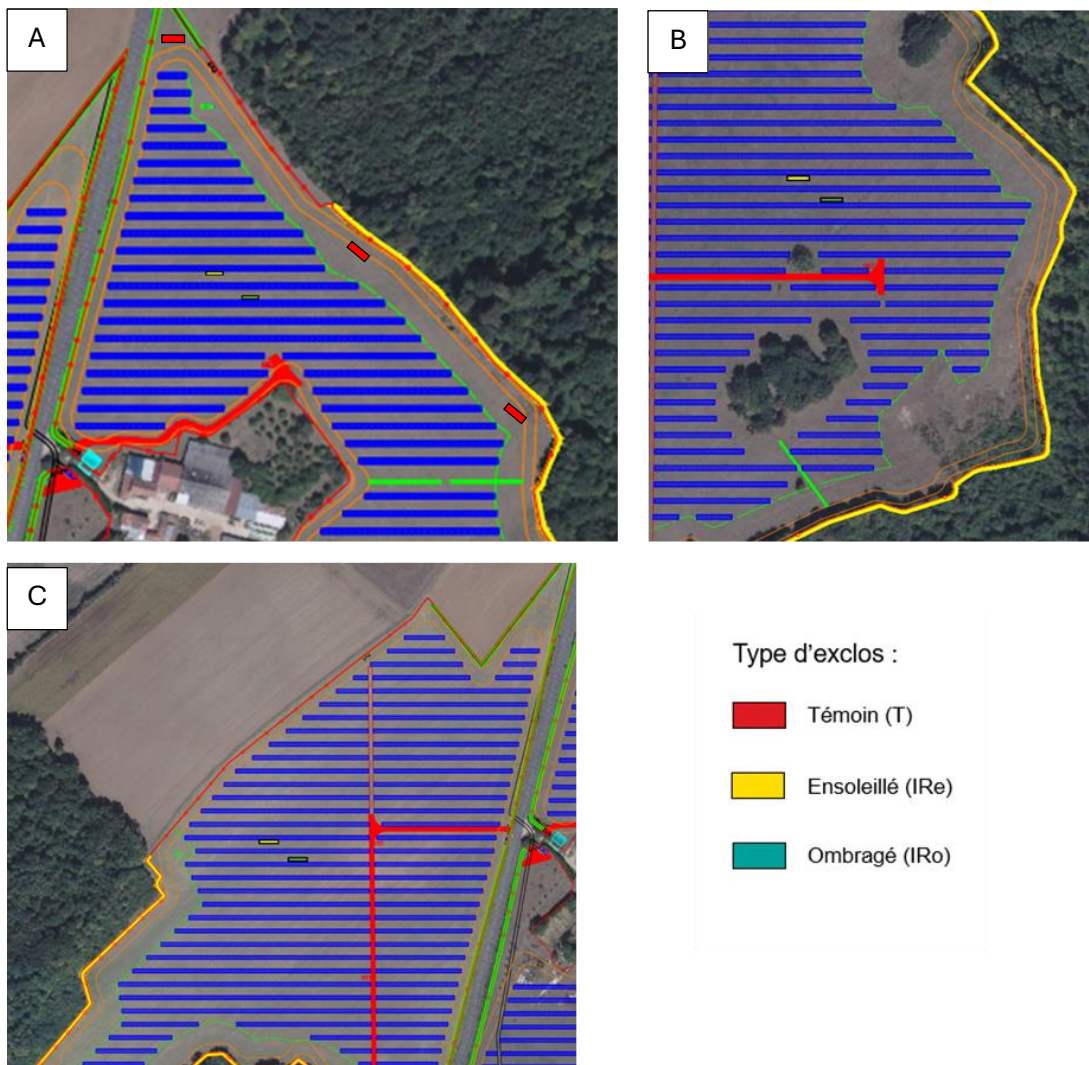


Figure 28 : Emplacement proposés des exclos pour le suivi de la prairie. A : Parcelle Est au nord, B : Parcelle Est au sud, C : Parcelle ouest

3.2.2 Méthode de mesure des paramètres de suivi

Production et rendements

Les paramètres de production de la prairie (Tableau 5) seront mesurés en automne, au printemps et en été. Un mètre carré de biomasse végétale sera collecté en prélevant 10 bandes de 10 cm par 1 m au niveau de chaque exclos. La biomasse sera ensuite pesée avant séchage et après séchage en étuve.

Valeur alimentaire

La valeur alimentaire de la prairie sera analysée deux fois par an pour chaque modalité. Cette analyse aura lieu une fois au printemps et une fois en été. Un seul échantillon de fourrage par modalité sera envoyé à un laboratoire spécialisé pour être analysé. Cela correspond donc à 6 analyses par an au total. Pour une modalité donnée, l'échantillon analysé pourra être un mélange issu des 3 répétitions.

Composition végétale du couvert

La composition du couvert végétal sera étudiée deux fois par an pour chaque modalité. Cette analyse aura lieu une fois au printemps et une fois en été, en même temps que le prélèvement des échantillons de fourrage pour l'étude de la valeur alimentaire. Les résultats de cette étude permettront d'analyser l'évolution des espèces et de la diversité végétale sous influence de l'ombrage et de faire le lien avec la valeur alimentaire du couvert végétal.

Pour cela, des exclos seront aménagés sur plusieurs parties du terrain, à des endroits significatifs de la production totale des parcelles du projet (Figure 28). Nous avons choisi de mettre des exclos à la fois dans la zone ouest du projet qui sera semée en prairie spécifiquement pour ce projet et dans la zone ouest, d'ores et déjà une prairie permanente pour suivre l'évolution des deux cas de figures.

3.2.3 Protocole de suivi du bien-être animal

Au sujet du bien-être animal, Synerdev propose la mise en place d'un suivi zootechnique visant à étudier le comportement et l'état de santé des animaux sous les panneaux (Tableau 6).

Tableau 6 : Proposition de suivi pour l'étude du bien-être animal et des conditions de travail sous les ombrières.

Type de suivi	Paramètres	Occurrence par an	Rendu
Observations au champ	Temps de pâture et de repos Lieu de pâture et de repos Temps passé au soleil et sous les ombrières Blessures (fréquence, nature, cause...)	2 à 4 passages d'une journée	Rapport de synthèse des observations et du ressenti de l'éleveur
Entretien annuel avec l'éleveur	Conditions de travail Etat de santé des animaux Comportement des animaux Blessure des animaux	1	Analyse des résultats en lien avec le microclimat et la ressource fourragère

Les observations au champ permettront de caractériser la manière dont les animaux utilisent les ombrières pour le pâturage et le repos. Ces résultats seront à mettre en lien avec le microclimat, notamment pendant les épisodes de fortes chaleurs lors desquels nous pouvons supposer que les animaux préféreront réaliser leur cycle de vie à l'abri du soleil. Il y aura ainsi une réflexion à avoir sur le choix des journées d'observations selon les hypothèses auxquels nous souhaitons répondre. Nous pouvons proposer une journée d'observation par saison, avec des passages ciblés les journées de fortes chaleurs au printemps et en été. Les résultats seront également à mettre en lien avec les caractéristiques de la prairie en termes de qualité nutritionnel et de production de biomasse.

Par ailleurs, afin de suivre le déplacement des animaux en continu, il est envisageable de les équiper de collier GPS de la marque Digitalimal (Figure 30). Avec ce type de collier, la position des animaux est transmise toutes les 30 minutes ou toutes les heures. Les positions et leur historique est ensuite accessibles via une application disponible sur smartphone, tablette ou ordinateur. Enfin, un entretien annuel avec l'éleveur pourra être réalisé afin de recueillir des informations sur son ressenti en termes de conditions de travail, et ses observations concernant le comportement et l'état de santé des animaux (blessures potentielles).



Figure 30 : Photographie d'une vache avec un collier GPS Digitanimal (Source : Digitanimal)

Bibliographie

ADEME, I Care & Consult, Ceresco, & Cétiac. (2021). *Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme—Guide de classification des projets et définition de l'agrivoltaïsme.*

Andrew, A. C., Higgins, C. W., Smallman, M. A., Graham, M., & Ates, S. (2021). Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behavior in Agrivoltaic Production System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 659175. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.659175>

Armstrong, A., Ostle, N. J., & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters*, 11(7), 074016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/074016>

Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2(9), 848-855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>

Deboutte, G. (2021, décembre 21). Premiers résultats de l'étude menée par l'INRAE, JPee et Photosol sur l'impact de l'agrivoltaïsme sur l'herbe. *pv magazine France*. <https://www.pvmagazine.fr/2021/12/21/premiers-resultats-de-letude-menee-par-linrae-jpee-et-photosol-surlimpact-de-lagrivoltaisme-sur-lherbe/>

Digitanimal. (2024). <https://digitanimal.fr/>

Hassanpour Adeg, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*, 13(11) : e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>

Idele. (2021). *L'agrivoltaïsme appliqué à l'élevage des ruminants [Guide à destination des éleveurs et des gestionnaires de centrales photovoltaïques au sol]*. Institut de l'élevage. https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fcc623c51-f314-49db-ad97-84a2f01236b7&cHash=fcbe933737ced21c2045b58027c58396

Jacovides, C.P, F.S Timvios, G Papaioannou, D.N Asimakopoulos, et C.M Theofilou. « Ratio of PAR to Broadband Solar Radiation Measured in Cyprus ». *Agricultural and Forest Meteorology* 121, n° 3-4 (février 2004): 135-40. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.10.001>

Kannenberg, S. A., Sturchio, M. A., Venturas, M. D., & Knapp, A. K. (2023). Grassland carbon-water cycling is minimally impacted by a photovoltaic array. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 238. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00904-4>

Légifrance. (2023, mars 11). Article 54—LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000047294305

Madej, L. (2020). Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur 2 sites prairiaux pâturés [Rapport de stage]. Milieux et Changements Globaux. <https://hal.inrae.fr/hal-03121955>

Maillant S, Party J. P, Muller N, Michel F, Pesy P, Brauer M, Bourot A, Kung A, Barneoud C, Labou L, Purson L, Vauthier Q, Vagner A , Jouart A, Sauzet A, Antoine J.M, Brouant B, 2016. Référentiel Régional Pédologique de la Lorraine (Etude n°31342)

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. (2023, mars 27). Un cadre pour les installations photovoltaïques sur terres agricoles. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. <https://agriculture.gouv.fr/loi-relative-laceleration-des-energies-renouvelables-uncadre-pour-les-installations>

Solagro & Météo France. (2024). Climadiag Agriculture. <https://climadiag-agriculture.fr/>

Annexe 1 : Parcelles cadastrales concernées par le projet agrivoltaïque de La Belle Epine

Numéro	Feuille	Section	Commune	Surface (ha)
317	3	OX	Combles-en-Barrois	0,087
318	3	OX	Combles-en-Barrois	0,273
319	3	OX	Combles-en-Barrois	0,113
321	3	OX	Combles-en-Barrois	1,03
322	3	OX	Combles-en-Barrois	0,102
326	3	OX	Combles-en-Barrois	0,381
327	3	OX	Combles-en-Barrois	0,125
328	3	OX	Combles-en-Barrois	0,463
329	3	OX	Combles-en-Barrois	0,314
345	3	OX	Combles-en-Barrois	0,228
346	3	OX	Combles-en-Barrois	0,846
347	3	OX	Combles-en-Barrois	0,115
348	3	OX	Combles-en-Barrois	0,084
349	3	OX	Combles-en-Barrois	0,341
350	3	OX	Combles-en-Barrois	0,529
351	3	OX	Combles-en-Barrois	0,207
358	3	OX	Combles-en-Barrois	0,833
359	3	OX	Combles-en-Barrois	0,17
360	3	OX	Combles-en-Barrois	0,592
361	3	OX	Combles-en-Barrois	0,166
362	3	OX	Combles-en-Barrois	0,257
363	3	OX	Combles-en-Barrois	0,601
364	3	OX	Combles-en-Barrois	0,329
365	3	OX	Combles-en-Barrois	0,512
366	3	OX	Combles-en-Barrois	0,308
367	3	OX	Combles-en-Barrois	0,115
368	3	OX	Combles-en-Barrois	0,242
369	3	OX	Combles-en-Barrois	0,348
370	3	OX	Combles-en-Barrois	0,179
371	3	OX	Combles-en-Barrois	0,206
382	3	OX	Combles-en-Barrois	1,377
383	3	OX	Combles-en-Barrois	0,226
388	3	OX	Combles-en-Barrois	2,618
389	3	OX	Combles-en-Barrois	22,586
391	3	OX	Combles-en-Barrois	0,571
392	3	OX	Combles-en-Barrois	0,147
393	3	OX	Combles-en-Barrois	6,814
397	3	OX	Combles-en-Barrois	0,206
398	3	OX	Combles-en-Barrois	1,969
399	3	OX	Combles-en-Barrois	0,409
401	3	OX	Combles-en-Barrois	1,436
435	3	OX	Combles-en-Barrois	0,521
436	3	OX	Combles-en-Barrois	0,277
446	3	OX	Combles-en-Barrois	0,032
475	3	OX	Combles-en-Barrois	1,797
476	3	OX	Combles-en-Barrois	0,398
477	3	OX	Combles-en-Barrois	0,083
478	3	OX	Combles-en-Barrois	0,182
		<i>Total</i>		51,88

Annexe 2 : Document type utilisé dans le cadre d'un Appel à Manifestation d'Intérêts Agricole (AMIA)

APPEL A MANIFESTATION D'INTERET AGRICOLE

Projet agrivoltaïque de []

Présentation du site

Le site du futur projet agrivoltaïque se situe sur la commune [], à [] km du bourg et s'étend sur une surface de [] hectares.

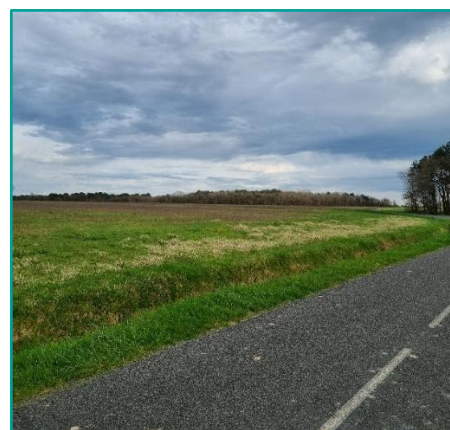


Emplacement de la parcelle

Cette parcelle est en **friche agricole depuis []** (ex : passage d'un broyeur une fois par an pour nettoyer le site). Auparavant, elle était **cultivée en [ex : grandes cultures avec une rotation de colza, blé et orge.]**

[Description du sol], ex : Le sol est non calcaire à tendance limoneuse avec une potentielle hydromorphie et hétérogénéité sur les 13 ha de SAU. Des études pédologiques ont été amorcées et viendront enrichir ces déclarations pour estimer le potentiel agronomique du site.]

Les parcelles limitrophes sont exploitées [préciser nature des parcelles voisines via le RPG / Ex : en grandes cultures : en 2023, il y avait du blé à l'ouest, du maïs et du colza au sud (de l'autre côté de la route), de l'orge et du colza au nord et de l'orge à l'est. La seule exception est une zone en prairie temporaire de 5.6 ha au nord de la zone.]



Photographies de la parcelle depuis la D81. (Synerdev 2024)

Le site ne comporte **pas de haies** à l'heure actuelle malgré la présence de quelques bosquets autour. **L'accès par la route est direct** depuis la D81 comme vous pouvez le voir sur les photos ci-dessus.

Appel à manifestation

Dans le cadre du développement du projet agrivoltaïque [], Synerdev et la commune de [] recherchent un ou plusieurs agriculteurs ou agricultrices afin d'installer une activité agricole pérenne sur cette parcelle.

Ce projet agrivoltaïque étant au stade de développement, Synerdev souhaite par-dessus tout construire et adapter le projet à l'exploitant agricole sélectionné. Ainsi, cet exploitant aura la possibilité de proposer, en coopération avec Synerdev, **un projet agricole adapté à ses besoins, ses contraintes et ses envies.**

Les **avantages de ce projet** pour un exploitant agricole sont :

- L'accessibilité au foncier,
- L'absence de fermage,
- Le versement d'un loyer par hectare exploité et par an
- L'opportunité de pérenniser ou de diversifier son exploitation agricole,
- Être éligible à la PAC.

La nature du projet agricole peut être diverse : de petite ou de grande taille, à but de diversification ou d'intensification de la production agricole déjà existante. Synerdev et la commune [] se tiennent à votre disposition pour vous accompagner.

L'agrivoltaïsme

L'agrivoltaïsme relève désormais du code de l'énergie et est défini comme une installation photovoltaïque dont les modules sont situés sur une parcelle agricole où ils « *contribuent durablement à l'installation, au maintien ou au développement d'une production agricole* ».

Cela implique :

- L'amélioration du potentiel agronomique,
- L'adaptation au changement climatique,
- La protection contre les aléas,
- L'amélioration du bien-être animal.


En résumé, **un projet d'agrivoltaïsme est un véritable projet agricole**, conçu pour soutenir l'agriculture et bénéficier aux systèmes agricoles existants. Pour s'assurer de cela, le décret du 8 avril 2024 fixe la perte de rendement agricole due à un projet agrivoltaïque à 10 % maximum, afin de garantir son utilité et sa viabilité pour les exploitants.

Synerdev - Tenergie

Synerdev est spécialisée dans le **développement de projets de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables**. Nous travaillons exclusivement avec **Tenergie**, producteur indépendant d'énergies renouvelables présent sur la plupart du territoire français.

Tenergie développe, possède et exploite plus de **1600 centrales d'énergies renouvelables**, totalisant 765 MW en France et se classant au **deuxième rang national** dans la production d'énergie solaire selon Finergreen. Depuis 2023, Tenergie agit avec Synerdev afin de développer des projets d'énergies renouvelables les plus pertinents possibles avec et pour le territoire.



Nous avons à cœur d'aborder chaque projet agrivoltaïque en étroite collaboration avec les acteurs du territoire et d'établir une **relation de confiance avec les exploitants et propriétaires agricoles**. Nous remercions d'ores et déjà la commune  et ses élus pour le soutien qu'ils apportent à ce projet.

Chaque projet est unique et est traité en fonction de l'exploitation agricole dont il dépend, de la manière d'exploiter ainsi que du terrain. **La technologie est donc conçue pour assurer une synergie entre la production agricole et la production d'énergie**. Nous adaptons par exemple la disposition des panneaux à la machinerie agricole des exploitants et leur itinéraire technique.




Photographies d'une centrale expérimentale de Synerdev : culture de sarrasin (31)



Modélisations de futures centrales développées par Synerdev



VOUS SOUHAITEZ PARTICIPER A CE PROJET ?

Nous vous invitons à **remplir le formulaire** dès à présent. La mairie  se chargera de nous le transmettre, et nous vous recontacterons aussitôt.

BESOIN DE PLUS D'INFORMATIONS ?

Si vous avez des questions supplémentaires et/ou si vous souhaitez échanger avec nos ingénieurs en amont, nous sommes à votre disposition. Vous pouvez nous joindre via les coordonnées mentionnées en bas de page, par mail ou par téléphone, selon vos préférences.

En vous remerciant pour votre attention.

Contact Synerdev



Thibaut BUSTOS

Responsable AgriPV

thibaut.bustos@synerdev.fr

07 57 76 86 90

www.synerdev.fr

Candidater

Nom :

Prénom :

Age :

E-mail : N° de téléphone :

Quelle est votre activité principale ?

- Grandes cultures
- Elevage
 - Bovin lait
 - Bovin viande
 - Ovin
 - Caprin
 - Porcin
 - Avicole
- Maraîchage
- Autre :

Dans le cas où vous avez une activité d'élevage :

- Précisez la taille de votre cheptel :
.....
- Votre cheptel pâture :
 - En pâturage libre
 - En pâturage tournant
 - Ne pâture pas
- Quelle est votre autonomie alimentaire :
 - Moins de 50 %
 - Entre 50 et 75%
 - Entre 75 et 100%
 - 100%

Avez-vous une ou plusieurs activités agricoles secondaires ?

- Non
- Oui :

Qu'identifieriez-vous comme le problème le plus important sur votre exploitation (exemples : manque de main d'œuvre, irrigation, autonomie alimentaire, maladies) :

.....
.....
.....

Quel est le statut de votre exploitation ?

- SCEA
- GAEC
- EARL
- SEP
- EI
- Autre, précisez :

Quel type d'agriculture réalisez-vous ?

- Agriculture biologique (certifiée)
- Agriculture de conservation (certifiée ou non)
- Conventiionnelle

Nombre d'employés permanents (hors exploitant agricole) :

Adresse de l'exploitation ou distance depuis [nom de la commune] :

.....

Quel est votre objectif en candidatant à cet appel d'offres ?

- Diversifier l'activité de l'exploitation
- Augmenter la surface agricole utile déjà existante
- Augmenter l'autonomie alimentaire
- Autre ou précisions :

.....
.....
.....

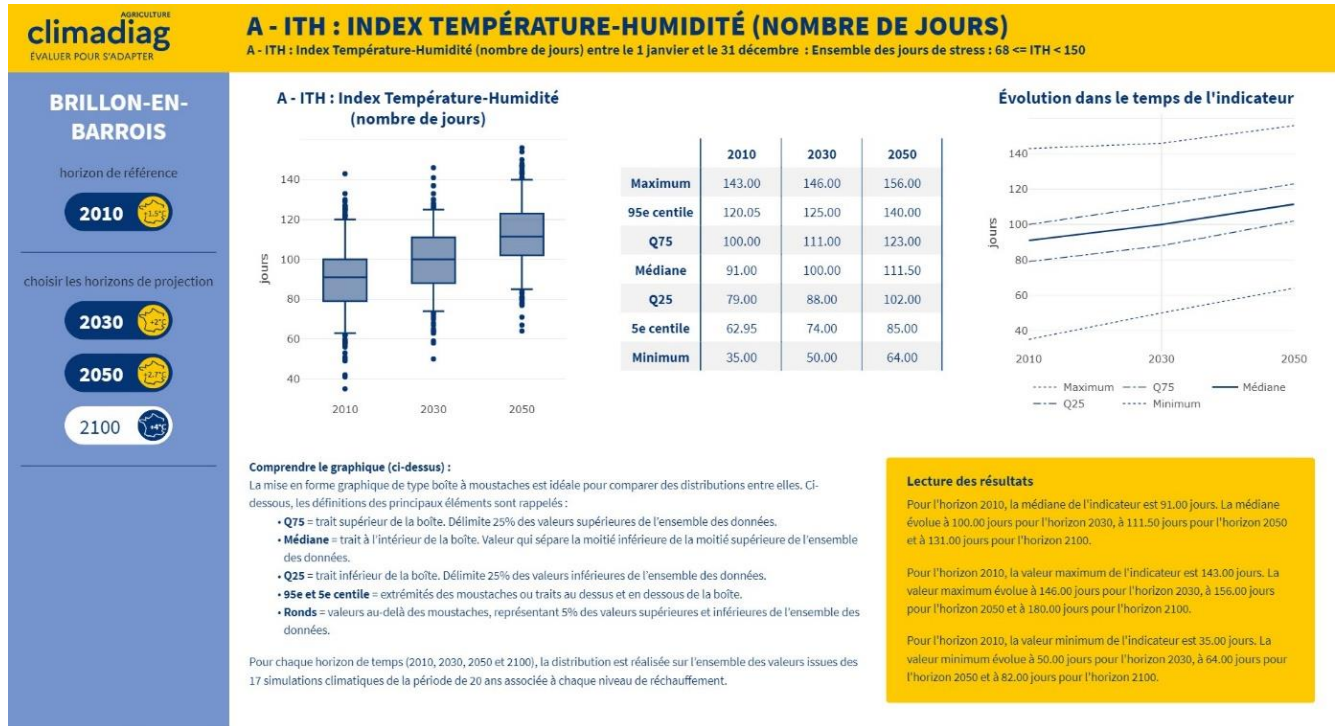
Comment vous qualifieriez-vous ?

- Agriculteur/agricultrice chevronné(e)
- Agriculteur/agricultrice expérimenté(e)
- Agriculteur/agricultrice en début de parcours

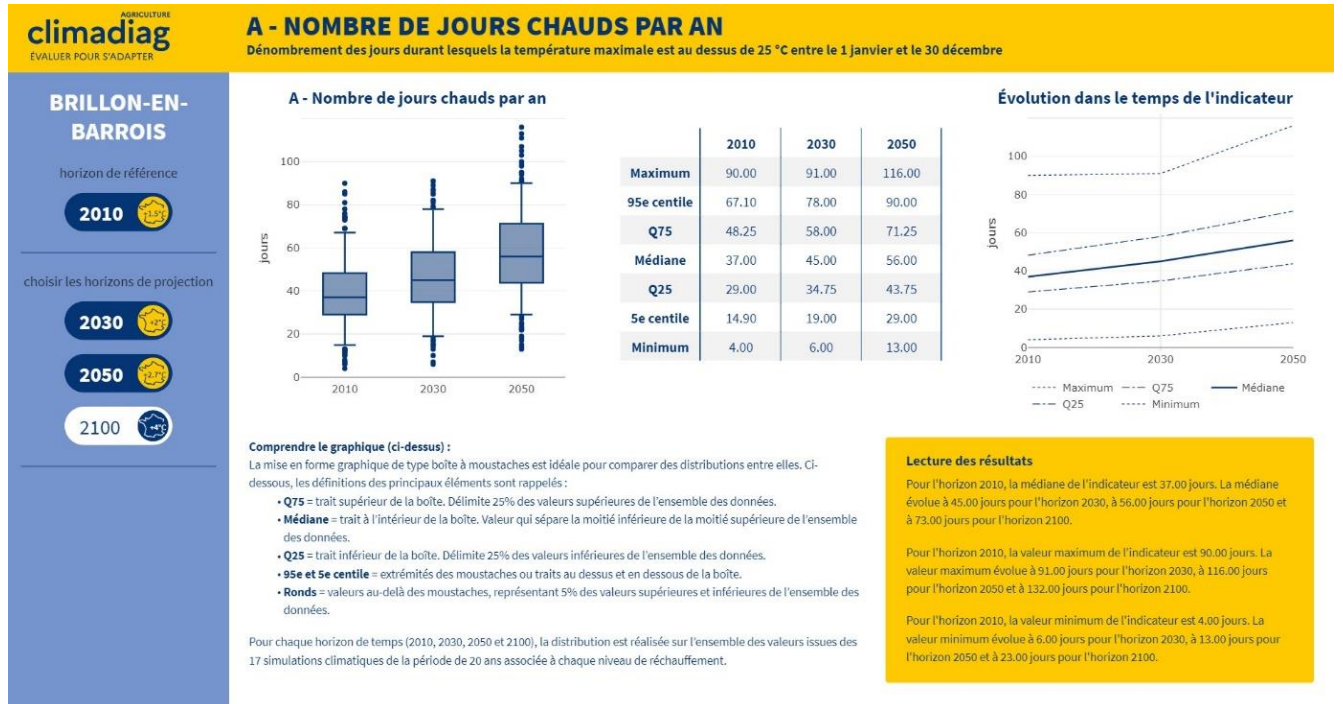
Êtes-vous ou avez-vous déjà été impliqué dans un projet agrivoltaïque, photovoltaïque (hangar agricole) ou éolien ?

- Non
- Oui :

Annexe 3 : Résultats Climadiag de la simulation du nombre de jours chauds par an à Brillon-en-Barrois



Annexe 4 : Résultats Climadiag de la simulation du nombre de jours de stress thermique à Brillon-en-Barrois





Attestation d'affiliation chef d'exploitation

n° 51_DDA_20241216_609



Code de sécurité :

245118C52578BD5Pour contrôler cette attestation
connectez-vous :<http://verification-attestations.msa.fr>La validité de cette attestation et le détail des informations
contenues peuvent être contrôlés :- en ligne sur notre site marne-ardennes-meuse.msa.frrubrique **services en ligne > vérification d'attestations**

- en contactant la MSA Marne Ardennes Meuse ou son délégataire

Ce contrôle peut être effectué pendant un an après publication de l'attestation.

M PELLETIER SEBASTIEN

LE TUMOIS

55000 BRILLON EN BARROIS

La MSA Marne Ardennes Meuse certifie que :

Monsieur PELLETIER SEBASTIEN

LE TUMOIS

55000 BRILLON EN BARROIS

1870455029037est affilié(e) en qualité de membre de société non salarié agricole auprès de notre
organisme depuis le 01/10/2009.

A la date du 16/12/2024 :

- l'activité est exercée à titre principal.

- la superficie mise en valeur est de 284,4520 ha

*Attestation délivrée pour servir et valoir ce que de droit, produite par la MSA sous forme
dématérialisée dans les conditions de sécurité requises par la loi.*

Le Directeur



Code de sécurité :

255146C6B3ADCC0

Pour contrôler cette attestation

connectez-vous :

<http://verification-attestations.msa.fr>

La validité de cette attestation et le détail des informations contenues peuvent être contrôlés :

- en ligne sur notre site marne-ardennes-meuse.msa.fr

rubrique **services en ligne > vérification d'attestations**

- en contactant la MSA Marne Ardennes Meuse ou son délégataire

Ce contrôle peut être effectué pendant un an après publication de l'attestation.

M PELLETIER SEBASTIEN

LE TUMOIS

55000 BRILLON EN BARROIS

La MSA Marne Ardennes Meuse certifie que :

Monsieur PELLETIER SEBASTIEN

LE TUMOIS

55000 BRILLON EN BARROIS

1870455029037

a adhéré auprès de notre organisme à l'ATEXA (Assurance contre les Accidents du travail et les Maladies Professionnelles des Non Salariés Agricoles) à compter du 01/10/2009.

Attestation délivrée pour servir et valoir ce que de droit, produite par la MSA sous forme dématérialisée dans les conditions de sécurité requises par la loi.

Le Directeur