

Correspondance du projet Xertigny au caractère agrivoltaïque

L'Agrivoltaïsme a été défini aux termes de la **loi n°2023-175 du 10 mars 2023**, dont l'application est encadrée par le **Décret n° 2024-318 du 8 avril 2024** et l'**Arrêté du 5 juillet 2024**. Ce document reprend point par point les articles des textes réglementaires ci-dessus, soit par éléments de caractérisation du projet soit par des actions à mener en phase d'exploitation d'après notre interprétation des textes actuellement disponibles à ce jour, le 20 Novembre 2024. Dès lors que de nouveaux documents seront disponibles et apporteront des compléments d'interprétation, les actions à mettre en œuvre seront adaptées.

Table des matières

1. Description du projet agrivoltaïque	2
1.1. La parcelle	2
1.2. Agriculteur actif	3
1.3. Parcelle témoin	3
2. Garantir l'activité agricole	4
2.1. Production agricole significative	4
2.2. Production agricole est l'activité principale	6
3. Services à démontrer	9
3.1. Potentiel et impacts agronomiques	9
3.2. Changement climatique	9
3.3. Protection contre les aléas climatiques	11
3.4. Bien-être animal	12
4. Exploitation durable	14
4.1. Revenu durable	14
4.2. Installation réversible	15
.....	
Annexe 1 : Attestation MSA	17
Annexe 2 : Le développement de l'agrivoltaïsme et ses synergies	18
Annexe 3 : Acronymes	24

1.2. Agriculteur actif

DECRET : « ART. R. 314-109. – POUR L'APPLICATION DE L'ARTICLE L. 314-36, EST CONSIDEREE COMME AGRICULTEUR ACTIF TOUTE PERSONNE PHYSIQUE OU MORALE QUI REpond AUX CONDITIONS DE L'ARTICLE D. 614-1 DU CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME »

Détails Article D. 614-1

Les exploitants agricoles du projet sont Monsieur Patrick ROLLOT et Constance HELMSTETTER, dirigeants de la SCEA du Coteau, déclaré au greffe d'Epinal en activité d'élevage de vaches laitières (code naf 0141Z) . Ils sont exploitants agricoles actifs comme le montre l'attestation MSA en Annexe 1 / avec kbis société

1.3. Parcelle témoin

DECRET : « ART. R. 314-114. – I. – POUR L'ENSEMBLE DES INSTALLATIONS AGRIVOLTAÏQUES HORS ELEVAGE, LA PRODUCTION AGRICOLE EST CONSIDEREE COMME SIGNIFICATIVE, AU SENS DU II DE L'ARTICLE L. 314-36, SI LA MOYENNE DU RENDEMENT PAR HECTARE OBSERVE SUR LA PARCELLE MENTIONNEE A L'ARTICLE R. 314-108 EST SUPERIEURE A 90 % DE LA MOYENNE DU RENDEMENT PAR HECTARE OBSERVE SUR UNE ZONE TEMOIN OU UN REFERENTIEL EN FAISANT OFFICE.

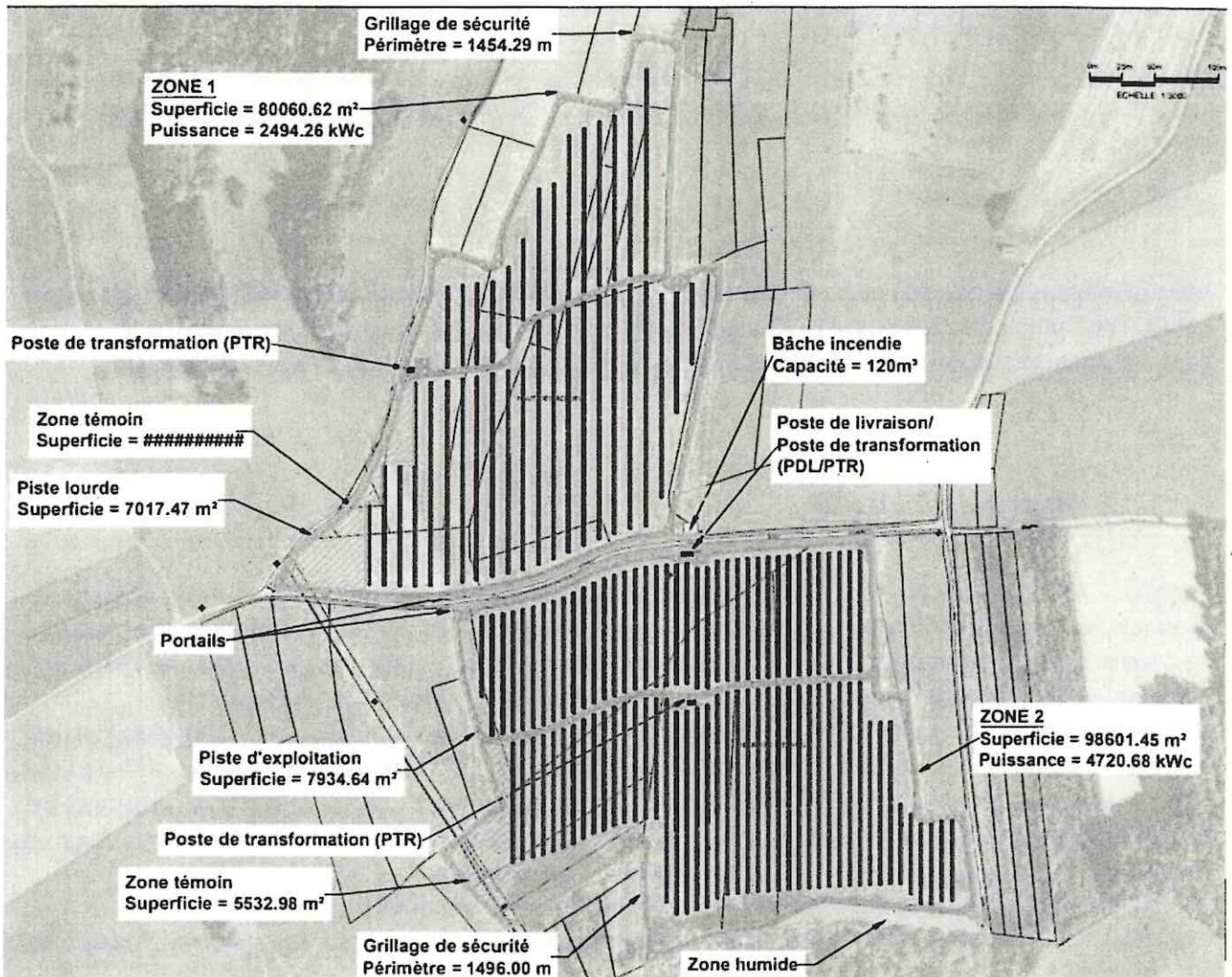
LE PREFET DU DEPARTEMENT PEUT REDUIRE LA PROPORTION MENTIONNEE A L'ALINEA PRECEDENT SOIT, SUR DEMANDE DUMENT JUSTIFIEE, POUR UN PROJET SOUMIS A DES EVENEMENTS IMPREVISIBLES, SOIT SI L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE PERMET UNE AMELIORATION SIGNIFICATIVE ET DEMONSTRABLE DE LA QUALITE D'UNE PRODUCTION AGRICOLE, PAR COMPARAISON AVEC DES REFERENCES ANTERIEURES DANS LE CAS D'UNE PRODUCTION AGRICOLE PREEXISTANTE, OU PAR COMPARAISON AVEC LA ZONE TEMOIN OU LE REFERENTIEL EN FAISANT OFFICE EN CAS DE NOUVELLE PRODUCTION.

II. – LA ZONE TEMOIN MENTIONNE AU I EST UNE PARCELLE REpondANT AUX CONDITIONS SUIVANTES :

- 1 REPRESENTER UNE SUPERFICIE D'AU MOINS 5 % DE LA SURFACE AGRIVOLTAÏQUE INSTALLEE, DANS UNE LIMITE D'UN HECTARE ;
- 2 ÊTRE SITUEE A PROXIMITE DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE ;
- 3 NE COMPORTER NI INSTALLATION EQUIPEE DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES NI INSTALLATION OU ARBRE APPORTANT DE L'OMBRE ;
- 4 CONNAITRE DES CONDITIONS PEDOCLIMATIQUES EQUIVALENTES ;
- 5 ÊTRE CULTIVEE DANS LES MEMES CONDITIONS QUE LA PARCELLE SUR LAQUELLE EST SITUEE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE. »

Dans le cas du pâturage, la zone témoin n'est pas requise. Toutefois nous la présentons ici car elle est nécessaire pour la suite des attendus règlementaires, notamment les services. Nous estimons nécessaire que la pression de pâturage soit homogène dans la zone témoin et la centrale.

Ayant une Zone Nord et une Zone sud avec des écartements de trackers différents, nous souhaitons mettre en place deux zones témoins, une sur chaque zone afin d'avoir le meilleur suivi possible. Ces deux zones ont des milieux physiques similaires et un mode d'exploitation qui est aujourd'hui le même (en fauche/pâturage) et le restera après construction par l'agriculteur. Un suivi poussé sera mis en place en partenariat avec L'ENSAIA Nancy.



2. Garantir l'activité agricole

2.1. Production agricole significative

ARRETE : « 2° POUR LES INSTALLATIONS AGRIVOLTAÏQUES SUR ELEVAGE, DURANT LES CINQ PREMIERES ANNEES SUIVANT L'ACHEVEMENT DES TRAVAUX AU SENS DE L'ARTICLE L. 462-1 DU CODE DE L'URBANISME DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE, LA MOYENNE DE L'INDICATEUR PERTINENT RETENU EST CALCULEE COMME LA MOYENNE DE CET INDICATEUR DEPUIS L'ACHEVEMENT DE L'INSTALLATION. PASSE CE DELAI, ELLE EST CALCULEE COMME LA MOYENNE DE L'INDICATEUR PERTINENT RETENU SUR LES CINQ DERNIERES ANNEES, EN EXCLUANT LA VALEUR LA PLUS ELEVEE ET LA VALEUR LA PLUS FAIBLE. DANS CE CAS, LA PRODUCTION AGRICOLE EST CONSIDEREE COMME SIGNIFICATIVE LORSQUE LA MOYENNE DE L'INDICATEUR PERTINENT RETENU SUR LA PARCELLE AGRIVOLTAÏQUE EST SUPERIEURE A 90 % DE LA MOYENNE DE L'INDICATEUR PERTINENT RETENU SUR LE REFERENTIEL EN FAISANT OFFICE ; »

ARRETE : « 3° DANS LE CAS D'UNE INSTALLATION SUR ELEVAGE RUMINANT, LES INDICATEURS PERTINENTS RETENUS SONT LA PRODUCTION DE BIOMASSE FOURRAGERE ET LE TAUX DE CHARGEMENT. LE CRITERE MENTIONNE AU 2° DOIT ETRE VERIFIE CUMULATIVEMENT SUR CES DEUX INDICATEURS, DE LA MANIERE SUIVANTE :

- LA PRODUCTION DE BIOMASSE FOURRAGERE EST MESUREE A L'ECHELLE DE LA PARCELLE AU SENS DE L'ARTICLE R. 314-108 DU CODE DE L'ENERGIE ;

- LE TAUX DE CHARGEMENT EST MESURE A L'ECHELLE DE LA SURFACE EXTERIEURE ACCESSIBLE AUX ANIMAUX DE L'EXPLOITATION AGRICOLE ; »

2.1.1. Production de biomasse

La surface non exploitable du projet représente environ 8,5 % de la surface clôturée du projet. Ainsi cette surface sera perdue pour la production agricole. Toutefois, les premières études françaises sur l'impact des centrales photovoltaïques et agrivoltaïques sur la pousse de l'herbe tendent à des effets positifs sur la production globale. C'est en effet ce qui ressort des premières études en France sur PV au sol avec production herbagère : Deiss (2024) et l'étude de l'INRAE, Baywa r.e. et Valorem (*AgriVoltaics, Denver, 2024*) concluent à une biomasse plus importante en quantité et qualité sous les panneaux. Le projet de Latou (*AgriVoltaics, Denver, 2024*) a même un rendement global sur l'année de 30% supérieur sous les panneaux. A contrario, Madej (2020) conclut à une détérioration de la qualité de prairie malgré un maintien du rendement. (Une note bibliographique confortant nos choix des services apportés par l'agrivoltaïsme est disponible en Annexe 3.) Ainsi si l'on considère des **rendements constants**, la perte de biomasse sera uniquement sur la surface inexploitable. De fait, la **production de biomasse sera supérieure à 90%**.

L'historique de la production de biomasse herbagère n'est pas une donnée disponible. En effet, le suivi de la pousse de l'herbe et la tenue du calendrier de pâturage ne sont pas des pratiques actuelles de l'exploitant. Ainsi plutôt que de comparer l'impact de la centrale AgriPV sur la production de biomasse, nous considérons que la zone témoin servira de référentiel fiable. Afin d'assurer le suivi de la production de biomasse, Qair assurera un suivi de la centrale agrivoltaïque. Ce suivi comportera 3 modalités : la zone témoin, la surface sous les panneaux et la surface entre les panneaux (ou inter-rang).

La biomasse fourragère disponible peut se mesurer à l'**herbomètre** en ferme commerciale. Tout suivi sera réalisé par un **organisme indépendant n'ayant pas participé au projet sous quelque manière**. Un technicien mesurera de **mars à novembre**, la biomasse disponible.

L'ombrage influe sur le taux de Matière Sèche (MS) de la prairie, notamment en période séchante/estivale. Or la MS détermine le coefficient de densité à utiliser par l'herbomètre. Ainsi des **mesures de MS** seront aussi réalisées à des phases clés sur chaque modalité (sous-panneaux, inter-rang et témoin) par le technicien.

Afin de compléter ces données et mieux comprendre la valorisation de la biomasse herbagère, Monsieur ROLLOT, l'éleveur, tiendra un **calendrier de pâturage**. Il se remplit au pas de temps journalier. Il enregistrera les données suivantes :

- la date ;
- la parcelle et ou cellule de pâturage ;
- le lot d'animaux et catégorie ;
- leur nombre ;
- s'il y a apport de fourrage et ou de concentrés, la quantité par type ;
- Intervention mécanique, si récolte quantité ;

Ces données pourront être analysées pour mettre en valeur l'usage et la valorisation de l'ensemble du parcellaire y compris les cellules de pâturages de la centrale agrivoltaïque. Une analyse plus approfondie est réalisable par des outils d'agrégation des données herbomètre et calendrier de pâturage permettant d'évaluer le rendement des parcelles.

2.1.2. Chargement

Aujourd'hui, l'exploitation agricole possède une Surface Agricole Utile (SAU) totale de 110 hectares, composée de **59 % de prairies permanentes**, **9 % de grandes cultures** (triticale, pois, sorgho) et **32 % de fourrages** (luzerne et légumineuses). La centrale agrivoltaïque représentera **18,6 hectares**, soit **16,8 % de la SAU totale**, et cette surface est intégrée dans la Surface Fourragère Principale (SFP). La répartition des cultures, telle que déclarée dans la Politique Agricole Commune (PAC), est détaillée en Annexe 2.

Concernant la production animale, le cheptel se compose actuellement de **50 vaches allaitantes** et **45 bovins à l'engraissement**, soit un total de **67 Unités Gros Bovins (UGB)**. Ainsi, le chargement moyen de l'exploitation est actuellement de **0,6 UGB par hectare**, basé sur la SAU totale.

Le projet n'impactera ni les surfaces en SFP ni la taille du cheptel. Par conséquent, **le chargement moyen restera constant**, garantissant ainsi le maintien des équilibres agricoles actuels.

2.2. Production agricole est l'activité principale

2.2.1. Surface non exploitable

DECRET : « I. – POUR GARANTIR QUE LA PRODUCTION AGRICOLE EST L'ACTIVITE PRINCIPALE, CONFORMEMENT AU 10 DU IV DE L'ARTICLE L. 314-36, UNE INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE DOIT SATISFAIRE LES DEUX CONDITIONS SUIVANTES : LA SUPERFICIE QUI N'EST PLUS EXPLOITABLE DU FAIT DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE N'EXCEDE PAS **10 % DE LA SUPERFICIE TOTALE COUVERTE PAR L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE** ; »

La superficie inexploitable sera composée :

- De la piste périphérique, notamment pour le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) d'une superficie de 14 994,44 m² ;
- Du poste de transformation d'une superficie totale de 16 m² ;
- Des pieux d'une surface totale de 0,00007 m² ;
- Des citernes souples d'une surface totale de 103,90 m².

Cela représente donc au total 1,51 ha sur les 17,8 ha clôturés de la centrale agrivoltaïque soit 8,48 %.

A noter que les pistes transversales de chaque îlot auront des usages agricoles (circuit de pâturage et passage de tracteurs pour éviter de futurs ornières).

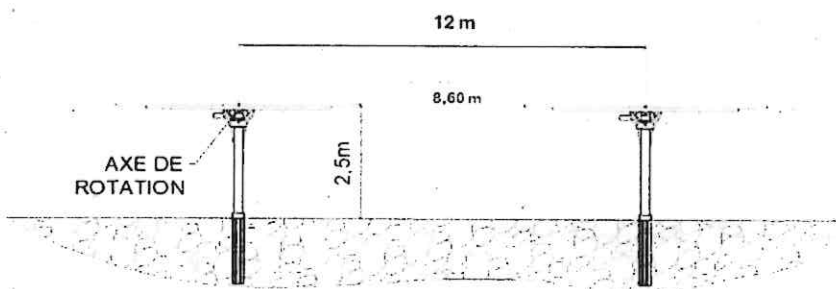
2.2.2. Exploitation normale

DECRET : « LA HAUTEUR DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE AINSI QUE L'ESPACEMENT INTER-RANGÉES PERMETTENT UNE EXPLOITATION NORMALE ET ASSURENT NOTAMMENT LA CIRCULATION, LA SECURITE PHYSIQUE ET L'ABRI DES ANIMAUX AINSI QUE, SI LES PARCELLES SONT MECANISABLES, LE PASSAGE DES ENGINS AGRICOLES. »

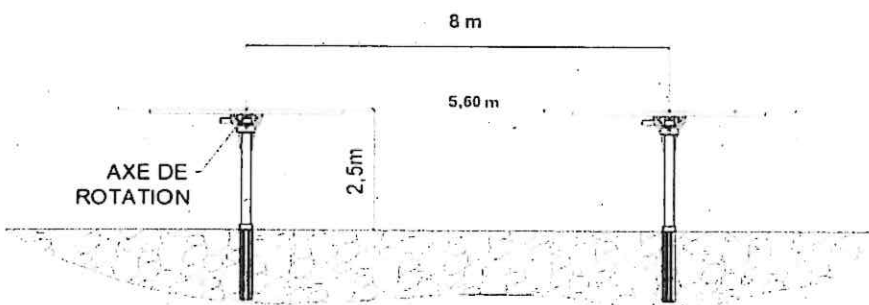
Le design de la centrale (hauteur des structures, distance entre les rangées, largeur des tournières, disposition des pistes internes) a été déterminé avec l'éleveur pour garantir une exploitation dans des conditions optimales :

Les structures sont configurées comme sur le schéma ci-dessous :

Zone Nord :



Zone Sud :



- Le projet a été intégralement construit en prenant en compte les besoins agricoles de l'exploitant.
- Les caractéristiques du projet ont été élaborées avec comme impératif l'adaptation aux contraintes liées à la présence des bovins avec un point bas à 2,50 m
- Une structuration en 2 îlots :
 - Ilot Nord : écartement pieux à pieux : 12 m / Inter rang : 9,6 m
 - Ilot Sud : écartement pieux à pieux : 8 m / Inter rang : 5,6 m

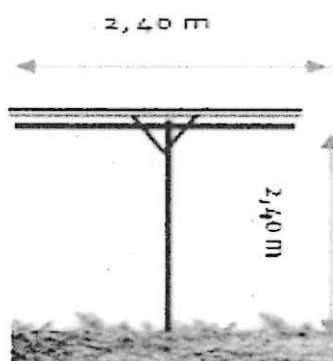
- La solution du tracker permet une liberté de gestion par l'agriculteur en fonction de l'activité agricole (Fauche/pâturage). Elle est adaptée pour le passage des engins de fauche en 9 m et en 4,5

Taux de couverture

DECRET : « II. – POUR LES INSTALLATIONS DE PLUS DE 10 MW CRETE N'ETANT PAS REGIES PAR L'ARRETE MENTIONNE AU 3 DE L'ARTICLE R. 311-115, LE TAUX DE COUVERTURE DEFINI A L'ARTICLE R. 314-119 N'EXCEDE PAS 40 %.

ART. R. 314-119. – LE TAUX DE COUVERTURE D'UNE INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE EST DEFINI COMME LE RAPPORT ENTRE, D'UNE PART LA SURFACE MAXIMALE PROJETEE AU SOL DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES SUR LE PERIMETRE MENTIONNE A L'ARTICLE R. 314-108 DANS DES CONDITIONS NORMALES D'UTILISATION ET, D'AUTRE PART, LA SURFACE DE LA PARCELLE AGRICOLE DEFINIE A L'ARTICLE R. 314-108. »

Pour calculer le taux de couverture, nous nous basons sur un décriptage de la DGEC (29/10/2024) qui considère le taux de couverture comme « **le rapport de la surface projetée des panneaux dans leurs conditions normales d'utilisations sur la surface totale de la parcelle** ». Ainsi, en reprenant le plan de coupe de la centrale ci-dessous :



Nous considérons 2,40 m comme notre la largeur de notre structure. Nous avons 11 637 modules de dimensions 2,70 m². Ainsi, en reprenant la surface agrivoltaïque définie plus précédemment, le taux de couverture de la centrale est de :

$$\text{Surface projetée/ surface agrivoltaïque} = 32\,370,09 \text{ m}^2 / 121\,338,33 \text{ m}^2 = 26,68 \% < 40\%$$

3. Services à démontrer

Cette partie présente les services attendus et les actions mises en œuvre pour démontrer ces services apportés par l'agrivoltaïsme à la production agricole. **Une composante au moins de chaque service sera suivi pour quantifier son amélioration et ou sa non-détérioration (effets positifs et négatifs).** Une note bibliographique plus détaillée des services apportés par l'agrivoltaïsme est disponible en Annexe 3.

3.1. Potentiel et impacts agronomiques

DECRET : « ART. R. 314-110. – LE SERVICE D'AMÉLIORATION DU POTENTIEL ET DE L'IMPACT AGRONOMIQUES MENTIONNE AU II DE L'ARTICLE L. 314-36 CONSISTE, D'UNE PART, EN UNE AMÉLIORATION DES QUALITÉS AGRONOMIQUES DU SOL ET, D'AUTRE PART, EN UNE AUGMENTATION DU RENDEMENT DE LA PRODUCTION AGRICOLE OU, A DÉFAUT, AU MAINTIEN DE CE RENDEMENT OU AU MOINS À LA RÉDUCTION DE LA BAISSE TENDANCIELLE DU RENDEMENT QUI EST OBSERVÉE AU NIVEAU LOCAL. PEUT ÉGALEMENT ÊTRE CONSIDÉRÉE COMME AMÉLIORANT LE POTENTIEL AGRONOMIQUE DES SOLS TOUTE INSTALLATION QUI PERMET UNE REMISE EN ACTIVITÉ AGRICOLE OU PASTORALE D'UN TERRAIN AGRICOLE INEXPLOITÉ DEPUIS PLUS DE CINQ ANNÉES »

Elamri et al. (2018) ont démontré que la répartition spatiale de l'évapotranspiration est corrélée aux radiations perçues au niveau du sol de la centrale AgriPV. Par conséquent, les cultures protégées ont de **plus faibles besoins en eau** (irrigation comprise). L'étude menée par L'INRAE, Baywa r.e. et Valorem (AgriVoltaics, Denver, 2024) a montré une humidité du sol de 11% supérieure sous les panneaux. A long terme, un sol ayant moins subi de sécheresse sera plus **résilient**. En effet, lorsque la sécheresse se prolonge, elle peut aussi avoir pour conséquence une désertification locale, avec des changements profonds dans la structure des milieux. Ainsi nous faisons l'hypothèse que la **centrale agrivoltaïque améliorera ou au moins ne détériorera pas les qualités agronomiques du sol** par une protection contre la désertification locale.

Afin de suivre les qualités agronomiques du sol un diagnostic agro pédologique sera réalisé tous les 5 ans.

D'autre part, pour suivre le rendement, Comme mentionné en partie 2.1.1., la production de biomasse sera suivie par un suivi à l'herbomètre, des mesures de matières sèche ainsi que la tenue d'un calendrier de pâturage.

3.2. Adaptation au changement climatique

3.2.1. Rendement agricole

DECRET : « LE SERVICE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE MENTIONNE AU II DE L'ARTICLE L. 314-36 CONSISTE EN UNE LIMITATION DES EFFETS NEFASTES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SE TRADUISANT PAR UNE AUGMENTATION DU RENDEMENT DE LA PRODUCTION AGRICOLE OU, A DÉFAUT, À LA RÉDUCTION, VOIRE AU MAINTIEN, DU TAUX DE LA RÉDUCTION TENDANCIELLE DU RENDEMENT QUI EST OBSERVÉE AU NIVEAU LOCAL, OU PAR UNE AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE LA PRODUCTION AGRICOLE. »

Weselek et al. (2019) ont émis l'hypothèse que **plus les conditions climatiques sont sévères, plus les bénéfiques de l'AgriPV** sur la production agricole seront augmentés. Les structures AgriPV **gènèrent de l'ombre** sur les surfaces qu'elles occupent. Le **microclimat** généré par les structures tend à tamponner les extrema de températures (Armstrong et al., 2016) et ainsi atténuer les impacts des conditions sévères sur les plantes et le sol. Par exemple, pour la zone fourragère, les prairies ont des **températures de confort** de 25°C pour (Mollier, 2020).

Madej (2020) a mesuré le microclimat en centrale photovoltaïque pâturée en France et a obtenu les résultats suivants : 1) - 3,2 °C à Braize en moyenne sur deux ans, et - 2,4 °C à Marmanhac ; 2) la différence s'accroît lors des mois d'été avec jusqu'à - 6,6 °C dans l'Allier 3) - 4,2°C dans le Cantal en moyenne sur un mois. D'autre part, une étude menée par l'INARE, BayWa r.e. et Valorem (AgriVoltaics, Denver, 2024) en centrale photovoltaïque pâturée en France a eu pour résultat : 1) la température du sol est 3 à 4°C plus faible sous panneaux ; 2) la température du sol est aussi inférieure de 4,8 °C en zone intermédiaire. En émettant l'hypothèse que l'on peut assimiler l'ombrage généré par les ombrières à un ombrage d'agroforesterie, on peut s'attendre à des bénéfices similaires. En cas de sécheresse, la production herbagère en agroforesterie peut être augmentée de 16% (Sibbald, 2006). En zone méditerranéenne, les systèmes agroforestiers semblent permettre de retarder le jaunissement de trois semaines (Dupraz et Liagre, 2008). Ainsi nous faisons l'hypothèse que la **centrale agrivoltaïque améliorera ce service** se traduisant par une réduction de la baisse des rendements.

Cette composante du service peut se mesurer de la même manière que la précédente. En effet, les deux concernent la qualification du rendement.

3.2.2. Régulation thermique

DECRET : « LA LIMITATION DES EFFETS NEFASTES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE S'APPRECIÉ NOTAMMENT PAR L'OBSERVATION DE L'UN DES EFFETS ADAPTATIFS SUIVANTS :

« 10 EN TERMES D'IMPACT THERMIQUE, PAR LA FONCTION DE REGULATION THERMIQUE DE LA STRUCTURE EN CAS DE CANICULE OU DE GEL PRECOCE OU TARDIF ; »

Comme indiqué dans le paragraphe précédent, les structures agrivoltaïques permettent de diminuer la température, jusqu'à -6,6° en été dans l'Allier (Madej, 2020) ce qui permet de tempérer le ressenti thermique en période de canicule.

Le microclimat généré par les structures de la centrale est aussi une **protection** contre le gel (en atténuant les extrema de température). En effet, en fin d'hiver, la température sous les structures photovoltaïques est plus élevée la nuit qu'en inter-rang ce qui induit une absence de gel sous les panneaux (Deiss, 2024). Nous faisons aussi l'hypothèse que la centrale **améliorera** la régulation thermique.

La régulation thermique peut se qualifier par la prise de mesures directes à **hauteur du sol**. En effet, c'est la température ressentie par la végétation qui nous intéresse. Ce suivi sera réalisé par la pose d'une station météorologique avec **3 capteurs de température** :

- 1 sous les panneaux ;
- 1 entre les panneaux ;
- 1 dans le témoin ;

Nous considérons que le pas de temps d'enregistrement permet des données significatives et ainsi une station par modalité est représentative.

3.2.3. Stress hydrique

DECRET : « EN TERMES D'IMPACT HYDRIQUE, PAR LA LIMITATION DU STRESS HYDRIQUE DES CULTURES OU DES PRAIRIES, L'AMÉLIORATION DE L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU PAR IRRIGATION OU LA DIMINUTION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION DES PLANTES OU DE L'ÉVAPORATION DES SOLS, ET PAR UN CONFORT HYDRIQUE AMÉLIORÉ ; »

Nos hypothèses sur l'amélioration du stress hydrique ont été traitées en **partie 3.1**. A noter que les prairies ne sont, aujourd'hui, pas des surfaces irriguées.

Le choix est fait de **ne pas suivre cette composante** car les dispositifs (hors irrigation) sont coûteux, fragiles et peu pratiques pour l'éleveur.

3.2.4. Rayonnement

DECRET : « EN TERMES D'IMPACT RADIATIF, PAR LA LIMITATION DES EXCES DE RAYONNEMENT DIRECT CONDUISANT NOTAMMENT À UNE PROTECTION CONTRE LES BRULURES FOLIAIRES. »

Il est clair qu'en générant de l'ombre, les structures agrivoltaïques diminuent le rayonnement perçu par la prairie. Les retours d'expérience terrain sur les centrales photovoltaïques sur prairie montrent bien que l'herbe reste verte sous les panneaux en **période séchante** comparativement aux prairies alentours et en inter-rang (photographies E. Mortelmans).

Les brûlures foliaires et autres conséquences d'un excès de rayonnement ne sont pas quantifiables sur une prairie en ferme commerciale. Les conséquences de ces excès de radiations pourront être illustrés par un **suivi photographique** en période appropriée. Toutefois, afin de conforter les mesures d'herbomètre, Qair a fait le choix de faire des mesures de **matières sèches**. Ces mesures pourront être une donnée partiellement explicative de ce critère du service d'adaptation au changement climatique.

3.3. Protection contre les aléas climatiques

DECRET : « ART. R. 314-112. – LE SERVICE DE PROTECTION CONTRE LES ALÉAS MENTIONNÉS AU II DE L'ARTICLE L. 314-36 S'APPRECIÉ AU REGARD DE LA PROTECTION APPORTÉE PAR LES MODULES AGRIVOLTAÏQUES CONTRE AU MOINS UNE FORME D'ALÉA MÉTÉOROLOGIQUE, PONCTUEL ET EXOGÈNE À LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION ET QUI FAIT PESER UN RISQUE SUR LA QUANTITÉ OU LA QUALITÉ DE LA PRODUCTION AGRICOLE, À L'EXCLUSION DES ALÉAS STRICTEMENT ÉCONOMIQUES ET FINANCIERS. » *

Les impacts des aléas climatiques sur une prairie sont difficilement quantifiables et mesurables. Les apports de la centrale sur ce service sont semblables à ceux mentionnés en **partie 3.2.2**, soit une protection contre le **stress thermique**. De plus, les structures sont une **protection physique** pour la prairie et les animaux contre tout événement météorologique ponctuel comme la grêle.

Les mesures de **température** précédemment mentionnées ainsi que la mesure de la **biomasse** disponible apporteront des informations concernant ce critère.

3.4. Bien-être animal

DECRET : « ART. R. 314-113. – LE SERVICE D'AMELIORATION DU BIEN-ETRE ANIMAL MENTIONNE AU II DE L'ARTICLE L. 314-36 S'APPRECIE AU REGARD DE L'AMELIORATION DU CONFORT THERMIQUE DES ANIMAUX, DEMONSTRABLE PAR L'OBSERVATION D'UNE DIMINUTION DES TEMPERATURES DANS LES ESPACES ACCESSIBLES AUX ANIMAUX A L'ABRI DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES ET PAR L'APPORT DE SERVICES OU DE STRUCTURES AMELIORANT LES CONDITIONS DE VIE DES ANIMAUX. »

Les animaux ont des **températures de confort** de 5 à 20°C en moyenne pour les brebis (Sagot et al., 2015), et de 3 à 21°C pour les bovins (CNIEL). La hausse des températures due au changement climatique peut impacter négativement ces deux productions en les mettant en **stress thermique** diminuant de ce fait leurs performances. L'été les bovins cherchent de l'ombre.

Le maintien de ces températures de confort est favorisé en AgriPV grâce à la création d'ombrage (Armstrong et al., 2016). Les premiers résultats en centrale photovoltaïque pâturée en France montrent que, en période estivale, (Deiss, 2024) : 1) le stress thermique des brebis est plus faible sous les panneaux que dans le reste de la centrale ; 2) l'état de stress par mesure de la température ressentie n'est jamais dépassé sous les panneaux contrairement au reste de la centrale.

D'autre part, la centrale agrivoltaïque est clôturée sur l'ensemble de son périmètre. La clôture est de type ursus d'une hauteur de 2 mètres avec mise en place passages de petites faunes. Ainsi la centrale agrivoltaïque apporte aussi de meilleures conditions de vie des animaux par la diminution de la pression de prédation, le stress induit et la mortalité.

Ainsi nous faisons l'hypothèse que la **centrale permettra d'améliorer le bien-être animal**.

Un capteur de **température et humidité** sera donc ajouté à chaque modalité (sous panneaux, entre panneaux, témoin) à la **hauteur des animaux** soit 1,2m pour les bovins ayant accès à la centrale.

Ainsi les différents suivis des services sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau récapitulatif des services

Service	Impact attendu	Critère	Mesures
Potentiel et impact agronomique	Neutre ou positif : Protection contre la désertification locale	Soit, d'une part, en l'amélioration des qualités agronomiques du sol et, d'autre part, en l'augmentation du rendement de la production agricole ou, à défaut, du maintien de ce rendement ou au moins de la réduction de la baisse tendancielle du rendement qui est observée au niveau local	herbomètre (dont matière sèche) et calendrier pâturage Analyses de sol
		Soit en la remise en activité agricole ou pastorale d'un terrain agricole inexploité depuis plus de cinq années	
Changement climatique	Positif : Création d'un microclimat favorable aux rendements, une meilleure régulation thermique, une diminution du stress hydrique et une limitation des brûlures foliaires	Consiste en une limitation des effets néfastes du changement climatique se traduisant par une augmentation du rendement de la production agricole / ou, à défaut, à la réduction, voire au maintien, du taux de la réduction tendancielle du rendement qui est observée au niveau local / ou par une amélioration de la qualité de la production agricole	herbomètre (dont matière sèche) et calendrier pâturage
		En termes d'impact thermique, par la fonction de régulation thermique de la structure en cas de canicule ou de gel précoce ou tardif	Température et humidité à hauteur au sol
		En termes d'impact hydrique, par la limitation du stress hydrique des cultures ou des prairies, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau par irrigation ou la diminution de l'évapotranspiration des plantes ou de l'évaporation des sols, et par un confort hydrique amélioré	
		En termes d'impact radiatif, par la limitation des excès de rayonnement direct conduisant notamment à une protection contre les brûlures foliaires	Matière sèche
Protection aléas	Neutre ou positif : Protection contre les canicules, la sécheresse et la grêle	S'apprécie au regard « de la protection apportée par les modules agrivoltaiques contre au moins une forme d'aléa météorologique, ponctuel et exogène à la conduite de l'exploitation et qui fait peser un risque sur la quantité ou la qualité de la production agricole, à l'exclusion des aléas strictement économiques et financiers »	Température et humidité à hauteur au sol
Bien-être animal	Positif : amélioration du confort thermique et diminution de la prédation	« S'apprécie au regard de l'amélioration du confort thermique des animaux, démontrable par l'observation d'une diminution des températures dans les espaces accessibles aux animaux à l'abri des modules photovoltaïques et par l'apport de services ou de structures améliorant les conditions de vie des animaux	Température et humidité à hauteur des animaux

4. Exploitation durable

4.1. Revenu durable

DECRET : « LE REVENU ISSU DE LA PRODUCTION AGRICOLE EST CONSIDERE COMME DURABLE LORSQUE LA MOYENNE DES REVENUS ISSUS DE LA VENTE DES PRODUCTIONS VEGETALES ET ANIMALES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE APRES L'IMPLANTATION DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE N'EST PAS INFÉRIEURE A LA MOYENNE DES REVENUS ISSUS DE LA VENTE DES PRODUCTIONS VEGETALES ET ANIMALES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE AVANT L'IMPLANTATION DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE, EN TENANT COMPTE DE L'ÉVOLUTION DE LA SITUATION ÉCONOMIQUE GÉNÉRALE ET DE L'EXPLOITATION, SELON DES MODALITÉS DÉFINIES PAR ARRÊTÉ. UNE DIMINUTION PLUS IMPORTANTE PEUT ÊTRE ACCEPTÉE PAR LE PRÉFET DU DÉPARTEMENT, EN RAISON D'ÉVÉNEMENTS IMPRÉVISIBLES ET SUR DEMANDE DUMENT JUSTIFIÉE. »

DANS LE CAS DE L'INSTALLATION D'UN NOUVEL AGRICULTEUR, LE REVENU EST CONSIDERE COMME DURABLE PAR COMPARAISON AVEC LES RESULTATS OBSERVES POUR D'AUTRES EXPLOITATIONS DU MEME TYPE LOCALEMENT. »

ARRÊTÉ : « 6° POUR L'APPLICATION DE L'ARTICLE R. 314-117, LES REVENUS ISSUS DE LA VENTE DES PRODUCTIONS VEGETALES ET ANIMALES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE SONT CALCULES SUR LA BASE D'UN EXCEDENT BRUT D'EXPLOITATION, DIMINUE DES REVENUS DIRECTS ET INDIRECTS ISSUS DE L'INSTALLATION « AGRIVOLTAÏQUE ET AUGMENTE, LE CAS ÉCHEANT, DES REMUNERATIONS DU TRAVAIL ET DES COTISATIONS ASSOCIEES. DURANT LES CINQ PREMIERES ANNEES DE VIE DE L'INSTALLATION AGRIVOLTAÏQUE, LA MOYENNE DE CES REVENUS EST CALCULEE COMME LA MOYENNE DES REVENUS DEPUIS LA DECLARATION ATTESTANT L'ACHEVEMENT ET LA CONFORMITE DES TRAVAUX. PASSE CE DELAI, ELLE EST CALCULEE COMME LA MOYENNE DES REVENUS SUR LES CINQ DERNIERES ANNEES, EN EXCLUANT LA VALEUR LA PLUS ÉLEVÉE ET LA VALEUR LA PLUS FAIBLE. »

CES REVENUS PEUVENT, LE CAS ÉCHEANT, ÊTRE INDEXES PAR DES INDICES SPECIFIQUES ET ADAPTES A L'ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION AGRICOLE PRÉSENTE SUR LA PARCELLE DÉFINIE A L'ARTICLE R. 314-108. L'INTRODUCTION DE CES INDICES FAIT L'OBJET D'UNE DEMANDE AUPRES DU REPRESENTANT DE L'ÉTAT DANS LE DÉPARTEMENT. »

L'exploitation agricole concernée par le projet pourra poursuivre à exploiter les parcelles selon les mêmes modalités. La caractérisation des sols restera identique, et les productions agricoles doivent rester équivalentes ou supérieures, en qualité ou en quantité, après la mise en place des panneaux photovoltaïques.

4.2. Installation réversible

LOI : « ART. L. 111-32.-LES OUVRAGES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE A PARTIR DE L'ENERGIE SOLAIRE MENTIONNES AUX ARTICLES L. 111-27 A L. 111-29 SONT AUTORISES POUR UNE DUREE LIMITEE ET SOUS CONDITION DE DEMANTELEMENT AU TERME DE CETTE DUREE OU AU TERME DE L'EXPLOITATION DE L'OUVRAGE S'IL SURVIENT AVANT. CES OUVRAGES PRESENTENT DES CARACTERISTIQUES GARANTISSANT LA REVERSIBILITE DE LEUR INSTALLATION. LE PROPRIETAIRE DU TERRAIN D'ASSIETTE EST TENU D'ENLEVER DANS UN DELAI RAISONNABLE L'OUVRAGE ET DE REMETTRE EN ETAT LE TERRAIN :
« 1° LORSQUE L'OUVRAGE N'EST PAS OU PLUS EXPLOITE OU LORSQU'IL EST CONSTATE QUE LES CONDITIONS DE COMPATIBILITE AVEC L'ACTIVITE AGRICOLE, PASTORALE OU FORESTIERE NE SONT PLUS REUNIES ;
«2° AU PLUS TARD, A L'ISSUE D'UNE DUREE DETERMINEE PAR VOIE REGLEMENTAIRE.
« LORSQUE LE PROJET REQUIERT LA DELIVRANCE D'UN PERMIS DE CONSTRUIRE OU D'UNE DECISION DE NON-OPPOSITION A DECLARATION PREALABLE, SA MISE EN CEUVRE PEUT ETRE SUBORDONNEE A LA CONSTITUTION PREALABLE DE GARANTIES FINANCIERES, NOTAMMENT LORSQUE LA SENSIBILITE DU TERRAIN D'IMPLANTATION OU L'IMPORTANCE DU PROJET LE JUSTIFIE. »

La demande de construction de la centrale est faite pour 35 années d'exploitation.

La réversibilité de l'installation agrivoltaïque est garantie par l'utilisation de technique de fondations adaptées, notamment les pieux battus à environ 2,5 m de profondeur. Les techniques seront adaptées aux résultats de l'étude géotechnique.

Le démantèlement d'un parc photovoltaïque est une opération techniquement simple qui consiste à :

- Arrêter et consigner les équipements électriques (Postes de livraison, Poste transformation, onduleurs et éventuellement boites de jonctions) ;
- Débrancher les câbles constituant les chaînes de modules ;
- Débrancher les rallonges des chaînes de modules à l'onduleur (et/ou boites de jonction) ;
- Débrancher les câbles de production de l'onduleur (et/ou boites de jonction) au poste de transformation ;
- Débrancher les câbles de puissance entre les postes de transformation et le poste de livraison ;
- Enlever les modules des structures porteuses
- Démonter les structures porteuses ;
- Enlever le système d'ancrage au sol ;
- Déterrer les gaines électriques ;
- Enlever les postes électriques (poste de livraison et de transformation) ;
- Déstructurer et exporter les pistes empierrées et les remplacer par un apport de terres végétales ;
- Restituer un terrain propre et conforme à l'état initial constaté par l'expert agricole en amont du de la construction.

Annexe 1 : Attestation MSA



Attestation d'affiliation chef d'exploitation
n° 54_DDA_20250207_223



Code de sécurité :

2554BD921F84123

Pour contrôler cette attestation
connectez-vous :
<http://verification-attestations.msa.fr>

Mme HELMSTETTER CONSTANCE
34 LE RAYEUX
88220 XERTIGNY

La validité de cette attestation et le détail des informations
contenues peuvent être contrôlés :
- en ligne sur notre site lorraine.msa.fr
rubrique services en ligne > vérification d'attestations
- en contactant la MSA Lorraine ou son délégataire
Ce contrôle peut être effectué pendant un an après publication de l'attestation.

La MSA Lorraine certifie que :

Madame HELMSTETTER CONSTANCE
34 LE RAYEUX
88220 XERTIGNY
2770657160020

est affilié(e) en qualité de membre de société non salarié agricole auprès de notre
organisme depuis le 27/11/2020.

A la date du 07/02/2025 :

- l'activité est exercée à titre secondaire.
- la superficie mise en valeur est de 79,6613 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



Attestation d'affiliation chef d'exploitation
n° 54_DDA_20250207_220



Code de sécurité :

25541009A68C463

Pour contrôler cette attestation
connectez-vous :

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

M ROLLOT PATRICK
34 LE RAYEUX
88220 XERTIGNY

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

- en ligne sur notre site lorraine.msa.fr

rubrique services en ligne > vérification d'attestations

- en contactant la MSA Lorraine ou son délégataire

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

La MSA Lorraine certifie que :

Monsieur ROLLOT PATRICK

34 LE RAYEUX

88220 XERTIGNY

1690588160034

est affilié(e) en qualité de membre de société non salarié agricole auprès de notre
organisme depuis le 01/07/1996.

A la date du 07/02/2025 :

- l'activité est exercée à titre secondaire.

- la superficie mise en valeur est de 79,6613 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

Annexe 2 : Le développement de l'agrivoltaïsme et ses synergies

Le développement de l'agrivoltaïsme pour décarboner l'énergie

Changement climatique et développement des énergies renouvelables

Face au défi du **changement climatique**, un objectif crucial de notre civilisation sera d'atteindre, à l'horizon 2050, la « neutralité carbone ». Et cet objectif ne pourra être atteint qu'avec une forte réduction de la part d'énergie fossile dans la part d'énergie consommée, au profit des **sources d'énergies décarbonées** (et couplée à des gains d'efficacité et une plus grande sobriété d'utilisation) (GIEC, 2023).

Le **Groupe Qair** est une **entreprise française** qui **finance, développe, construit et exploite** des projets dans le milieu des énergies renouvelables (EnR) depuis plus de trente ans en France et à l'étranger. Notre ambition est de produire toujours plus d'électricité verte issue à 100% des énergies renouvelables, et ce selon les contextes de chacun des pays où nous sommes implantés. Pour atteindre cet objectif, nous priorisons, en France métropolitaine, l'agrivoltaïsme (AgriPV) au même titre que l'éolien off-shore et l'hydrogène.

Notre Groupe s'appuie sur l'expertise unique de ses salariés et l'expérience de son fondateur et actionnaire de référence. Nos collaborateurs ont pour certains **plus de vingt-cinq ans d'expérience** dans le développement d'énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse, hydraulique...), nous permettant de bénéficier d'une grande expertise et d'un retour d'expérience très utiles et appréciés de la part des structures avec lesquelles nous travaillons, qu'il s'agisse de particuliers, d'entreprises ou de collectivités.

Au-delà de nos équipes historiquement basées à Paris, Montpellier et Lyon, **trois nouvelles agences** ont été ouvertes à l'automne 2022 à Reims, Nantes et Limoges. La création de ces agences et la mise en place d'équipes expérimentées nous permet de renforcer notre présence territoriale et d'être plus **réactifs** sur les projets que nous y portons, ce qui nous permet également d'accélérer notre développement.

Développement du solaire sur la terre agricole

L'énergie solaire est particulièrement prometteuse. Elle est majoritairement valorisée par la technologie photovoltaïque (PV), qui consiste à transformer le rayonnement solaire en électricité via des cellules PV. Il existe trois grands types d'installations PV : en toiture, sur des serres ou au sol. Le PV au sol est à ce jour le modèle le plus prometteur pour exploiter l'énergie solaire. Au sol, les surfaces exploitables sont plus grandes. Une étude menée par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) a estimé qu'il faudrait seize mille à vingt-et-un mille ha pour atteindre les objectifs de la transition énergétique d'ici 2028 (ADEME, 2021). Les surfaces non agricoles étant limitées en France et contraignantes pour l'installation, l'expansion du PV au sol pose la problématique de la concurrence foncière entre la production agricole et la production énergétique.

Pour pallier les conflits d'usage des terres, deux chercheurs allemands, Goetzberger et Zastrow (1982) ont introduit, dans les années 80, le concept d'agrivoltaïsme (AgriPV) qui consiste à cumuler, sur la même surface une activité agricole et la production d'énergie PV. Depuis, ce concept a été déployé dans le monde entier. Les premières installations de tailles variables ont vu le jour au Japon en 2004 (Movellan, 2013), puis en Europe (Dupraz et al., 2011 ; Amaducci et al., 2018).

Cadrage de l'agrivoltaïsme

L'AgriPV a été défini aux termes de la loi n°2023-175 du 10 mars 2023, dont l'application est encadrée par le Décret n° 2024-318 du 8 avril 2024 et l'Arrêté du 5 juillet 2024 :

Une installation AgriPV 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. Est considérée comme AgriPV une installation qui **apporte directement à la parcelle agricole au moins l'un des services** suivants, en garantissant à un agriculteur actif ou à une exploitation agricole à vocation pédagogique gérée par un établissement relevant du titre 1er du livre VIII du code rural et de la pêche maritime une production agricole significative et un revenu durable en étant issu :

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

Ne peut pas être considérée comme AgriPV une installation qui porte une atteinte substantielle à l'un des services mentionnés précédemment ou une atteinte limitée à deux de ces services. Ne peut pas être considérée comme AgriPV une installation qui présente au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- Elle ne permet pas à la production agricole d'être l'activité principale de la parcelle agricole
- Elle n'est pas réversible

Au sein de Qair, nous sommes convaincus que l'AgriPV sera incontournable demain pour répondre aux attentes sociétales de réduction des émissions de CO₂. Nous nous engageons pour un déploiement qui permettra d'atteindre le meilleur compromis entre les attentes du monde agricole et celles du monde de l'énergie.

Approche spécifique à Qair

Qair France a fait le choix de compléter ses équipes spécialisées en EnR avec des **ingénieurs agronomes**. Chacun ayant ses spécialités : élevage bovin, ovin, foncier agricole, juridique, production fourragère, etc. Cela permet un meilleur accompagnement des projets pour l'ensemble des collaborations et une cohérence dès l'initiation des projets de **l'intégration de la centrale AgriPV dans le système agricole**.

Qair France est signataire de la charte Fédération Nationale Ovine (2024). Ainsi Qair **s'est engagé à respecter des normes minima** sur ses installations. Pour autant, Qair travaille sur des **structures et aménagements innovants** souhaitant **minimiser toutes les contraintes engendrées pour les pratiques agricoles** : mécanisation, gestion du pâturage, surveillance des animaux. D'autre part, ce travail sur les structures et aménagements se veut **améliorer les synergies AgriPV** : bien-être animal, répartition de la pluviométrie, pousse de l'herbe. De plus Qair est adhérent de **France Agrivoltaïsme**.

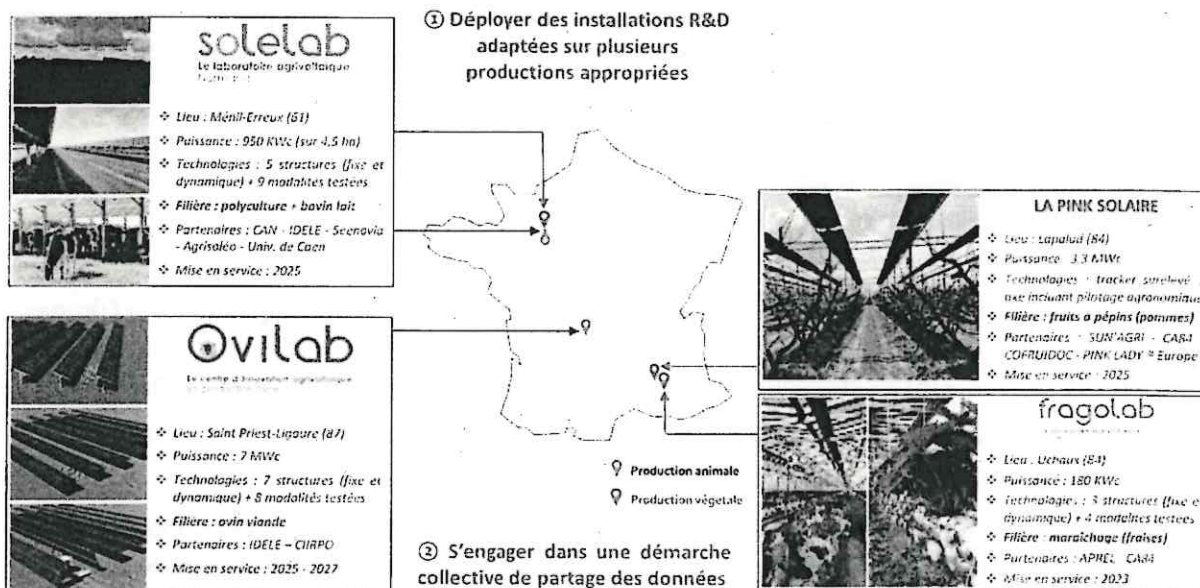
Outre ces travaux, les équipes de Qair organisent aussi d'autres groupes de travail sur des thématiques plus large concernant l'AGriPV. Nous avons notamment un groupe sur la **prospection foncière** afin de choisir dès l'initiation du projet des terrains favorables et un sur le juridique qui travail particulièrement sur la mise en œuvre de **contrats agricoles pour sécuriser sur le long terme** les partenaires du projet.

Qair a développé et met en production des **sites de recherche**. Ces sites ont été réfléchis pour des filières et des contextes territoriaux variés. Les retours d'expérience, accompagnés par les instituts techniques adaptés, issus de ces sites seront précieux pour sélectionner les meilleures technologies et trouver des pistes d'amélioration (implantation des couverts végétaux, conduite des troupeaux, productions attendues) pour nos projets commerciaux.

Nous avons notamment un projet construit, Fragolab, sur de la production hors sol de fraises de Carpentras en Provence (84). Ce projet permet de comparer la **production agricole sous trois taux de couverture de panneaux photovoltaïques** et avec ou sans pilotage d'un écran de protection.

En Normandie, nous avons développé un projet de comparaison de **plusieurs structures sur une exploitation bovin lait : quatre pour la production fourragère et deux en grandes cultures.**

Pour finir, en Limousin, nous venons d'être lauréat du projet AgriPV du **Mourier (CIIRPO)**. Ce projet de recherche vise à comparer à échelle commerciale **7 structures ovines** différentes.



Nous sommes conscients que ces quelques sites ne peuvent à eux seuls suffire à couvrir l'ensemble des combinaisons possibles de l'AgriPV rencontrées sur le territoire métropolitain. C'est pourquoi nous nous inscrivons dans une **démarche collective** où les données de nos projets viendront enrichir les retours d'autres expériences et suivis agronomiques capitalisés au **niveau national**, au sein du PNR-AgriPV (INRAE). Qair est notamment en vice-président de ce PNR.

L'agrivoltaïsme : deux productions en synergies

Un levier d'adaptation au changement climatique

Le changement climatique crée un climat impactant les rendements agricoles. Le changement climatique entraîne un **réchauffement global de la planète**. La surface moyenne de la Terre a augmenté est de 1,1 °C (2011-2020) par rapport à l'ère préindustrielle (1850-1900) (GIEC 2021). Mais ce réchauffement n'est pas homogène. La température moyenne annuelle sur le pays a atteint 14,1 °C en 2020, dépassant la normale (période de référence 1961-1990) de 2,3 °C (MétéoFrance).

L'**augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur** ainsi que l'**extension spatiale et temporelle** de leur survenue sont une des conséquences les plus emblématiques et les plus perceptibles du changement climatique (MétéoFrance).

La **répartition et quantité de la pluviométrie** est aussi affectée par le changement climatique. En France, l'évolution des précipitations est contrastée. Elles sont en hausse progressive lors de la période hivernale et en diminution pour la période estivale. Toutefois, un renforcement des précipitations extrêmes est observé sur une large partie du territoire, avec une forte variabilité dans les zones concernées (Eau France).

L'analyse des **sécheresses des sols** depuis les années 1960 a permis de mettre en évidence que ce type d'événement extrême **tend à augmenter** depuis les années 1990 et de souligner certaines années ayant eu des sécheresses très sévères comme l'année 2003. Depuis le début du XXI^e siècle, 11 années sur 16 ont dépassé la moyenne des surfaces touchées sur la période 1961-1990 (Eau France).

La **perte de rendement agricole** due à la sécheresse est estimée à **25 % entre 1961 et 2006**, selon le GIEC (2022). En France, Debaeke et Bertrand, (2008) ont évalué les impacts des sécheresses passées sur les rendements agricoles. Les cultures répondent différemment mais le point clé reste un impact sur les rendements de 7 à 23%. D'ici 2071-2100, si la planète se réchauffe de 1,5 à 2°C, cette perte liée à la sécheresse augmentera de 9 à 12 % pour le blé et de plus de 18 % pour le riz, par rapport à la période 1961-2016.

Le **nombre de journées chaudes** (température maximale supérieure à 25°C) est en augmentation sur toute la métropole avec des nuances régionales. Les surfaces concernées par les canicules suivent la même tendance (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires). A cause du réchauffement climatique, la **demande d'irrigation augmente** : les cultures ont besoin de plus d'eau car elles en perdent davantage par évapotranspiration.

Les réponses agrivoltaïques

Weselek et al. (2019) ont émis l'hypothèse que **plus les conditions climatiques sont sévères, plus les bénéfiques de l'AgriPV** sur la production agricole seront augmentés.

Les structures AgriPV **génèrent de l'ombre** sur les surfaces qu'elles occupent. L'ombrage génère un **microclimat**. En émettant l'hypothèse que l'on peut assimiler l'ombrage généré par les structures AgriPV à un ombrage d'agroforesterie, on peut s'attendre à des bénéfices suivants les mêmes tendances. En cas de sécheresse, la production herbagère en agroforesterie peut être augmentée de 16% (Sibbald, 2006). En zone méditerranéenne, les systèmes agroforestiers semblent permettre de retarder le jaunissement de trois semaines (Dupraz et Liagre, 2008).

Les effets bénéfiques pour l'agriculture peuvent être attendus en AgriPV par deux résultats probants :

- Le **microclimat** généré par les structures tend à **atténuer les extrema de températures** (Armstrong et al., 2016) et ainsi atténuer les impacts des conditions sévères sur les plantes et le sol. En effet, les prairies ont des **températures de confort** de 25°C pour (Mollier, 2020). Madej (2020) a mesuré le microclimat en centrale photovoltaïque pâturée en France et a obtenu les résultats suivants :
 - o 1) - 3,2 °C à Braize en moyenne sur deux ans, et - 2,4 °C à Marmanhac ;
 - o 2) la différence s'accroît lors des mois d'été avec jusqu'à - 6,6 °C dans l'Allier ;
 - o 3) - 4,2°C dans le Cantal en moyenne sur un mois.

D'autre part, une étude menée par l'INARE, BayWa r.e. et Valorem (AgriVoltaics, Denver, 2024) en centrale photovoltaïque pâturée en France a eu pour résultat :

- o 1) la température du sol est 3 à 4°C plus faible sous panneaux ;
- o 2) la température du sol est aussi inférieure de 4,8 °C en zone intermédiaire.
- Elamri et al. (2018) ont démontré que la répartition spatiale de **l'évapotranspiration** est similaire aux radiations perçues en système AgriPV. Par conséquent, les cultures protégées ont de **plus faibles besoins en eau** (irrigation comprise). L'étude menée par L'INRAE, Baywa r.e. et Valorem (AgriVoltaics, Denver, 2024) a montré une humidité du sol de 11% supérieure sous les panneaux. A long terme, un sol ayant moins subi de sécheresse sera plus **résilient**. En effet, lorsque la sécheresse se prolonge, elle peut aussi avoir pour conséquence une désertification locale, avec des changements profonds dans la structure des milieux.

A noter que **l'ombrage doit être limité** (Valle et al., 2017) pour permettre une activité agricole. En effet, les plantes ont une capacité à supporter une baisse de luminosité déterminant leur tolérance à l'ombrage, point de saturation à la lumière plantes (Sekiyama and Nagashima, 2019), dépendante des espèces (Sekiyama and Nagashima, 2019) et des variétés (Marrou et al., 2013). La rotation culturale à prévoir sur la parcelle devra être adaptée en fonction des réponses des différentes cultures, que ce soient les variétés ou les espèces.

Une protection contre les aléas climatiques

Le changement climatique modifie **l'intensité, la fréquence mais aussi la répartition et la durée** des événements météorologiques extrêmes comme les sécheresses et canicules (EauFrance) ainsi que des aléas climatiques.

Le constat pour l'agriculture est une **augmentation non régulière des épisodes** de grêle, de gel tardif, de brûlures solaires. Ce qui induit des pertes de rendement variables **pouvant aller jusqu'à la quasi-destruction** de la production d'une parcelle.

Les ombrières sont une **protection physique** contre la grêle et les brûlures. Le microclimat qu'elles génèrent est aussi une **protection** contre le gel (en atténuant les extrema de température). En effet, en fin d'hiver, la température sous les structures photovoltaïques est plus élevée la nuit qu'en inter-rang ce qui induit une absence de gel sous les panneaux (Deiss, 2024).

Ayant pour conséquence l'atténuation des impacts négatifs des productions végétales Les projets sont développés avec une **limitation maximale de l'artificialisation** des parcelles ainsi qu'une grande vigilance sur les zones non exploitables. En effet, les ancrages de structures sont en pieux battus et les tournières (pistes périphériques) resteront cultivées.

Les structures peuvent augmenter le ruissellement, causant un déséquilibre de la **distribution de l'eau**. Entraînant ainsi des potentielles ravinées et zones sèches (Elamri et al., 2017). Ils ont déterminé, dans le Sud de la France, qu'un angle maximum de 22° d'inclinaison des panneaux est optimum pour contrôler le ruissellement. Ainsi les panneaux fixes sont installés en **orientation paysage** pour permettre un écoulement de la pluviométrie plus régulier, chaque panneau est **espacé de 5 cm** des autres.

La **synergie projetée n'est pas d'améliorer le potentiel agronomique mais bien de diminuer sa détérioration face au changement climatique**. Sur le long terme, cela pourra logiquement se traduire par une augmentation du potentiel agronomique car les sols auront été protégés. C'est en effet ce qui ressort des premières études en France sur PV au sol avec production herbagère : Deiss (2024) et l'étude de l'INRAE, Baywa r.e. et Valorem (AgriVoltaics, Denver, 2024) concluent à **une biomasse plus importante en quantité et qualité** sous les panneaux. Le projet de Latou (AgriVoltaics, Denver, 2024) a même un rendement global sur l'année de 30% supérieur sous les panneaux. A contrario, Madej (2020) conclut à une détérioration de la qualité de prairie malgré **un maintien du rendement**.

Une synergie tout autre est le fait que l'ombre et le microclimat ont de fortes chances de décaler légèrement le **cycle phénologique** des plantes (Marrou). De fait, cela permettra de décaler légèrement le travail de récolte sur ces parcelles et ainsi **d'étaler le pic de travail** de l'exploitant et ou l'exploitation des surfaces.

L'amélioration du bien-être animal

Le Bien-être animal est défini en 5 règles (OIE, s.d.) :

1. Absence de la faim ou de la soif ;

2. Absence de peur et de détresse ;
3. Absence de stress physique ou thermique ;
4. Absence de douleur, de lésion et de maladie ;
5. Pouvoir exprimer les comportements normaux de son espèce.

Les animaux ont des **températures de confort** de 5 à 20°C en moyenne pour les brebis (Sagot et al., 2015), et de 3 à 21°C pour les bovins (CNIEL). La hausse des températures due au changement climatique peut impacter négativement ces deux productions en les mettant en **stress thermique** diminuant de ce fait leurs performances. L'été les ovins cherchent de l'ombre.

Le maintien de ces températures de confort est favorisé en AgriPV grâce à la création d'ombrage (Armstrong et al., 2016). Les premiers résultats en centrale photovoltaïque pâturée en France montrent que, en période estivale, (Deiss, 2024) : 1) le stress thermique des brebis est plus faible sous les panneaux que dans le reste de la centrale ; 2) l'état de stress par mesure de la température ressentie n'est jamais dépassé sous les panneaux contrairement au reste de la centrale ;

De plus, les centrales AgriPV sont clôturées ce qui est un moyen de protection contre la prédation.

Ainsi les synergies projetées pour l'agrivoltaïque sont les suivantes :

- **Structures permettant un rendement équivalent à la zone témoin par leur hauteur, répartition de l'ombrage et de la pluviométrie ;**
 - **Diminution des pertes de rendements dues à la chaleur et la sécheresse par la génération du microclimat et diminution de l'évapotranspiration ;**
 - **Augmentation de la résilience du sol par la diminution des stress hydriques répétés ;**
 - **Diminution des pertes de rendements dues aux aléas climatiques provoquant des dégâts par la protection physique des structures ;**
 - **Diminution du stress thermique sur les animaux donc amélioration du bien-être animal ainsi que potentiellement leur(s) performance(s).**
-

Annexe 3 : Acronymes

AgriPV : Agrivoltaïsme ou Agrivoltaïque

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

EnR : Energie Renouvelable

Ha : hectare

MS : Matière Sèche

MSA : Mutuelle Santé Agricole

PAC : Politique Agricole Commune

PV : Photovoltaïque

SAU : Surface Agricole Utile

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

SFP : Surface Fourragère Principale

UGB : Unité Gros Bovin