

POLE NATIONAL DE RECHERCHE, INNOVATION ET ENSEIGNEMENT SUR L'AGRI-PHOTOVOLTAÏSME (PNR AgriPV)

Note de caractérisation du projet agrivoltaïque Les Granges - Champagne en Valromey proposé par Pegasus ENR développement

Auteur : Didier Combes, ingénieur de recherche INRAE / PNR-AgriPV	Le 15/01/25	Didier.Combes@inrae.fr / PNR-AgriPV@inrae.fr
--	-------------	---

Par la présente, l'équipe de recherche INRAE du pôle national de recherche sur l'agriphotovoltaïsme émet un avis consultatif sur le projet proposé par Pegasus. Les critères de qualification du projet agrivoltaïque seront présentés dans le tableau de correspondance ci-dessous. Le périmètre de l'analyse se limitera aux dimensions agricoles & techniques du projet. Elle s'inscrit en complément de la note écologique produite par EODD.

Prise de vue du site d'après la note écologique d'EODD



Tableau de correspondance entre exigences réglementaires et le projet AgriPV étudié :

Thème	Critère de qualification du projet agrivoltaïque	Article du décret	Lien avec le projet de Pegasus
Agricole	Adaptation au changement climatique Le dispositif doit contribuer à limiter les effets néfastes du changement climatique et constituer une protection contre les aléas climatiques	Article R. 314-11 Article R 314-112	Limitation du stress hydrique des paires et préservation des ressources en eaux en période estivale. Protection contre les dégâts d'un stress thermique. Protection contre des gelées tardives
	Production agricole significative La moyenne du rendement par hectare sur la parcelle est supérieure à 90% de la moyenne du rendement par hectare d'une zone témoin. La zone témoin doit représenter au moins 5% de la surface agrivoltaïque et présenter des caractéristiques semblables à la zone exploitée sous panneaux	Article R 314-114, I Article R 314-114, II	Augmentation de la période de pâturage (protection contre les gelées tardives) Le taux de couverture inférieur à 25% semble compatible avec une production significative La zone témoin est définie dans le plan de masse. Celle-ci semble répondre aux exigences
	Activité agricole principale 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. Le projet est dimensionné de manière à	Article R. 314-118	Les caractéristiques techniques de la structure agrivoltaïque fournies par Pegasus semblent répondre à ces attentes. Les bandes enherbées sous rangées de panneaux sont ici accessibles au pâturage. N'est donc perdues comme surface que les chemins d'accès et la

	permettre une exploitation normale, sécurisée et la circulation des animaux et/ou engins agricoles		prise au sol des panneaux. Au regard du plan fourni par Pegasus, cette surface non exploitable est donc inférieure à 10%
	Taux de couverture Pour les projets de plus de 10MWc, le taux de couverture n'excède pas 40%.	Article R. 314-119	Le projet décrit ici concerne une installation de faible dimension. Au cœur de la centrale, le projet présente un taux de couverture de 25,8% (calcul basé sur la projection des tables à l'horizontale). A l'échelle de la parcelle, le taux de couverture est donc inférieur à 25% et répond aux préconisations INRAE. Ce taux de couverture est par ailleurs bien inférieur aux limites permises par la loi.
	Amélioration du bien-être animal L'installation des panneaux doit se traduire par une amélioration du confort thermique des animaux (diminution des températures dans les espaces accessibles aux animaux à l'abri des modules photovoltaïques, apport de services ou de structures améliorant les conditions de vie des animaux.)	Article R. 314-113	En l'occurrence, les caractéristiques techniques des panneaux permettent aux animaux de s'abriter (hauteur de table à 3m). L'installation constitue a priori une protection contre les intempéries pour les animaux. Sous cette installation le microclimat devrait permettre un meilleur confort thermique à travers des températures plus clémentes et une humidité de l'air légèrement plus élevées en période estivale. Par ailleurs lors des périodes de grands froids ces installations peuvent également permettre un meilleur confort caractérisé cette fois par des températures plus élevées qu'en plein champs
	Surface autorisée pour l'installation du projet	Article R.111-56 Article R. 111-58	Voir plan de masse proposé par Pegasus
	Facteurs d'acceptabilité du projet agrivoltaïque		Voir plan de masse proposé par Pegasus
Economique	Revenu durable	Article R. 314-117	Au regard du dimensionnement du projet et du faible impact attendu de l'installation agrivoltaïque sur la production fourragère, il est peu probable que le critère « Revenu durable » ne soit pas validé

A propos du bien-être animal

Dans l'état actuel des connaissances aucun effet néfaste significatif et récurrent des panneaux sur des animaux d'élevage n'ont a priori été mis en évidence. De manière à éviter toute blessure contre les panneaux au sein du parc agrivoltaïque, il conviendra d'éviter d'exposer les animaux à des stress provoquant des comportements de panique. Il conviendra par ailleurs de laisser suffisamment d'espace libres aux animaux pour qu'ils puissent s'affranchir des niveaux sonores induits par le fonctionnement des onduleurs. Des effets positifs de l'ombrage des panneaux ont par ailleurs été recensés. Véronique Deiss (2023) observait par exemple l'absence d'une modification du comportement de brebis d'élevage au sein de centrales photovoltaïques. La présence de panneaux permettait par ailleurs de limiter le stress thermique auquel les animaux sont soumis lors de périodes particulièrement chaudes. Au regard de la littérature scientifique disponible il n'y a pas lieu de penser que la santé des animaux sera négativement impactée par les installations. Néanmoins, il n'existe que peu d'études publiées traitant le bien-être animal en systèmes agriPV. Il est nécessaire que Pegasus mette en place un protocole de suivi du bien-être permettant de confirmer ou affirmer cette absence d'impacts.

A propos du taux de couverture et des performances agronomiques en prairie fourragère :

L'implantation de panneaux solaires dans un système agricole impacte les conditions environnementales. De nombreux facteurs microclimatiques tels que l'accès à la lumière, la température et l'humidité de l'atmosphère ou du sol sont alors altérés. Ces modifications du milieu sont susceptibles d'impacter le potentiel de rendement agronomique de la culture fourragère considérée dans le cadre de ce projet. Dans le cas des prairies, une croissance en hauteur accrue sous panneaux a par exemple pu être observée dans certaines études (Madej et al., 2024 ; Rainon et Dagouneau, 2022). Cependant une amélioration des rendements sous panneaux n'est pas systématique comme Andrew et al. (2021) ou Khampherbeek et al., (2023) ont pu le mesurer dans leurs études, celles-ci faisant état de baisses de rendements par rapport au témoin de 31% et 47%, respectivement. Ces résultats sont fortement dépendants des conditions climatiques de l'année considérée, des pratiques culturales et du taux de couverture des panneaux.

Plus généralement, Christian Dupraz (2024) remarque dans une métaanalyse recensant diverses espèces et configurations de panneaux agrivoltaïques qu'il faut s'attendre à une baisse des rendements agricoles sous panneaux de plus en plus importante à mesure que le taux de couverture est élevé. Dans cette étude, Christian Dupraz note que pour un taux de couverture de 40% les rendements agricoles chutent généralement d'environ 30%. Il relève par ailleurs que pour des taux de couverture entre 20 et 25%, les rendements exigés par la loi française devraient dans la plupart des cas pouvoir être respectés (à minima 90% par rapport au témoin). Il préconise donc de viser ces taux de couverture plutôt que les taux maximums prévus par la loi afin de garantir les performances agronomiques des systèmes de culture.

Dans le cas présent, le projet de Pegasus présente un taux de couverture maximum de 25,8% au cœur de la centrale, ce qui ramené à l'échelle de la parcelle se traduit par un taux de couverture compris entre 20 et 25%. Le choix de Pegasus est donc aligné avec les préconisations de Christian Dupraz basées sur la littérature scientifique disponible et devrait a priori permettre une production agricole dite significative. Il reviendra évidemment à Pegasus d'en faire la démonstration à travers un suivi agronomique rigoureux.

A propos de la qualité du fourrage :

De manière générale, la plupart des études disponibles semblent relever une production fourragère de meilleure qualité sous condition agrivoltaïque caractérisée par une augmentation de la concentration en azote/protéines (Madej et al., ; Sturchio et al., 2024), une valeur énergétique accrue (Andrew et al., 2021) ou une meilleure digestibilité (Kampherbeek et al., 2023). Il faut néanmoins noter que ces résultats varient fortement au cours des saisons et d'une année à l'autre en fonction des conditions environnementales (Sturchio et al., 2024). Il conviendra dans le cadre du projet en Valromey de mettre en place un suivi

agronomique prenant en compte cette variabilité. Au regard du taux de couverture du projet, il n'y a pas lieu de penser que la qualité du fourrage de cette prairie sera négativement impactée. Il conviendra à Pegasus de confirmer ou affirmer cette absence d'impact négatif.

Préconisations INRAE :

-Le projet s'inscrivant dans une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique de Type II, INRAE invite Pegasus à proposer un maximum de mesures agroécologiques en faveur de la biodiversité locale.

- En cas d'acceptation du projet en CDPENAF, INRAE invite Pegasus à prendre un maximum de mesures visant à limiter les impacts de la phase travaux (travailler en périodes sèches, avec des engins chenillés , éviter les périodes sensibles pour la faune/flore identifiées dans la note écologique...). Un suivi des caractéristiques physico-chimiques des sols ante et post-travaux serait par ailleurs souhaitable de manière à quantifier et qualifier ces impacts.

-Un effort supplémentaire de caractérisation de la zone témoin pourra être effectué de manière à justifier de la similarité entre zone témoin et zone sous panneaux (propriétés du sol, fertilité...). Néanmoins la zone témoin proposée dans le cadre de ce projet semble pertinente.

-La mise en place de panneaux créant un microclimat local et ainsi de nouvelles niches écologiques, un suivi régulier de l'évolution des communautés végétales et plus largement de la biodiversité pourra être envisagé.

En définitive : **Les chercheurs de l'URP3F travaillant dans le domaine de l'AgriPV émettent un avis favorable** à la réalisation de ce projet. Nous notons également que Pegasus s'inscrit dans une démarche de sciences collaboratives à travers le PNR-AgriPV. Ce projet a donc vocation à produire de la connaissance sur les systèmes agrivoltaïques. Le taux de couverture plutôt conservateur devrait permettre une production agricole significative voire améliorée lorsque les panneaux rendront des services d'adaptation aux changements climatiques les années particulièrement chaudes marquées par des périodes de sécheresse.

Avis rédigé par : Didier Combes ingénieur de recherche INRAE et directeur adjoint du PNR-AgriPV / Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères - URP3F / Didier.Combes@inrae.fr

Bibliographie

Andrew A.C., Higgins C.W., Smallman M.A., Graham M., et Ates S. (2021). Herbage yield, lamb growth and foraging behavior in agrivoltaic production system. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, p.1-12. DOI: 10.3389/fsufs.2021.659175.

Dupraz, C. (2024). Assessment of the ground coverage ratio of agrivoltaic systems as a proxy for potential crop productivity. *Agroforest Syst* 98, 2679–2696. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00906-3>

Deiss, V. (2023). Rapport d'étude sur le bien-être animal – Centrale solaire de CVE à Bissey-sous Cruchaud.

Kampherbeek E.W., Webb L.E., Reynolds B.J., Sistla S.A., Horney M.R., Ripoll-Bosch R., Dubowsky J.P. and McFarlane Z.D. (2023) A preliminary investigation of the effect of solar panels and rotation frequency on the grazing behavior of sheep (*Ovis aries*) grazing dormant pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 258, 105799. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105799>.

Madej L., Picon-Cochard C., l'Ecluse C.B. de, Cogne C., Michaud L., Roncoroni M., et Colosse D. (2024). One Year of Grassland Vegetation Dynamics in Two Sheep-Grazed Agrivoltaic Systems. *AgriVoltaics Conference Proceedings*, 1, p. 1-10. DOI: 10.52825/agripv.v1i.692.

Rainon C., Dagouneau C. (2022). Pâturage des ovins sous panneaux photovoltaïques : Synthèse du suivi réalisé sur le site de Verneuil, dans la Nièvre, en 2021. *Fourrages* 251, 49-53.

Sturchio M.A., Kannenberg S.A., et Knapp A.K. (2024). Agrivoltaic arrays can maintain semi-arid grassland productivity and extend the seasonality of forage quality. *Applied Energy*, 356, p. 1-7. DOI:10.1016/j.apenergy.2023.122418.