



ENQUÊTE PUBLIQUE

REALISATION D'UN PARC PHOTOVOLTAÏQUE AU SOL A VEILLEINS



**Du jeudi 30 mars 2023 - 9h00
au jeudi 4 mai 2023 - 16h30**

ANNEXES

Commissaire enquêteur : Alain VAN KEYMEULEN



Autorité organisatrice

Direction départementale des territoires
31, mail Pierre Charlot
41000 BLOIS

Siège de l'enquête

Mairie de Veilleins
1, route de Romorantin
41230 VEILLEINS

SOMMAIRE

ANNEXES

	PAGES
<u>ANNEXE 1</u> : Avis n° 2022-3654 du 8 juillet 2022 de la Mission Régionale d'Autorité environnementale (MRAe)	3
<u>ANNEXE 2</u> : Réponse de la société Photosol à l'avis de la MRAe (octobre 2022)	12
<u>ANNEXE 3</u> : Avis du 6 septembre 2022 de la Commission Départementale de Préservation des Espace Naturels, Agricoles et Forestiers (CDPENAF)	36
<u>ANNEXE 4</u> : Réponse de la société Photosol à l'avis de la CDPENAF (15 novembre 2022)	38
<u>ANNEXE 5</u> : Arrêté préfectoral n° 41-2023-02-22-00001 du 22 février 2023	48
<u>ANNEXE 6</u> : Avis d'enquête publique	51
<u>ANNEXE 7</u> : Procès verbal de synthèse du 9 mai 2023	53
<u>ANNEXE 8</u> : Mémoire en réponse de la société Photosol du 17 mai 2023	58
<u>ANNEXE 9</u> : Synthèse des travaux de l'INRAE sur la dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur deux sites prairiaux pâturés (juillet 2020 à juin 2021)	67



ANNEXE 1



Mission régionale d'autorité environnementale
CENTRE - VAL DE LOIRE

Conseil général de l'Environnement et du Développement durable

Avis délibéré
Construction d'un parc photovoltaïque au sol au lieu-dit
« l'Étang des Vaux »
sur la commune de Veilleins (41)
Permis de construire

N°MRAe 2022-3654

PRÉAMBULE

La Mission régionale d'autorité environnementale (MRAe) de Centre-Val de Loire s'est réunie par visioconférence le 8 juillet 2022. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le projet de construction d'une centrale photovoltaïque sur la commune de Veilleins (41) déposé par Monsieur le Préfet de Loir-et-Cher (41), en tant qu'autorité décisionnaire.

Étaient présents et ont délibéré : Christian Le COZ, Sylvie BANOUN, Jérôme DUCHENE, Isabelle LA JEUNESSE et Caroline SERGENT.

Chacun des membres délibérants atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans l'avis à donner sur le projet qui fait l'objet du présent avis.

Conformément au 3° de l'article R. 122-6 et du I de l'article 122-7 du code de l'environnement, la MRAe a été saisie du dossier de demande d'avis.

Cet avis ne porte pas sur l'opportunité du projet mais sur la qualité de l'étude d'impact présentée et sur la prise en compte de l'environnement et de la santé humaine par le projet. Il n'est donc ni favorable, ni défavorable à celui-ci. Il vise à permettre d'améliorer sa conception et la participation du public à l'élaboration des décisions qui le concernent.

Au fil de l'avis, l'autorité environnementale peut être amenée à s'exprimer spécifiquement sur les différents volets du dossier, qu'il s'agisse de la qualité de l'étude d'impact ou de la prise en compte de l'environnement et de la santé humaine par le projet. Les appréciations qui en résultent sont toujours émises au regard des enjeux et compte tenu des éléments présentés dans le dossier tel qu'il a été transmis par le porteur de projet. Cette précision vaut pour l'ensemble du document et ne sera pas reprise à chaque fois qu'une telle appréciation apparaîtra dans le corps de l'avis.

Il convient de noter que l'article L 122-1 V du code de l'environnement fait obligation au porteur de projet d'apporter une réponse écrite à l'autorité environnementale. Cette réponse doit être mise à disposition du public, par voie électronique, au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique ou de la participation du public par voie électronique et jointe au dossier d'enquête ou de participation du public.

En outre, une transmission de la réponse à l'autorité environnementale serait de nature à contribuer à l'amélioration des avis et de la prise en compte de l'environnement et de la santé humaine par les porteurs de projet.

1 Contexte et présentation du projet

1.1 Présentation du projet

Le projet est porté par la société Photosol et consiste en l'aménagement d'une centrale photovoltaïque au sol sur la commune rurale de Veilleins, dans le département du Loir-et-Cher (41),

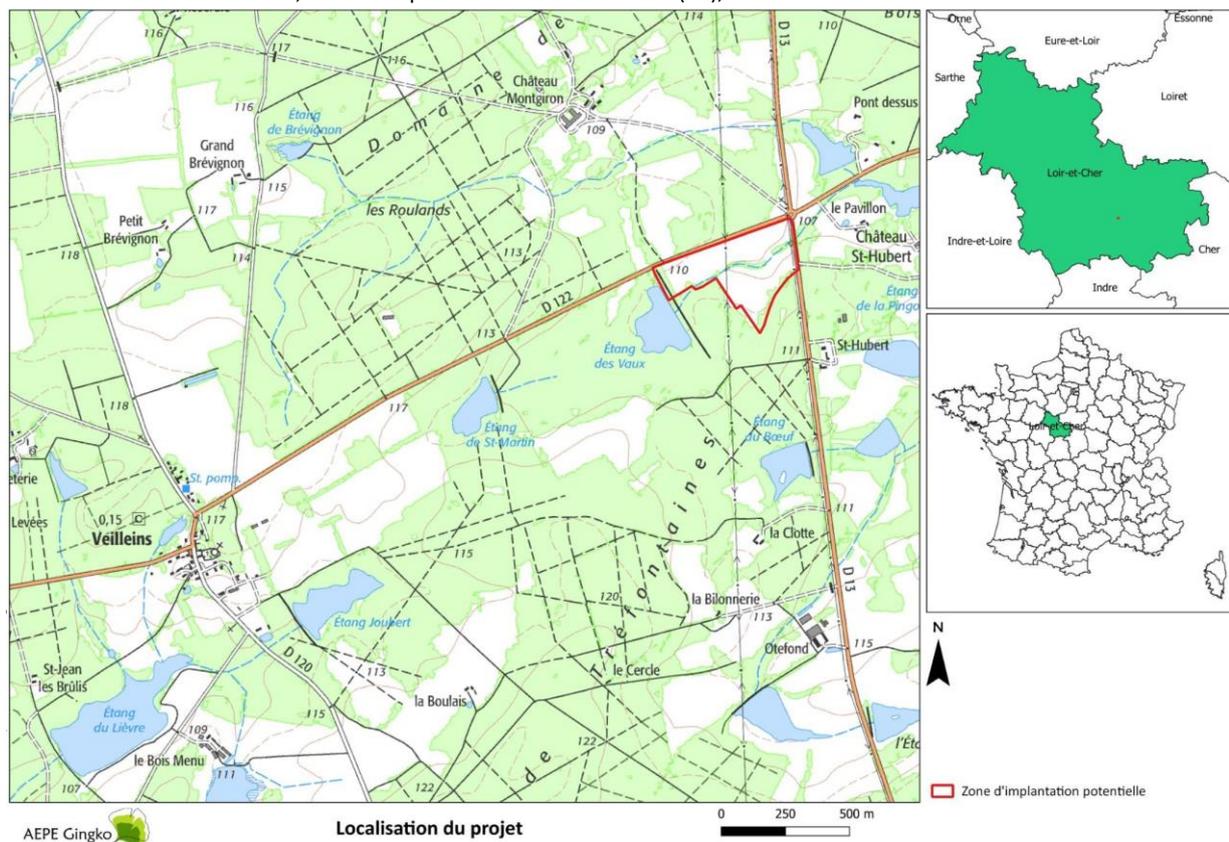


Figure 1 : Localisation du projet (source : étude d'impact, page 10)

Le projet s'insère dans un espace naturel (prairie humide et zone boisée). L'emprise foncière totale du site du projet est de 11,6 ha. Il est situé à l'angle sud-ouest du carrefour à sens giratoire entre la route départementale RD 122 et la RD 13. Le site est entouré de massifs boisés et jouxte l'étang des Vaux. Les lieux habités du « Château de St Hubert », « le Pavillon », et de « Saint-Hubert » les plus proches sont à une distance d'environ 300 m de la zone d'implantation potentielle.

Le projet prévoit d'aménager 16 812 panneaux photovoltaïques de type monocristallin qui seront maintenus au sol par des pieux vissés ou battus¹. Mais le porteur de projet n'énonce pas clairement dans le dossier les modalités de maintien au sol des structures porteuses des panneaux. L'ensemble des aménagements du site représentent une superficie de 10,2 ha clôturés et comprennent d'autres composantes d'une surface totale d'environ 290 m²:

- deux postes de livraison,
- deux locaux de stockage / d'exploitation,
- quatre postes de transformation,
- deux citernes ,
- des clôtures périphériques d'une hauteur de 2 m sur 2 500 m linéaires.

Il est prévu de créer environ 10 800 m² de pistes pour permettre l'accès aux différentes installations du parc, dont 7 600 m² de pistes légères et 3 200 m² de pistes lourdes. Deux portails d'accès seront aménagés sur les parties nord et est du site.

En phase travaux, les accès au site emprunteront uniquement les voies et les routes existantes. Un parking temporaire d'environ 600 à 2 000 m² sera aménagé à l'entrée du site dans le cadre de la phase travaux dont la durée est estimée à environ 12 mois.

Le projet retenu présente une puissance totale d'environ 9,2 Mwc² et permettra une production d'environ 10 GWh par an. La puissance installée étant supérieure à 1 MWc, le projet est soumis à évaluation environnementale au titre de la rubrique n° 30 du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement.

Du fait de la nature du projet, de ses effets potentiels et la spécificité du territoire, les enjeux environnementaux les plus forts concernent :

- la préservation de la biodiversité ;
- le paysage ;
- la contribution du projet à la lutte contre le dérèglement climatique ;
- la maîtrise de la consommation d'espaces naturels et agricoles ;
- la pérennité du site Natura 2000 eu égard au risque d'incendie représenté par l'installation.

1.2 Justification du projet et analyse des solutions de substitution

L'étude d'impact ne justifie pas le choix du site retenu pour le projet au regard d'implantations géographiques sur des sites dégradés. Le dossier affirme que le choix porte sur un terrain à vocation agricole qui n'est plus exploité et qu'il prend en considération la biodiversité de façon à maintenir sa fonctionnalité. L'étude d'impact aurait dû présenter une analyse des

¹ Pieux en acier galvanisé, d'un diamètre d'environ 10 cm, seront vissés ou battus sur une profondeur d'environ 1 à 1,5 m. Cette méthode comporte notamment les avantages suivants : pas d'ancrage en béton en sous-sol, pas de déblais, ni de refoulement du sol

² MWc, pour « mégaWatt-crête » : unité de mesure qui correspond à la délivrance d'une puissance électrique de 1 MW sous des conditions d'ensoleillement et d'orientation optimales.

alternatives à l'aménagement actuel, requis par l'article R. 122-5 alinéa 7 du code de l'environnement qui impose que soit présentée

une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques et une indication des principales raisons du choix effectué.

Le dossier présente trois variantes d'implantation du projet à l'intérieur du secteur d'implantation retenu. Le choix de la variante d'implantation est justifié dans le dossier au regard des enjeux les plus forts du secteur d'implantation : la biodiversité et en particulier les espèces nicheuses, le paysage, la présence de lignes RTE.

D'autres enjeux jugés modérés dans le dossier sont évités dans cette variante d'implantation. C'est le cas de la mare à l'ouest de la zone, du ruisseau qui traverse le site, de la ripisylve et des lisières considérés comme des habitats propices à la reproduction d'espèces. Pour la variante n°3, il est envisagé de ne pas affecter le boisement à l'est afin d'amoindrir l'éventuel dérangement occasionné pour certaines espèces dont les grenouilles vertes.

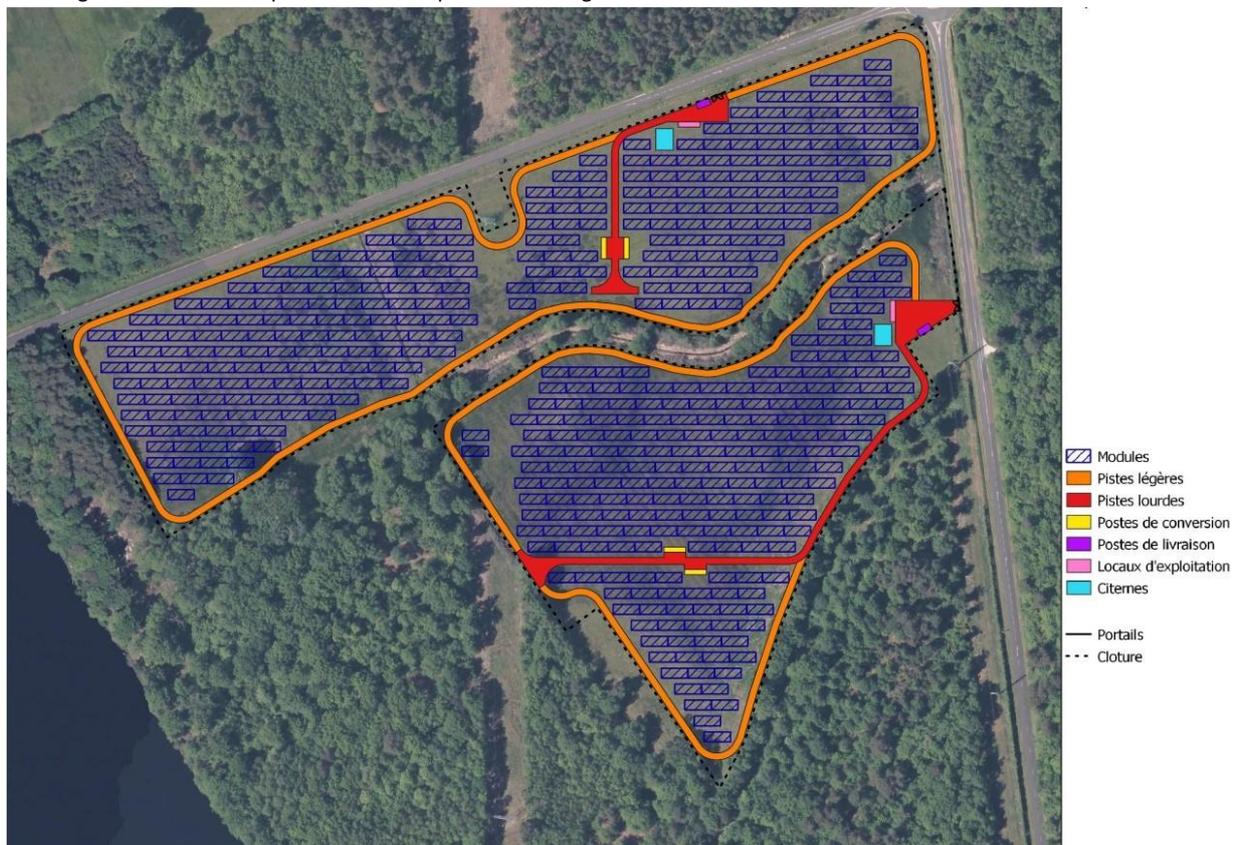


Figure 2 : Variante d'implantation retenue (Variante n°3) (source : étude d'impact, page 166)

1.3 Compatibilité avec les documents d'urbanisme

Le projet est situé dans une commune qui dispose d'une carte communale, qui classe le site d'implantation du projet en secteur naturel (N) non constructible. En principe, pour les communes dotées d'une carte communale les dispositions du règlement national d'urbanisme (RNU) s'appliquent puisque la carte communale ne peut pas réglementer de façon détaillée les modalités d'implantation sur les parcelles des parcs photovoltaïques. Ils ne peuvent être implantés que dans les parties urbanisées, ce qui n'est pas le cas ici. Mais compte tenu de l'intérêt collectif de cette installation, elle peut-être implantée

en secteur N dès lors qu'elle ne compromet pas l'activité agricole, pastorale et forestière. Néanmoins le dossier n'indique pas comment le projet intègre les éléments liés aux règles de constructibilité limitées qu'impose le RNU pour ce type de projet.

La compatibilité du projet n'est pas appréciée au regard des critères et des exceptions aux règles de constructibilité limitée.

1.4 Raccordement électrique

Le dossier évoque succinctement, en page 181 et suivantes, les modalités de raccordement du parc photovoltaïque. Le choix n'apparaît pas définitivement arrêté. Les possibilités de raccordement les plus proches sont situées sur les communes de Romorantin-Lanthenay et Vernou-en-Sologne, soit une dizaine de kilomètres.

Ni les modalités de raccordement, ni son tracé du raccordement et son caractère souterrain ou aérien ne sont encore établis, ni même esquissés à ce stade du projet. L'impact environnemental du raccordement au réseau public n'est donc pas évalué.

L'autorité environnementale rappelle que, conformément à l'article L. 122 1 du code de l'environnement, lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrage, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité. Le raccordement du parc au réseau électrique, indispensable à son fonctionnement, fait pleinement partie du projet et doit à ce titre être présenté et évalué en même temps.

L'autorité environnementale recommande de compléter dès ce stade l'étude d'impact par une évaluation des incidences des modalités de raccordement du projet au réseau susceptibles d'être mises en œuvre¹.

1.5 Démantèlement et remise en état du site

Le dossier détermine brièvement le devenir des installations en fin de vie. Les informations contenues dans le dossier sont très génériques et concernent la constitution de garanties financières, le coût du démantèlement, la prise en charge du recyclage des modules par PV Cycle. La remise en état du site fait l'objet d'un prévisionnel de travaux hypothétique et qui est décrit succinctement². La destruction de cet espace prairial à composante humide pose la question de la « réversibilité » réelle après démantèlement via ses divers usages (agricole voire sylvicole) et des sols dont la qualité agronomique n'est pas évoquée dans le dossier. Le retour à l'état agricole n'est même pas mentionné dans le dossier. Il est fondamental que le dossier soit complété pour présenter clairement si ce retour est possible et à quel terme.

L'autorité environnementale recommande d'étudier la faisabilité d'un retour à l'état agricole du site et des sols après exploitation du parc photovoltaïque et de détailler les mesures en conséquence.

¹ Dans l'hypothèse où le raccordement mis en œuvre s'en écarterait, il conviendra de procéder à une étude d'impact actualisée, le dossier devant être à nouveau présenté à l'autorité environnementale.

² Le démantèlement en fin d'exploitation se fera en fonction de la future utilisation du terrain qui n'est pas précisée en page 190.

2 Analyse de la prise en compte de l'environnement par le projet

2.1 La biodiversité sur le site du projet, Natura 2000 2.1.1 État

initial

L'étude d'impact caractérise l'état initial du secteur sur les différentes thématiques environnementales. La définition des aires d'étude et les raisons de leur choix sont explicitées.

La zone du projet est située au sein du site Natura 2000¹ « Sologne » (directive Habitats) et à environ 500 m de la Znieff² de type 1 « Prairies de Montgiron ». Le projet se situe dans une clairière constituée majoritairement d'une prairie traversée par un cours d'eau et bordée par des haies et des boisements. Une mare est présente à l'ouest du site d'implantation.

L'autorité environnementale souligne que des résultats des observations réalisées dans le cadre de l'animation Natura 2000 du site Sologne, effectuées en 2014 par le Conservatoire botanique national du Bassin parisien (CBNBP), montrait une mosaïque des prairies pâturées mésophiles et de prairies pâturées méso-hygrophiles dans les parties les plus proches du ruisseau temporaire.

Les inventaires ont été réalisés selon des méthodes et des périodes adaptées à l'observation de la faune et de la flore. L'analyse présente cependant à partir de ces inventaires une caractérisation des habitats naturels contestable.

Le dossier indique que la zone d'implantation est concernée par des prairies humides sur seulement 5,7 ha, superficie qui n'est pas correctement démontrée dans le dossier. La délimitation des zones humides du site s'appuie en effet seulement sur les sondages pédologiques, alors que les végétations de la zone d'implantation sont caractéristiques des zones humides³.

Or l'état initial conclut à un enjeu modéré concernant les zones humides en page 263. Cette qualification de l'enjeu paraît sous évaluée au regard de l'étendue effective des zones humides du site.

La méthodologie employée pour diagnostiquer les habitats ne permet pas d'apprécier la qualification dans le dossier des milieux en présence et de vérifier si la présence de certaines espèces est conforme aux résultats des observations effectuées. D'une part, il est à souligner que le dossier ne présente pas de description détaillée des milieux et de restitution des relevés floristiques par grand type de milieu.

L'autorité environnementale recommande de réaliser des compléments d'étude et de reprendre la partie flore, habitats et zones humides.

¹ Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « habitats » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

² Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique, lancé en 1982, l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (Znieff) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue deux types de Znieff : les Znieff de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les Znieff de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

³ Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement (double critère alternatif floristique et pédologique).

Concernant la faune, l'ensemble de la zone d'étude présente un enjeu très faible à modéré selon les groupes. Les conditions météorologiques de la période durant laquelle les observations ont été faites semblent avoir été peu favorables au printemps (notamment les températures très fraîches) pour une observation optimale de la faune (insectes, reptiles, chauves-souris). Seulement 18 espèces d'insectes ont été observées dans cette zone sur trois journées d'observations en mai, juin et septembre ce qui est peu en adéquation avec l'écologie des milieux. Pour les autres groupes (amphibiens, reptiles, oiseaux, chauves-souris), les enjeux semblent plus limités (espèces protégées communes, majoritairement au niveau de la ripisylve du ruisseau central et des lisières périphériques).

2.1.2 Les incidences du projet et leur prise en considération

Les mesures récapitulées proposées pour éviter et réduire les impacts sont en lien avec l'analyse de l'environnement qui comprend des lacunes concernant la flore, les habitats naturels et les zones humides.

Les mesures proposées, en lien avec la variante retenue permettent d'éviter l'ensemble des zones boisées, et une partie de la zone humide (le ruisseau intermittent central et une zone tampon ainsi qu'une mare). Seuls les secteurs de prairies seraient aménagés sur environ 10 ha. Le dossier minimise l'impact de l'installation et en particulier les altérations du milieu en phase chantier (tassements, perturbation du sol) et les altérations du milieu en phase d'exploitation (ombrage, modification des écoulements), qui pourraient aboutir à une modification de la structure et de la composition de la prairie. En particulier l'habitat qualifié de prairie humide est classé vulnérable sur la liste rouge régionale, ce qui aurait dû aboutir à évaluer le niveau d'impact avant mesure et un impact du projet a minima à un niveau « modéré » sur la zone¹ (sur toute la zone humide).

Les mesures de réduction d'impact sont pertinentes, notamment en termes de calendrier de travaux (hors période de sensibilités pour la faune) et de balisage des milieux évités en phase chantier.

Toutefois, les mesures récapitulées pour évaluer les impacts résiduels par espèces ne sont pas toujours en adéquation avec l'écologie de ces derniers et adaptés aux impacts : la perméabilité des clôtures n'est pas précisée et les aménagements pour la petite faune ne sont pas mentionnés. L'impact résiduel global estimé comme non significatif pour la faune et la flore n'est pas explicitement démontré. Le dossier indique que des mesures de compensation et la production d'un dossier de dérogation au titre des espèces protégées n'est pas nécessaire. Si cela semble recevable, l'impact sur les habitats et les zones humides mérite d'être repris au regard des lacunes de l'état initial.

Les suivis proposés, insuffisamment détaillés, sont pour partie inadéquats aux enjeux. Ainsi, des suivis de l'avifaune en période migratoire ou hivernante paraissent inutiles, les impacts se concentrant majoritairement en période printanière et estivale (oiseaux nicheurs, reptiles, insectes, végétations).

Les techniques d'entretien du site et leur fréquence (à l'aide de pâturage ovin a priori d'après le dossier, page 231), ne sont pas présentées dans le dossier, traduisant l'absence d'engagement du maître d'ouvrage sur ce point.

L'autorité environnementale recommande de reprendre l'évaluation des incidences du projet et de compléter les mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) en tenant compte des différents éléments évoqués précédemment.

¹ Concernant les milieux identifiés comme humides, le niveau d'impact avant mesure est jugé nul et les impacts du projet sont jugés nuls également (page 235).

Les mesures sont adaptées aux enjeux en présence. L'étude conclut de façon argumentée à l'absence d'impact visuel du projet après le renforcement des haies champêtres en lisières nord et est de la parcelle.

2.3 Contribution du projet à la lutte contre le réchauffement climatique

Le projet, qui vise à produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire, s'inscrit dans le cadre des objectifs fixés par la directive européenne sur les énergies renouvelables¹. Il concourt aussi à l'atteinte de l'objectif national visant à porter la part des énergies renouvelables à 27 % d'ici 2030, en cohérence avec le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires CentreVal de Loire (Sraddet, Objectif n°4 et règle n°29²).

Bien que le projet de centrale photovoltaïque soit réalisé dans le but de promouvoir les énergies renouvelables, en réduisant la part des énergies fossiles, l'étude énergétique du projet est très lacunaire. Le dossier ne fait aucune mention du cycle de vie ou de l'énergie grise de la centrale photovoltaïque, c'est-à-dire de l'énergie qui est nécessaire à sa fabrication, son installation et son recyclage. Il semble pourtant indispensable d'évoquer le temps de retour³ des panneaux photovoltaïques pour réaliser un bilan énergétique et un bilan carbone portant sur l'ensemble du cycle de vie du parc solaire. Les seules estimations présentées, pages 197 et suivante, sont relatives aux émissions de CO2 économisées : le dossier indique que le projet aura une influence positive sur le climat en contribuant à économiser l'émission de 390 000 tonnes équivalent CO2 sur les 30 premières années d'exploitation, mais les hypothèses de calcul ne sont pas précisées. Il se contente de mentionner des données très génériques et semble surestimer les effets positifs du projet.

Un développement plus approfondi permettant d'estimer à la fois le bilan carbone global de la centrale, ainsi que le nombre de foyers qui pourraient bénéficier de cette nouvelle source d'énergie, serait utile. Les éléments sur le contexte énergétique devraient être complétés en mentionnant les objectifs régionaux du Sraddet et en indiquant à quelle hauteur le présent projet participera à l'atteinte de l'objectif régional de développement de l'énergie photovoltaïque.

L'autorité environnementale recommande de reprendre les éléments relatifs aux bilans énergétique et carbone en prenant en compte les étapes du cycle de vie (y compris en amont et aval) et en précisant le temps de retour énergétique du projet.

2.4 Pérennité du site Natura 2000 eu égard au risque d'incendie représenté par l'installation

L'étude d'impact ne fait pas référence à l'atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire qui identifie la commune de Veilleins en priorité d'action 1 (la plus élevée). En raison de cette absence le risque d'incendie est abordé d'une manière extrêmement générique sans le rapporter au contexte précis d'une installation photovoltaïque à proximité d'une forêt, les mesures proposées par l'étude d'impact ne permettent pas de s'assurer qu'en cas d'incendie il ne sera pas porté atteinte à l'intégrité du site Natura 2000 au sein duquel se trouve l'installation.

¹ Directive (UE) 2008/2001 du Parlement européen et du Conseil de 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.

² Objectif 4 : « 100 % de la consommation régionale d'énergie couverte par la production en région d'énergies renouvelables en 2050 ». Règle 29 : « définir dans les Plans et Programmes des objectifs et une stratégie en matière de maîtrise de l'énergie et de production et de stockage d'énergies renouvelables et de récupération ».

³ Temps nécessaire pour que la centrale produise autant d'énergie qu'il a été consommé pour sa fabrication, son transport, son installation et le recyclage de ses composants.

technique à l'aide d'une note descriptive. Quelques éléments concernant les techniques de travaux employées auraient mérités d'être présentés.

L'autorité environnementale relève que la carte 2 de localisation du projet de parc photovoltaïque (page 8 du RNT) présentée ne correspond pas au projet de Veilleins dans le Loir-et-Cher et illustrent un projet situé à Trizay, au sud est de Rochefort dans le département de la Charente-Maritime (17).

Afin de faciliter la compréhension du projet par le public, l'autorité environnementale recommande de rectifier les incohérences présentes dans le résumé non technique et d'approfondir les éléments de présentation des caractéristiques techniques du projet.

4 Conclusion

L'environnement du site d'implantation n'est pas étudié de manière approfondie dans l'état initial de l'environnement. L'évaluation environnementale conduite a permis de limiter les incidences résiduelles de l'installation sur son environnement. Néanmoins, l'état initial relatif à la biodiversité souffre de lacunes notamment sur les habitats naturels et les zones humide et ne semble pas proportionné aux enjeux de biodiversité en présence sur le site d'implantation.

Par ailleurs, le dossier souffre de l'absence d'un bilan énergétique et d'un bilan carbone solidement argumentés. De plus, le risque d'incendie est abordé d'une manière extrêmement générique sans le rapporter au contexte précis d'une installation photovoltaïque à proximité d'une forêt.

Sept recommandations figurent dans le corps de l'avis.

ANNEXE 2



Projet de centrale agrivoltaïque de Veilleins – Veilleins (41)



Réponse à l'avis de l'Autorité Environnementale

Octobre 2022

Introduction

Dans le cadre de l'instruction de la demande de permis de construire du projet de centrale agrivoltaïque de Veilleins sur la commune de Veilleins la Mission Régionale de l'Autorité Environnementale a émis un avis délibéré le 8 juillet 2022.

Conformément à l'article L. 122-1 du code de l'environnement, le présent avis devra faire l'objet d'une réponse écrite de la part du maître d'ouvrage qui la mettra à disposition du public par voie électronique au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique prévue à l'article L. 123-2 ou de la participation du public par voie électronique prévue à l'article L. 123-19.

Le présent document s'attache donc à apporter des éléments de réponses ou justifications aux différentes éléments soulevés par la Mission Régionale de l'Autorité Environnementale.

Table des matières

Introduction.....	1
Thème 1 : Présentation du projet	3
Thème 2 : Justification choix du site	3
Thème 3 : Urbanisme	11
Thème 4 : Raccordement	12
Thème 5 : Démantèlement et remise en état du site.....	15
Thème 6 : Consommation d'espaces agricoles.....	16
Thème 7 : La biodiversité - état initial.....	17
Thème 8 : La biodiversité - Les incidences du projet	18
Thème 9 : Contribution à la lutte contre le réchauffement climatique	20
Thème 10 : Natura 2000	21
Thème 11 : RNT	22

Thème 1 : Présentation du projet

Remarque MRAE : « Le projet prévoit d'aménager 16 812 panneaux photovoltaïques de type monocristallin qui seront maintenus au sol par des pieux vissés ou battus¹.

¹ Pieux en acier galvanisé, d'un diamètre d'environ 10 cm, seront vissés ou battus sur une profondeur d'environ 1 à 1,5 m. Cette méthode comporte notamment les avantages suivants : pas d'ancrage en béton en sous-sol, pas de déblais, ni de refoulement du sol» page 3/12

Une coquille n'a pas été corrigée dans l'étude d'impact à la page 179. Comme écrit dans la PC4 du dossier, les fondations assurant l'ancrage au sol et la stabilité se composent de pieux battus ou de pieux vissés dans le sol, à une profondeur entre 1,30 et 3,5 m en fonction des recommandations de l'étude géotechnique de type G2 AVP qui sera réalisée en amont du chantier.

Photosol tient également à souligner que le choix des panneaux photovoltaïques n'est toujours pas figé à cette étape du projet et qu'il le sera en phase de pré-construction une fois le permis obtenu.

Remarque MRAE : « L'ensemble des aménagements du site représentent une superficie de 10,2 ha clôturés et comprennent d'autres composantes d'une surface totale d'environ 290 m² :

- deux postes de livraison,
- deux locaux de stockage / d'exploitation,
- quatre postes de transformation,
- deux citernes ,
- des clôtures périphériques d'une hauteur de 2 m sur 2 500 m linéaires.» page 4/12

Photosol tient à mettre à jour ses chiffres qui sont des coquilles. Les bons chiffres sont bien dans la PC4 du dossier.

Les données correctes sont les suivantes :

- Surface clôturée : 96 189 m²
- Tables photovoltaïques : 467 tables
- Nombre total de panneaux : 16 812 panneaux
- Superficie totale des panneaux : 42 364 m²
- Inclinaison des panneaux : 20°
- Puissance installée estimée : 9,2 MWc

- 2 Locaux de stockage - surface totale 75 m²
- 2 Postes de Livraison - surface totale 64 m²
- 4 Postes de transformation - surface totale 150 m²

Ces équipements forment une surface totale d'environ 290m² à laquelle se rajoute les 2 citernes incendie de 60m³ minimum et d'une surface totale 250m²

Thème 2 : Justification choix du site

Remarque MRAE : « L'étude d'impact ne justifie pas le choix du site retenu pour le projet au regard d'implantations géographiques sur des sites dégradés. Le dossier affirme que le choix porte sur un terrain à vocation agricole qui n'est plus exploité et qu'il prend en considération la biodiversité de façon à maintenir sa fonctionnalité. L'étude d'impact aurait dû présenter une analyse des alternatives à l'aménagement actuel, requis par l'article R. 122-5 alinéa 7 du code de l'environnement qui impose que soit présentée une description des solutions de substitution

raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques et une indication des principales raisons du choix effectué.» page 4/12

La remarque pertinente de la MRAE a été intégrée par le porteur de projet.

Photosol procède à une analyse systématique de l'ensemble des terrains disponibles en France. La justification du choix de ce site s'appuie sur une réflexion transversale multithématiques.

L'équipe de développement présélectionne méticuleusement les projets dès les premières analyses de faisabilité. Chaque nouveau projet présenté aux services instructeurs est ainsi le fruit d'un compromis optimal basé sur de nombreux critères : énergétiques, territoriaux, paysagers, socio-culturels et techniques. En effet, un projet est avorté chez Photosol dès qu'il présente l'un des critères suivants :

- Une surface trop petite (<5Ha), la nature et l'état de la parcelle (bois naturel âgé de feuillus, parcelle céréalière à bon rendement agricole...);
- Une protection réglementaire naturelle forte (biotope, RAMSAR...), un enjeu rédhibitoire faune flore ;
- Une protection paysagère forte (site inscrit, classé, ZPPAUP, dans les 500 mètres d'un monument historique...);
- La protection de la zone par le document d'urbanisme (par exemple : EBC, Np, AU pour habitation, PPRI...);
- Une topographie trop marquée (>10 %);
- Un poste source trop éloigné (>1km/hectare de projet).

Ainsi, le site d'étude du projet de Veilleins répondait à l'ensemble des critères multithématiques :

- **Une ressource solaire suffisante** : La première condition pour produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire est bien évidemment l'irradiation solaire. Le gisement solaire du site étudié encourage à développer un projet photovoltaïque avec un productible annuel de **1150 kWh/kWc**.

- **La possibilité d'un raccordement au réseau électrique** : Les capacités de raccordement sont également un facteur majeur pour la localisation des centrales solaires. Les centrales d'une puissance de plus de 250 kW doivent être raccordées sur des lignes de moyenne tension. Les centrales de plus de 5 MW (seuil théorique) devront être raccordées à un poste source. En l'occurrence, les conditions de raccordement électrique sont favorables puisque le poste source de Vernou-en-Sologne est situé à **7 km** du site.

- **Une absence de périmètres de protections environnementales et paysagères** : il est nécessaire que le site d'implantation évite au maximum les zones protégées pour des raisons environnementales ou paysagères. Les contraintes environnementales regroupent les espaces naturels sensibles bénéficiant d'un classement particulier et/ou d'un statut de protection (ZNIEFF I ou II, Natura 2000, Arrêté de Protection de Biotope, Réserve Naturelle Nationale, etc). Les zones protégées pour la conservation du paysage ou du patrimoine sont les secteurs sauvegardés, les sites inscrits/classés, les monuments historiques, etc. Le site de Veilleins est localisé au sein du site Natura 2000 ZSC « FR2402001 - Sologne ». Seuls les boisements à proximité immédiate du site et la ripisylve qui traverse la zone d'étude sont des milieux associés à ce périmètre de protection. Ils ont été évités. Les conclusions de l'étude montrent que le projet n'aura pas d'incidences sur les espèces et habitats d'intérêt communautaire de la ZSC « FR2402001 - Sologne »

- **Le maintien d'une activité agricole significative** : le terrain choisi est une terre agricole de potentiel agronomique faible (terre acide, sableuse...), en usage ovin. Une activité agrivoltaïque

permet de conserver cette activité agricole significative, tout en produisant une énergie renouvelable.

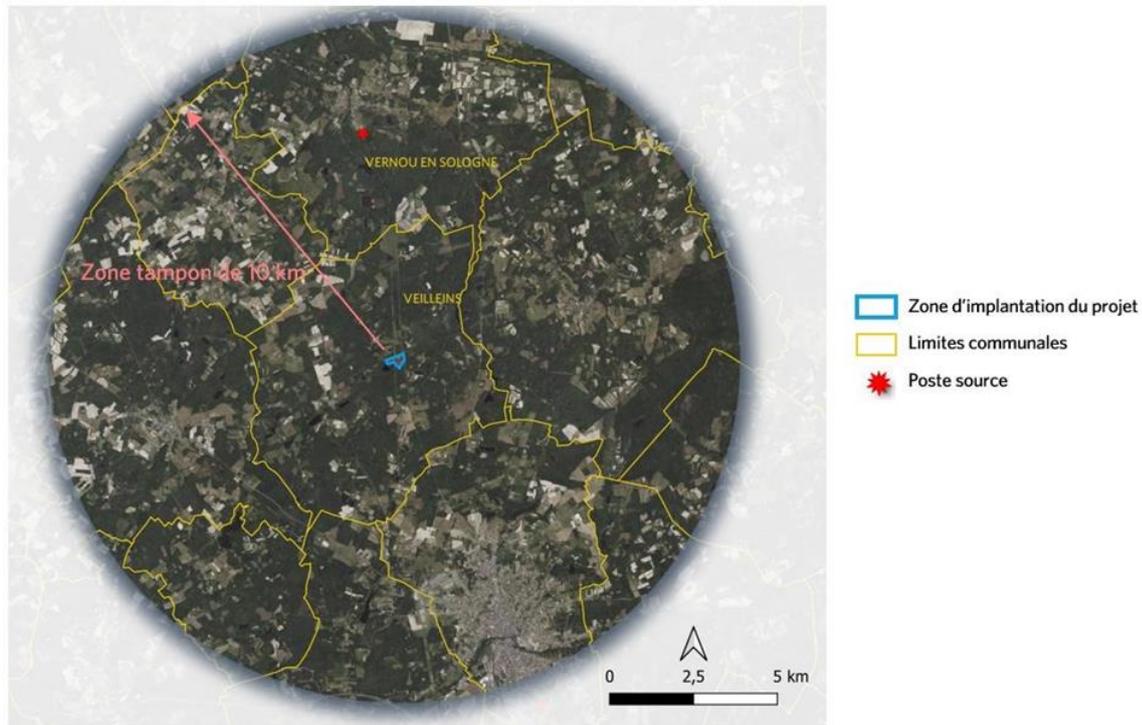
De plus, l'installation d'une activité agrivoltaïque permet un revenu supplémentaire pour l'exploitant et une protection plus forte des animaux sur les parcelles, soumis à des attaques fréquentes de prédateurs comme le renard, ou de sangliers détruisant les clôtures ; et donc une pérennisation de l'activité agricole.

Enfin, l'implantation d'un parc photovoltaïque ne dégrade pas le potentiel agronomique des terres. Au terme de l'exploitation du parc (30 ans minimum) celui-ci pourra être démantelé et redeviendra vide de tout aménagement et l'activité agricole pourra se poursuivre.

ANALYSE COMPARATIVE DU SITE DE VEILLEINS :

Afin de sélectionner le site du projet de Veilleins, une analyse fine du territoire a été menée afin de rechercher le site ayant le moindre impact environnemental, sociétal et sur le monde agricole. C'est à la suite de cette analyse que le site de Veilleins a été retenu.

Une zone tampon de 10 km autour du site a été créée. Les postes sources compris dans cette zone tampon ont été recensés.



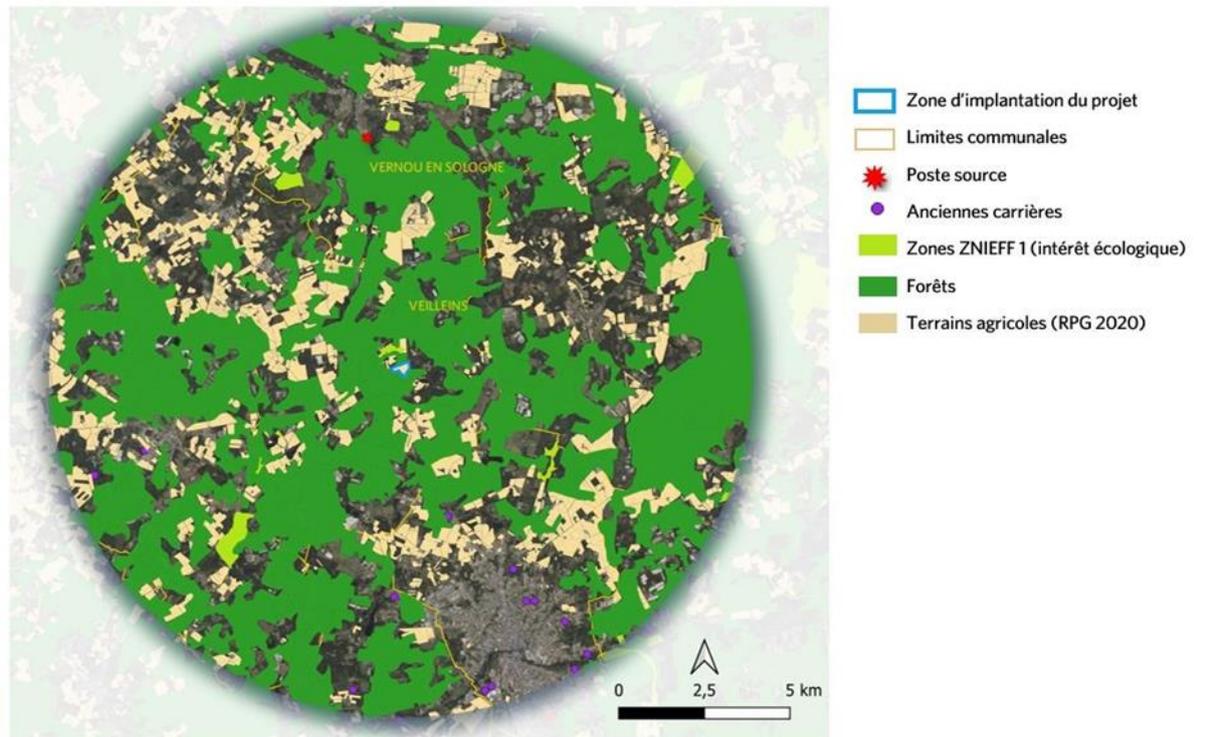
Aire de recherche des sites alternatifs

Dans ce périmètre de 10 km autour du site, nous avons recensé tous les sites industriels dégradés correspondant à d'anciennes carrières.

Nous avons ensuite ajouté les principales contraintes présentes afin d'identifier les zones compatibles au développement d'un projet solaire. Ainsi les sites présentant des enjeux environnementaux importants ont été détachés. Cela correspond aux ZNIEFF I et aux forêts.

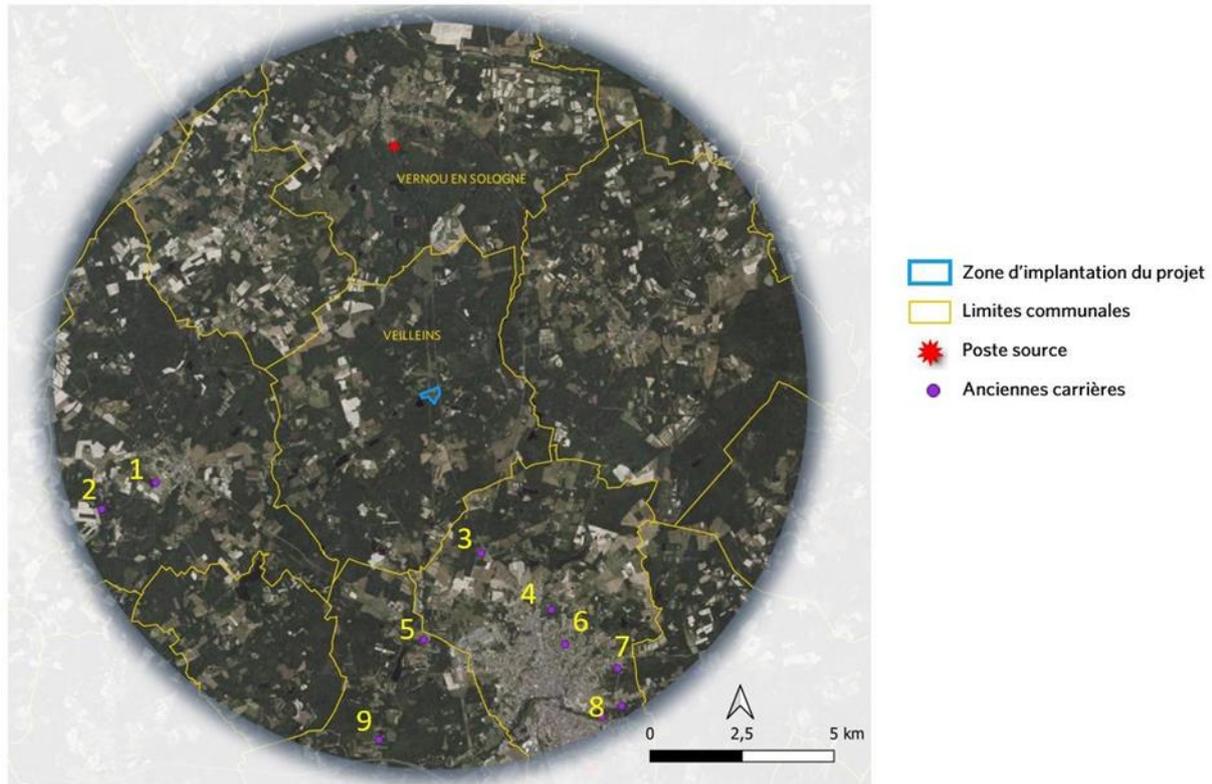
De même, les parcelles recensées au RPG 2020 (registre parcellaire graphique) et ayant donc une activité agricole ont été évincées ainsi que les terrains classés en zonage naturel (boisements et

forêts). Elles ne sont pas plus pertinentes que celles étudiées dans le cadre de ce projet. De plus, les anciennes carrières présentes sur ces zones ont été remises en état, et nous ne les considérons plus comme terrains dégradés.



Carte des principales contraintes sur la zone étudiée

Les sites restants, c'est-à-dire n'étant concernés par aucune des contraintes mentionnées ci-avant sont au nombre de 9. Ils sont représentés sur la carte ci-dessous. Ils ont été étudiés au cas par cas, pour éprouver leur compatibilité avec un projet photovoltaïque.

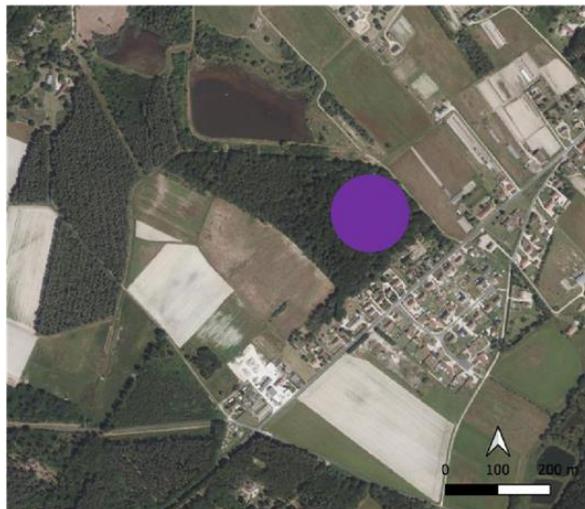


Carte des sites potentiels à une installation photovoltaïque

Sites n°1, 2, 4, 9 : zones boisées

Ces anciennes carrières sur les communes de Mur-de-Sologne, Romorantin-Lanthenay et Pruniers-en-Sologne présentent des caractéristiques écologiques importantes. En première approche, ces terrains dits dégradés pourraient être compatibles. Or, la présence de boisements et de zones en eaux semble propice à une biodiversité riche et variée. Les photographies aériennes attestent de cette nature abondante. Pour être compatibles avec un projet solaire, le défrichage de grandes surfaces serait potentiellement nécessaire, portant atteinte aux milieux.

Ces terrains ne sont donc pas plus pertinents pour un projet solaire, au vu des enjeux écologiques pressentis.

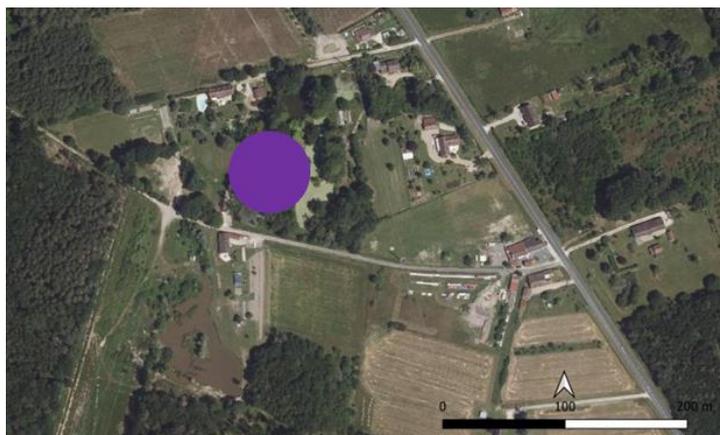


Sites n°3, 5 et 7 : zones bâties

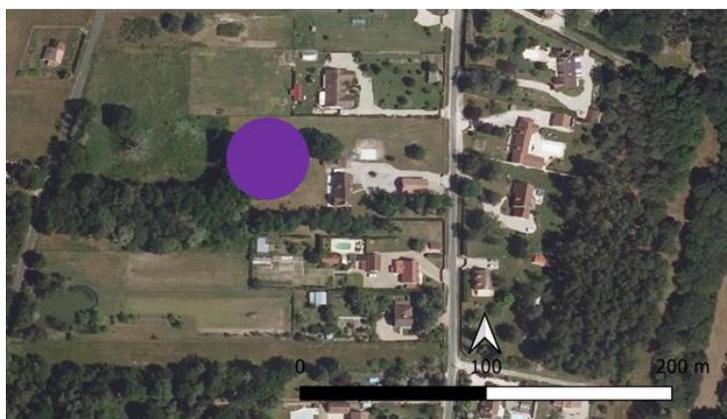
Ces anciennes exploitations, sur les communes de Romorantin-Lanthenay et Pruniers-en-Sologne apparaissent aujourd'hui être des zones habitées, entourées de boisements et de parcelles agricoles. De plus, ces zones ont toutes une aire inférieure à 5ha. Etant donné leur usage actuel, une centrale solaire ne peut pas être construite sur ces zones.



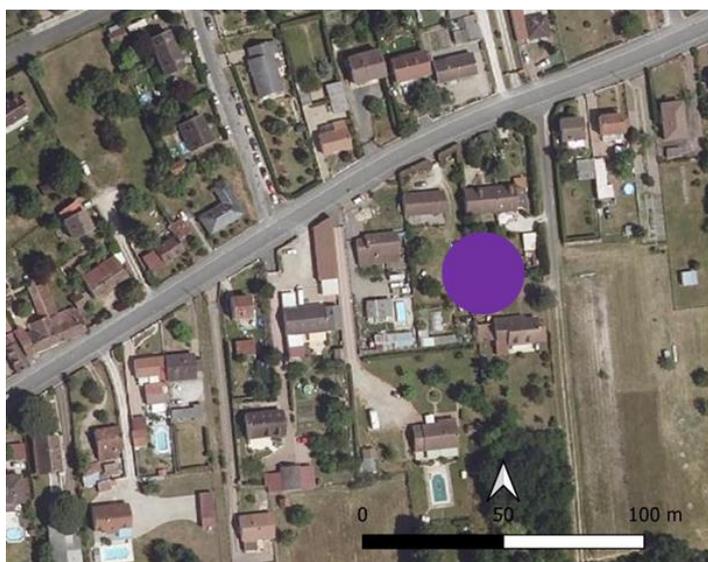
Site n°4 : ancienne carrière sur la commune de Romorantin-Lanthenay Site n°9 : ancienne carrière sur la commune de Pruniers-en-Sologne



Site n°3 : ancienne carrière sur la commune de Romorantin-Lanthenay



Site n°5 : ancienne carrière sur la commune de Pruniers-en-Sologne



Site n°7 : ancienne carrière sur la commune de Romorantin-Lanthenay

Sites n°6, 8 : sites inférieurs à 5 ha

Ces deux sites sur la commune de Romorantin-Lanthenay sont de superficie inférieure à 5 ha. Cela ne permet pas au projet d'être viable économiquement. De plus, la zone en eaux du site n°6 et la zone boisée du site n°8 laissent présager des enjeux écologiques importants. Ainsi, un projet photovoltaïque ne peut y voir le jour.



Site n°6 : ancienne carrière sur la commune de Romorantin-Lanthenay



Site n°8 : ancienne carrière sur la commune de Romorantin-Lanthenay

Conclusion :

Ainsi, après une étude approfondie et multithématique, le site choisi par Photosol a été retenu comme l'un des plus adéquats. En effet, en prenant en compte les aspects écologiques, agricoles et techniques, pas de site présentant un enjeu moindre n'a été rencontré aux alentours.

De plus, l'étude d'impact environnemental permet d'assurer la compatibilité du futur projet avec le milieu naturel, paysager, humain et physique existant. Cela passe par une adaptation du plan d'implantation et des mesures d'évitement et de réduction.

Thème 3 : Urbanisme

Remarque MRAE : « Le projet est situé dans une commune qui dispose d'une carte communale, qui classe le site d'implantation du projet en secteur naturel (N) non constructible. En principe, pour les communes dotées d'une carte communale les dispositions du règlement national d'urbanisme (RNU) s'appliquent puisque la carte communale ne peut pas réglementer de façon détaillée les modalités d'implantation sur les parcelles des parcs photovoltaïques. Ils ne peuvent être implantés que dans les parties urbanisées, ce qui n'est pas le cas ici. Mais compte tenu de l'intérêt collectif de cette installation, elle peut être implantée en secteur N dès lors qu'elle ne compromet pas l'activité agricole, pastorale et forestière. Néanmoins le dossier n'indique pas comment le projet intègre les éléments liés aux règles de constructibilité limitées qu'impose le RNU pour ce type de projet.

La compatibilité du projet n'est pas appréciée au regard des critères et des exceptions aux règles de constructibilité limitée. » page 5-6/12

La MRAE a raison de souligner ce manquement.

Photosol a pris en considération ces remarques et l'étude préalable agricole a été rajoutée en annexe de ce mémoire en réponse.

Le RNU, qui s'applique dans les communes non dotées de document d'urbanisme, pose le principe de constructibilité limitée aux termes duquel les constructions et installations ne peuvent être autorisées que dans des parties actuellement urbanisées de la commune (Art. L. 111-3 Code de l'urbanisme).

Néanmoins, et par exception à ce principe, sont autorisées, en dehors des parties déjà urbanisées, les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées (Art. L. 111-4, 2° dudit Code).

Actuellement, le terrain d'assiette du projet accueille une activité pastorale, d'élevage d'ovins. Le projet agrivoltaïque décrit vise à maintenir en l'état cette activité, les moutons pourront librement paître sous les panneaux et il en résultera une activité pastorale identique à celle pratiquée aujourd'hui.

D'ailleurs, dans son arrêt du 8 février 2017 (Sté Photosol, n°395464), le Conseil d'Etat rappelait qu'« il appartient à l'administration, sous le contrôle du juge de l'excès de pouvoir, d'apprécier si le projet permet l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière significative sur le terrain d'implantation du projet, **au regard des activités qui sont effectivement exercées dans la zone concernée du plan local d'urbanisme ou, le cas échéant, auraient vocation à s'y développer, en tenant compte notamment de la superficie de la parcelle, de l'emprise du projet, de la nature des sols et des usages locaux** ».

Ainsi, le projet doit permettre d'assurer l'exercice d'une activité pastorale, agricole ou forestière significative. Le caractère significatif s'apprécie au regard des activités qui s'exercent effectivement sur le terrain d'assiette avant et après le projet ou qui auraient vocation à s'y développer. Le Conseil d'Etat indique qu'il convient notamment de se fonder sur la superficie de la parcelle, l'emprise du projet, la nature des sols et les usages locaux.

En l'espèce, l'activité d'élevage d'ovins sur le terrain d'assiette est exploitée depuis de nombreuses années. Une fois encore, l'installation des panneaux photovoltaïques n'entraînera aucune conséquence sur cette activité qui se poursuivra sans affecter la superficie du terrain sur lequel elle s'exécute tel qu'analysé et démontré dans l'Etude Préalable Agricole.

Au contraire, cette activité permettra de pérenniser l'activité agricole sur le terrain d'assiette. En effet, depuis quelques décennies, la déprise agricole s'accroît en Sologne. Les surfaces cultivées disparaissent au profit d'un enrichissement et d'un boisement progressif.

De plus, la déprise est notamment liée à la présence de sols particulièrement difficiles à mettre en valeur sans aménagements lourds (drainage, irrigation). Leur composition leur donne une faible potentialité de production. Ainsi, la probabilité de développer une nouvelle activité de production en lieu et place de l'élevage d'ovins sur le terrain semble limitée.

Thème 4 : Raccordement

Remarque MRAE : « Le dossier évoque succinctement, en page 181 et suivantes, les modalités de raccordement du parc photovoltaïque. Le choix n'apparaît pas définitivement arrêté. Les possibilités de raccordement les plus proches sont situées sur les communes de Romorantin-Lanthenay et Vernou-en-Sologne, soit une dizaine de kilomètres.

Ni les modalités de raccordement, ni son tracé du raccordement et son caractère souterrain ou aérien ne sont encore établis, ni même esquissés à ce stade du projet. L'impact environnemental du raccordement au réseau public n'est donc pas évalué.

L'autorité environnementale rappelle que, conformément à l'article L. 122 1 du code de l'environnement, lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrage, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité. Le raccordement du parc au réseau électrique, indispensable à son fonctionnement, fait pleinement partie du projet et doit à ce titre être présenté et évalué en même temps.

L'autorité environnementale recommande de compléter dès ce stade l'étude d'impact par une évaluation des incidences des modalités de raccordement du projet au réseau susceptibles d'être mises en œuvre.» page 6/12

Description des opérations de raccordement au poste-source du projet

Photosol a pris en compte les remarques.

Le raccordement au réseau électrique national sera réalisé et sous maîtrise d'ouvrage d'ENEDIS. La procédure en vigueur prévoit l'étude détaillée par ENEDIS du raccordement de la centrale solaire **une fois le permis de construire obtenu**. Le tracé définitif du câble de raccordement ne sera connu qu'une fois l'étude technique réalisée par ENEDIS et acceptée par le porteur de projet. Ses résultats définissent de manière précise la solution et les modalités de raccordement. Un trajet hypothétique mais probable a été présenté dans le dossier.

Cet ouvrage de raccordement, qui sera intégré au Réseau de Distribution fera l'objet d'une demande d'autorisation selon la procédure définie par l'Article 50 du Décret n°75/781 du 14 août 1975 modifiant le Décret du 29 juillet 1927 pris pour application de la Loi du 15 juin 1906 sur la distribution d'énergie. Cette autorisation sera demandée par le Gestionnaire du Réseau de Distribution (ENEDIS) qui réalisera les travaux de raccordement du parc photovoltaïque. Le financement de ces travaux reste à la charge de PHOTOSOL DEVELOPPEMENT, maître d'ouvrage de la centrale solaire. Le raccordement final est sous l'entière responsabilité d'Enedis.

Le raccordement se fera depuis le poste de livraison du parc agrivoltaïque qui est l'interface entre le réseau public et le réseau propre aux installations sous une tension de 20 000 Volts.

Les travaux de construction/aménagement des infrastructures à faire par Enedis démarrent généralement une fois que la Convention de Raccordement a été acceptée et signée par le producteur.

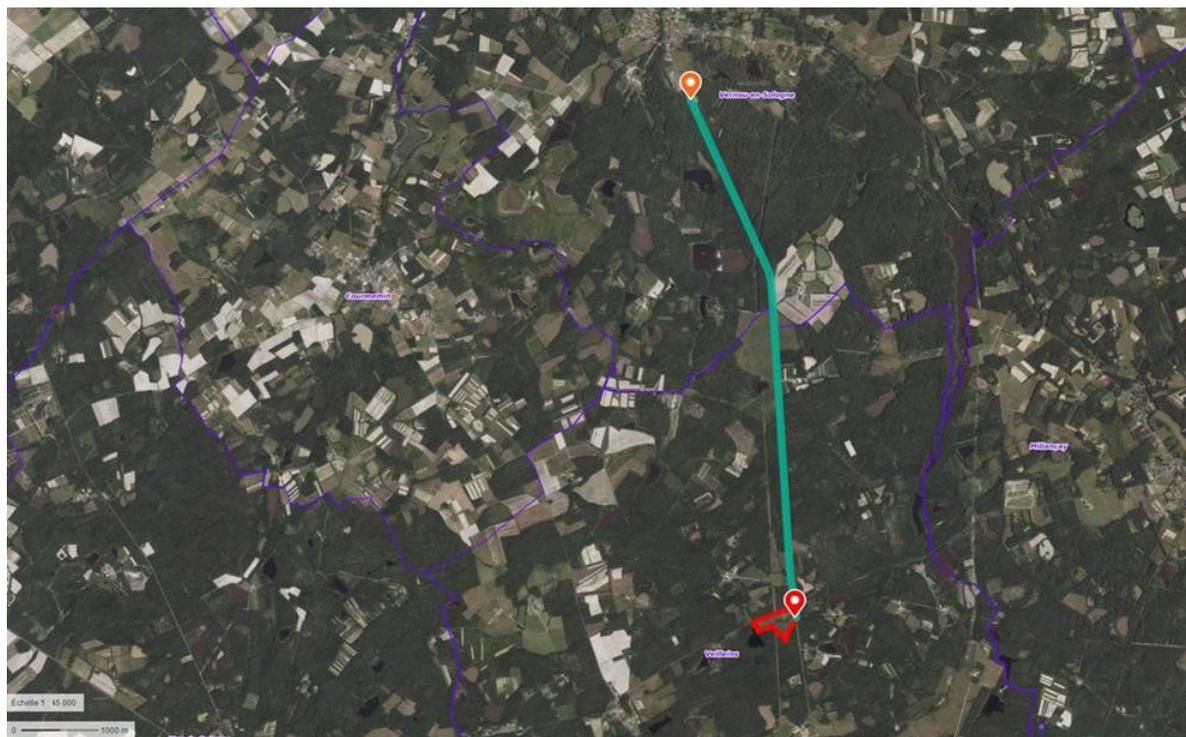
De manière générale, les opérations de réalisation de la tranchée, de pose du câble et de remblaiement se dérouleront de façon simultanée et suivront les accotements routiers autant que possible : les trancheuses utilisées permettent de creuser et déposer le câble en fond de tranchée de façon continue et très rapide. Le remblaiement est effectué manuellement immédiatement après le passage de la machine. Si de nouvelles lignes électriques doivent être installées, elles seront systématiquement enterrées par Enedis et suivront prioritairement la bordure de la voirie existante (concession publique).

L'emprise de ce chantier mobile est donc réduite à quelques mètres linéaires et la longueur de câble pouvant être enfouie en une seule journée de travail est de l'ordre de 500 m. Les impacts liés au raccordement seront donc temporaires et ne concernent que la durée des travaux réalisés par ENEDIS. Ces impacts seront étudiés dans la demande d'autorisation réalisé par ENEDIS.

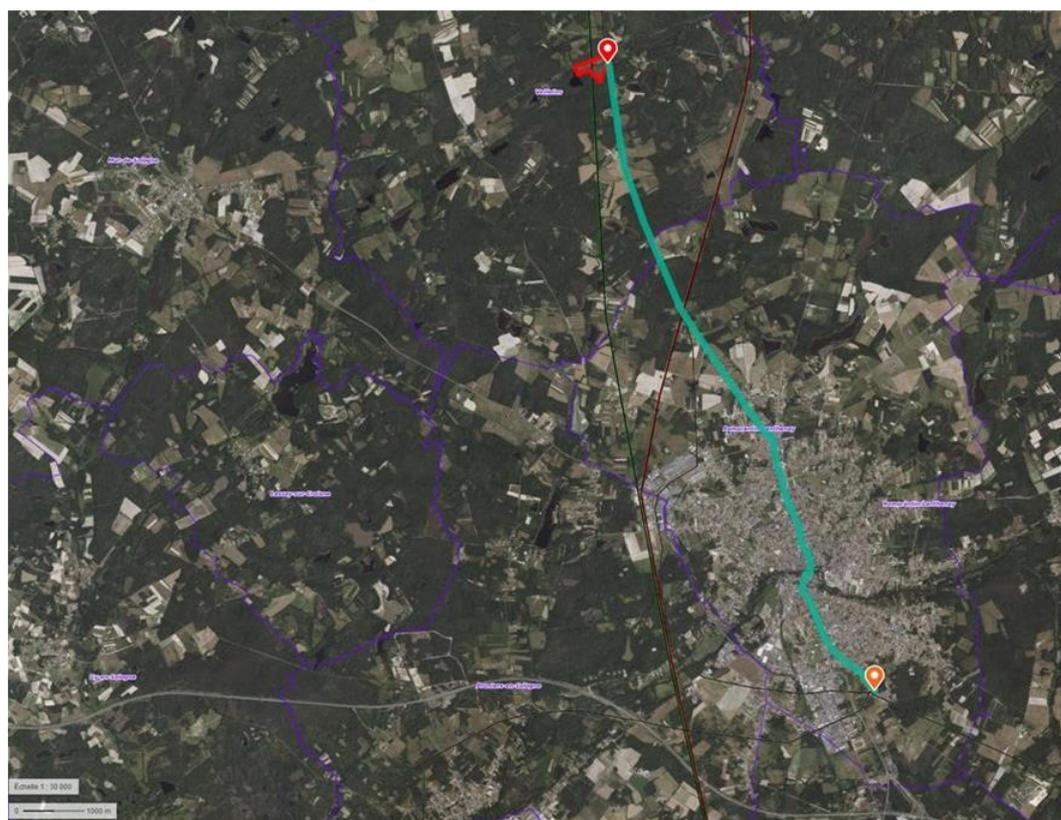
Sur le tracé hypothétique estimé par Photosol, deux choix probables dont le premier est un raccordement au poste de Riou localisé sur la commune de Vernou-en-Sologne à 7km et le second un raccordement au poste de Romorantin localisé sur la commune de Romorantin-Lanthenay à 12km.

Le poste de Riou possède une capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution de 20,7 MW au 19 Juillet 2022 d'après caparéseau. Ce poste peut également voir sa capacité augmentée en passant de 2 transformateurs 20 MW à 2 transformateurs 36 MW pour une capacité additionnelle de 32 MW, bien supérieur au projet de Veilleins.

Le poste de Romorantin possède une capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution de 56,5 MW au 19 Juillet 2022 d'après caparéseau. De plus, ce poste a déjà subi plusieurs transferts de capacité au cours des dernières années, il est donc fort probable que le projet soit raccordé à ce poste.



Raccordement externe au poste de Vernou-en-Sologne



Raccordement externe au poste de Romorantin-Lanthenay

Ces scénarios n'entraîneront aucune destruction d'habitats naturels ni de haies, et aucun franchissement de cours d'eau. Ils ne causeront aucun autre type d'impacts.

En phase chantier, le tracé prévisionnel suit les voies de circulation déjà existantes. Les tranchées réalisées en phase chantier ne seront donc pas localisées au niveau de milieux naturels.

Le cas échéant, le passage des câbles sur les cours d'eau se fera par le biais des ouvrages d'art déjà existants. Un passage d'un écologue sur le tracé de raccordement sera réalisé lorsque celui-ci sera définitif

En phase d'exploitation, le raccordement ne nécessite pas ou peu d'intervention (maintenance, entretien).

Ces éléments ont été rajoutés dans l'EIE p181 et 206.

En conclusion, Photosol rappelle que c'est bien ENEDIS qui entreprendra toutes les démarches et études nécessaires pour la réalisation de ces travaux une fois le tracé définitivement validé.

Thème 5 : Démantèlement et remise en état du site

Remarque MRAE : « Le dossier détermine brièvement le devenir des installations en fin de vie. Les informations contenues dans le dossier sont très génériques et concernent la constitution de garanties financières, le coût du démantèlement, la prise en charge du recyclage des modules par PV Cycle. La remise en état du site fait l'objet d'un prévisionnel de travaux hypothétique et qui est décrit succinctement⁴. La destruction de cet espace prairial à composante humide pose la question de la « réversibilité » réelle après démantèlement via ses divers usages (agricole voire sylvicole) et des sols dont la qualité agronomique n'est pas évoquée dans le dossier. Le retour à l'état agricole n'est même pas mentionné dans le dossier. Il est fondamental que le dossier soit complété pour présenter clairement si ce retour est possible et à quel terme.

*L'autorité environnementale recommande d'étudier la faisabilité d'un retour à l'état agricole du site et des sols après exploitation du parc photovoltaïque et de détailler les mesures en conséquence. »
page 6/12*

Dans le cadre de la construction de la centrale, de nombreuses mesures seront mises en place pour limiter l'impact sur la prairie et seront globalement identiques à celle mise en œuvre pendant la phase d'installation (adaptation calendrier, kit antipollution...).

De plus, dans le cas où la prairie serait endommagée, il sera réalisé une réimplantation de la prairie par semis à la volée sous les panneaux lors de la phase d'exploitation (manœuvre déjà réalisée sur plusieurs de nos centrales qui montre de très bons résultats) ou bien une réimplantation conventionnelle si la problématique intervient lors du démantèlement.

Cependant, la nature des structures qui supportent les panneaux photovoltaïques rend l'installation réversible très facilement. En effet, les pieux qui seront vissés ou battus ne nécessitent aucune fixation avec des matériaux de type béton ou autre. Aussi, seuls les pistes dites lourdes qui représente 3167 m² sur l'ensemble de la centrale nécessiteront un terrassement. Ce dernier représente un décaissage de 20 cm, la pose d'un géotextile puis l'ajoute de grave par-dessus. Cette manipulation est également tout à fait réversible.

L'objectif principal dans le cadre de ce projet est de conserver une prairie de qualité pour que la production ovine soit maintenue, la même attention sera portée à ce point-là lors de la fin de vie de la centrale et du démantèlement afin de respecter les engagements pris par PHOTOSOL ainsi que la réglementation française concernant l'implantation en terre agricole.

Thème 6 : Consommation d'espaces agricoles

Remarque MRAE : « L'autorité environnementale recommande de joindre au dossier d'enquête publique l'étude agricole, en cours d'élaboration, et d'en intégrer les conclusions dans l'étude d'impact. » page 8/12

Afin d'intégrer les recommandations de la MRAE, l'étude préalable agricole intégrant une étude technico-économique menée par la chambre d'agriculture a été mise à disposition en annexe de ce mémoire en réponse.

Les conclusions de l'étude préalable agricole sont restituées ci-dessous :

« L'un des objectifs forts du projet est de concilier agriculture et développement d'électricité verte. En effet, le projet va se construire sur des parcelles actuellement en pâturage ovin. Ce pâturage pourra perdurer en parallèle du projet photovoltaïque.

Concernant la consommation de surfaces agricoles, l'emprise du projet photovoltaïque représente 2,2 % de la SAU communale. Par ailleurs, la surface entre et sous les panneaux accueillera le cheptel ovin qui viendra pâturer la prairie qui sera ressemée à la fin des travaux si besoin (Mesure n°3). L'impact du projet sur la consommation de surfaces agricoles sera donc très faible.

En termes d'impacts sur les sols, le chantier de construction aura un impact résiduel nul voire positif après la mise en place des Mesures de réduction n°2 et n°3 (cf. paragraphe 4.1) relatives respectivement à la maîtrise de la modification des sols durant le chantier et le resemis de la prairie (en cas de détérioration de la prairie en place).

Les impacts de la phase d'exploitation sur le sol seront nuls.

Pour les modifications des apports en eau dans le sol, les impacts résiduels sur l'écoulement et l'infiltration des eaux seront négatifs faibles (en phase de chantier et phase d'exploitation). Les impacts sur la valeur agronomique seront négatifs faibles en phase de construction. L'impact brut sur la valeur agronomique sera nul en phase d'exploitation.

L'impact sur l'acte de production agricole sera nul dans la mesure où les parcelles du projet sont déjà en pâturage ovin. Une taille de cheptel similaire pourra être conservée. Les impacts sur les aides et subventions perçues seront négatifs modérés puisque les parcelles occupées par le projet photovoltaïque ne seront plus déclarées auprès de la PAC.

Les impacts du projet sur l'emploi et sur le foncier seront nuls. L'impact résiduel du projet sur les revenus de l'exploitation sera lui positif en raison de la rémunération reçue pour l'entretien des parcelles (550 € par hectare et par an).

Concernant les effets sur l'économie agricole du territoire, le projet n'entraînant aucun changement d'affectation des terres agricoles ni aucune modification sur le troupeau ovin, l'impact est nul. Il ne nécessite alors aucune mesure de compensation collective puisque l'économie agricole du territoire ne sera pas touchée.

Enfin, l'analyse des effets cumulés a révélé qu'aucun projet occupant des terres agricoles n'a été recensé entre 2018 et novembre 2021 dans un rayon de 5 km. Les effets cumulés sur les surfaces agricoles sont donc considérés comme nuls.

Cependant, [...] , le projet photovoltaïque n'entraîne aucune perte pour l'économie agricole du territoire. Il est ainsi jugé que la mise en place d'une mesure de compensation collective n'est pas nécessaire. »

Enfin, l'analyse des effets cumulés a révélé qu'aucun projet occupant des terres agricoles n'a été recensé entre 2018 et octobre 2021 dans un rayon de 5 km. Les effets cumulés sur les surfaces agricoles sont donc considérés comme négatifs très faibles. »

Concernant les mesures de compensation collective dans le cadre du projet, l'étude conclue dans le paragraphe 6.3 qu'une mesure de compensation collective n'est pas nécessaire.

Thème 7 : La biodiversité - état initial

Remarque MRAE : « Le dossier indique que la zone d'implantation est concernée par des prairies humides sur seulement 5,7 ha, superficie qui n'est pas correctement démontrée dans le dossier. La délimitation des zones humides du site s'appuie en effet seulement sur les sondages pédologiques, alors que les végétations de la zone d'implantation sont caractéristiques des zones humides. Or l'état initial conclut à un enjeu modéré concernant les zones humides en page 263. Cette qualification de l'enjeu paraît sous-évaluée au regard de l'étendue effective des zones humides du site. »

L'intégralité de l'habitat "prairie humide" n'a pas été retenu pour la détermination des zones humides finales car le cortège caractéristique de cet habitat ne s'exprimait pas pleinement sur toute la surface de la parcelle. Il a donc été choisi de se référer davantage au critère pédologique pour représenter correctement le fonctionnement hydrologique de la parcelle et mettre en avant les secteurs présentant le plus d'enjeux (qualifiés en enjeu modéré).

Les parties de prairie humide non significatives par la pédologie représentent un enjeu faible (en raison d'une fonctionnalité moyenne), mais qui n'a effectivement pas été exposé dans le dossier. (Éléments ajoutés dans l'EIE, p.80-81)

Néanmoins, le niveau d'enjeux pour cette thématique n'est qu'indicatif, puisque selon l'arrêté du 24 juin 2008, toutes les zones humides doivent être préservées. Cela a donc été pris en compte dans l'analyse des impacts, et le niveau à cette étape de réflexion permettait à Photosol de cibler des secteurs en particulier pour les aménagements de la centrale solaire.

Remarque MRAE : « il est à souligner que le dossier ne présente pas de description détaillée des milieux et de restitution des relevés floristiques par grand type de milieux. »

Un tableau synthétique des espèces végétales rencontrées par type de milieux a été ajouté. Il est consultable en annexe 8 de l'étude d'impact.

Remarque MRAE : « L'autorité environnementale recommande de réaliser des compléments d'étude et de reprendre la partie flore, habitats et zones humides. »

Il nous semblait plus pertinent de nous baser sur le croisement des critères flore et pédologie, car le cortège d'espèces végétales caractéristiques de zones humides était peu développé et fourni, malgré des parcelles de prairies très peu gérées.

Néanmoins, comme précisé précédemment, le niveau d'enjeux pour cette thématique n'est qu'indicatif, et la préservation des zones humides dans leur intégralité a été pris en compte dans l'analyse des impacts.

Un tableau synthétique des espèces végétales (en annexe 8 de l'étude d'impact) rencontrées par type de milieux a été ajouté pour compléter l'étude.

Remarque MRAE : « Concernant la faune, les conditions météorologiques de la période durant laquelle les observations ont été faites semble avoir été peu favorables au printemps (notamment les températures très fraîches) pour une observation optimale de la faune (insectes, reptiles, chauves-souris). »

Les inventaires ont été fait aux meilleures heures de la journée pour chaque groupe concerné : assez tôt le matin pour les oiseaux, tout en évitant les matinées les plus fraîches ou en décalant parfois l'heure de début d'inventaires ; et en fin de matinée ou dans l'après-midi pour avoir des températures plus chaudes pour les insectes et les reptiles. Les amphibiens eux ont fait l'objet d'écoutes nocturnes aux meilleures périodes, et le ruisseau et la mare ont été prospectés.

Thème 8 : La biodiversité - Les incidences du projet

Remarque MRAE : « Le dossier minimise l'impact de l'installation et en particulier les d'altérations du milieu en phase chantier (tassements, perturbation du sol) et les altérations du milieu en phase d'exploitation (ombrage, modification des écoulements), qui pourraient aboutir à une modification de la structure et de la composition de la prairie.

En particulier l'habitat qualifié de prairie humide est classé vulnérable sur la liste rouge régionale, ce qui aurait dû aboutir à évaluer le niveau d'impact avant mesure et un impact du projet a minima à un niveau « modéré » sur la zone (sur toute la zone humide) »

En utilisant la logique de détermination des enjeux propre à notre expertise, un habitat classé comme vulnérable affiche un enjeu faible (cf. ci-dessous). De plus, rappelons que cette liste rouge est datée de 2012.

Espèces / Habitats	Indice de patrimonialité					Sensibilité locale à la destruction de l'habitat		Niveau de l'enjeu
	Protection européenne	Protection nationale	Protection régionale	LRN/LRR	Note	Abondance de l'espèce sur le site	Note	
	Oui = 2 Non = 0	Oui = 1 Non = 0	Oui = 1 Non = 0	LC, DD, NE = 0 ; NT = 1 ; EN, VU, CR = 2		Très abondant = 0 ; Moyennement abondant = 1 ; Peu abondant = 2, Très peu abondant = 3		
Prairie humide	/	/	/	VU	2	Très abondant	0	Faible

Résultat du croisement des indices de patrimonialité et d'abondance

		Abondance de l'espèce sur le site			
		0	1	2	3
Indice de patrimonialité	0	Très faible	Très faible	Très faible	Très faible
	0,5 ou 1	Très faible	Faible	Faible	Faible
	1,5 ou 2	Faible	Modéré	Modéré	Modéré
	2,5 ou 3	Modéré	Modéré	Fort	Fort
	3,5 ou 4	Modéré	Fort	Fort	Très Fort
	4,5 ou 5	Fort	Fort	Très Fort	Très Fort
	5,5 ou 6	Fort	Très Fort	Très fort	Très Fort

L'analyse n'a peut-être pas été assez poussée, dans le sens où, cette prairie humide aurait plutôt dû apparaître en habitat croisé prairie de pâture x prairie humide, puisqu'une activité de pâturage y est en place. C'est notamment ce qui induit un développement seulement partiel du cortège caractéristique des prairies humides.

Toutefois, comme mentionné dans la partie impacts de l'étude (p.202), seulement 7% de la surface en prairie seront directement impactés (par les aménagements type piste lourde, poste de livraison, pieux...) mais l'état prairial sera conservé sous les panneaux. Certes, ceux-ci entraîneront une modification de l'ensoleillement et potentiellement de l'humidité du sol, pouvant à terme modifier le cortège floristique, mais actuellement le pâturage mis en place n'est pas non plus le plus favorable au développement d'une grande diversité d'espèces végétales. L'espacement entre chaque table de module (3,5 m) permettra tout de même le maintien des conditions d'ensoleillement entre les rangées et donc la conservation des habitats présents et du cortège floristique associé. (Clarifié dans l'EIE, p.202)

Il serait finalement préférable d'envisager une gestion par fauche, qui serait plus bénéfique à cette prairie, avec un pâturage très extensif au besoin, et un suivi sera mis en place pour évaluer le développement floristique en phase exploitation. (Modifié dans l'EIE, p.226)

Remarque MRAE : « La perméabilité des clôtures n'est pas précisée et les aménagements pour la petite faune ne sont pas mentionnés. »

Une clôture de protection du parc photovoltaïque fera le tour de l'ensemble des installations. Il s'agira d'une clôture à mailles larges (10 x 10 cm) avec des poteaux en bois. Elles n'empêcheront donc pas le passage des petits mammifères ainsi que des amphibiens.

Remarque MRAE : « Les suivis proposés, insuffisamment détaillés, sont pour partie inadaptés aux enjeux. Ainsi, des suivis de l'avifaune en période migratoire ou hivernante paraissent inutiles, les impacts se concentrant majoritairement en période printanière et estivale (oiseaux nicheurs, reptiles, insectes, végétations). »

Un suivi de l'avifaune hivernante et migratrice reste intéressant puisque le site se trouve proche de plusieurs étangs, et que la Sologne possède un intérêt reconnu à ces périodes.

Il a été mentionné qu'également deux passages devraient être réalisés en période printanière, qui est la plus favorable pour observer des indices de nidification.

Le suivi des reptiles est également prévu, avec la réalisation de 2 passages minimum pour permettre d'évaluer les fréquentations du site par les individus, et des hibernaculums installés. Ils seront réalisés entre mars et juin. La technique d'échantillonnage consistera à marcher lentement aux abords des milieux les plus favorables (lisières thermophiles notamment), et des plaques à reptiles seront également utilisées (modifié dans l'EIE, p.226)

Concernant la flore, en effet aucun suivi n'avait été proposé. Cette erreur a été réparée et un suivi par délimitation de placettes témoins (quadrats) sera effectué. La méthode consiste à délimiter aléatoirement des placettes de 1x1 m sur les secteurs fauchés annuellement au sein du parc (en dehors des zones de circulation des véhicules), avec des quadrats positionnés sous les panneaux, ainsi qu'au niveau des zones non-ombragées. Un nombre arbitraire de 15 placettes est proposé. Les quadrats (géoréférencés et matérialisés sur le terrain par des piquets feront l'objet de 2 relevés botaniques (en avril et juin), à n+1, n+3, n+5 puis n+10. Cet échantillonnage par quadrats permettra de suivre des aspects importants de la formation végétale telle que la diversité spécifique du site, la couverture et la fréquence de chaque taxon. (modifié dans l'EIE, p.226)

Remarque MRAE : « Les techniques d'entretien du site et leur fréquence (à l'aide de pâturage ovin a priori d'après le dossier, page 231), ne sont pas présentées dans le dossier. »

Il serait finalement préférable d'envisager une gestion par fauche, qui serait plus bénéfique à cette prairie, avec un pâturage très extensif au besoin, et un suivi sera mis en place pour évaluer le développement floristique en phase exploitation.

Une fauche annuelle tardive sera donc effectuée, en septembre-octobre, sous les panneaux et autour. Aucun pesticide ne sera utilisé pour l'entretien du site. (Modifié dans l'EIE, p.226)

Thème 9 : Contribution à la lutte contre le réchauffement climatique

Remarque MRAE : « Le projet, qui vise à produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire, s'inscrit dans le cadre des objectifs fixés par la directive européenne sur les énergies renouvelables. Il concourt aussi à l'atteinte de l'objectif national visant à porter la part des énergies renouvelables à 27 % d'ici 2030, en cohérence avec le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires Centre- Val de Loire (Sradet, Objectif n°4 et règle n°29).

Bien que le projet de centrale photovoltaïque soit réalisé dans le but de promouvoir les énergies renouvelables, en réduisant la part des énergies fossiles, l'étude énergétique du projet est très lacunaire. Le dossier ne fait aucune mention du cycle de vie ou de l'énergie grise de la centrale photovoltaïque, c'est-à-dire de l'énergie qui est nécessaire à sa fabrication, son installation et son recyclage. Il semble pourtant indispensable d'évoquer le temps de retour des panneaux photovoltaïques pour réaliser un bilan énergétique et un bilan carbone portant sur l'ensemble du cycle de vie du parc solaire. Les seules estimations présentées, pages 197 et suivante, sont relatives aux émissions de CO₂ économisées : le dossier indique que le projet aura une influence positive sur le climat en contribuant à économiser l'émission de 390 000 tonnes équivalent CO₂ sur les 30 premières années d'exploitation, mais les hypothèses de calcul ne sont pas précisées. Il se contente de mentionner des données très génériques et semble surestimer les effets positifs du projet. » page 10/12

Les objectifs n° 13 et 16 et les règles n°29 et 32 du SRADET illustrent la volonté de la région de lutter contre le changement climatique, notamment par le développement des énergies renouvelables.

Photosol a pris en compte les remarques et s'est basé sur l'analyse de cycle de vie réalisée sur l'une de ses centrales pour estimer que la construction d'un **parc photovoltaïque de cette dimension va émettre 8 389 tCO₂**. Ce chiffre inclut les étapes de construction, démantèlement et entretien ainsi que la fabrication des modules.

Photosol a estimé ensuite en se basant sur la note de RTE « Précisions sur les bilans CO₂ »¹ de 2020 le nombre de tCO₂ que notre production d'électricité va permettre d'économiser en termes d'émission de CO₂ chaque année. RTE a mesuré les émissions évitées de CO₂ grâce aux 45 TWh de production éolienne et solaire en 2019 : 22 millions de tonnes de CO₂ (5 millions de tonnes en France et 17 millions de tonnes dans les pays voisins).

La quantité de CO₂ évitée par kWh est donc de 488,89 gCO₂/kWh/an d'après cette étude. Cette référence est solide car elle est fournie par RTE, le gestionnaire d'équilibre du réseau électrique. Dans cette étude, RTE a modélisé quels moyens de production d'électricité auraient été mobilisés pour équilibrer le réseau si les 45 TWh d'électricité renouvelable intermittente n'avaient pas été disponibles cette année-là. Essentiellement, vu les rapides montées en puissance dues à l'intermittence, ce sont des centrales à gaz et à charbon, chez nos pays voisins et en France, qui auraient été mobilisées. Le nucléaire produisant virtuellement en permanence de manière optimale et étant moins capable de montée en puissance rapide. RTE dispose de toute l'expertise sur le sujet tout en étant crédible sur son impartialité, puisqu'il ne s'agit pas d'un syndicat ou lobby d'énergie renouvelable.

- Estimer qu'un kWh d'électricité solaire remplace seulement le kWh moyen français et son contenu en carbone (environ 60 g/kWh) est une forte sous-estimation car cela

¹ <https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-06/note%20bilans%20co2.pdf>

n'inclut pas les importantes exportations d'électricité chez nos voisins au mix plus carboné, et car cela inclut l'électricité nucléaire, alors que RTE nous informe que solaire et éolien remplacent surtout de l'électricité au gaz et au charbon.

- Estimer qu'un kWh solaire évite l'émission d'un kWh produit par du charbon (1 000g/kWh) serait une sur estimation car ce n'est pas la seule énergie fossile.
- Le chiffre de 488,89 g/kWh est donc le plus fiable. Il est également conservateur, puisqu'actuellement la moitié des centrales nucléaires sont à l'arrêt et l'ensemble du parc nucléaire est vieillissant. L'utilisation des centrales fossiles va donc probablement augmenter à l'avenir et tout développement d'énergie renouvelable diminuera mécaniquement cet indésirable phénomène.

Le chiffre de 488,89 g/kWh a ensuite été multiplié par la production de la centrale sur 30 ans, en tenant compte du vieillissement des panneaux, ce qui donne **146 000 tCO₂ évités sur 30 ans** (indiqué dans la page 197 de l'étude d'impact) et environ 5 000 tonnes par an pour une production de 10 GWh.

Photosol peut donc conclure qu'en moins de deux années, le parc agrivoltaïque de Veilleins aura remboursé sa dette carbone et permettra de produire une énergie décarbonée.

Remarque MRAE: « Un développement plus approfondi permettant d'estimer à la fois le bilan carbone global de la centrale, ainsi que le nombre de foyers qui pourraient bénéficier de cette nouvelle source d'énergie, serait utile. » page 10/12

La MRAE a raison de souligner la nécessité de compléter cette partie. Avec environ 10 GWh d'électricité par an, le projet permettra de produire l'équivalent de la consommation en électricité de **2 100 foyers (hors chauffage) soit 4 650 habitants**. Cela correspond à environ 53,6 % des habitants de la communauté de Communes de la Sologne des Étangs.

Cette estimation est tirée des chiffres de l'ADEME de 2018 sur la consommation d'électricité dans le résidentiel. Selon les profils des habitations (maisons ou appartements) et pour une habitation « récente » (>1999), un foyer consomme en moyenne 4,9 MWh/an en dehors du chauffage et 9,8 MWh avec. Un foyer comportant en moyenne 2,22 personnes en France (d'après le Centre d'observation de la société du bureau d'étude Compas), on peut considérer qu'un français consomme en moyenne 2,2 MWh d'électricité par an.

Remarque MRAE: « Les éléments sur le contexte énergétique devraient être complétés en mentionnant les objectifs régionaux du Sradet et en indiquant à quelle hauteur le présent projet participera à l'atteinte de l'objectif régional de développement de l'énergie photovoltaïque. » page 10/12

Le SRADDET, dans son objectif n°16 "Une modification en profondeur de nos modes de production et de consommation d'énergies", vise notamment à atteindre, pour le solaire photovoltaïque, un objectif de 1,607 TWh pour 2026.

Le projet contribuera à hauteur de 0,6% à l'atteinte des objectifs de la région

Thème 10 : Natura 2000

Remarque MRAE: « L'étude d'impact ne fait pas référence à l'atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val de Loire qui identifie la commune de Veilleins en priorité d'action 1 (la plus élevée). En raison de cette absence le risque d'incendie est abordé d'une manière extrêmement générique sans le rapporter au contexte précis d'une installation photovoltaïque à proximité d'une forêt, les mesures proposées par l'étude d'impact ne permettent pas de s'assurer qu'en cas d'incendie il ne

*sera pas porté atteinte à l'intégrité du site Natura 2000 au sein duquel se trouve l'installation.»
page 11/12*

Remarque MRAE : « L'autorité environnementale recommande de reconsidérer les modalités de défense contre l'incendie sur le site pour garantir contre toute propagation au massif forestier adjacent» page 11/12

Le projet est effectivement situé au sein d'un massif prioritaire recensé par l'atlas du risque de feux de forêt en Centre-Val-de-Loire d'après le DDRM publié en 2022.

Il s'agit d'un atlas permettant d'améliorer la connaissance sur les massifs les plus exposés et la commune de Veilleins est classée en priorité d'action 1 (massif prioritaire) concernant ce risque. Dans ce cadre, il est recommandé "de mettre en place des actions de préventions : améliorer la sensibilisation, adapter les activités professionnelles agricoles et forestières, promouvoir des stratégies locales de prévention et de défense".

La mention de cet atlas a donc été ajoutée à l'étude d'impact p 69.

En raison du classement en Risque 1 au risque feu de forêt par le DDRM 41, le SDIS 41 a été consulté et par retour de consultation en date du 27/05/21, il formule des préconisations en matière :

- D'accessibilité des secours ;
- De défense extérieure contre l'incendie (DECI) ;
- De risques particuliers ;
- De planification opérationnelle.

Ce risque a été pris en compte pour la conception du projet et des mesures seront mises en place en conformité avec les préconisations du SDIS 41.

Ces mesures sont consultables p220 de l'étude d'impact.

Thème 11 : RNT

Remarque MRAE : « L'autorité environnementale relève que la carte 2 de localisation du projet de parc photovoltaïque (page 8 du RNT) présentée ne correspond pas au projet de Veilleins dans le Loir-et-Cher et illustrent un projet situé à Trizay, au sud est de Rochefort dans le département de la Charente-Maritime (17).

Afin de faciliter la compréhension du projet par le public, l'autorité environnementale recommande de rectifier les incohérences présentes dans le résumé non technique et d'approfondir les éléments de présentation des caractéristiques techniques du projet.» page 12/12

Afin d'intégrer les recommandations de la MRAE, Le RNT a été complété pour permettre une meilleure compréhension du projet. La coquille page 8 a également été corrigé.

ANNEXE 3



Direction départementale des territoires
Service urbanisme et aménagement

COMMISSION DÉPARTEMENTALE DE PRÉSERVATION DES ESPACES NATURELS
AGRIcoles ET FORESTIERS DE LOIR-ET-CHER
Séance du 6 septembre 2022

AUTORISATION D'URBANISME

Dossier examiné : PC n° 041 268 22 D0001 portant sur la réalisation d'un projet agrivoltaïque d'une puissance de 9,2 MWh, deux locaux techniques de 375 m², quatre postes de transformation de 375 m², deux postes de livraison de 32 m², deux citernes de 125 m² ainsi qu'une clôture de 2 m de hauteur sur la commune de Veilleins déposé le 13 janvier 2022 par la SAS Photosol Développement représentée par M. David GUINARD.

Le dossier ci-dessus est soumis à l'avis simple de la CDPENAF, en application du règlement intérieur de la CDPENAF de Loir-et-Cher qui a inclus l'examen des projets photovoltaïques dans les dossiers à examiner dans le cadre de son auto-saisine.

EXAMEN DU DOSSIER

A. Caractérisation du terrain sur lequel est implanté le projet

- terrain cultivé
- terrain cultivable
- terrain inclus dans une entité agricole fonctionnelle
- cultures déclarées à la PAC 2021 (prairie permanente)
- présence d'une zone d'AOC/AOP caprine (Selles-sur-Cher)
- qualité agronomique des sols
- proximité de constructions agricoles dont l'exploitation pourrait être perturbée
- présence d'équipements (irrigation, fossés, etc) ou d'infrastructures (dessertes agricoles) liés à l'activité agricole
- autre :

B. Le projet sur le terrain

- Installation ou construction dont la nécessité sur le site n'est pas justifiée

Rapport entre la surface agricole consommée par le projet et l'emprise nécessaire au projet :

- à améliorer
- satisfaisant

Localisation du projet sur le terrain :

- à améliorer
- satisfaisante

Considérant ces éléments, la Commission émet un avis sur ce projet :

- Favorable
- Défavorable

avec les réserves suivants :

- modifier le contrat tripartite (exploitant, propriétaire, porteur de projet agrivoltaïque) afin de prévoir qu'en cas de transmission, soient inclus l'ensemble de la SAU du propriétaire sur la commune de Veilleins,

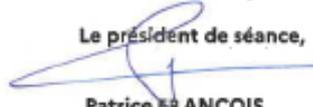
1 / 2

1 Direction Départementale des Territoires de Loir-et-Cher - 17, quai de l'abbé Grégoire - 41012 BLOIS CEDEX Téléphone: 02 54 55 73 50
Site Internet : www.loir-et-cher.gouv.fr Messagerie : ddt@loir-et-cher.gouv.fr
Horaires d'ouverture au public : 9h - 12h et 13h30 - 17h / 2

- conclure un bail rural de longue durée ou céder l'exploitation à un autre exploitant agricole en cas de cessation de l'activité de l'exploitante actuelle,
- mettre en place un suivi technico-économique,
- indexer le loyer, par exemple, sur l'évolution du montant des baux ruraux.

Fait à Blois le 9 septembre 2022

Le président de séance,



Patrice FRANÇOIS

ANNEXE 4

RAPPORT DU 15 NOVEMBRE 2022

PROJET DE PARC AGRIVOLTAÏQUE DE VEILLEINS

MEMOIRE EN REPONSE

A L'AVIS

DE LA CDPENAF

DU

9 SEPTEMBRE 2022

PC N° 041 268 22 D0001



I- PREAMBULE

Ce document a été rédigé en réponse à l'avis émis par la Commission Départementale de Préservation des Espaces Naturels Agricoles et Forestier (Voir Annexe 1), transmis par les services de la préfecture en date du 9 septembre 2022 et portant sur le projet photovoltaïque situé sur la commune de Veilleins et développé par Photosol.

Ce mémoire en réponse a pour objet d'éclairer les services de l'Etat sur les remarques adressées en complément de l'avis favorable que les membres de la CDPENAF ont accordé à ce projet.



II- PRISE EN COMPTE DU CARACTERE TRANSMISSIBLE DE L'ENGAGEMENT DE LA CONVENTION TRIPARTITE

En réponse à la remarque qui propose la modification du contrat tripartite (exploitant, propriétaire, porteur de projet agrivoltaïque) afin de prévoir qu'en cas de transmission, soient inclus l'ensemble de la SAU du propriétaire sur la commune de Veilleins, nous tenions à rappeler que cet engagement a été pris dans le cadre d'un avenant à la promesse de bail liant PHOTOSOL et le propriétaire.

Ainsi, nous avons donc précisé la mention de la transmissibilité de cet engagement de mise à disposition des terrains dans le paragraphe suivant qui s'applique à une surface de 43,41 ha supplémentaires au projet :

*« Enfin, le Promettant s'engage à mettre à disposition, selon une forme juridique contractuelle à définir, les parcelles adjacentes du Terrain visées en Annexe n°5 de la Promesse de Bail, à l'exploitant et à ses successeurs afin de pérenniser l'activité agricole sur le Terrain notamment d'un point de vue économique. Cet engagement perdurera à minima pendant la durée du Bail et **cet engagement devra être repris par le nouveau bailleur en cas de cession dudit Bail.** »*

III- PERENITE DE LA CONTRACTUALISATION

En réponse demande relative à la conclusion d'un « bail rural de longue durée ou cession de l'exploitation à un autre exploitant agricole en cas de cessation de l'activité de l'exploitant actuelle », il a été intégré la mention de ce dernier dans le paragraphe suivant provenant de la convention tripartite :

*« Soucieux d'assurer à l'exploitant actuel ainsi qu'à ses successeurs une activité agricole économiquement viable sur le Terrain, les Parties sont convenues de permettre à ces derniers d'utiliser des surfaces complémentaires non incluses dans le Terrain. Ces surfaces sont la propriété du Promettant qui s'engage au titre de la Promesse de Bail à les mettre à disposition de l'exploitant et de ses successeurs **via un bail rural**. Le présent Avenant n°1 à la Promesse de Bail a pour objet d'acter cet engagement. »*

IV- MISE EN PLACE D'UN SUIVI TECHNICO-ECONOMIQUE

En réponse à la demande de la mise en place d'un suivi technico-économique, PHOTOSOL indique et rappelle que cet engagement est mentionné dans l'Etude Préalable Agricole qui a été étudiée en amont et à l'occasion de la CDPENAF.

PHOTOSOL s'engage à assurer le maintien d'une activité agricole significative sur les terrains, sans pour autant interférer dans la conduite d'élevage propre à chaque exploitation.

Afin de respecter cet engagement, une contractualisation avec un organisme indépendant du type Chambre d'Agriculture ou Bureau d'étude agricole sera mis en place. Un suivi interne régulier sera également effectué de la part du pôle agricole de PHOTOSOL.

V-INDEXATION DES LOYERS

En réponse à la demande de l'indexation des loyers sur l'évolution des baux ruraux, le sujet avait effectivement été évoqué lors de la CDPENAF, et il nous avait effectivement semblé concerner la rémunération de l'exploitant agricole pour le service d'entretien qu'il apporte par l'exploitation agricole des terrains.

PHOTOSOL répond en indiquant que ce sujet avait déjà été anticipé en interne et qu'il a été décidé depuis peu l'indexation de la rémunération des exploitants agricoles installés sur les parcs photovoltaïques sur l'indice d'inflation.

Ce dernier est actuellement plus intéressant que les indices des fermages (3,55% contre 6%) et se base sur une approche plus globale compte tenu du contexte économique actuel. En effet, l'évolution des charges liées au service d'entretien nous semble plus en adéquation avec un index d'inflation, que l'index des fermages appliqué au foncier.

ANNEXE 1 / AVIS DE LA CDPENAF



copie avis modifié
Direction départementale des territoires
Service urbanisme et aménagement

COMMISSION DÉPARTEMENTALE DE PRÉSERVATION DES ESPACES NATURELS
AGRICILES ET FORESTIERS DE LOIR-ET-CHER
Séance du 6 septembre 2022

AUTORISATION D'URBANISME

Dossier examiné : PC n° 041 268 22 D0001 portant sur la réalisation d'un projet agrivoltaïque d'une puissance de 9,2 MWc, deux locaux techniques de 37,5 m², quatre postes de transformation de 37,5 m², deux postes de livraison de 32 m², deux citernes de 125 m² ainsi qu'une clôture de 2 m de hauteur sur la commune de Veilleins déposé le 13 janvier 2022 par la SAS Photosol Développement représentée par M. David GUINARD.

Le dossier ci-dessus est soumis à l'avis simple de la CDPENAF, en application du règlement intérieur de la CDPENAF de Loir-et-Cher qui a inclus l'examen des projets photovoltaïques dans les dossiers à examiner dans le cadre de son auto-saisine.

EXAMEN DU DOSSIER

A. Caractérisation du terrain sur lequel est implanté le projet

- terrain cultivé
- terrain cultivable
- terrain inclus dans une entité agricole fonctionnelle
- cultures déclarées à la PAC 2021 (prairie permanente)
- présence d'une zone d'AOC/AOP caprine (Selles-sur-Cher)
- qualité agronomique des sols
- proximité de constructions agricoles dont l'exploitation pourrait être perturbée
- présence d'équipements (irrigation, fossés, etc) ou d'infrastructures (dessertes agricoles) liés à l'activité agricole
- autre :

B. Le projet sur le terrain

- Installation ou construction dont la nécessité sur le site n'est pas justifiée

Rapport entre la surface agricole consommée par le projet et l'emprise nécessaire au projet :

- à améliorer
- satisfaisant

Localisation du projet sur le terrain :

- à améliorer
- satisfaisante

Considérant ces éléments, la Commission émet un avis sur ce projet :

- Favorable
- Défavorable

avec les réserves suivants :

- modifier le contrat tripartite (exploitant, propriétaire, porteur de projet agrivoltaïque) afin de prévoir qu'en cas de transmission, soient inclus l'ensemble de la SAU du propriétaire sur la commune de Veilleins,

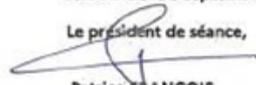
1 / 2

1 Direction Départementale des Territoires de Loir-et-Cher - 17, quai de l'abbé Grégoire - 41012 BLOIS CEDEX Téléphone: 02 54 55 73 50
Site Internet : www.loir-et-cher.gouv.fr Messagerie : ddt@loir-et-cher.gouv.fr
Horaires d'ouverture au public : 9h - 12h et 13h30 - 17h / 2

- conclure un bail rural de longue durée ou céder l'exploitation à un autre exploitant agricole en cas de cessation de l'activité de l'exploitante actuelle,
- mettre en place un suivi technico-économique,
- indexer le loyer, par exemple, sur l'évolution du montant des baux ruraux.

Fait à Blois le 9 septembre 2022

Le président de séance,



Patrice FRANÇOIS

DocuSign Envelope ID: E5CAB6D1-870E-4759-8230-503EBB1EAFA7



AVENANT N°1 A LA PROMESSE DE BAIL EMPHYTEOTIQUE

ENTRE LES SOUSSIGNES :

PHOTOSOL DEVELOPPEMENT, société par actions simplifiée au capital de 966 525 euros, dont le siège social est situé 40-42 rue La Boétie 75008 PARIS, immatriculée au Registre du Commerce et des Sociétés de Paris sous le numéro 518 310 446, représentée par son Directeur Général, la Compagnie Bourbonnaise d'Investissements, elle-même représentée par son gérant, Monsieur David Guinard, dûment habilité aux fins des présentes,

Dénommée ci-après le « Bénéficiaire »,

D'une part,

ET

Monsieur François d'ESPINAY SAINT LUC, résidant à Montgiron 41230 VEILLEINS, né le 13/09/1951 à VEILLEINS (41) ; agissant en qualité de propriétaire de l'immeuble objet des présentes (ci-après « le Terrain »),

Dénommé ci-après le « Promettant »,

D'autre part,

Chacun pris séparément, la « Partie »,

Et prises ensemble, les « Parties ».

Il est, préalablement à la convention objet des présentes, exposé ce qui suit :

2022

Page 1 sur 4

5

DocuSign Envelope ID: E8CAB6D1-870E-4759-8230-503EBB1EAF7

EXPOSE PREALABLE

I. Le Bénéficiaire est une société ayant pour activité la production d'électricité d'origine renouvelable, et notamment photovoltaïque.

A ce titre, le Bénéficiaire a formé le projet de financer et de réaliser une installation photovoltaïque (ci-après « Installation Photovoltaïque »), sur un site (ci-après le « Terrain ») désigné dans l'Annexe 1 de la promesse de bail, appartenant au Promettant.

Le Promettant, disposé à donner à Bail Emphytéotique le Terrain au Bénéficiaire en vue de la réalisation de l'Installation Photovoltaïque, a accepté de consentir au Bénéficiaire une promesse de bail emphytéotique (ci-après la « Promesse de Bail ») en date du 31 octobre 2019.

Cette installation photovoltaïque sera réfléchie de façon à permettre le maintien d'une activité agricole en élevage ovin sur le Terrain une fois celle-ci construite. L'Installation Photovoltaïque sera ainsi également complétée de la mise en place d'une infrastructure adaptée à l'élevage ovin : clôtures, abreuvement, couverture du sol. Le montage contractuel du Projet sera fait de façon à ce que les actuels éleveurs et leurs successeurs éventuels puissent bénéficier de la capacité à faire pâturer les ovins à titre gracieux (par le biais d'une Convention de mise à disposition du site à titre gracieux) et qu'ils bénéficient d'une rémunération au titre de leur prestation de service d'entretien par le pâturage (par le biais d'une Convention d'entretien du Terrain).

II. Soucieux d'assurer à l'exploitant actuel ainsi qu'à ses successeurs une activité agricole économiquement viable sur le Terrain, les Parties sont convenues de permettre à ces derniers d'utiliser des surfaces complémentaires non incluses dans le Terrain. Ces surfaces sont la propriété du Promettant qui s'engage au titre de la Promesse de Bail à les mettre à disposition de l'exploitant et de ses successeurs via un bail rural. Le présent Avenant n°1 à la Promesse de Bail a pour objet d'acter cet engagement. Il annule et remplace un précédent Avenant n°1 à la Promesse de Bail signé en date des 8 et 11 juillet 2022.

CECI ETANT EXPOSE, IL A été CONVENU CE QUI SUIT,

Article 1 – Modification de l'Article–7 - Obligations du Promettant

Il est procédé à la modification de l'Article 7 – Obligations du Promettant par insertion d'un engagement complémentaire re :

«

7. Obligations du Promettant

En vertu des présentes :

(...)

- *Enfin, le Promettant s'engage à mettre à disposition, selon une forme juridique contractuelle à définir (bail rural par exemple), les parcelles adjacentes du Terrain visées en Annexe n°5 de la Promesse de Bail, à l'exploitant et à ses successeurs afin de pérenniser l'activité agricole sur le Terrain notamment d'un point de vue économique. Cet engagement perdurera à minima pendant la durée du Bail et cet engagement devra être repris par le nouveau bailleur en cas de cession dudit Bail. »*

Les autres dispositions demeurent inchangées.

2022

Page 2 sur 4

DocuSign Envelope ID: E9CAB6D1-870E-4759-8230-503EBB1EAFA7

Article 2 - Frais

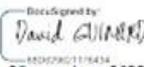
Tous les frais, droits et émoluments des présentes, et de leurs suites s'il y a lieu, sont à la charge du Bénéficiaire, qui s'y oblige expressément.

Article 3 - Election de domicile

Pour l'exécution des présentes et de leurs suites, les Parties élisent domicile en leurs demeures ou sièges respectifs sus-indiqués.

Fait à VEILLEINS

En deux exemplaires originaux

<p>Le Promettant <i>Représenté par François d'ESPINAY SAINT LUC</i></p> <p>DocuSigned by:  26 octobre 2022 09:32 CEST</p>	<p>Le Bénéficiaire <i>Représenté par David GUINARD</i></p> <p>DocuSigned by:  25 octobre 2022 13:46 CEST</p>
---	--

2022

Page 3 sur 4

7

ANNEXE 5



Direction départementale des territoires

Arrêté N° 41-2023-02-22-00001

prescrivant l'ouverture d'une enquête publique relative à la création d'un parc photovoltaïque au sol sur la commune de Veilleins.

LE PRÉFET DE LOIR-ET-CHER,

Vu le code de l'environnement et notamment ses articles L.122-1 à L.122-3-4, L.123-1 et suivants, R.122-1 à R.122-16, R.123-1 et suivants ;

Vu le code de l'urbanisme et notamment ses articles L.422-2 et suivants, L.424-1 et suivants, R.422-1, R.422-2, R.422-9, R.423-20, R.423-32 et R.423-57 ;

Vu le décret du président de la république du 6 janvier 2021 nommant en conseil des ministres Monsieur François PESNEAU, préfet de Loir-et-Cher ;

Vu l'arrêté ministériel du 24 avril 2012, fixant les caractéristiques et dimensions de l'affichage de l'avis d'enquête publique mentionné à l'article R.123-11 du code de l'environnement ;

Vu la demande de permis de construire n°041 268 22 D0001, déposée en mairie de Veilleins, le 12 janvier 2022 par la SAS Photosol Développement, domiciliée 40-42 rue La Boétie, 75008 Paris et représentée par M. David Guinard ;

Vu la décision de M. le Président du tribunal administratif d'Orléans en date du 20 janvier 2023, désignant M. Alain Van Keymeulen, en qualité de commissaire-enquêteur ;

Vu les pièces du dossier relatif au projet de centrale photovoltaïque, et notamment l'étude d'impact de l'opération et l'avis de l'autorité environnementale en date du 08 juillet 2022 ;

Vu le mémoire en réponse à l'avis de l'autorité environnementale, le résumé non-technique et l'étude d'impact modifiés, fournis par la SAS Photosol Développement, le 24 octobre 2022 ;

Considérant que l'autorité compétente pour délivrer l'autorisation d'urbanisme sollicitée par la société relève de la compétence du préfet de département en application du paragraphe b de l'article L.422-2 du code de l'urbanisme ;

Sur proposition de M. le directeur départemental des territoires ;

ARRÊTE

Article 1 : Il sera procédé à une enquête publique portant sur le projet de création d'un parc photovoltaïque au sol sur le territoire de la commune de Veilleins. Le parc envisagé aura une puissance de 9,16 MWC, le terrain d'implantation ayant une superficie de 10,2 hectares.

1 / 3

Direction Départementale des Territoires de Loir-et-Cher – 31 mail Pierre Charlot 41 000 BLOIS

Téléphone: 02 54 55 73 50

Site Internet : www.loir-et-cher.gouv.fr Messagerie : ddt@loir-et-cher.gouv.fr

Horaires d'ouverture au public : 9 h – 12 h et 13h30 – 17 h

Le porteur du projet de la centrale photovoltaïque est la SAS Photosol Développement dont le siège social est situé 40-42 rue La Boétie, 75008 Paris et représentée par M. David Guinard.

Des informations relatives au projet peuvent être sollicitées auprès de Mme Gwenola Roulin, à l'adresse mail suivante : gwenola.roulin@photosol.fr

Article 2 : L'enquête se déroulera dans la commune de Veilleins du jeudi 30 mars 2023 à 09h00 au jeudi 04 mai 2023 à 16h30.

Article 3 : Par décision de M. le Président du tribunal administratif d'Orléans en date du 20 janvier 2023, M. Alain Van Keymeulen, officier de l'armée de terre en retraite, est désigné en qualité de commissaire enquêteur.

Article 4 : Pendant toute la durée de l'enquête, le dossier d'enquête publique (composé de la demande, du dossier et des pièces complémentaires de permis de construire incluant l'étude d'impact environnementale accompagnée d'un résumé non technique, les avis obligatoires recueillis en cours d'instruction et l'avis de la mission régionale d'autorité environnementale Centre-Val de Loire, compétente en matière d'environnement) sera consultable en mairie de Veilleins, aux horaires habituels d'ouverture, en version papier ainsi que sur un poste informatique mis à disposition.

Le dossier d'enquête publique sera également consultable sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique Publications/publications légales/enquête publique, à l'adresse suivante : <http://www.loir-et-cher.gouv.fr/Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques>.

Un registre d'enquête publique à feuillets non mobiles, ouvert à cet effet, coté et paraphé par le commissaire enquêteur, restera déposé à la mairie de la commune de Veilleins. Les observations sur le projet pourront être consignées sur les registres ou envoyées par écrit en mairie, à l'attention du commissaire enquêteur, pour y être annexées au registre.

En outre, les observations peuvent également être transmises par voie électronique, à l'adresse mail suivante : ddt-enquete-parc-photo@loir-et-cher.gouv.fr. Elles seront immédiatement communiquées au commissaire enquêteur pour être annexées au registre et publiées sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique Publications/publications légales/enquête publique, à l'adresse suivante : <http://www.loir-et-cher.gouv.fr/Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques>.

Le commissaire enquêteur procédera à l'ouverture de l'enquête publique en mairie de Veilleins le jeudi 30 mars 2023 à 09h00 et à sa fermeture le jeudi 04 mai 2023 à 16h30.

Le commissaire-enquêteur se tiendra à la disposition du public pour recevoir ses observations à la mairie de Veilleins :

- le jeudi 30 mars 2023 de 09h00 à 12h00 ;
- le jeudi 06 avril 2023 de 13h30 à 16h30 ;
- le lundi 17 avril 2023 de 14h00 à 17h30 ;
- le vendredi 28 avril 2023 de 14h00 à 17h30 ;
- le jeudi 04 mai 2023 de 13h30 à 16h30.

Article 5 : Un avis au public concernant cette enquête publique sera affiché quinze jours au moins avant l'ouverture de l'enquête et pendant toute sa durée aux emplacements habituels d'affichage de la commune de Veilleins ainsi que sur le lieu des travaux projetés par les soins du demandeur. Un avis au public concernant cette enquête sera publié dans les mêmes délais sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique Publications/publications légales/enquête publique, à l'adresse suivante : <http://www.loir-et-cher.gouv.fr/Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques>. Il sera justifié de l'accomplissement de cette mesure de publicité par une attestation du maire concerné qui sera transmise à la direction départementale des territoires, service urbanisme et aménagement à Blois.

2 / 3

Direction Départementale des Territoires de Loir-et-Cher – 31 mail Pierre Charlot 41 000 BLOIS

Téléphone: 02 54 55 73 50

Site Internet : www.loir-et-cher.gouv.fr Messagerie : ddt@loir-et-cher.gouv.fr

Horaires d'ouverture au public : 9 h – 12 h et 13h30 – 17 h

L'enquête sera annoncée quinze jours au moins avant son ouverture et rappelée dans les huit premiers jours de celle-ci dans deux journaux locaux diffusés dans le département, par les soins du préfet et aux frais du demandeur.

Article 6 : A l'expiration du délai de l'enquête publique, le registre et le dossier déposé en mairie de Veilleins, seront récupérés avec les documents annexés par le commissaire enquêteur à la clôture de l'enquête le jeudi 04 mai 2023 à 16h30. En outre, après la clôture de l'enquête, le commissaire-enquêteur convoquera sous huitaine le demandeur et lui communiquera sur place les observations écrites et orales, consignées dans un procès-verbal, en l'invitant à produire dans un délai de quinze jours un mémoire en réponse.

Le commissaire-enquêteur entend toute personne qu'il lui paraît utile de consulter ainsi que le maître d'ouvrage si celui-ci en fait la demande.

Dans le délai d'un mois à compter de la date de clôture de l'enquête (le jeudi 04 mai 2023), il envoie à la direction départementale des territoires (service urbanisme et aménagement), le registre d'enquête publique, le dossier d'enquête publique et les annexes, accompagnés de son rapport et de ses conclusions motivées.

Toute personne pourra prendre connaissance du rapport et des conclusions du commissaire enquêteur à la préfecture de Loir-et-Cher et à la mairie de Veilleins où ils seront tenus à la disposition du public pendant un an à compter de la date de clôture de l'enquête publique, ainsi que sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique Publications / publications légales / enquête publique, à l'adresse suivante :

<http://www.loir-et-cher.gouv.fr/Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques>.

Article 7 : La décision pouvant être adoptée au terme de la procédure est un arrêté délivré par le préfet de Loir-et-Cher accordant ou refusant le permis de construire.

Article 8 : Le secrétaire général de la préfecture, Monsieur le maire de Veilleins, le commissaire enquêteur et le directeur départemental des territoires sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs.

Fait à Blois, le 22/02/2023

Le préfet,



François PESNEAU

Dans un délai de deux mois à compter de la date de notification ou de publication du présent acte, les recours suivants peuvent être introduits, conformément aux dispositions de l'article R.421-1 et suivants du code de justice administrative et du livre IV du code des relations entre le public et l'administration :

- un recours gracieux, adressé à : M. le Préfet de Loir-et-Cher – Place de la République - BP 40299 - 41006 BLOIS cedex ;
- un recours hiérarchique, adressé à Ministère e la Transition Ecologique et Solidaire – Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature ; ;

Dans ces deux cas, le silence de l'administration vaut rejet implicite au terme d'un délai de deux mois.

Après un recours gracieux ou hiérarchique, le délai du recours contentieux ne court qu'à compter du rejet explicite ou implicite de l'un de ces recours.

- un recours contentieux, en saisissant le Tribunal Administratif - 28, rue de la Bretonnerie 45057 Orléans cedex 1.

Le tribunal administratif peut également être saisi par l'application informatique Télérécoeurs accessible par le site internet www.telerecoeurs.fr

3 / 3

Direction Départementale des Territoires de Loir-et-Cher – 31 mail Pierre Charlot 41 000 BLOIS

Téléphone: 02 54 55 73 50

Site Internet : www.loir-et-cher.gouv.fr Messagerie : ddt@loir-et-cher.gouv.fr

Horaires d'ouverture au public : 9 h – 12 h et 13h30 – 17 h

ANNEXE 6

AVIS D'ENQUÊTE PUBLIQUE

relative à la réalisation d'un projet d'un parc photovoltaïque au sol sur la commune de Veilleins

Par arrêté préfectoral du 22 février 2023, une enquête publique relative à la réalisation d'un projet de parc photovoltaïque au sol sur le territoire de la commune de Veilleins, sera ouverte en mairie de Veilleins du jeudi 30 mars 2023 à 09h00 au jeudi 4 mai 2023 à 16h30.

Demande de permis de construire n°041 268 22 D0001, déposée par la SAS PHOTOSOL Développement dont le siège social est situé 40-42 rue La Boétie, 75008 Paris et représentée par M. David Guinard.

Au terme de la procédure, une autorisation de permis de construire ou un refus sera pris par M. le préfet, autorité compétente.

Commissaire-enquêteur : M. Van Keymeulen, officier de l'armée de terre en retraite, est désigné commissaire-enquêteur.

Composition du dossier : le projet de parc photovoltaïque est soumis à étude d'impact en application de l'article R.122-2 du code de l'environnement. Le dossier d'enquête comprend notamment une étude d'impact, l'avis de l'autorité environnementale, un résumé non technique et l'avis de la mairie de Veilleins.

Constitution du dossier : pendant la durée de l'enquête, un dossier en version papier sera mis à disposition à la mairie de la commune de Veilleins ainsi que sur un poste informatique, où les personnes intéressées pourront en prendre connaissance aux jours et heures d'ouvertures habituelles au public.

Les pièces du dossier sont aussi disponibles sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique

Publications/publications légales/enquête publique, à l'adresse suivante :

<http://www.loir-et-cher.gouv.fr/Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques>

Horaires d'ouverture de la mairie de Veilleins :

Le lundi et le vendredi de 14h00 à 17h30.

Le jeudi de 09h00 à 12h00 et de 13h30 à 16h30.

Un registre d'enquête sera mis à disposition du public dans la mairie de Veilleins afin que toute personne puisse y formuler ses observations sur le projet.

Ces observations pourront également être adressées :

- par écrit à la mairie de Veilleins, à l'attention du commissaire-enquêteur ;
- par mail à l'adresse suivante : ddt-enquete-parc-photo@loir-et-cher.gouv.fr.

Les observations adressées par mail à l'adresse électronique précédemment citée seront publiées sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique Publications/publications

légales/enquête publique, à l'adresse suivante : <http://www.loir-et-cher.gouv.fr / Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques> .

En outre, le commissaire-enquêteur se tiendra à la disposition du public, à la mairie de Veilleins :

- le jeudi 30 mars 2023 de 09h00 à 12h00 ;
- le jeudi 06 avril 2023 de 13h30 à 16h30 ;
- le lundi 17 avril 2023 de 14h00 à 17h30 ;
- le vendredi 28 avril 2023 de 14h00 à 17h30 ;
- le jeudi 04 mai 2023 de 13h30 à 16h30.

Toute personne pourra prendre connaissance du rapport et des conclusions motivées du commissaire-enquêteur à la préfecture de Loir-et-Cher, à la mairie de Veilleins où ils seront tenus à la disposition du public pendant un an à compter de la remise du rapport du commissaire enquêteur, ainsi que sur le site internet des services de l'État, dans la rubrique Publications/publications légales/enquête publique, à l'adresse suivante : <http://www.loir-et-cher.gouv.fr/Publications/Publications-legales/Enquetes-publiques>

ANNEXE 7

Alain VAN KEYMEULEN
Commissaire enquêteur

Madame Gwénola ROULIN
Responsable du développement Ouest
Société Photosol Développement
40-42, rue La Boétie
75008 PARIS

A Veilleins, le 11 mai 2023

Objet : Procès-verbal de synthèse concernant la demande de permis de construire déposée par la société SAS PHOTOSOL DEVELOPPEMENT en vue de la réalisation d'un parc photovoltaïque au sol situé sur le territoire de la commune de VEILLEINS (Loir-et-Cher)

Références : Ordonnance du Tribunal administratif d'Orléans n° E23000006/45 du 20 janvier 2023

Arrêté n° 41-2023-02-22-00001 du 22 février 2023

Annexe : Bilan des remarques du public

Madame,

Conformément à l'article 6 de l'arrêté préfectoral - § 1 de l'arrêté préfectoral mentionné ci-dessus, vous trouverez ci-dessous le procès-verbal de synthèse des remarques émises au cours de l'enquête publique relative au sujet mentionné en objet, ouverte le jeudi 3 à mars 2023 à 9 h 00 et clôturée le jeudi 4 mai à 16 h 30.

Le commissaire-enquêteur a été désigné par l'ordonnance n° E23000006/45 du 20 janvier 2023, signée par Madame la Présidente déléguée du Tribunal administratif et confirmée par l'arrêté préfectoral n° 41-2023-02-22-00001 du 22 février 2023.

Les permanences ont été tenues dans les locaux de la mairie, conformément aux directives de l'arrêté cité en référence.

Elles se sont donc déroulées aux dates suivantes :

- jeudi, 30 mars 2023, de 9h00 à 12h00,
- jeudi 6 avril 2023, de 13h30 à 16h30,
- lundi 17 avril 2023, de 14h00 à 17h30,
- vendredi 28 avril 2023, de 14h00 à 17h30,
- jeudi 4 mai 2023, de 13h30 à 16h30 (clôture de l'enquête).

La consultation, organisée au sein de la commune, a donc été clôturée le jeudi 4 mai 2023 après 16h30 et je vous communique, par la présente, l'état des différentes remarques formulées par les particuliers.

Avant d'évoquer les résultats de la consultation, j'ai le plaisir de porter à votre connaissance que l'enquête s'est déroulée dans une bonne ambiance avec une très faible participation du public (voir bilan ci-dessous), tout en soulignant que le projet est globalement reconnu conforme à la réglementation par les diverses autorités administratives qui se sont exprimées sur le sujet.

Le bilan de la consultation est le suivant :

- Examen du dossier sans remarques : 0
- Observations écrites sur le registre : 0
- Lettre : 0
- Mails via la boîte mail dédiée de la DDT : 5

Soucieux de respecter la procédure (article R.123-18 du code de l'environnement), je vous demande de bien vouloir **produire les remarques ou observations que vous estimez nécessaires au travers d'un mémoire en réponse, dans un délai maximum de quinze jours, après réception de ce courrier.** Ce document complétera et clôturera cette consultation. L'ensemble des éléments en réponse m'aidera ensuite à trouver la proposition la plus équilibrée à la formulation de mon avis sur la demande citée en objet, avant de la transmettre, dans les délais prescrits, avec la documentation requise, à la DDT ainsi qu'à Monsieur le Président du Tribunal administratif (article 6 de l'arrêté préfectoral).

En attendant de vous lire à ce sujet, je vous prie d'agréer, Madame, l'expression de mes respectueuses salutations.

Alain VAN KEYMEULEN

Commissaire-enquêteur



ANNEXE - BILAN DES REMARQUES DU PUBLIC

Les 5 seules remarques sont parvenues sur le site ouvert par la DDT et mis à la disposition du public :

➤ *Monsieur Gérard ROLLIN, chef du service commercial éolien et solaire à la société Colas, le 11 avril 2023*, souligne que son entreprise emploierait 6 personnes pendant 3 mois sur le chantier de ce parc. Il soutient donc totalement ce projet de construction.

➤ *Monsieur Eric SANSAULT, chargé de mission biodiversité auprès de l'association naturaliste d'étude et de protection des écosystèmes Caudalis* adresse ses observations sur le volet biodiversité du dossier et plus particulièrement celles concernant les reptiles :

- ◆ d'une part, les inventaires naturalistes de l'étude d'impact environnemental ont souligné la présence de la couleuvre helvétique et d'autre part les inventaires naturalistes de la notice d'incidence Natura 2000 constatent la seule présence du lézard vert ou lézard à deux raies. On peut donc estimer que ces études sont contradictoires. Il faut bien prendre en compte que le lézard vert est une espèce plus sensible que la couleuvre helvétique,
- ◆ la méthodologie d'inventaire « exclut toute recherche de l'espèce cistude d'Europe » alors que le plan national d'actions, en faveur de cette espèce, « précise bien l'importance des sites terrestres autour des plans d'eaux et des cours d'eau pour la ponte et le bon développement des œufs ». Hors, il a été observé la présence de cette petite tortue à moins de 5 kilomètres du futur site photovoltaïque. Il est donc indispensable de mener les études en conséquence, tant sur le site qu'auprès de l'étang de Vaux proche, afin de préciser ou non la présence de cette tortue. Un constructeur d'éoliennes a récemment découvert un nid de ponte en zone agricole, contrairement aux affirmations du bureau d'études qui affirme que la cistude d'Europe est inféodée aux zones humides,

- **Monsieur BOUTON, propriétaire du château de Saint-Hubert, le 28 avril 2023 (via le cabinet d'avocats d'Orso-Abrassart)** énumère un certain nombre de remarques, s'appuyant en grande partie sur le document rédigé par la MRAe :
- ◆ sur l'insuffisance de l'étude d'impact :
 - * la justification du site : le pétitionnaire n'a présenté aucun autre choix d'emplacement alternatif,
 - * « aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation telle que prescrite par les dispositions de l'article R 122-5 du code de l'environnement » n'est proposée, la société Photosol se contentant de « survoler ces différents sujets »,
 - ◆ sur l'impact environnemental du projet :
 - * l'absence de choix du type de panneaux photovoltaïques est « très gênante et ne permet pas de garantir les bonnes intentions du promoteur du projet »,
 - * la réversibilité du projet n'est pas démontrée,
 - ◆ sur l'incompatibilité du projet avec les documents d'urbanisme en vigueur :
 - * le PLUi de la communauté de communes des Etangs de Sologne n'est pas approuvé,
 - * l'objectif du pétitionnaire est « uniquement la revente d'électricité et non la réalisation d'un projet d'intérêt collectif »,
 - * « la société Photosol ne tire pas les conséquences de son propre argument et ne démontre pas l'existence d'un bilan avantage-inconvénient positif pour l'environnement et l'agriculture à l'issue de l'implantation de son projet ; Ceci est d'autant plus vrai que le raccordement électrique va se faire à plus de 10 km.... »,
 - ◆ sur l'impact du projet sur la biodiversité :
 - * compte-tenu de l'environnement proche du futur site, il est important de prendre en compte la question de la protection incendie,
 - * face à la présence accrue de la sécheresse (le cabinet d'avocat joint à son envoi l'arrêté préfectoral n° 41-2023-03-23-00001 du 23 mars 2023 relatif aux restrictions de consommation d'eau),
 - * quant à la protection du réseau d'eau des étangs de Sologne, les risques de sécheresse impliquent une préservation accrue de cette précieuse ressource,
 - * la circulation de la faune va être impactée par la présence de la clôture,
 - * l'éblouissement résultant des panneaux n'est pas pris en compte vis-à-vis de la faune,
 - * « les bruits et vibrations des onduleurs n'ont pas non plus été analysés en terme d'impact sur la faune »,
 - * aucune information n'est communiquée sur les conséquences des circulations, notamment pendant la période des travaux,

- * Monsieur Bouton relève enfin l'impact sur le paysage, lui qui habite à 300 mètres du site du futur projet. Il fait également remarquer la hauteur des panneaux qui apportera un impact négatif au paysage.

- **Madame Julie ABRASSART, avocate auprès du cabinet d'Orso-Abrassart le 3 mai 2023** complète l'argumentaire du 28 avril 2023 en signalant la présence, dans le passé, de cistudes d'Europe (espèce protégée) « dans le fossé qui sépare la propriété de mon client du terrain objet du projet »,

- **Madame Angélique VILLEGGER, chargée de mission naturaliste auprès de Sologne nature environnement le 3 mai 2023** exprime son désaccord sur le projet et énumère un certain nombre d'arguments :
 - son organisme n'a pas été sollicité dans la phase d'étude bien qu'elle « possède 2 580 données dans l'aire d'étude éloignée »,
 - sur le futur site figurent des prairies humides, classées vulnérables sur la liste rouge régionale,
 - une seule espèce de reptile a été répertoriée alors qu'il en existe d'autres tels le lézard vert, le lézard des murailles ou le lézard des souches,
 - une autre espèce de reptile a pourtant été recensée dans la notice d'évaluation des incidences Natura 2000 ; elle en déduit donc un manque de prise en compte des inventaires,
 - elle regrette la méthodologie d'inventaire qui a exclu la cistude d'Europe alors que cette dernière, compte-tenu des prairies humides, est certainement présente car elle a été repérée à 3 kilomètres du futur site. Elle préconise donc la « mise en place de recherches spécifiques au sein du périmètre du site d'implantation mais également dans les étangs alentours »,
 - « les amphibiens n'ont jamais été recensés de nuit dans le cadre des études préliminaires alors que les deux tiers des espèces sont nocturnes »,
 - « les parcs photovoltaïques posés au sol sont moins pertinents qu'en implantation directement postés sur les toitures des bâtiments »,
 - « ils provoquent un réchauffement local et un éblouissement de la faune »,
 - Les parcs photovoltaïques ne peuvent être implantés en zone Natura 2000, à proximité de ZNIEFF et au sein à proximité de zones humides, de prairies, d'espaces boisés ou cultivés.

ANNEXE 8

ANNEXE - BILAN DES REMARQUES DU PUBLIC

Les 5 seules remarques sont parvenues sur le site ouvert par la DDT et mis à la disposition du public :

➤ **Monsieur Gérard ROLLIN, chef du service commercial éolien et solaire à la société Colas, le 11 avril 2023**, souligne que son entreprise emploierait 6 personnes pendant 3 mois sur le chantier de ce parc. Il soutient donc totalement ce projet de construction. Photosol prend bonne note de cette contribution et confirme que plusieurs dizaines d'emplois seront créés pour la réalisation de ce chantier.

➤ **Monsieur Eric SANSAULT, chargé de mission biodiversité auprès de l'association naturaliste d'étude et de protection des écosystèmes Caudalis** adresse ses observations sur le volet biodiversité du dossier et plus particulièrement celles concernant les reptiles :

- ◆ d'une part, les inventaires naturalistes de l'étude d'impact environnemental ont souligné la présence de la couleuvre helvétique et d'autre part les inventaires naturalistes de la notice d'incidence Natura 2000 constatent la seule présence du lézard vert ou lézard à deux raies. On peut donc estimer que ces études sont contradictoires. Il faut bien prendre en compte que le lézard vert est une espèce plus sensible que la couleuvre helvétique,
Il y avait une erreur dans la notice d'incidences Natura 2000. C'est bien seulement la Couleuvre helvétique qui a été observée.
- ◆ la méthodologie d'inventaire « exclut toute recherche de l'espèce cistude d'Europe » alors que le plan national d'actions, en faveur de cette espèce, « précise bien l'importance des sites terrestres autour des plans d'eaux et des cours d'eau pour la ponte et le bon développement des œufs ». Hors, il a été observé la présence de cette petite tortue à moins de 5 kilomètres du futur site photovoltaïque. Il est donc indispensable de mener les études en conséquence, tant sur le site qu'auprès de l'étang de Vaux proche, afin de préciser ou non la présence de cette tortue. Un constructeur d'éoliennes a récemment découvert un nid de ponte en zone agricole, contrairement aux affirmations du bureau d'études qui affirme que la cistude d'Europe est inféodée aux zones humides,
D'après la bibliographie (Lescure & Massary, (coords), 2012), la Cistude occupe les étangs, marais ou bras morts de fleuves et les cours d'eau de petite taille, parfois temporaires. Elle apprécie les fonds vaseux et la végétation aquatique abondante qui fournissent nourriture et abris en quantité. Elle recherche également activement les troncs d'arbres flottants et les branches basses de tamaris en

berge, pour prendre le soleil. C'est d'ailleurs sur ces places de chauffe qu'elle est le plus souvent observée, et recherchée.

En Sologne, pour leurs habitats de ponte, les cistudes recherchent des zones ouvertes non inondables, bien exposées, où la végétation est basse avec un taux de recouvrement au sol faible. Le substrat doit être meuble (de préférence sableux) et présenter une granulométrie fine afin que le creusement soit aisé. Les milieux de ponte sont donc divers. Il peut s'agir de prairies (avec végétation basse, ce qui n'est pas le cas sur le site étudié) ou de pelouses sèches.

Les habitats utilisés par l'espèce au cours de son cycle de vie sont donc extrêmement variés et constituent une mosaïque dont chaque élément est indispensable pour assurer l'accomplissement du cycle biologique. La cistude semble particulièrement fidèle à son milieu de vie. Cette fidélité est constatée lors des assècs des étangs ; en effet, une fois remis en eau, ceux-ci sont rapidement recolonisés par l'espèce.

Même si aucun inventaire réellement spécifique n'a été réalisé pour rechercher la Cistude, les passages consacrés aux autres groupes, et notamment aux reptiles et aux amphibiens, auraient permis de rencontrer l'espèce. Aucune place de chauffe ou site d'hivernage favorable ne sont présents et d'après notre expérience (et des observations de Cistude sur d'autres projets) les milieux disponibles sur le site ne sont pas les plus propices, d'autant plus que de nombreux milieux bien plus favorables (étangs) sont présents à proximité

- **Monsieur BOUTON, propriétaire du château de Saint-Hubert, le 28 avril 2023 (via le cabinet d'avocats d'Orso-Abrassart)** énumère un certain nombre de remarques, s'appuyant en grande partie sur le document rédigé par la MRAe :
- ◆ sur l'insuffisance de l'étude d'impact :
 - * la justification du site : le pétitionnaire n'a présenté aucun autre choix d'emplacement alternatif,
La question de la justification du choix du site a été traitée dans la réponse à la MRAE réalisée par Photosol dans la rubrique « Thème 2 : Justification choix du site ».
 - * « aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation telle que prescrite par les dispositions de l'article R 122-5 du code de l'environnement » n'est proposée, la société Photosol se contentant de « survoler ces différents sujets »,
Concernant l'étude d'impact, la séquence ERC a bien été réalisée sur ce dossier et est détaillée dans l'étude d'impact dans la partie 7 de l'étude intitulée « Les mesures d'évitement, de réduction et de compensation ».

 - ◆ sur l'impact environnemental du projet :

- * l'absence de choix du type de panneaux photovoltaïques est « très gênante et ne permet pas de garantir les bonnes intentions du promoteur du projet »,

- * la réversibilité du projet n'est pas démontrée,

En préambule, nous tenons à préciser que nous ne comprenons pas bien la corrélation entre nos « bonnes intentions » et le choix du type de panneaux.

Cela dit, Photosol n'a effectivement pas encore acheté les équipements qui seront nécessaires à la réalisation de cette installation agrivoltaïque et ne peut donc pas s'engager fermement sur un modèle de panneaux. Cependant, dans le cas où Photosol obtiendrait un permis de construire, l'entreprise s'attachera à acheter des panneaux photovoltaïques sur le marché en prenant en compte les critères suivants :

- RSE (notamment d'éco-conception et de respect des droits de l'homme) dans la sélection de ses fournisseurs de modules photovoltaïques,

- La performance afin de garantir le meilleur rendement énergétique et de contribuer efficacement à la transition énergétique,

- Le bilan carbone des panneaux photovoltaïques selon la méthode ECS (évaluation carbone simplifiée).

A la fin de la durée d'exploitation de l'installation, celle-ci sera démantelée et chacun des matériaux sera recyclé via la filière appropriée. Ces éléments sont détaillés dans la section IV « La remise en état du site » de l'étude d'impact.

- ◆ sur l'incompatibilité du projet avec les documents d'urbanisme en vigueur :

- * le PLUi de la communauté de communes des Etangs de Sologne n'est pas approuvé,

- * l'objectif du pétitionnaire est « uniquement la revente d'électricité et non la réalisation d'un projet d'intérêt collectif »,

- * « la société Photosol ne tire pas les conséquences de son propre argument et ne démontre pas l'existence d'un bilan avantage-inconvénient positif pour l'environnement et l'agriculture à l'issue de l'implantation de son projet ; Ceci est d'autant plus vrai que le raccordement électrique va se faire à plus de 10 km.... »,

Comme mentionné par le cabinet d'avocats d'Orso-Abrassart, le PLUi n'est pas approuvé à ce jour. Le document d'urbanisme applicable n'est donc pas le PLUi mais la carte communale avec comme règlement le RNU comme indiqué dans la section « III.8 les règles d'urbanisme » de l'étude d'impact. Cette section indique que « les dispositions du Règlement National d'Urbanisme s'appliquent ici, dans lequel les équipements d'intérêt collectifs peuvent être autorisés dès lors qu'ils ne sont pas incompatibles avec l'exercice de l'activité agricole. » Le projet porté par Photosol rentre dans cette disposition.

A la date de rédaction de l'étude d'impact, en 2021, la date prévisionnelle du PLUi était fin 2022. Photosol confirme que la procédure a pris du retard et que le projet a bien été intégré dans le PLUi dont la procédure d'élaboration est toujours en cours.

Concernant l'intérêt d'un tel projet, le gouvernement français, via la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables, reconnaît la raison impérieuse d'intérêt public majeur (RIIPM) pour les projets d'énergies renouvelables¹.

Enfin, concernant le raccordement électrique, ce sujet a été approfondi et détaillé dans le mémoire en réponse à l'avis de la MRAe, dans le « Thème 4 : Raccordement ».

◆ sur l'impact du projet sur la biodiversité :

- * compte-tenu de l'environnement proche du futur site, il est important de prendre en compte la question de la protection incendie,
- * face à la présence accrue de la sécheresse (le cabinet d'avocat joint à son envoi l'arrêté préfectoral n° 41-2023-03-23-00001 du 23 mars 2023 relatif aux restrictions de consommation d'eau),
- * quant à la protection du réseau d'eau des étangs de Sologne, les risques de sécheresse impliquent une préservation accrue de cette précieuse ressource,
- * la circulation de la faune va être impactée par la présence de la clôture,
- * l'éblouissement résultant des panneaux n'est pas pris en compte vis-à-vis de la faune,
- * « les bruits et vibrations des onduleurs n'ont pas non plus été analysés en terme d'impact sur la faune »,
- * aucune information n'est communiquée sur les conséquences des circulations, notamment pendant la période des travaux,
- * Monsieur Bouton relève enfin l'impact sur le paysage, lui qui habite à 300 mètres du site du futur projet. Il fait également remarquer la hauteur des panneaux qui apportera un impact négatif au paysage.

Photosol confirme qu'il est essentiel de prendre en compte la question de la protection incendie. Une consultation du SDIS a donc été réalisée en amont du dossier pour bien prendre un compte cet enjeu dans le projet. Les recommandations du SDIS exposées en Annexe 2 de l'étude d'impact ont donc été suivies par Photosol.

Photosol a bien pris compte de cet arrêté récent qui a été pris par la préfecture sur la sécheresse qui se prépare en 2023 sur l'ensemble du territoire français, qui commence à subir les conséquences du changement climatique. L'utilisation de l'eau

¹ Source : LOI RELATIVE À L'ACCÉLÉRATION DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES, dossier presse du ministère de la transition énergétique du 7 février 2023, page 7, lien https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/07.02.2023_DP-ENR_vf.pdf

en phase chantier sera essentiellement liée à la base vie pour les ouvriers du site. Nous tenons également à souligner que l'objectif de ce projet est bien le déploiement de source de production d'électricité renouvelable afin d'apporter les moyens pour une des réponses nécessaires aux problématiques du changement climatique.

Le projet se situe à proximité de l'étang de Vaux mais il n'aura pas d'impact sur son alimentation. L'écoulement des eaux continuera à se faire sur un terrain qui restera en prairie. Le risque de pollution accidentelle du sol a également été appréhendé avec plusieurs mesures détaillées dans l'étude d'impact du projet.

Concernant la clôture, des passages pour la petite faune sont prévus pour ne pas entraver le déplacement de celle-ci. Concernant les grands mammifères, le projet étant déjà enclavé entre 2 axes routiers, il était déjà « dangereux » pour eux de venir s'alimenter sur cette zone.

Concernant l'éblouissement de la faune, un traitement anti-reflet est appliqué sur les modules achetés par Photosol. Ce traitement ajouté à l'inclinaison des modules permettra de ne pas éblouir la faune. Concernant l'impact du bruit des onduleurs sur la faune, Photosol n'a pas noté de problématiques particulières sur les ovins qui sont présents sur une majorité de nos installations. Au contraire, nous observons plutôt un rassemblement autour des postes de transformations pour se mettre dans l'ombre de ceux-ci. Aujourd'hui, ni les suivis réalisés sur nos centrales, ni la littérature qui commence à être de plus en plus nombreuse, n'ont mis en évidence des corrélations entre les bruits des onduleurs et les comportements de la faune.

Néanmoins, seules 33 espèces d'oiseaux ont été observées sur le site du projet dont 19 inféodées aux milieux boisés. Le terrain du projet n'est donc utilisé majoritairement que comme lieu d'alimentation, mais des surfaces enherbées seront toujours disponibles pour jouer ce rôle.

Lors de la phase chantier, un plan de circulation et le balisage réglementaire seront mis en place par Photosol à l'entrée du site. La phase des travaux devrait durer environ 12 mois.

Le volet paysager du projet a bien été traité dans l'étude d'impact. La haie qui borde le site sera renforcée et complétée avec des essences locales afin de masquer le parc pour les riverains et les usagers des 2 routes départementales qui bordent le site. Cette mesure est détaillée dans la partie V « Les mesures pour le paysage et le patrimoine » de l'étude d'impact.

- **Madame Julie ABRASSART, avocate auprès du cabinet d'Orso-Abrassart le 3 mai 2023** complète l'argumentaire du 28 avril 2023 en signalant la présence, dans le passé, de cistudes d'Europe (espèce protégée) « dans le fossé qui sépare la propriété de mon client du terrain objet du projet », Photosol prend bonne note de cette remarque qui donne cependant assez peu de précision sur la présence de cette cistude. A quelle période a-t-elle été observée ? Par quel organisme ? Quel était l'usage de l'habitat (transit, reproduction, alimentation...) ? Cette remarque semble avoir été ajoutée par Madame Abrassart après avoir pris connaissance des autres contributions.
- **Madame Angélique VILLEGGER, chargée de mission naturaliste auprès de Sologne nature environnement le 3 mai 2023** exprime son désaccord sur le projet et énumère un certain nombre d'arguments :
- son organisme n'a pas été sollicité dans la phase d'étude bien qu'elle « possède 2 580 données dans l'aire d'étude éloignée », Photosol prend bonne note de ce manquement et s'en excuse. De nombreuses données associatives ont été prises en compte au moment des recherches bibliographiques à partir des sites du Conservatoire Botanique du Bassin parisien, du réseau SIRFF de la région Centre-Val-de-Loire (Système d'Information Régional sur la Faune et la Flore auquel est affiliée Sologne Nature Environnement), géré par France Nature Environnement, et de l'association Perche Nature (Obs41), offrant déjà une liste intéressante d'espèces faunistiques et floristiques, dont certaines protégées et menacées. Ces données associées aux résultats des inventaires, qui sont les plus significatifs pour évaluer l'utilisation d'une zone d'étude, ont permis d'établir un diagnostic complet et pertinent.
 - sur le futur site figurent des prairies humides, classées vulnérables sur la liste rouge régionale, Tout d'abord, rappelons que cette liste rouge est datée de 2012, et qu'il ne s'agit pas d'habitats rares (en Sologne) ni d'intérêt communautaire. Toutefois, en utilisant la logique de détermination des enjeux propres à notre expertise, ces prairies classées comme « vulnérables » afficheraient un enjeu de conservation faible. De plus, dans l'identification des habitats, cette prairie humide aurait plutôt dû apparaître en habitat croisé *prairie de pâture x prairie humide*, puisqu'une activité de pâturage y est en place. Cela induit notamment un développement seulement partiel du cortège caractéristique des prairies humides. Ensuite, l'impact du projet au niveau des modules photovoltaïques ne concerne pas une destruction totale puisque l'état prairial sera conservé sous les panneaux avec le maintien de l'activité agricole actuelle. L'impact du projet réside

principalement dans la création des autres aménagements (pistes lourdes, poste de livraison, poste de conversion, local d'exploitation, réserve d'eau et surface des pieux), et dans la modification de l'ensoleillement sous les panneaux, pouvant entraîner une modification du cortège floristique. Néanmoins, l'espacement entre chaque table de module (3,5 m) permettra le maintien des conditions d'ensoleillement entre les rangées et donc la conservation des habitats présents et du cortège floristique associé

- une seule espèce de reptile a été répertoriée alors qu'il en existe d'autres tels le lézard vert, le lézard des murailles ou le lézard des souches,

En effet, le Lézard à deux raies et le Lézard des murailles peuvent être présents. Aussi, les habitats concernés par des enjeux de conservation liés à cette espèce sont également favorables aux autres espèces de reptiles (à savoir, les lisières de haies pour la reproduction et le refuge, et les prairies comme milieu de chasse). Ces reptiles ont donc été pris en compte malgré l'absence d'observations.

L'implantation du parc photovoltaïque sur cette parcelle n'aura aucune incidence réelle sur les reptiles puisque les milieux les plus favorables (les lisières boisées et la ripisylve) sont épargnés. En outre, les individus pourront toujours circuler au sein du site pour chasser, et exploiter les bords de chemins et les abords de la ripisylve pour s'exposer et se chauffer. Les impacts restent donc faibles. En outre, des mesures d'accompagnement sont proposées, notamment l'installation d'un hibernaculum.

- une autre espèce de reptile a pourtant été recensée dans la notice d'évaluation des incidences Natura 2000 ; elle en déduit donc un manque de prise en compte des inventaires,
Il y avait une erreur de rédaction dans la notice d'incidences Natura 2000, qui ne concernait pas une espèce d'intérêt communautaire.
- elle regrette la méthodologie d'inventaire qui a exclu la cistude d'Europe alors que cette dernière, compte-tenu des prairies humides, est certainement présente car elle a été repérée à 3 kilomètres du futur site. Elle préconise donc la « mise en place de recherches spécifiques au sein du périmètre du site d'implantation mais également dans les étangs alentours »,
Photosol a apporté une réponse à cette remarque dans la réponse à M. Eric SANSAULT dans le cadre de l'enquête publique.
- « les amphibiens n'ont jamais été recensés de nuit dans le cadre des études préliminaires alors que les deux tiers des espèces sont nocturnes »,
Effectivement d'autres espèces d'amphibiens pourraient être présentes, cependant, les espèces identifiées ont mis en

évidence un enjeu de conservation sur la mare et la ripisylve localisées sur le site étudié. Celles-ci apparaissent respectivement en enjeu modéré et fort. En outre, en raison de ces niveaux d'enjeux, elles sont complètement épargnées par les aménagements du projet. Il n'y a donc pas de sous-estimation de l'utilisation du site par le groupe des amphibiens.

- « les parcs photovoltaïques posés au sol sont moins pertinents qu'en implantation directement posés sur les toitures des bâtiments »,
- Les parcs photovoltaïques ne peuvent être implantés en zone Natura 2000, à proximité de ZNIEFF et au sein à proximité de zones humides, de prairies, d'espaces boisés ou cultivés,

Concernant la localisation des parcs photovoltaïques. Photosol rappelle que les toitures déjà existantes n'ont pas été dimensionnées pour soutenir le poids des panneaux photovoltaïques (un module peut faire plusieurs kilos) et les grandes enseignes industrielles ou commerciales refusent de « geler » une surface de parking limitant leur potentiel d'agrandissement sur 30 ans. Toutefois, notons que des dispositions sont prévues dans le projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables rendant obligatoire d'équiper d'ombrières photovoltaïques² tout parc de stationnement de plus de 1 500 m². Nous pouvons également noter que le prix de l'électricité d'une installation au sol est près deux fois moins élevé que pour une installation en toiture (58€/MWh contre 104€/MWh) permettant un accès à l'électricité pour le contribuable plus économique. La différence serait pour 40GWc installés de plus de 2,5 Mds d'euros par an pris en charge par le consommateur.

Toutefois, s'il ne s'agit pas d'opposer les solutions, force est de reconnaître que s'agissant des EnR, le photovoltaïque sur toitures et terrains dégradés ne pourra suffire pour franchir le « mur » du futur mix énergétique national à horizon 2050 qui impose certes de baisser nos consommations d'énergie de 40% mais aussi, dans le même laps de temps, de produire jusqu'à 60 % d'électricité en plus qu'aujourd'hui.

Les sites dits dégradés sont bien évidemment privilégiés par les développeurs tels que Photosol pour développer des installations au sol mais les sites restants sont peu nombreux et possèdent souvent des enjeux environnementaux élevés, du fait de l'abandon de ces sites par l'homme et ses activités.

² Le Figaro, 10 décembre 2022, « L'Assemblée vote l'obligation d'installer des panneaux solaires dans les parkings » <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/1-assemblee-vote-l-obligation-d-installer-des-panneaux-solaires-dans-les-parkings-20221210#:~:text=L%27Assembl%C3%A9e%20a%20adopt%C3%A9%20vendredi,la%20production%20d%27%C3%A9nergies%20renouvelables.>

Enfin, la France est l'unique pays d'Europe à ne pas avoir atteint ses objectifs 2021, et ait conscience que la seule mobilisation du foncier en toiture et sur terrain dégradé ne sera pas suffisante tant en termes de temporalité qu'en termes de disponibilité foncière. Dans ce contexte, une note interministérielle cadrant l'organisation de l'accélération du développement des projets d'énergies renouvelables à destination de l'ensemble des préfets de départements en date du 16 septembre 2022 rappelle qu'« il est également nécessaire de développer des projets photovoltaïques au sol, y compris sur des terrains qui ne sont pas dégradés. Vous veillerez donc à ce que les projets de ce type soient également accompagnés sans à priori ». Note interministérielle qui a été depuis reprise dans la Loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables.

Dans le cadre de ce projet, il peut être affirmé que le projet de parc photovoltaïque sur la commune de Veilleins n'a pas d'incidences sur les espèces et habitats d'intérêt communautaire de la ZSC « FR2402001 - Sologne », dans lequel il s'intègre.

- « ils provoquent un réchauffement local et un éblouissement de la faune ».

La présence d'un réchauffement local à cause de l'implantation d'une installation photovoltaïque est erronée. L'étude réalisée par l'INRAE dans le cadre du suivi de la pousse de l'herbe publié en mars 2022 montre qu'au contraire, la température est plus fraîche sous les panneaux à cause de l'effet d'ombrage. La réponse concernant l'éblouissement a déjà été faite dans le cadre de la réponse à Monsieur Bouton.

ANNEXE 9



Synthèse de la dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques et du pâturage sur deux sites prairiaux pâturés. Etude des effets sur une période annuelle.

Loan Madej, Luc Michaud, Cyrille Bouhier de L'Ecluse, Christophe Cogny, Marilyn Roncoroni, David Colosse, Robert Falcimagne, Sophie Jacquot, Catherine Picon-Cochard

► **To cite this version:**

Loan Madej, Luc Michaud, Cyrille Bouhier de L'Ecluse, Christophe Cogny, Marilyn Roncoroni, et al.. Synthèse de la dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques et du pâturage sur deux sites prairiaux pâturés. Etude des effets sur une période annuelle.. [Rapport de recherche] INRAE. 2022. hal-03592786

HAL Id: hal-03592786

<https://hal.inrae.fr/hal-03592786>

Submitted on 1 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur deux sites prairiaux pâturés.

Etude des effets de juillet 2020 à juin 2021

Synthèse des travaux

INRAE-Photosol-JPee



Madej Loan¹, Michaud Luc¹, Colosse David¹, Falcimagne Robert¹, Roncoroni Marilyn¹, Cogny Christophe³, Jacquot Sophie², Bouhier de l'Ecluse Cyrille², Picon-Cochard Catherine¹

¹ INRAE, VetAgro Sup, UREP, 63000 Clermont-Ferrand, France

² PhotoSol, 75008 Paris, France

³ JPee, 44200 Nantes, France

Février 2022





Sommaire

Contexte	2
Objectifs	3
Méthodes	3
Conclusions Principales	4
Synthèse de l'influence de la présence des panneaux solaires sur la dynamique prairiale en fonction des saisons	7
Milieu d'été - Effet de la sécheresse	7
De la sécheresse au début d'automne – Regain de la végétation	11
Fin de l'hiver – Arrêt de la croissance	15
Début du printemps – Reprise de la croissance	18
Fin du printemps – Période de pleine croissance	22
Une année de cumul de biomasse de repousse	25
La qualité du fourrage au cours de l'année	26
Impact des ovins et comportement	30
Botanique et diversité spécifique	30
Rappel des effets marquants.....	33
A surveiller	33
Références.....	34
Remerciements.....	34

Contexte

En France, le nombre de centrales solaires au sol, s'étendant sur plusieurs hectares, a considérablement augmenté ces dernières années. Les objectifs politiques pour la Transition Energétique appellent à une multiplication par quatre de la production photovoltaïque d'ici à 2028. Cela passe par le déploiement à une échelle importante de centrales implantées sur des grandes surfaces, notamment sur des terrains identifiés comme agricoles.

Actuellement, plusieurs centrales solaires sont mises à disposition d'éleveurs ovins pour une valorisation de l'herbe par pâturage. Des observations de terrain laissent penser que les panneaux ont un effet bénéfique sur la pousse de l'herbe en cas de fortes chaleurs et/ou de sécheresses. Toutefois, les éventuels effets sur l'ensemble des saisons et les effets à plus long terme sont encore peu caractérisés scientifiquement.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement des prairies en place sur les centrales solaires, JPee et Photosol, deux producteurs indépendants d'électricité renouvelable, ont noué un partenariat avec INRAE, spécifiquement avec l'Unité Mixte de recherche sur l'Ecosystème Prairial (UREP) de Clermont-Ferrand.

Un premier rapport a été publié en octobre 2020 (Madej, 2020) qui permettait de montrer les bénéfices de l'effet d'ombrage dû aux panneaux sur la pousse de l'herbe durant l'été 2020, et



notamment en période de sécheresse. Ce nouveau rapport vise à reprendre ces résultats et à y intégrer ceux obtenus sur une année complète de juin 2020 à juin 2021.

Objectifs

Les objectifs de cette étude étaient d'évaluer les effets de la présence des panneaux solaires sur la pousse de l'herbe (quantité et qualité) et le microclimat dans un système pâturé dédié aux ovins. Cela passe par l'étude des déterminants abiotiques (quantité de lumière, température et humidité du sol) et biotiques (espèces présentes, taux de recouvrement de la végétation) de la pousse de l'herbe. Deux sites ont été suivis, un en plaine (+ 235 m) à Braize dans l'Allier provenant d'une reconversion après l'abandon d'une pépinière (géré par JPee et construit en 2018) et un en moyenne montagne (+ 840 m) à Marmanhac dans le Cantal provenant d'une prairie permanente (géré par Photosol et construit en 2013) (Tableau 1).

Méthodes

Entre juillet 2020 et juin 2021, des mesures *in situ* ont été réalisées sur des zones d'échantillonnage protégées du pâturage des ovins (en exclos) et installées dans différents traitements : sous panneaux solaires (P), en inter-rangées (I) et en pleine lumière, espacé des panneaux (contrôle : C). Des capteurs ont été installés sur place à raison de trois transects par traitement pour mesurer les variations du microclimat aérien (rayonnement, pluviométrie) et souterrain (température et d'humidité du sol) et connectés à des stations météo, afin d'évaluer les conséquences sur la végétation et le sol (Illustration 1).

En parallèle, un suivi de la végétation a été réalisé autour des transects de sondes tout en simulant la défoliation par les ovins (coupe de la végétation à 5 cm de hauteur sur des quadrats de 0.25 m²) avec des mesures hebdomadaires de hauteur d'herbe mesurée à l'aide d'un herbomètre, de l'état de verdissement de la végétation (NDVI) mesuré avec un appareil portatif (GreenSeeker, Trimble®) pour déterminer la dynamique de l'état de la végétation. La végétation a été coupée à 5 cm de haut pour mesurer la biomasse produite après un mois de repousse (séchage en étuve à 60°C pendant 48h). La qualité du fourrage a été estimée par des mesures de fibres totales (NDF), d'azote total (N) et carbone total (C), mesurés au laboratoire.

Cependant, les quadrats n'ont pas été coupés entre le 15 octobre et le 5 mars pour éviter « d'épuiser » la végétation face aux climats automnal et hivernal à venir. C'est cohérent avec la sortie des animaux des parcelles. Les valeurs entre ces dates correspondent donc à un écart de temps d'environ un mois pour avoir tout de même un suivi pendant la période automnale et hivernale. De plus, aucun suivi a été réalisé en décembre et janvier, ce qui explique que le mois de janvier n'apparaît pas dans les analyses.

Des mesures similaires (NDVI, biomasse, qualité) ont également été réalisées en dehors des exclos sur plusieurs zones dans les parcs et toujours dans les trois modalités : panneaux, inter-rang et contrôle.

L'ensemble de ces données a ensuite été traité par des analyses statistiques avec le logiciel R (v 4.1.2).

Tableau 1 : Description des sites étudiés

Site	Mise en service	Système	Superficie du parc étudié	Largeur des tables de panneaux (Incliné 25°)	Largeur des inter-rangées	Hauteur min des panneaux	Hauteur max des panneaux	Espacement sonde P	Espacement sonde I	Espacement sonde C	Sol
Braize (03)	01/10/2018	Fixe biplex	14.72 ha	3.5 m	4 m	+ 0.70 m	+ 3 m	0.875 m	1 m	0.92 m	Sable limoneux
Marmanhac (15)	27/01/2014	Fixe monoplex	12.89 ha	2.9 m	1.85 m	+ 0.80 m	+ 2.1 m	0.725 m	0.46 m	0.59 m	Limon argileux sableux

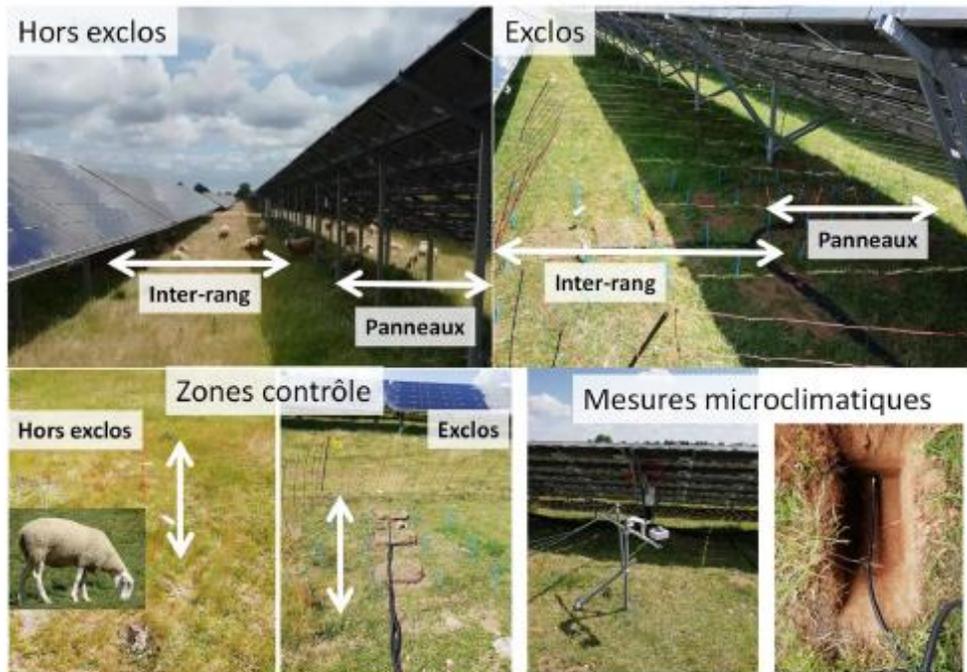
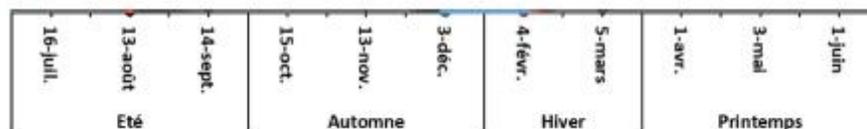


Illustration 1 : Schéma montrant les différentes modalités investiguées pour suivre la pousse de l'herbe et le microclimat aérien et souterrain (en bas à droite, vue de la mini-fosse montrant un capteur d'humidité et de température).

Les périodes suivies sont précisées ci-dessous :



Conclusions Principales

Le cumul de la quantité de biomasse produite, sans pâturage, après les huit prélèvements, sur les deux sites, mesurée en contrôle, est intermédiaire aux deux autres traitements (Figure 1). Ainsi, la productivité fourragère à l'année ne semble pas pénalisée dans les zones d'influence des panneaux (sous panneaux et inter-rangées) durant l'année 2020/2021. Toutefois, la production de biomasse présente des variations saisonnières.

La qualité du fourrage produit, en exclos, possède une teneur en azote total mais aussi en fibres totales plus élevée sous les panneaux qu'en pleine lumière. La réponse dans le parc peut présenter des différences avec l'exclos, notamment de l'été à la fin de l'hiver, puisque la végétation n'est pas coupée au même endroit chaque mois. Effectivement, la réponse observée en exclos est un potentiel de la végétation essentiellement constitué de tissus verts et jeunes alors que celle du parc provient d'une végétation à un stade phénologique différent et avec une histoire plus ancienne venant des saisons précédentes et du pâturage.

On peut ainsi conclure de cette première année que dans les parcs photovoltaïques, les modifications importantes du microclimat de la végétation induisent une diversité élevée de la quantité et de la qualité du fourrage qu'offrent peu ou pas les prairies sans ombrage.



- **Conclusions sur la quantité de biomasse :**

En faisant le cumul de la quantité de biomasse produite, sur l'année 2020/2021, sans pâturage, après les huit prélèvements, la biomasse sur les deux sites en contrôle sans influence des panneaux solaires est intermédiaire aux deux autres traitements présentant une influence de la présence des panneaux (Figure 1). Cependant, entre le cumul sous les panneaux et le cumul en inter-rangée, la réponse est variable entre les sites. Effectivement, sur Braize, le cumul de biomasse sous les panneaux est 1.5 fois plus important qu'en inter-rangée alors qu'il est 1.3 fois plus faible sur Marmanhac. Néanmoins, en prenant en compte la moyenne des zones avec influence des panneaux solaires et la zone sans influence, le cumul moyen sur les huit prélèvements ne présente plus de différences. L'influence des panneaux sur les deux zones sous panneaux et en inter-rangée se compense donc. Le cumul de biomasse de repousse en contrôle atteint 1.67 t/ha sur Braize et 1.74 t/ha sur Marmanhac et est en moyenne en panneaux et inter-rangée à 1.60 t/ha sur Braize et 1.78 t/ha sur Marmanhac.

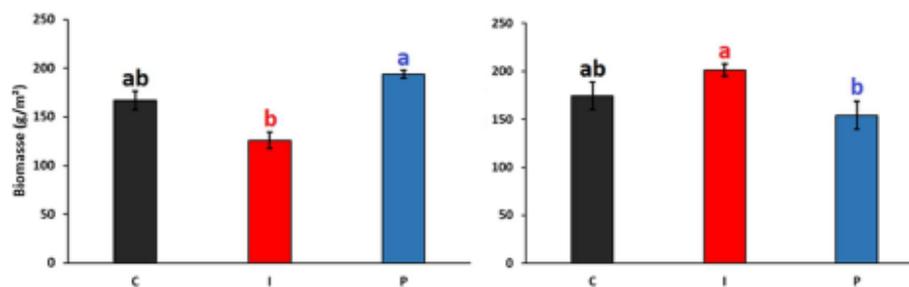


Figure 1 : Cumul de biomasse ($g\ m^{-2}$) mesurée de juillet 2020 à juin 2021, après huit coupes, en exclos, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : inter-rangée ; noir : Contrôle.

La production de biomasse, en exclos sans pâturage (Figure 6), est cependant variable en fonction des saisons entre les différents traitements. La croissance en hauteur de la végétation est favorisée sous les panneaux (Figure 4). Néanmoins, à terme sous les panneaux, la présence plus importante de sol nu et les contraintes liées à l'ombrage, contrebalancent cet avantage en égalisant la quantité annuelle de biomasse produite. En présence de mouton, le stock de fourrage (Figure 8) mesuré en plein soleil et sous les panneaux ne montrent quasiment jamais de différences. Le potentiel de croissance de la végétation à l'ombre des panneaux peut être compensé par les perturbations ovines tel que le piétinement par exemple. Cependant, une forte variabilité du stock de biomasse en plein soleil a aussi pu masquer des différences.

- **Conclusions principales sur le microclimat :**

Il est observé un microclimat différent et une évolution différente au cours de l'année entre les différentes zones.

Concernant la température du sol (Figure 2) : Sur les deux sites, la présence des panneaux présente le même effet sur la température du sol. Il fait plus frais en période estivale sous les panneaux (différences avec la zone de contrôle de 5.3°C sur le site de Braize et de 3.8°C sur le site de Marmanhac) ; puis les températures chutent en automne-hiver avec les températures en inter-rangée qui sont légèrement plus froides. En début de printemps, les températures réaugmentent plus vite en zones ensoleillées en gardant un écart sous les panneaux qui est plus frais.



Concernant l'humidité du sol (Figure 3) : La réponse de l'humidité du sol en fonction de la présence des panneaux solaires est différente entre les deux sites. Sur Braize, le couvert des panneaux ne montre pas d'avantage en lien avec l'humidité du sol en période estivale, au contraire, les panneaux semblent limiter la ré-humectation du sol en période de pluie. A l'opposé, sur Marmanhac, le couvert des panneaux semble limiter la perte en eau lors de sécheresses durant la période estivale. Cependant, la nature du sol et l'infrastructure sont différentes entre les deux sites. Le sol de Braize a une texture sableuse tandis que le site de Marmanhac est plutôt de type limono-sableux. Cela explique que le taux d'humidité est faible sur Braize car l'eau s'infiltrerait rapidement et la réserve en eau est faible. De plus, plus la largeur des panneaux est grande (comme sur Braize), plus la surface ne recevant pas de pluie est importante. La pluie est emmenée du côté le plus bas des panneaux, même si les panneaux présentent des interstices. De ceux-ci, la pluie ruisselle sur l'infrastructure et tombe très localement sous les panneaux. A l'opposé, sur Marmanhac, avec des largeurs de tables de panneaux petites, la proportion de « frontière » entre sous panneaux et inter-rangée pour l'infiltration de l'eau de l'inter-rangée vers sous panneaux est plus importante permettant une meilleure homogénéisation de l'humidité du sol.

- *Conclusion sur la croissance en hauteur de l'herbe :*

Sur les deux sites, en absence des ovins, la croissance potentielle est 2.9 à 6.4 fois plus grande en période estivale sous les panneaux solaires comparée à la zone sans influence des panneaux (contrôle). Les conditions météorologiques estivales, avec un rayonnement intense et une humidité du sol faible, provoquent un arrêt de la croissance conduisant à un dessèchement de la végétation en zones contrôle et inter-rang comparé à la végétation à l'ombre des panneaux (Illustration 2). En zone de plaine, cet effet positif de la croissance se poursuit jusqu'au milieu de l'automne en étant 5.1 fois plus grande, tandis qu'en zone de moyenne montagne, la croissance de l'herbe est fortement ralentie dès la fin de l'été par les températures fraîches.

Après un arrêt de croissance en hiver sur les deux sites, la croissance reprend plus précocement et dès le début du printemps, sous les panneaux, mais de façon 2.8 fois plus rapide sur le site de Braize que sur le site de Marmanhac. Durant le printemps, la croissance de repousse est 2.4 à 2.5 fois plus importante sous les panneaux solaires qu'en zone sans influence des panneaux.

La réponse de la croissance en inter-rangée est différente entre sites. Sur le site de Braize, la végétation présente une dynamique similaire à celle du contrôle et sur le site de Marmanhac, elle tend à être intermédiaire aux deux autres traitements. Ceci pourrait être lié au microclimat lumineux dans cette zone car les deux sites ont des espacements de panneaux entre les rangs très différents : 2.7 m Marmanhac et 4.3 m Braize, ainsi que des hauteurs max de table variable : 2 m Marmanhac et 3 m Braize.

Globalement, la croissance sous les panneaux et en zone contrôle ont des réponses similaires sur les deux sites, bien qu'elles présentent des différences de dynamique en lien avec le climat différent. La croissance sous panneaux s'arrête plus tôt et la reprise est plus lente sur le site de moyenne montagne.

Les différences d'infrastructure des panneaux solaires entre les deux sites ont des conséquences sur le microclimat des plantes, avec un milieu plus lumineux sur Braize, et plus ombré sur Marmanhac. Des différences de composition botanique pourraient aussi expliquer ces résultats.



- Conclusion sur la présence de sol nu :

Sur les deux sites, la superficie en sol nu visible avant le prélèvement de biomasse est 2.2 à 3.7 fois plus importante et stable sous les panneaux. Ceci peut être lié à la croissance des plantes en lien avec la compétition pour la lumière mais aussi à l'effet « splash » lors de précipitations. Alors que sur Marmanhac, la quantité de sol nu est majoritairement stable en Contrôle et en Inter-rangée, sur Braize, ces traitements voient une présence de sol nu aussi importante que sous les panneaux durant la période estivale. Cependant, le pourcentage de sol nu diminue à nouveau avec le regain de la végétation et des conditions climatiques favorables à la croissance. Ce phénomène de sol nu contrebalance les bénéfices liés à une croissance améliorée sous les panneaux et impacte la production de biomasse.

A noter : Cette étude sera poursuivie en 2022 et 2023.

Synthèse de l'influence de la présence des panneaux solaires sur la dynamique prairiale en fonction des saisons

Milieu d'été - Effet de la sécheresse

Période de repousse : Braize : 16 juillet – 13 août ; Marmanhac : 24 juillet – 25 août

1) Microclimat (juillet-août)

Pendant l'été, la température de l'air a atteint +39.2°C le 31/07/2020 sur Braize et +35.4°C le 07/08/2020 sur Marmanhac. Sur les deux sites, le rayonnement solaire a été réduit en moyenne sur cette période d'environ 93-94% sous les panneaux, comparé au traitement contrôle (Braize, $P = 53.5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; $C = 758.2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; Marmanhac, $P = 51.4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; $C = 838 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Dans ces conditions, la température du sol, à l'ombre des panneaux est plus fraîche de 6.6 °C sur Braize ($P = 20.5 \text{ °C} \pm 0.15$; $C = 27.1 \text{ °C} \pm 0.07$) et de 3.8 °C sur Marmanhac ($P = 17.8 \text{ °C} \pm 0.12$; $C = 21.6 \text{ °C} \pm 0.12$) par rapport à la zone sans influence des panneaux. Les températures du sol en inter-rangée ne sont pas aussi chaudes qu'en contrôle en étant à 24.9 °C \pm 0.6 sur Braize et 19.3 °C \pm 0.4 sur Marmanhac (Figure 2).

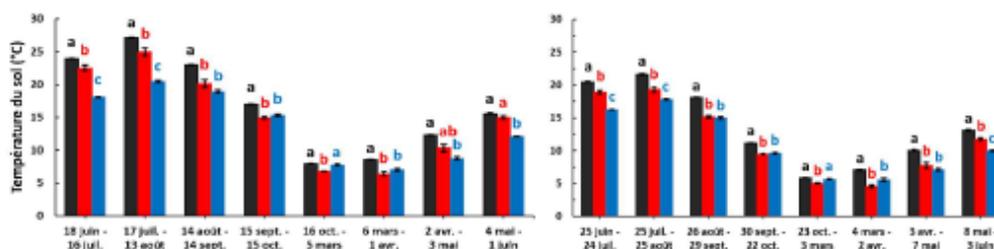


Figure 2 : Moyenne de la température du sol sur une période de repousse de la végétation sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque période, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un point après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Sur le site de Braize, le sol a une faible réserve utile en eau car il est de texture sableuse. Ceci est confirmé par les faibles valeurs d'humidité du sol ($< 10\%$) mesurées dans les trois traitements (Figure 3). Celle-ci ne dépassait pas 7.4 % durant le mois d'août. Quant au site de Marmanhac, le sol a une



réserve utile en eau plus élevée car la texture est limono-sableuse et le sol est de type andosol, c'est-à-dire riche en matière organique. Ceci est confirmé par des valeurs d'humidité du sol supérieures à celles mesurées sur Braize. L'effet sécheresse est observée début août dans la zone contrôle pour atteindre 15.4 % d'humidité du sol en moyenne sur la période. Celle-ci a aussi diminué dans l'inter-rang (23.5 %), et de façon moins importante voire très faiblement sous les panneaux (28.4 % d'humidité).

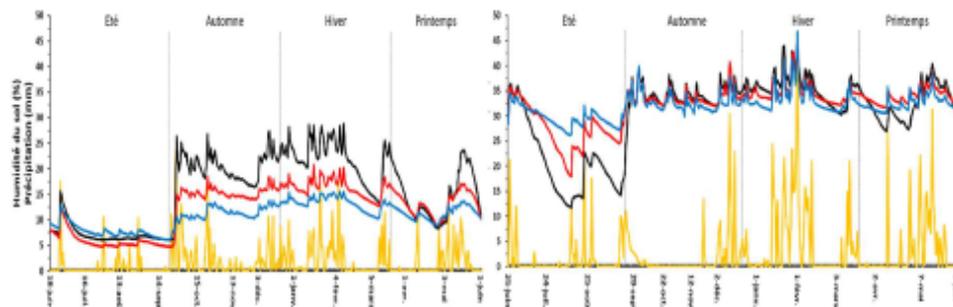


Figure 3 : Dynamique journalière de l'humidité du sol (%) en fonction des traitements et précipitations (mm) pour les sites de Braize (gauche) et de Marmahac (droite). Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; jaune : Précipitations. Les pointillés délimitent la période sans coupe du 15/10 au 5 mars.

2) Réponse de la végétation en zone d'exclos (juillet-août)

Pour les deux sites, la diminution de l'humidité du sol en contrôle a engendré un stress hydrique puisque la croissance en hauteur est quasiment arrêtée ($\sim 0.02 \text{ cm j}^{-1}$) sur la période de repousse d'août (Figure 4). Cependant la croissance de la végétation sous les panneaux est 38 fois plus importante sur Braize ($P = 0.19 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.02$; $C = 0.005 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.002$) et 10 fois plus importante sur Marmahac ($P = 0.20 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.01$; $C = 0.02 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.005$). L'inter-rang a répondu de manière similaire au contrôle sur Braize ($0.01 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.006$) et de manière similaire sous panneaux sur Marmahac ($0.13 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.03$).

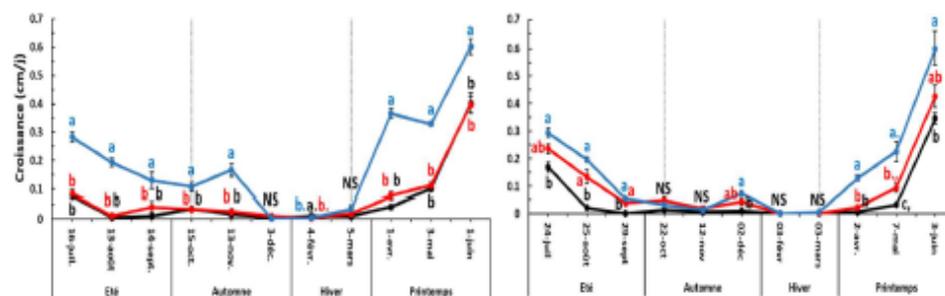


Figure 4 : Dynamique temporelle de la croissance journalière en hauteur (cm j^{-1}) en fonction des traitements, en exclos, pour les sites de Braize (gauche) et de Marmahac (droite). Pour chaque période, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un point après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

L'indice NDVI, indicateur du verdissement de la végétation, a été 1.6 fois plus grand sur Braize ($P = 0.45 \pm 0.02$; $I = 0.32 \pm 0.02$; $C = 0.28 \pm 0.02$) et 2.1 fois plus grand sur Marmahac ($P = 0.63 \pm 0.03$; $I = 0.64 \pm 0.05$; $C = 0.30 \pm 0.01$), sous panneau comparé au contrôle (Figure 5). L'inter-rang a répondu de manière similaire au contrôle sur Braize et de manière similaire sous panneaux sur Marmahac. Une



valeur d'indice NDVI inférieure ou égale à 0.30 signifie que la végétation est sèche voir morte en l'absence de sol nu, ce qui est observé sur la zone contrôle. Ces réponses correspondent aux effets classiques d'une sécheresse, qui après l'arrêt de la croissance, peut conduire à une senescence de la végétation si le stress est long et intense. La présence de sol nu peut affecter les mesures de NDVI. Pour le site de Braize, le pourcentage de sol nu représente en moyenne 40% de la surface dans chaque traitement, alors que pour Marmanhac, celui-ci est 2.5 fois plus important sous les panneaux ($P = 10.83\% \pm 1.94$; $C = 4.39\% \pm 0.41$) qu'en contrôle.

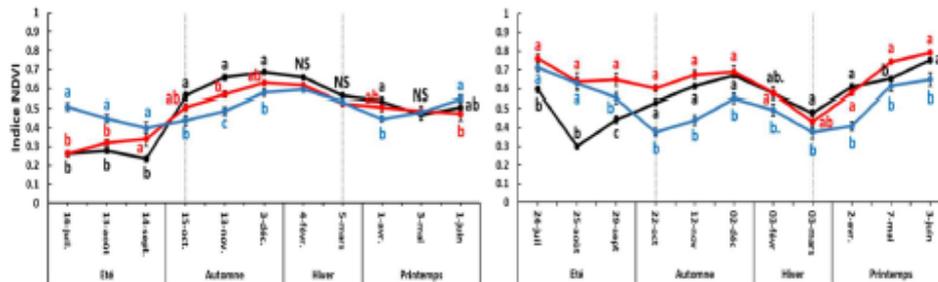


Figure 5 : Dynamique temporelle de l'indice de verdissage (NDVI) par traitement en exclus sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

Les différences de dimensions de l'infrastructure des panneaux (espacement des panneaux et densité) entre les deux sites (rangées moins larges sur Marmanhac et plus denses que sur Braize) pourraient expliquer les différences de réponse de la végétation du traitement Inter-rangée. La végétation dans ce traitement répond de manière similaire au traitement P sur Marmanhac pour lequel les conditions sont plus humides et plus fraîches, ce qui explique le développement de mousse.

La quantité de biomasse mesurée en août sur les deux sites est de 4.7 (Marmanhac) à 5 (Braize) fois plus importante à l'abri des panneaux par rapport à la biomasse produite sans l'influence des panneaux (Braize : $P = 13.95 \text{ g m}^{-2} \pm 1.16$; $C = 2.81 \text{ g m}^{-2} \pm 0.39$; Marmanhac : $P = 38.95 \text{ g m}^{-2} \pm 11.63$; $C = 8.36 \text{ g m}^{-2} \pm 1.04$; Figure 6). En inter-rangée, durant cette période de repousse, la production de biomasse a été la même que le Contrôle sur Braize ($I = 3.13 \text{ g m}^{-2} \pm 0.77$), tandis qu'à Marmanhac, l'inter-rang a eu la même production que sous les panneaux ($I = 35.81 \text{ g m}^{-2} \pm 5.16$).

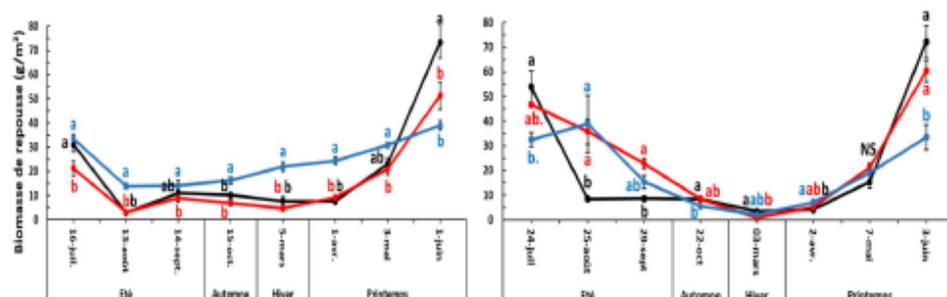


Figure 6 : Dynamique temporelle de la biomasse mesurée après repousse ($g\ m^{-2}$), en exclos, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey (Braize) ou le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn (Marmanhac); NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Durant la sécheresse, grâce au microclimat plus frais et plus humide (en fonction de la texture du sol) ainsi qu'avec la protection du rayonnement intense, la croissance, l'état de verdissement et la production de biomasse sont plus importants à l'ombre des panneaux solaires qu'en pleine lumière. Les effets en inter-rangée sont variables selon les sites et les dimensions des panneaux et inter-rangs.

3) Dans le parc, avec la présence des ovins (juillet-août)

L'indice NDVI présente la même réponse dans le parc par rapport à l'exclos. La qualité sous les panneaux est 1.74 fois plus élevée, sur Braize ($P = 0.47 \pm 0.02$; $C = 0.27 \pm 0.01$), qu'en zone sans influence des panneaux et 1.39 fois sur Marmanhac ($P = 0.53 \pm 0.02$; $C = 0.38 \pm 0.03$) (Figure 7). En inter-rangée, la réponse sur Braize est similaire au contrôle ($I = 0.30 \pm 0.01$), cependant, sur Marmanhac, l'indice NDVI est 1.2 fois supérieur au contrôle mais 1.2 fois inférieur au traitement panneaux ($I = 0.45 \pm 0.02$).

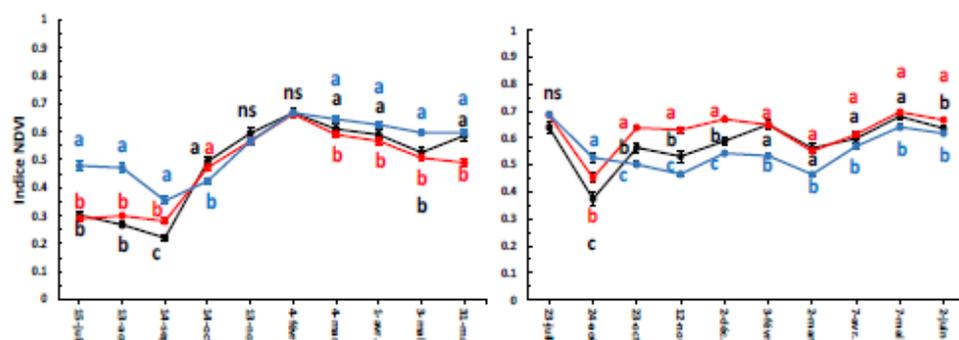


Figure 7 : Dynamique temporelle de l'indice de verdissement (NDVI) par traitement sur le parc, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle; les pointillés délimitent la période sans coupe.



Illustration 2 : Photographique sur le site de Braize (gauche) et le site de Marmanhac (droite) durant la période de sécheresse montrant la différence prononcée de l'état de la végétation entre l'inter-rangée et sous les panneaux.

Les stocks de biomasse mesurés de juillet à septembre sont similaires entre les traitements et stables dans le temps, quel que soit le site, malgré des valeurs moyennes plus élevées dans le contrôle que sous panneaux sur le site de Braize (par ex ; valeurs d'août : C = 85.09 ± 27.42 g m⁻²; P = 60.80 ± 10.62 g m⁻²) et sur le site de Marmanhac (C = 60.26 ± 17.67 g m⁻²; P = 64.63 ± 5.49 g m⁻²) (Figure 8).

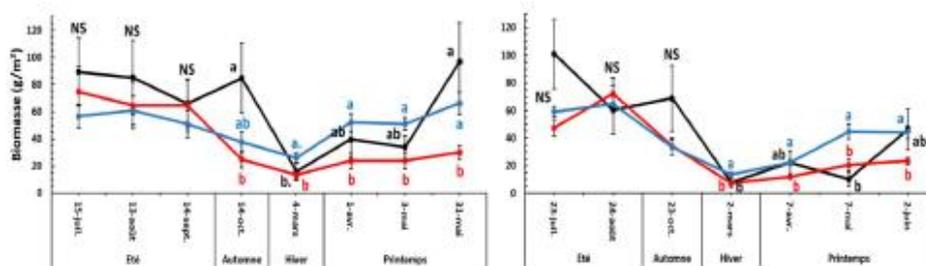


Figure 8 : Dynamique temporelle du stock de biomasse (g m⁻²), mesuré sur le parc, pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives (P < 0.05) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : P > 0.05 ; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne ± erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Cette absence d'effet statistique est liée à l'hétérogénéité élevée observée en contrôle qui s'explique par une variabilité spatiale des conditions de sol (histoire des sites), de végétation et de présence des animaux sur les deux parcs. De plus, la stabilité des valeurs de stocks au cours de l'été pourrait être liée à un effet sécheresse (absence de croissance, faible NDVI) et une pression de pâturage faible et peut-être différente entre les traitements. Ceci pourrait masquer l'effet observé en exclus sous panneaux (Braize et Marmanhac) et inter-rang (Marmanhac), qui a produit plus de biomasse en août.

De la sécheresse au début d'automne – Regain de la végétation

Période de repousse : Braize : 14 septembre – 15 octobre ; Marmanhac : 29 septembre – 22 octobre

1) Microclimat (septembre-octobre)

En automne, la position du soleil devient moins haute et le rayonnement ne passe plus au-dessus des structures des panneaux solaires créant plus d'ombre en inter-rangée. La quantité de rayonnement a été divisée par 2.3 en contrôle et par 1.8 à l'ombre des panneaux depuis août, avec une réduction de 91.4 % de lumière en moins sous panneau comparé au plein soleil (Marmanhac : C = 329.4 μmol m⁻² s⁻¹, P = 28.3 μmol m⁻² s⁻¹; Braize : C = 356.1 μmol m⁻² s⁻¹, P = 30.2 μmol m⁻² s⁻¹). La température journalière moyenne de l'air a chuté respectivement de 8.6 °C et 12.6 °C entre la période de sécheresse et



l'automne (Br : 13.93 °C ; Ma : 7.97 °C) en ayant des températures de l'air sur la période du début de l'automne arrivant au minimum à 3.6 °C sur Braize et à 0.9°C sur Marmanhac. Ceci a entraîné une chute des températures du sol en perdant 10°C en contrôle et en inter-rangée sur les deux sites et 5.2 °C et 8.2°C sous les panneaux respectivement sur Braize et Marmanhac par rapport à la période d'août. Les températures du sol sur Marmanhac sont descendues vers les 10°C ($P = 9.61 \text{ °C} \pm 0.13$; $I = 9.48 \text{ °C} \pm 0.06$; $C = 11.14 \text{ °C} \pm 0.04$; Figure 9.b), et sont comparativement plus chaudes de 5°C sur Braize ($P = 15.32 \text{ °C} \pm 0.2$; $I = 14.95 \text{ °C} \pm 0.2$; $C = 17.04 \text{ °C} \pm 0.07$; Figure 9.a).

La quantité de précipitations a fortement augmenté sur Braize et a été multipliée par 4.8 (de 24 mm à 115 mm) par rapport à la période d'août, avec un cumul depuis le 13 août de 137 mm. Ceci a augmenté l'humidité du sol de +9.3% en contrôle, +6% en inter-rangée mais seulement de +1.6% sous les panneaux ($P = 8.94 \% \pm 0.94$; $I = 11.04 \% \pm 0.5$; $C = 15.60 \% \pm 0.84$; Figure 9.c). Le traitement Contrôle se retrouve 41% et 75 % plus humides qu'en inter-rangée et sous les panneaux. Sur Marmanhac, alors qu'il y a eu de faibles précipitations durant la période d'octobre (10.8 mm), l'humidité du sol est similaire entre les traitements. Cependant, l'augmentation de l'humidité du sol provient du cumul depuis le 25 août avec 102 mm pour un gain de + 19 % en contrôle, + 10.5 % en inter-rangée et + 5 % sous les panneaux ($P = 33.31 \% \pm 2.19$; $I = 33.92 \% \pm 2.15$; $C = 34.39 \% \pm 1.07$; Figure 9.d).

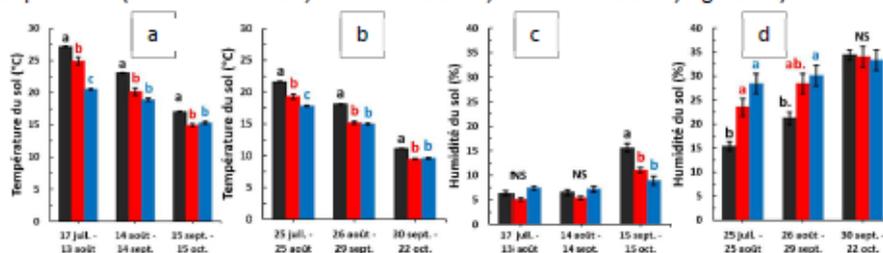


Figure 9 : Moyenne de la température (a ; b) et de l'humidité (c ; d) du sol sur une période de repousse de la végétation sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque période, des lettres différentes significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA (c) et le test post-hoc de Tukey ou le test de Kruskal-Wallis (a ; b ; d) et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un point après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Ces conditions météorologiques sont plus favorables à la pousse de la végétation dans le traitement contrôle à cause de la réduction de l'évapotranspiration.

Le fait que l'humidité du sol en inter-rangée sur Braize ne réaugmente pas au même taux que celui en contrôle, en comparaison du site de Marmanhac, peut être expliqué par la nature du sol. Le sol de Braize a une texture principalement composée de sable limoneux dans tout le parc. Cependant, en inter-rangée, la perméabilité est plus importante qu'en contrôle, car la pierrosité y est 2.3 fois plus élevée ($I = 25\%$; $C = 10.8\%$). Ceci accentue le côté drainant d'un sol sableux et donc présente une réserve d'eau utile plus faible. Ce type de sol limite la diffusion horizontale de l'eau au profit de la diffusion verticale, notamment vers le sol sous les panneaux. Contrairement à l'andosol du site de Marmanhac où, en plus, la diffusion horizontale est amplifiée par la pente présente.

2) Réponse de la végétation en zone d'exclos (septembre-octobre)

Sur Marmanhac, la croissance en hauteur au début de l'automne a été divisée par 6.2 sous les panneaux, par 2.8 en inter-rangée et est restée stable en contrôle par rapport à la période de sécheresse ($P = 0.03 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.01$; $I = 0.05 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.01$; $C = 0.01 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.00$; Figure 10.b). Les trois traitements ne présentent plus de différence de croissance en hauteur en ne dépassant pas 0.05 cm j^{-1} .



⁴. Sur le site de Braize, la croissance sous panneaux, divisée par 1.8, est restée 3.2 fois plus élevée comparée à celles mesurées dans le contrôle et à l'inter-rang bien que ces dernières aient très légèrement augmenté ($P = 0.11 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.02$; $I = 0.03 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.01$; $C = 0.04 \text{ cm j}^{-1} \pm 0.006$; Figure 10.a). Ces différences entre les deux sites pourraient venir de conditions thermiques plus élevées (environ +6°C) en plaine qu'en moyenne montagne.

Pour les deux sites et dans la zone contrôle, le verdissement de la végétation a fortement augmenté, au début de l'automne, avec un indice NDVI 1.8 à 2 fois plus grand que celui mesuré lors de la sécheresse (Br : 0.56 ± 0.02 ; Ma : 0.53 ± 0.01), alors qu'il est resté stable sous les panneaux sur Braize (0.44 ± 0.03 ; Figure 10.c) et a été divisé par 1.7 sur Marmanhac (0.38 ± 0.02 ; Figure 10.d). En inter-rangée, l'indice NDVI est resté stable sur Marmanhac (0.60 ± 0.02) et a augmenté d'1.6 fois sur Braize (0.51 ± 0.02). Le NDVI sous les panneaux s'est retrouvé 28 % à 41 % plus faible qu'en contrôle sur Marmanhac et Braize. Quant à l'inter-rangée, l'indice est intermédiaire aux autres traitements sur Braize et 60 % plus important que sous panneaux sur Marmanhac. Pendant toute la période automnale, la même réponse est visible tout en ayant des indices grandissants. Cette hiérarchie peut s'expliquer par un pourcentage de sol nu stable et plus élevé sous les panneaux des deux sites ainsi qu'un recouvrement du sol nu 1.8 à 2.5 fois moins important respectivement en inter-rangée et en contrôle sur Braize par rapport à août ($C = 15 \% \pm 2$; $I = 21.5 \% \pm 3$). De plus, la quantité de végétation sèche a aussi été divisée depuis août sur Marmanhac et Braize de 3.4 à 5.5 fois respectivement en contrôle et de 3.5 fois en inter-rangée sur Marmanhac qui ce dernier présente un pourcentage de mousse plus important. A l'inverse, la végétation sèche sous les panneaux sur Marmanhac est 2.7 fois plus importante.

Cette importance du sol nu sous les panneaux peut être expliquée par l'effet splash induit par le ruissellement sur la structure lors de précipitations endommageant la végétation. De plus, le recouvrement végétal est aussi lié à la biologie de l'espèce par rapport à son cycle de vie et à son port végétatif. La phytosociologie en lien avec la compétition pour la lumière à l'ombre des panneaux peut aussi expliquer la présence de sol nu.

Au cours des périodes de repousse suivant la période de sécheresse estivale et jusqu'au début de l'automne, la production de biomasse présente une réponse différente entre les deux sites. Sur le site de Braize, la production de biomasse sous panneaux est restée stable alors qu'elle a été divisée par 7.1 sur Marmanhac. Elle a augmenté en contrôle de 3.6 et en inter-rangée de 2.2 au début de l'automne par rapport à la période d'août ($P = 16.26 \text{ g m}^{-2} \pm 1.42$; $C = 10.19 \text{ g m}^{-2} \pm 0.84$; $I = 6.84 \text{ g m}^{-2} \pm 1.31$; Figure 10.e) sur Braize. La production de biomasse reste cependant 1.6 fois plus importante sous les panneaux par rapport à la zone sans influence des panneaux à cette période. Sur Marmanhac, la production de biomasse a été divisée par 4.3 en inter-rangée et est restée stable en contrôle ($P = 5.48 \text{ g m}^{-2} \pm 0.68$; $C = 8.46 \text{ g m}^{-2} \pm 0.63$; $I = 8.41 \text{ g m}^{-2} \pm 1.15$; Figure 9.f). Les différents traitements ne présentent plus de différences significatives.

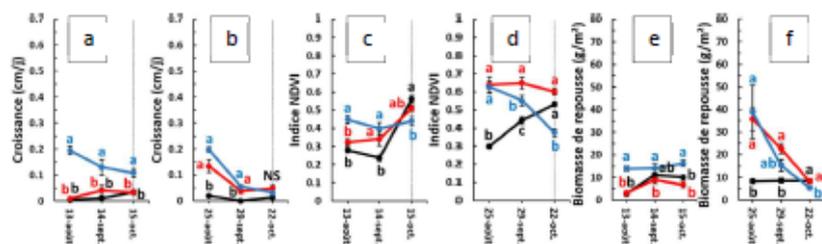


Figure 10 : Dynamique temporelle de la croissance journalière (a ; b), l'indice de verdissement (NDVI ; c ; d) et de la biomasse de repousse (e ; f) par traitement en exclus sur le site de Braize (a ; c ; e) et sur le site de Marmanhac (b ; d ; f). Pour chaque



date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey (c ; d ; e) ou le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn (a ; b ; f) ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

A la sortie de conditions météorologiques très sèches et chaudes, l'indice de verdissement augmente dans les zones non couvertes par les panneaux. La différence de réponse entre les deux sites avec une reprise de la production de biomasse sur Braize et une chute de la production de biomasse sur Marmanhac est avant tout due au climat et à la localisation des sites en plaine ou en moyenne montagne. Les différences de réponse de l'inter-rangée entre les deux sites sont sûrement liées en partie à la différence des infrastructures mais aussi aux différences de texture du sol.

3) Dans le parc, avec la présence des ovins (septembre-octobre)

Pour les deux sites, l'indice de verdissement de la végétation présente une réponse similaire dans le parc avec l'effet du pâturage et dans la zone d'exclos sans pâturage. Sous les panneaux, il est plus faible de 17% sur Braize ($P = 0.42 \pm 0.01$; $C = 0.50 \pm 0.02$; $I = 0.47 \pm 0.01$; Figure 11.a) et de 12% sur Marmanhac ($P = 0.50 \pm 0.01$; $C = 0.56 \pm 0.02$; $I = 0.64 \pm 0.01$; Figure 11.b) qu'en contrôle et de respectivement 11% et 27 % qu'en inter-rangée car l'indice a augmenté nettement dans ces deux traitements d'août à octobre notamment sur Braize.

En octobre, sur le site de Braize, la quantité de biomasse est plus élevée dans le contrôle comparé aux à l'inter-rang ($C = 84.7 \pm 25.9 \text{ g m}^{-2}$; $I = 24.8 \pm 6.4$; $P = 37.4 \pm 7.7 \text{ g m}^{-2}$; Figure 11.c). La fauche réalisée dans l'inter-rang par l'agriculteur dans une zone très productive du parc sur les points suivis a amplifié la diminution du stock de biomasse disponible dans ce traitement. Cet effet sur le contrôle est observable au prochain prélèvement de mars car l'agriculteur n'a pas fauché les zones suivies en octobre. Sur le site de Marmanhac, le stock de biomasse est similaire entre traitements ($C = 68.8 \pm 24.02 \text{ g m}^{-2}$; $I = 34 \pm 6.1$; $P = 33.47 \pm 5.53 \text{ g m}^{-2}$; Figure 11.d). L'absence de différence statistique provient de l'hétérogénéité au sein de la zone sans influence des panneaux qui est très importante en étant 3.3 à 4.3 fois plus grande que sous les panneaux.

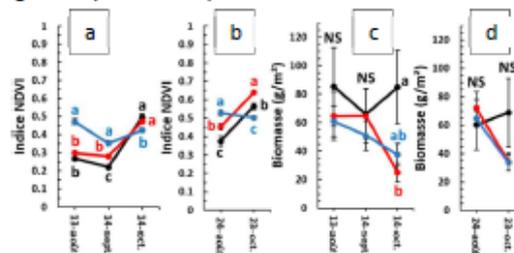


Figure 11 : Dynamique temporelle de l'indice de verdissement (NDVI ; a ; b) et du stock de biomasse (c ; d) par traitement sur le parc, sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

Sur les deux mois septembre et octobre, la production sous les panneaux sur le site de Braize en absence de pâturage est stable dans le temps avec une moyenne cumulée sur les deux mois de $+30 \text{ g m}^{-2}$ sur Braize. Cependant, cette production n'est pas visible dans le parc qui présente un stock de biomasse diminuant de -23 g m^{-2} . L'écart entre la production de biomasse en exclos et la diminution du stock dans le parc qui est de 54 g m^{-2} sur Braize serait liée à la consommation de fourrage par les



ovins. La consommation ne peut être visible ni en inter-rangée à cause de la fauche de l'agriculteur ni en contrôle à cause de la forte hétérogénéité du traitement.

Sur Marmanhac, le même raisonnement est applicable sous les panneaux et en inter-rangée avec une production de biomasse en excès respectivement de + 21 g m⁻² et + 31 g m⁻² alors que la perte dans le parc est de - 31 g m⁻² et de - 38 g m⁻² ce qui fait un écart de 52 g m⁻² et de 69 g m⁻² qui correspondrait à la consommation par les moutons sur les mois de septembre et octobre cumulés. Le stock en contrôle dans le parc présente une hétérogénéité trop importante pour voir des variations liées au pâturage.

Fin de l'hiver – Arrêt de la croissance

Période de repousse : Braize : 15 octobre – 5 mars ; Marmanhac : 22 octobre – 3 mars

1) Microclimat (octobre-mars)

Les conditions météorologiques deviennent plus froides avec une durée d'ensoleillement plus faible et 1.3 à 1.5 fois moins intense par rapport au début de l'automne en dehors de l'abri des panneaux (Braize : C = 235.5 μmol m⁻²s⁻¹ ; Marmanhac : C = 259.6 μmol m⁻²s⁻¹). Depuis la dernière coupe au début de l'automne, la température moyenne journalière de l'air (7.1 et 5°C) a diminué de 6.9°C pour Braize et de 3°C pour Marmanhac, avec des périodes de gel. Effectivement, il y a eu 15 jours (Braize) et 26 jours (Marmanhac) pour lesquels la moyenne journalière était en dessous de 0°C jusqu'à atteindre un minimum de -8.5 °C (Braize) et -11°C (Marmanhac).

Ceci a impacté la température du sol en se retrouvant sous la barre des 8°C en moyenne pour Braize (P = 7.78 ± 0.13 ; I = 6.78 ± 0.05 °C ; C = 8.54 ± 0.06 °C ; Figure 12.a) et de 6°C en moyenne pour Marmanhac (P = 5.65 ± 0.06 ; I = 5 ± 0.08 °C ; C = 5.87 ± 0.04 °C ; Figure 12.b). Sur les deux parcs, l'inter-rangée a présenté une température moyenne plus basse que les autres traitements car contrairement au contrôle, l'inter-rangée est à l'ombre et contrairement à la situation sous panneaux, l'inter-rangée n'a pas de couverture thermique liée à la présence des panneaux. La température minimale du sol sur Braize a été de 1.7°C en contrôle, 1.1°C en inter-rangée et 1.8°C sous les panneaux, atteinte le 11/01/21, et de 1°C sous les panneaux le 15/01/21 et 1.2°C en contrôle ainsi que 1°C en inter-rangée le 28/01/21 sur Marmanhac. La différence de date entre les deux sites pourrait être due à la présence de neige, qui a servi de tapis d'isolation pour le sol en inter-rangée et en contrôle lors de températures très froides. Quant à la zone sous les panneaux, elle n'a pas été recouverte par la neige. Cette neige a eu des impacts visibles sur la végétation, notamment, en cachant la végétation du soleil, en écrasant la végétation, surtout en inter-rangée, car la neige tombant sur les panneaux glissait en inter-rangée. Cet effet est visible au début de février où la hauteur de la végétation est divisée par 2.5 fois en inter-rangée par rapport au contrôle (I = 1.56 ± 0.11 cm ; C = 3.89 ± 0.12 cm).



Illustration 3 : Photographie sur le site de Marmanhac montrant la protection des panneaux face aux chutes de neige.

Sur cette période de 4 mois, la moitié des précipitations de l'année est tombée sur les deux sites avec 299 mm sur Braize et 500 mm sur Marmanhac. Ceci a permis au sol de Braize de regagner + 5.86 % en humidité en contrôle, + 5 % en inter-rangée et + 3.8 % sous les panneaux (P = 12.74 ± 0.73 % ; I = 16 ±



1 % ; C = 21.46 ± 0.81 % ; Figure 12.c). L'humidité sous panneaux est néanmoins toujours 70% plus faible qu'en contrôle comparé à la période où le stock en eau du sol est au maximum. Sur Marmanhac, l'humidité du sol n'a pas varié en restant à son maximum et est restée similaire entre les traitements (P = 33.11 ± 2.12 % ; I = 34.49 ± 2.11 % ; C = 35.46 ± 0.98 % ; Figure 12.d).

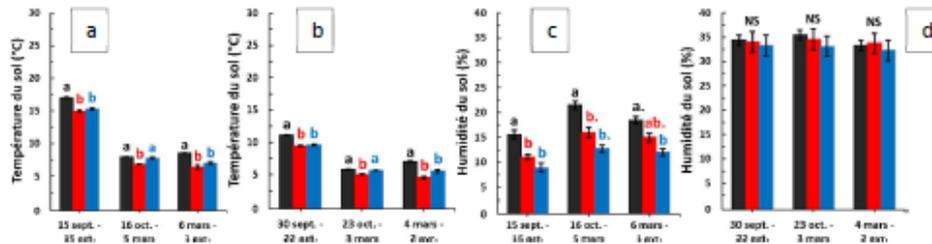


Figure 12 : Moyenne de la température (a ; b) et de l'humidité (c ; d) du sol sur une période de repousse de la végétation sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque période, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA (c) et le test post-hoc de Tukey ou le test de Kruskal-Wallis (a ; b ; d) et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un point après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

2) Réponse de la végétation en zone d'exclos (octobre-mars)

La croissance en hauteur de la végétation sur le site de Marmanhac était déjà très ralentie voir à l'arrêt ($P = 0.01 \pm 0.01$ cm j^{-1} ; I = 0.02 ± 0.01 cm j^{-1} ; C = 0.01 ± 0.00 cm j^{-1} ; Figure 13.b). Uniquement sur le site de Braize, la végétation sous les panneaux a continué de croître, pendant un mois jusqu'en novembre, en ayant une croissance 10 fois plus importante par rapport à la zone sans influence des panneaux ($P = 0.17 \pm 0.02$ cm j^{-1} ; I = 0.03 ± 0.01 cm j^{-1} ; C = 0.02 ± 0.01 cm j^{-1} ; Figure 13.a).

Sur les deux sites, même en l'absence de croissance en hauteur observable, l'indice NDVI a augmenté dans tous les traitements durant la fin de la saison automnale jusqu'en décembre (Braize : P = +32 % ; I = +23 % ; C = +22 % ; Marmanhac : P = +47 % ; I = +15 % ; C = +26 %). Cette augmentation reflète la récupération suite à la sécheresse estivale et à la densification de la végétation. Cependant, en hiver, sur Braize, l'indice NDVI a diminué (P = -8 % ; I = -20 % ; C = -22 % ; Figure 13.c) pour ne plus montrer de différence entre les traitements (P = 0.53 ± 0.02 ; I = 0.53 ± 0.02 ; C = 0.56 ± 0.02). La quantité de sol nu est pourtant plus faible (P (-16 %) = 34.61 ± 4.26 % ; I (-46 %) = 14.72 ± 1.68 % ; C (-79 %) = 8.40 ± 1.08 %). Sur Marmanhac, le même constat est remarqué, alors que les croissances sont à l'arrêt, l'indice NDVI diminue durant l'hiver par rapport à la fin de l'automne (P = -47 % ; I = -59 % ; C = -40 % ; Figure 13.d). Le contrôle reste 1.3 fois plus élevé que sous les panneaux à la fin de l'hiver (P = 0.38 ± 0.04 ; I = 0.43 ± 0.03 ; C = 0.48 ± 0.02). Cependant, l'indice NDVI en inter-rangée est légèrement supérieur à celui sous les panneaux, alors qu'il y a une même quantité de sol nu (I = 15.94 ± 4.30). Cela pourrait venir du fait que la quantité de végétation sèche soit 2.3 fois plus importante sous les panneaux (I = 13.94 %). De plus, la quantité de mousse visible en inter-rangée est 2 fois plus grande en atteignant 52.5 ± 7.69 % du quadrat en mousses visibles (P = 26.33 ± 7.03 %). L'augmentation du sol nu visible d'un coefficient de 2.9 en inter-rangée par rapport au début de l'automne a été causée par l'activité des campagnols terrestres (*Arvicola amphibius* L.) creusant des galeries et créant des monticules de terre dans les zones de suivi.

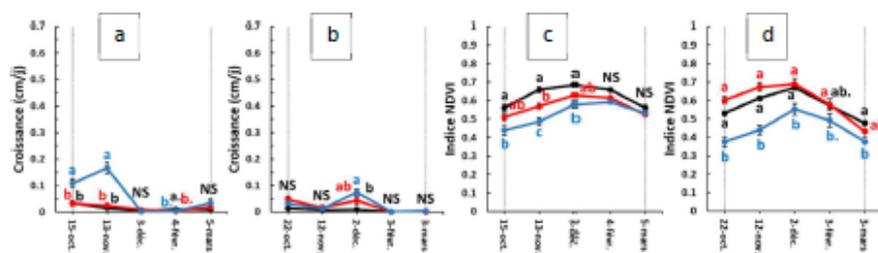


Figure 13 : Dynamique temporelle de la croissance journalière (a ; b) et l'indice de verdissement (NDVI ; c ; d) par traitement en exclos sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey (c ; d) ou le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn (a ; b) ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

Sur les deux sites, à la sortie de l'hiver, la quantité de biomasse dans les traitements inter-rangées et en contrôle est similaire et très faible. Cependant, sous les panneaux, celle-ci est variable entre les deux sites. Elle est aussi très faible et en même quantité que pour C et I sur le site de Marmanhac ($P = 2.01 \pm 0.53 \text{ g.m}^{-2}$; $I = 0.77 \pm 0.34 \text{ g.m}^{-2}$; $C = 3.36 \pm 0.55 \text{ g.m}^{-2}$; Figure 14). Alors que sur Braize, la biomasse à l'ombre des panneaux est 4.7 fois plus importante par rapport à l'inter-rangée et 2.9 fois plus importante qu'en contrôle ($P = 21.96 \pm 1.85 \text{ g.m}^{-2}$; $I = 4.69 \pm 0.94 \text{ g.m}^{-2}$; $C = 7.69 \pm 1.93 \text{ g.m}^{-2}$; Figure 14). La quantité de biomasses en fin d'hiver provient de la croissance de la végétation au milieu de l'automne avant l'arrêt hivernal.

Pendant l'hiver, quelles que soient l'altitude ou l'infrastructure, la croissance est à l'arrêt et les conditions climatiques en période de grand froid diminuent la qualité de la prairie.

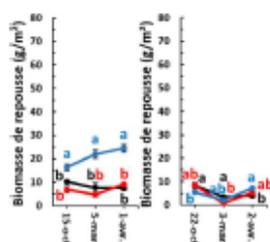


Figure 14 : Dynamique temporelle de la biomasse de repousse par traitement en exclos sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey (gauche) ou le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn (droite) ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

3) Dans le parc, en absence d'ovins (octobre-mars)

L'indice de verdissement de la végétation présente la même réponse que dans l'exclos. Après une augmentation du NDVI durant l'automne, l'indice mesuré sous les panneaux ne diffère pas du contrôle, sur Braize ($P : 0.65 \pm 0.01$; $C : 0.61 \pm 0.02$; Figure 15.a), mais il est 1.2 fois plus faible sur Marmanhac ($P : 0.47 \pm 0.01$; $C : 0.56 \pm 0.02$; Figure 15.b). Ceci peut être expliqué par la quantité plus importante de végétation sèche et de sol nu présentes sous les panneaux. Le NDVI en inter-rangée est similaire au contrôle sur les deux sites (Br : 0.59 ± 0.01 ; Ma : 0.55 ± 0.01).

Depuis octobre, sur les deux sites, le stock de biomasse mesuré en mars a diminué en contrôle, sur Braize, avec une baisse de 81 % (-68.85 g m^{-2}) et baisse de 89 % sur Marmanhac (-61.22 g m^{-2}). Sous



panneaux et en inter-rangée, sur Braize, ils sont restés statistiquement stables alors qu'ils sont 79% plus faibles en inter-rangée ($- 26.85 \text{ g m}^{-2}$) et 60 % plus faible sous panneaux sur Marmanhac ($- 20.02 \text{ g m}^{-2}$). Le stock de biomasse sous les panneaux est donc 1.64 fois plus grand qu'en contrôle sur Braize ($P : 25.95 \pm 3.82 \text{ g m}^{-2}$; $C : 15.87 \pm 6.28 \text{ g m}^{-2}$; $I : 13.40 \pm 3.24 \text{ g m}^{-2}$; Figure 15.c) et 1.77 fois sur Marmanhac ($P : 13.45 \pm 1.84 \text{ g m}^{-2}$; $C : 7.62 \pm 3.38 \text{ g m}^{-2}$; $I : 7.17 \pm 1.84 \text{ g m}^{-2}$; Figure 15.d). L'inter-rangée est similaire au contrôle sur les deux sites. La chute uniquement en contrôle du stock de biomasse sur Braize vient des répercussions de la fauche de l'agriculteur et du fait que les moutons sont sortis du parc deux semaines après le prélèvement d'octobre. Sur Marmanhac, la chute importante en inter-rangée et en contrôle est liée aux chutes de neiges tassant la végétation. Sous panneaux, ceci pourrait provenir de la consommation par les moutons présents encore un mois après le prélèvement d'octobre.

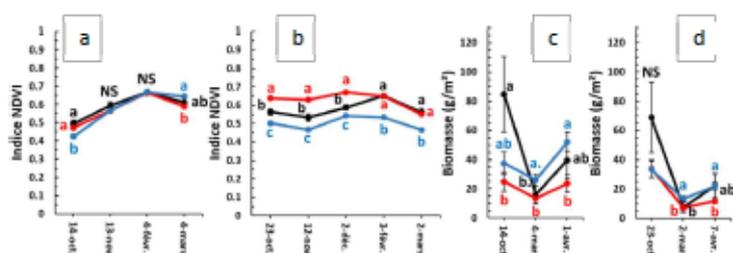


Figure 15 : Dynamique temporelle de l'indice de verdissement (NDVI ; a ; b) et du stock de biomasse (c ; d) par traitement sur le parc, sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

A la sortie de l'hiver, du fait de l'arrêt de la croissance ainsi que des événements climatiques et agricoles, les stocks de biomasse des parcs sont faibles.

Début du printemps – Reprise de la croissance

Période de repousse : Braize : 5 mars – 1 avril ; Marmanhac : 3 mars – 7 avril

1) Microclimat (mars-avril)

Depuis la période précédente, le microclimat a beaucoup changé mais pas pour toutes les variables et les deux sites. Dans le cas du rayonnement mesuré en pleine lumière, il a été multiplié par 2.2 à 2.4 pour les deux sites, tandis que sous les panneaux cette augmentation a été moindre ($\times 1.6$) (Braize : $C = 516 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $P = 33 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; Marmanhac : $C = 621 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $P = 41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Cependant, le rayonnement mesuré sous les panneaux reste 93.5% plus faible qu'en plein soleil sur les deux sites.

Depuis la précédente période, la température de l'air est semblable pour Braize (environ 7°C) et a augmenté de 1.3°C sur Marmanhac pour atteindre 6.3°C . Pour ce dernier site, cela se traduit par l'augmentation de 3.2°C des températures maximales observées et qui est moindre sur Braize ($+1.6^\circ\text{C}$). Des températures minimales inférieures à 0 sont toujours observées pour cette période et sur les deux sites. De plus, du fait de l'isolation thermique des panneaux notamment la nuit par rapport au contrôle, le cumul de degrés jours observés sous les panneaux pourrait être plus avancé et conduire à une reprise plus précoce de la végétation en sortie d'hiver.



Nous avons aussi observé lors des sorties terrain l'absence de rosée sous les panneaux comparés à I et C, notamment lors de températures de l'air froides pouvant encore atteindre au minimum -4.2°C . Cela met en évidence que sous panneaux, soit le taux d'humectation de la végétation est plus faible soit la température de l'air est plus élevée, soit les deux phénomènes coexistent. Ces conditions microclimatiques pourraient favoriser une reprise plus précoce de croissance de la végétation en sortie d'hiver.

La température du sol a peu varié par rapport à la période précédente dans les traitements inter-rangée et panneaux et a augmenté en contrôle de 0.6 à 1.2°C respectivement sur Braize ($P = 7 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$; $I = 6.39 \pm 0.33^{\circ}\text{C}$; $C = 8.54 \pm 0.02^{\circ}\text{C}$; Figure 12.a) et Marmanhac ($P = 5.55 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$; $I = 4.55 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$; $C = 7.05 \pm 0.05^{\circ}\text{C}$; Figure 12.b) en étant légèrement plus chaude de 2.3 à 2.5°C qu'en inter-rangée et d' 1.5°C sous les panneaux. Ce dernier traitement a diminué de 0.8°C à Braize.

L'humidité du sol a peu varié depuis la période précédente, notamment sur Marmanhac malgré un cumul de précipitations de 68 mm et a légèrement diminué sur Braize. Pour Marmanhac, les valeurs sont proches de 33% ($P = 32.3 \pm 2.1\%$; $I = 33.7 \pm 2.1\%$; $C = 33.3 \pm 1.1\%$ d'humidité ; Figure 12.d) et ne diffèrent pas entre traitements. Elles sont plus faibles sur Braize de l'ordre de 15% en moyenne et diffèrent entre le contrôle et le traitement panneaux qui a des valeurs plus faibles ($P = 12 \pm 0.7\%$; $I = 15 \pm 0.8\%$; $C = 18.5 \pm 0.7\%$; Figure 12.c).

2) Réponse de la végétation (mars-avril)

Avec le retour d'un climat plus doux, où le rayonnement moyen journalier est équivalent à la période de septembre à octobre sur Braize et d'août à septembre sur Marmanhac, la croissance redémarre sur le site de Braize et uniquement sous les panneaux à Marmanhac ($P = 0.13 \pm 0.01 \text{ cm j}^{-1}$; Figure 16.b). Sur Braize, la croissance est 4.7 à 8.7 fois plus importante sous les panneaux par rapport à l'inter-rangée et au contrôle respectivement ($P = 0.37 \pm 0.02 \text{ cm j}^{-1}$; $I = 0.08 \pm 0.01 \text{ cm j}^{-1}$; $C = 0.04 \pm 0.01 \text{ cm j}^{-1}$; Figure 16.a).



Illustration 4 : Photographies du site de Braize (gauche) et de Marmanhac (droite), début avril, montrant la différence de hauteurs de la végétation sous les panneaux par rapport à l'inter-rangée.

La présence des panneaux favorise une reprise plus précoce de la croissance de la végétation en sortie d'hiver, qui peut s'expliquer par un microclimat plus favorable sous panneaux (absence de rosée gelée, couverture thermique : modification des degrés jours). Des mesures du microclimat autre que le rayonnement sous les panneaux (température et humidité de l'air) devraient confirmer cette hypothèse. Cependant, la biologie des espèces joue un rôle important dans cette reprise de la croissance en fonction de son cycle de vie et des seuils météorologiques pour sa croissance (seuil « zéro de la végétation »).



Illustration 5 : Photographies du site de Braize (gauche) et de Marmanhac (droite), montrant l'absence de gelées sous les panneaux.

L'indice de verdissement (NDVI) est resté stable en contrôle et inter-rangée sur Braize, cependant, il est 20 % plus faible sous les panneaux par rapport à la fin de l'hiver et au contrôle ($P = 0.45 \pm 0.02$; $I = 0.51 \pm 0.02$; $C = 0.54 \pm 0.02$; Figure 16.c). Sur Marmanhac, l'indice a augmenté de 27 % et 34 % respectivement en contrôle et en inter-rangée en lien avec une diminution du sol nu et de la végétation sèche mais il est resté stable sous les panneaux en étant 49 % et 42 % plus faible que les autres traitements ($P = 0.41 \pm 0.02$; $I = 0.58 \pm 0.02$; $C = 0.61 \pm 0.02$; Figure 16.d).

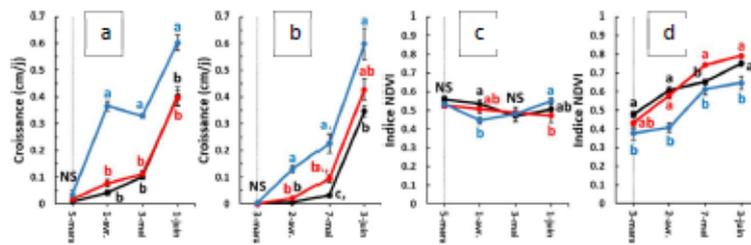


Figure 16 : Dynamique temporelle de la croissance journalière (a ; b) et l'indice de verdissement (NDVI ; c ; d) par traitement en exclos sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey (c ; d) ou le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn (a ; b) ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

En avril et sur le site de Braize, la biomasse accumulée depuis le 15/10 est environ 3 fois plus élevée sous les panneaux que dans les 2 autres traitements ($P = 24.4 \pm 1.6 \text{ g m}^{-2}$; $I = 9 \pm 0.8 \text{ g m}^{-2}$; $C = 7.5 \pm 1.3 \text{ g m}^{-2}$; Figure 14). Sur le site de Marmanhac, l'effet est moindre mais significatif ($P = 7.1 \pm 0.7 \text{ g m}^{-2}$; $I = 5.2 \pm 0.5 \text{ g m}^{-2}$; $C = 4.1 \pm 1 \text{ g m}^{-2}$; Figure 14). Cette différence de réponse entre site s'explique par la capacité de la végétation sous panneaux à pousser d'octobre à novembre sur Braize, tandis que les conditions climatiques de moyenne montagne plus froides ne l'ont pas permises.

Sur Braize, la production de biomasse plus importante sous les panneaux peut s'expliquer par l'amélioration du microclimat, avec l'augmentation du rayonnement qui est 2.2 fois plus importante par rapport à la période hivernale en zone contrôle et 1.5 fois plus importante sous les panneaux ($C = 515.99 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $P = 33.01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ainsi que de la disponibilité en eau.

L'absence de différence objective de biomasse pour une croissance nettement différente sur Marmanhac peut être expliquée, outre la différence attendue de surface massique (espèce dépendante), par une baisse probable de densité de la végétation car le % de sol nu est 5.7 fois plus important sous panneaux ($P = 14.17 \pm 2.36 \%$; $C = 2.5 \pm 0.55 \%$).



Avec le redoux printanier, la végétation à l'abri des panneaux commence à croître de façon plus précoce que la végétation sans protection thermique.

3) Dans le parc, avec le retour des ovins (mars-avril)

L'indice de verdissement de la prairie sur Braize est stable de mars à avril ($P = 0.63 \pm 0.01$; $I = 0.57 \pm 0.01$; $C = 0.59 \pm 0.02$; Figure 17) avec des valeurs d'indice sous panneaux toujours 10 % plus grandes que l'inter-rangée. Sur Marmanhac, uniquement le contrôle reste stable, alors que l'indice en inter-rangée est 11 % plus grand et 22 % plus grand sous les panneaux ($P = 0.57 \pm 0.01$; $I = 0.61 \pm 0.01$; $C = 0.60 \pm 0.02$; Figure 17). L'écart se rétrécit entre l'inter-rangée et sous les panneaux en restant 8 % plus grand. Le traitement contrôle est intermédiaire sur les deux parcs. La différence de la réponse entre l'inter-rangée et sous les panneaux entre les deux sites pourraient venir de l'écart en végétation sèche qui est 2.3 fois plus important sous les panneaux en exclos sur Marmanhac alors qu'il n'y a pas de différence sur Braize.

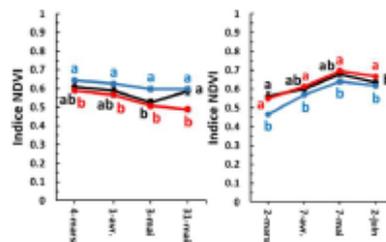


Figure 17 : Dynamique temporelle de l'indice de verdissement (NDVI) par traitement sur le parc, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

En absence de moutons, en avril, sur les deux sites, le stock de biomasse reste stable en contrôle et inter-rangée. Alors que le stock sous les panneaux sur Marmanhac reste stable, il double sur Braize. Le stock sous les panneaux est 2.2 fois supérieur à celui mesuré dans l'inter-rangée sur Braize ($P = 51.98 \pm 6.56 \text{ g m}^{-2}$; $I = 23.69 \pm 5.95 \text{ g m}^{-2}$) et de 1.88 fois sur Marmanhac ($P = 22.05 \pm 2.04 \text{ g m}^{-2}$; $I = 11.74 \pm 1.54 \text{ g m}^{-2}$). Le contrôle ne diffère pas des autres traitements du fait de son hétérogénéité sur les deux sites (Br : $39.58 \pm 12.55 \text{ g m}^{-2}$; Ma : $22.34 \pm 8.30 \text{ g m}^{-2}$).

Les résultats en inter-rangée (Br : $I_{\text{exclos}} : +9 \text{ g m}^{-2}$; $I_{\text{parc}} : +10.3 \text{ g m}^{-2}$; Ma : $I_{\text{exclos}} : +5.2 \text{ g m}^{-2}$; $I_{\text{parc}} : +4.6 \text{ g m}^{-2}$) et sous les panneaux (Br : $P_{\text{exclos}} : +24.4 \text{ g m}^{-2}$; $P_{\text{parc}} : +26 \text{ g m}^{-2}$; Ma : $P_{\text{exclos}} : +7.1 \text{ g m}^{-2}$; $P_{\text{parc}} : +8.6 \text{ g m}^{-2}$) sont cohérents avec la production de biomasse en exclos. Les réponses de la végétation dans les zones en exclos semblent similaires à celles de la végétation dans le parc. Cependant, pour le contrôle, le fait que le stock de biomasse n'augmente pas de manière significative depuis mars est essentiellement lié à l'hétérogénéité au sein du parc. Effectivement, les erreurs standards augmentent de 2 à 2.5 fois par rapport à mars, ce qui signifie que dans certaines zones suivies, le stock de biomasse a augmenté. De plus, en regardant les moyennes du stock du parc, celles-ci sont plus grandes de +24 g m^{-2} sur Braize et +15 g m^{-2} sur Marmanhac depuis mars, ce qui est respectivement 3.1 et 3.6 fois plus important que la biomasse de repousse en exclos (Br : +7.5 g m^{-2} ; Ma : +4.1 g m^{-2}). Les zones suivies en exclos, se situent dans la moyenne basse du parc, dans une zone contrôle peu productive en biomasse.



La réponse de la végétation des différents traitements en absence de pâturage dans le parc semble être la même que la végétation en exclos. Cependant, avec l'hétérogénéité en contrôle, la réponse en exclos semble sous-estimée.

Fin du printemps – Période de pleine croissance

Période de repousse : Braize : 3 mai – 31 mai ; Marmanhac : 7 mai – 2 juin

1) Microclimat (mai-juin)

Comme pour les autres périodes, l'ombrage induit par la présence des panneaux est toujours très marqué, de l'ordre de 92% pour les deux sites (Braize : $P = 46.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $C = 612 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; Marmanhac : $P = 48.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $C = 597.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Sur la période, les conditions microclimatiques se sont nettement améliorées, avec plus de précipitations : 80 mm sur Braize, et 141 mm sur Marmanhac et des températures plus chaudes. La température de l'air (moyenne journalière) a atteint 12.95°C ($+5.9^\circ\text{C}$) sur Braize et 10.93°C ($+4.7^\circ\text{C}$) sur Marmanhac. Cela se traduit par une augmentation des températures maximales et minimales depuis le début du printemps.

Dans le sol, la température et l'humidité du sol ont augmenté dans les trois traitements et les deux sites. Des effets entre les traitements sont observés sur ces deux variables. La température du sol est plus fraîche de 3.5°C sur Braize ($P = 12.1 \pm 0.07^\circ\text{C}$; $C = 15.6 \pm 0.06^\circ\text{C}$; Figure 18.a) et de 3.1°C sur Marmanhac ($P = 9.99 \pm 0.05^\circ\text{C}$; $C = 13.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$; Figure 18.b) par rapport à la zone sans influence des panneaux. De plus, l'humidité du sol sous les panneaux est plus faible qu'en contrôle ($P = 12.3 \pm 1.1\%$; $C = 17.5 \pm 1\%$; Figure 18.c) mais uniquement sur Braize (valeurs similaires sur Marmanhac : $P = 33.4 \pm 2.14\%$; $C = 35.8 \pm 1\%$; Figure 18.d).

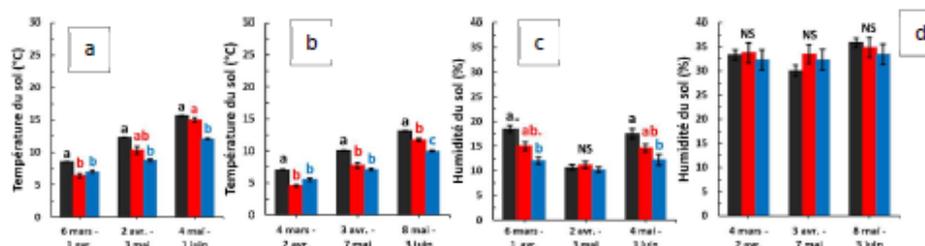


Figure 18 : Moyenne de la température (gauche) et de l'humidité (droite) du sol sur une période de repousse de la végétation sur le site de Braize (a ; c) et sur le site de Marmanhac (b ; d). Pour chaque période, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA (c) et le test post-hoc de Tukey ou le test de Kruskal-Wallis (a ; b ; d) et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un point après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

2) Réponse de la végétation (mai-juin)

Sur la période et pour les deux sites, la croissance en hauteur (moyenne journalière) continue d'augmenter (de 1.6 fois sous les panneaux et 9.6 fois en contrôle par rapport au début de la saison pour Br et 1.7 fois sous les panneaux et 57.7 fois en contrôle pour Ma). Celle-ci est toujours nettement plus importante sous les panneaux, quel que soit le site : 1.5 fois par rapport au contrôle sur Braize ($P = 0.60 \pm 0.03 \text{ cm j}^{-1}$; $I = 0.40 \pm 0.03 \text{ cm j}^{-1}$; $C = 0.40 \pm 0.04 \text{ cm j}^{-1}$; Figure 16.a) et 1.7 fois sur Marmanhac



($P = 0.60 \pm 0.06 \text{ cm j}^{-1}$; $I = 0.43 \pm 0.04 \text{ cm j}^{-1}$; $C = 0.35 \pm 0.02 \text{ cm j}^{-1}$; Figure 16.b). La croissance en inter-rangée est similaire au contrôle sur Braize et intermédiaire sur Marmanhac.

Lors de cette période de pleine croissance, l'indice de verdissement sur Braize est resté stable en inter-rangée et contrôle, cependant, il est sous les panneaux 23% plus grand depuis le début du printemps et 16% plus grand qu'en inter-rangée ($P = 0.55 \pm 0.02$; $I = 0.47 \pm 0.04$; $C = 0.51 \pm 0.02$; Figure 16.c). L'indice en contrôle est intermédiaire. Sur Marmanhac, l'indice a augmenté dans les trois traitements en étant 24% plus grand en contrôle, 15% en inter-rangée et 48% sous les panneaux par rapport au début de la saison. Le traitement contrôle et inter-rangée reste néanmoins respectivement 16 % et 22 % plus élevé qu'à l'ombre des panneaux ($P = 0.65 \pm 0.04$; $I = 0.79 \pm 0.01$; $C = 0.75 \pm 0.02$; Figure 16.d). Cette augmentation viendrait de la croissance supérieure à la sénescence des feuilles. En effet, le pourcentage de végétation sèche visible sur Braize a très légèrement diminué sous les panneaux (12.11% (-3%)). Ceci est le cas aussi sur Marmanhac où la végétation sèche est 1.7 fois moins présente sous les panneaux et 3.9 fois plus faible en inter-rangée par rapport au début de la saison ($P = 19.28 \%$; $I = 3.61 \%$; $C = 5.67 \%$).

C'est sur le site de Marmanhac, à la fin du printemps, durant la pleine croissance, que l'indice NDVI atteint les valeurs les plus hautes en étant à 0.75 en contrôle et à 0.79 en inter-rangée. Pour comparaison, l'indice NDVI, sur Braize, à la même période, est à 0.5 en contrôle et 0.47 en inter-rangée. Outre l'effet non négligeable du pourcentage de sol nu, sur Braize, 10 fois supérieur en inter-rangée et 3.5 fois supérieur en contrôle par rapport au site de Marmanhac, ces différences entre sites pourraient refléter les différences de fertilité des sols des deux sites, si on exclut l'effet diversité végétale. Effectivement, la teneur en azote total du sol est en moyenne 11 fois supérieure sur Marmanhac avec 0.6% de matière sèche contre 0.05 % de matière sèche sur Braize. L'azote étant un constituant majeur de la chlorophylle, ce taux plus élevé en azote du sol sur Marmanhac permet de contribuer à des feuilles et limbes plus verts. Ceci est aussi visible par la teneur en azote total de la végétation qui est pour cette période, sur Marmanhac, 1.53 fois plus élevé en contrôle, par rapport au site de Braize. Ce coefficient est de 1.86 fois en inter-rangée et 1.34 fois sous les panneaux (voir la partie qualité du fourrage).

Lors de la dernière coupe à la fin du printemps (fin mai et début juin), sur les deux sites, la quantité de biomasse sous les panneaux est augmentée de 1.6 fois (Braize) à 4.7 fois (Marmanhac) par rapport au début du printemps. Cependant, la biomasse est 38% (Braize) à 50% (Marmanhac) plus faible sous les panneaux comparés aux traitements contrôle (Braize : $P = 38.92 \pm 2.05 \text{ g.m}^{-2}$; $I = 51.31 \pm 5.59 \text{ g.m}^{-2}$; $C = 73.39 \pm 6.67 \text{ g.m}^{-2}$; Figure 19) et aussi l'inter-rang pour Marmanhac ($P = 33.46 \pm 5.18 \text{ g.m}^{-2}$; $I = 60.40 \pm 4.26 \text{ g.m}^{-2}$; $C = 72.25 \pm 6.59 \text{ g.m}^{-2}$; Figure 19). La production de biomasse mesurée sous les panneaux n'est donc pas corrélée à la croissance en hauteur journalière. Cet écart de réponse entre hauteur et biomasse pourrait s'expliquer par une baisse de la densité de végétation sous les panneaux, dont le sol nu est un proxy. En effet, il reste 2.2 fois plus important sous les panneaux qu'en contrôle sur Braize ($P = 40.67 \pm 4.08 \%$; $C = 18.11 \pm 1.65 \%$) et Marmanhac ($P = 11.44 \pm 1.25 \%$; $C = 5.22 \pm 2.45 \%$).

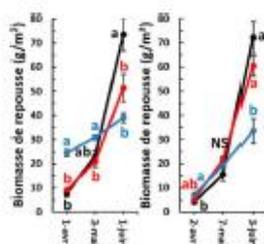


Figure 19 : Dynamique temporelle de la biomasse de repousse par traitement en exclos sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey (gauche) ou le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn (droite); NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.



Illustration 6 : Photographies prises sur le site de Braize, début mai, montrant la différence de densité de la végétation sur les quadrats coupés à 5 cm sous panneaux (gauche) et en contrôle (droite)

La végétation, bien qu'elle ait une croissance en hauteur plus importante à l'ombre des panneaux grands, ne présente pas une biomasse plus élevée. Le traitement contrôle possède une végétation plus petite mais doit comporter une plus grande densité de végétation, des tissus à des stades phénologiques plus variés (tiges florales, ratio feuilles/tiges plus faible) et ce qui permet, à terme, d'avoir une production de biomasse plus importante.

Ces effets sont aussi dépendants de la biologie des espèces présentes et de la plasticité phénotypique et physiologique liée aux contraintes du microclimat.

3) Dans le parc, en présence d'ovins (mai-juin)

Dans le parc, en présence de moutons, l'indice de verdissement de la végétation sous les panneaux (0.60 ± 0.01 ; Figure 17) dans le parc de Braize est stable dans le temps depuis le début du printemps et présente la même réponse que l'exclos en ne différant pas du contrôle (0.59 ± 0.02). Cependant, sur Marmanhac, alors que le NDVI en exclos était plus faible sous les panneaux, il ne diffère pas non plus ($P : 0.62 \pm 0.01$; Figure 17) dans le parc par rapport au contrôle (0.64 ± 0.01). La différence avec l'exclos provient de la quantité de sol nu visible du fait des coupes sur le même transect. L'inter-rangée présente la même réponse qu'en exclos, sur Braize ($I = 0.49 \pm 0.01$), le NDVI est 18% plus faible que sous les panneaux alors que sur Marmanhac ($I = 0.67 \pm 0.01$), le NDVI est 8% plus grand.

Durant cette période de pleine croissance, uniquement le stock de biomasse sous les panneaux sur Marmanhac est statistiquement 100% plus élevé qu'au début du printemps. Cependant, en regardant depuis la fin de l'hiver, tous les traitements présentent une augmentation significative de leur stock en biomasse, on peut donc considérer qu'ils ont augmenté depuis le début du printemps car ils ne sont pas différents statistiquement entre le prélèvement de mars et avril. Tous les traitements sur



Marmanhac ont doublé leur stock de biomasse depuis le début du printemps ($P = 44.18 \pm 4.49 \text{ g.m}^{-2}$; $I = 23.23 \pm 2.59 \text{ g.m}^{-2}$; $C = 46.38 \pm 14.79 \text{ g.m}^{-2}$; Figure 20) alors que sur Braize, le contrôle est 144 % plus important, 26% plus important en inter-rangée et 27 % plus important sous les panneaux ($P = 66.09 \pm 8.17 \text{ g.m}^{-2}$; $I = 29.84 \pm 5.3 \text{ g.m}^{-2}$; $C = 96.76 \pm 28.93 \text{ g.m}^{-2}$; Figure 20). A la fin du printemps, le stock de biomasse sous les panneaux est 121% et 90% plus important qu'en inter-rangée respectivement sur Braize et Marmanhac. Le traitement contrôle est similaire au traitement panneaux sur Braize et Marmanhac.

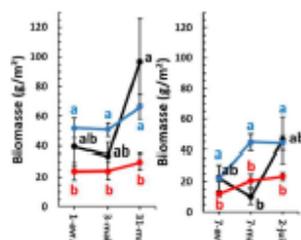


Figure 20 : Dynamique temporelle du stock de biomasse (droite) par traitement sur le parc, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$; un symbole après une lettre indique une p-value marginale. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle ; les pointillés délimitent la période sans coupe.

La production de biomasse dans l'exclos montre une production égale à plus importante à la fin du printemps en inter-rangée comparé à celles sous les panneaux. Cependant, le stock de biomasse présente une réponse inversée, le stock de biomasse est plus important sous les panneaux qu'en inter-rangée. Etant donné que les zones suivies en exclos sont représentatives du parc en lien avec la réponse du stock en absence d'ovins, cette différence de réponse entre les deux conditions serait dû à la consommation ovine. Sur le dernier mois de repousse de mai à juin, les ovins auraient consommé sous les panneaux, 24 g m^{-2} et 34 g m^{-2} , respectivement sur Braize et Marmanhac, et en inter-rangée 45 g m^{-2} et 58 g m^{-2} .

Depuis avril, en cumulé, l'exclos a produit $+70 \text{ g m}^{-2}$ sous les panneaux et $+72 \text{ g m}^{-2}$ en inter-rangée sur Braize. L'écart du stock de biomasse entre avril et juin dans le parc est de $+14 \text{ g m}^{-2}$ sous les panneaux et $+6 \text{ g m}^{-2}$ en inter-rangée. La consommation sur Braize serait de 56 g m^{-2} sous les panneaux et 66 g m^{-2} en inter-rangée. Sur Marmanhac, pour une production de biomasse, en exclos de $+53 \text{ g m}^{-2}$ sous panneaux et $+82 \text{ g m}^{-2}$ en inter-rangée et un écart du stock du parc de $+22 \text{ g m}^{-2}$ et $+11 \text{ g m}^{-2}$ respectivement, la consommation serait de 30 g m^{-2} sous les panneaux et 70 g m^{-2} en inter-rangée sur 2 mois cumulés.

Durant cette période, la consommation des ovins semble plus importante en inter-rangée plutôt que sous les panneaux.

Une année de cumul de biomasse de repousse

En faisant le cumul de la quantité de biomasse produite après les huit prélèvements, sur les deux sites, la biomasse mesurée en contrôle, est intermédiaire aux deux autres traitements. Cependant, la réponse des deux autres traitements est variable entre les sites. Effectivement, sur Braize, la biomasse sous les panneaux ($1.94 \pm 0.04 \text{ t ha}^{-1}$; Figure 21) est 1.54 fois plus importante qu'en inter-rangée ($1.26 \pm 0.08 \text{ t ha}^{-1}$) alors qu'elle est 23% plus faible sur Marmanhac ($P = 1.54 \pm 0.14 \text{ t ha}^{-1}$; $I = 2.01 \pm 0.06 \text{ t ha}^{-1}$).

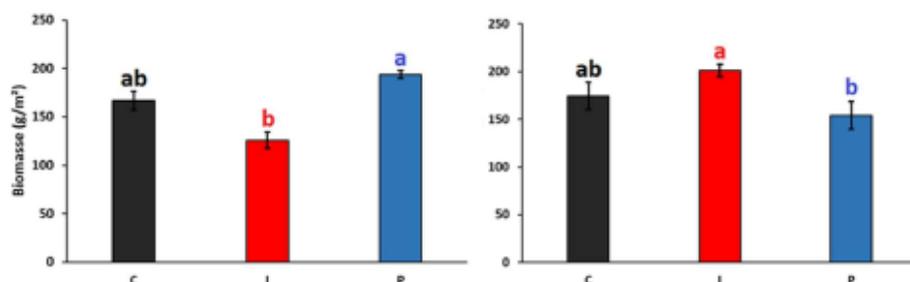


Figure 21 : Cumul de biomasse ($g\ m^{-2}$) mesurée de juillet 2020 à juin 2021, après huit coupes, en exclos, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après une ANOVA et un test post-hoc de Tukey ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Bien que la croissance en hauteur puisse être favorisée sous les panneaux, la présence de sol nu et les contraintes liées aux conditions d'ombrage diminue la densité de végétation et modifie les stades phénologiques (absence de tiges florales, ratio feuilles/tiges élevé), ce qui contrebalance cet avantage sur la production de biomasse mesurée sans influence du pâturage. Cependant, ce résultat ne prend en compte qu'un cumul de la biomasse sur des quadrats. Pour calculer une équivalence des terres (LER), il faut prendre en compte l'empreinte des panneaux solaires au sol avec notamment les surfaces des structures (mât, socle de support...). De la même façon, les zones sans influences des panneaux solaires au sein d'un parc agrivoltaïque comportent aussi des chemins d'accès, des postes de transformations et potentiellement des zones de stockages. Il serait pertinent de connaître les niveaux de production de prairies similaires, en termes de gestion et de pédo-climat.

La qualité du fourrage au cours de l'année

La quantité de biomasse produite après chaque repousse peut varier en fonction des saisons et entre traitements sur les deux sites. Cependant, la biomasse totale produite sur une année montre peu d'effet lié à l'influence des panneaux solaires ce qui n'est pas le cas pour la qualité de la végétation. Effectivement, l'ombre provoquée par la présence des panneaux influence nettement les teneurs en azote total, en carbone total et en fibres totales présentes dans le fourrage.

En zone d'exclos, en moyenne sur l'année et pour les deux sites, la teneur en azote total de la végétation est 1.4 à 1.5 fois plus élevée sous les panneaux ($P_{Braize} = 2.55 \pm 0.07\%$ de MS ; $P_{Marmanhac} = 3.31 \pm 0.07\%$ de MS) qu'en contrôle ($C_{Braize} = 1.86 \pm 0.09\%$ de MS ; $C_{Marmanhac} = 2.17 \pm 0.07\%$ de MS) (Figure 22). La réponse de la teneur en azote en inter-rangée est variable entre les sites. Elle est similaire à celle du contrôle sur Braize ($I = 1.82 \pm 0.1\%$ de MS) et intermédiaire sur Marmanhac ($I = 2.83 \pm 0.09\%$ de MS). Ceci est cohérent avec les conclusions obtenues sur les autres variables de la végétation et renforce l'hypothèse d'un effet structure des panneaux sur la végétation.

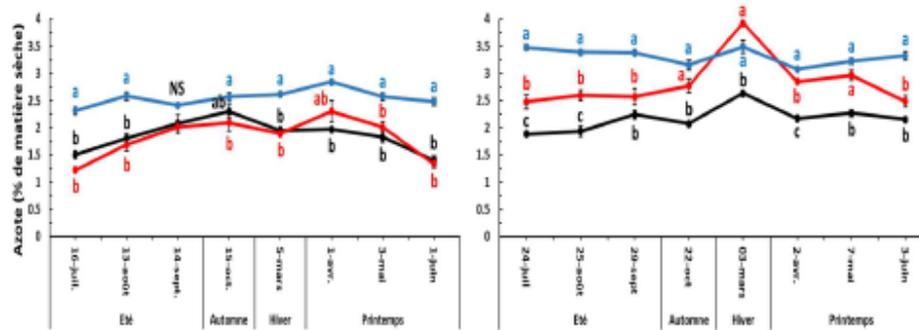


Figure 22 : Dynamique temporelle de la teneur en azote (%) mesurée en exclos, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et pour le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et un test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Sur les deux parcs (hors exclos), la teneur en N est inférieure d'environ 20% par rapport à celle mesurée en exclos, ce qui est lié à l'état de la végétation car la gestion a été différente entre les deux zones (pâturage aléatoire vs coupes régulières de la végétation). Cet état dépend de l'âge des tissus prélevés (plus âgé sur le parc), une baisse du rapport feuilles/tiges (les tiges contiennent moins d'azote que les feuilles) et enfin des différences entre espèces présentes dans les trois traitements.

Sur le site de Braize, l'effet observé sous les panneaux, comparé au contrôle, est plus marqué que dans la zone d'exclos, x 1.7 en moyenne et multiplié par 2 une grande partie de l'année, de juillet à mars, Figure 23). C'est lié aux faibles valeurs de N mesurées dans les traitements C et I (moyenne de 1.32%). Pour Marmanhac, la réponse est assez proche entre le parc (x 1.4) et l'exclos (x 1.5), avec des effets de l'ordre de x 1.8-1.9 en été et automne. Comme pour l'exclos, l'inter-rang présente une réponse plus ou moins similaire au contrôle (Braize) ou au traitement panneau (Marmanhac).

Ceci signifie que la végétation située sous les panneaux présente une proportion de protéines brutes (protéines vraies et azote d'origine non protéique) plus importantes que la végétation en pleine lumière.

Quelle que soit la zone étudiée et les traitements, la végétation du site de Marmanhac présente des teneurs en N 35% plus élevées que celles mesurées sur le site de Braize. Ceci est cohérent avec les mesures de teneur en azote total du sol, qui sont en moyenne 11 fois supérieures sur Marmanhac (0.6%) que sur Braize (0.05 %), réalisées en janvier.

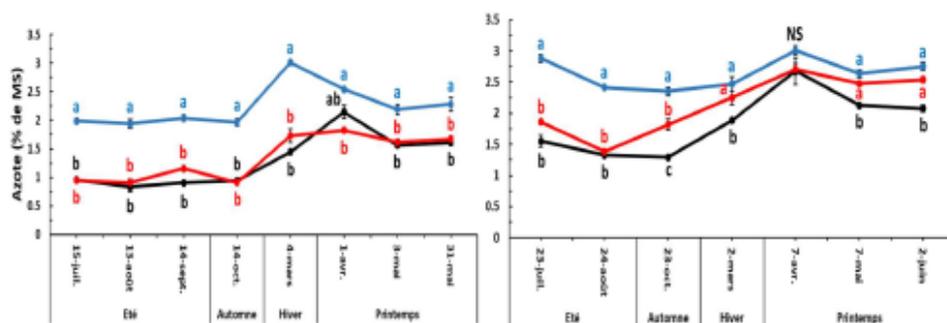


Figure 23 : Dynamique temporelle de la teneur en azote (%), mesurée dans le parc, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmahac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et un test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Il est attendu que l'indice NDVI, qui est une mesure indirecte des chlorophylles présentes dans les feuilles et réalisée au niveau du couvert (partie supérieure de la surface mesurée), soit corrélé à la teneur en azote des tissus végétaux. Ce qui n'est pas le cas dans notre étude, sauf lors des périodes de sécheresse. Plusieurs explications peuvent être avancées (1) la présence de sol nu et de mousse ayant des effets opposés sur les valeurs du NDVI ; (2) la précision de la mesure NDVI sur une partie de la végétation comparée à la mesure sur l'échantillon complet avec une méthode de chimie analytique.

En zone d'exclos et pour les deux sites, la végétation du traitement panneau présente des teneurs en C total quasiment toujours inférieures au traitement contrôle, en moyenne de 5 à 7% (Braize : $P = 41.2 \pm 0.61$ % de MS ; C = 44.2 ± 0.27 % de MS ; Marmahac : $P = 42.5 \pm 0.35$ % de MS ; C = 44.9 ± 0.18 % de MS), à l'exception de la fin du printemps (fin mai-début juin) (Figure 24). La teneur en C mesurée en inter-rangée ressemble majoritairement à celle mesurée en contrôle ($I_{\text{Braize}} = 43.5 \pm 0.42$ % de MS ; $I_{\text{Marmahac}} = 44.2 \pm 0.17$ % de MS).

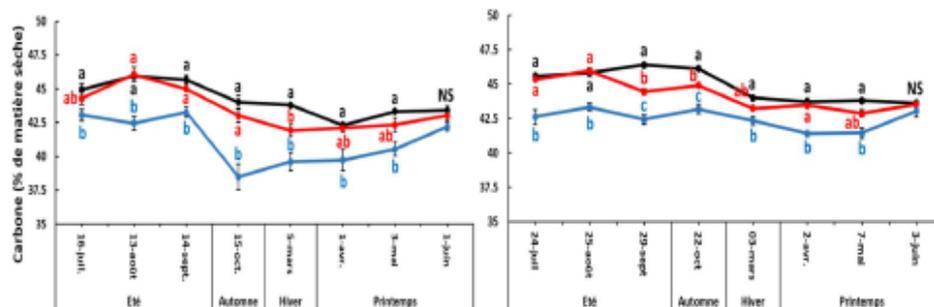


Figure 24 : Dynamique temporelle de la teneur en carbone total mesurée après repousse (%), en exclos, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmahac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et un test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Sur le parc, en conditions hors exclos, la teneur en carbone total de la végétation dans le parc des deux sites présente la même réponse qu'en exclos ainsi que la même teneur en carbone à chaque date (Figure 25). Uniquement en mai sur Braize, le contrôle présente une valeur plus faible dans le parc qu'en exclos, et avec une hétérogénéité plus importante. La baisse sous panneaux pourrait être liée



au stade phénologique des plantes (ratio feuilles/tiges), aux espèces présentes ainsi que probablement une plus faible concentration en sucres totaux, compte tenu des conditions de lumière très faibles.

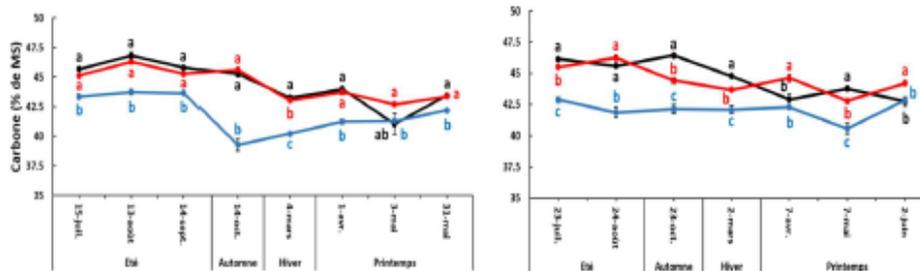


Figure 25 : Dynamique temporelle de la teneur en carbone total (%) mesurée dans le parc, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et un test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

En zone d'exclos, bien que, la végétation à l'ombre des panneaux ait une teneur en carbone total inférieure, la teneur en fibres totales (cellulose, hémicellulose, lignine) est 1.1 à 1.2 fois plus élevées sous les panneaux en moyenne sur l'année par rapport au contrôle (Braize : $P = 59.87 \pm 0.65$ % de MS ; C = 51.75 ± 1.27 % de MS ; Marmanhac : $P = 56.19 \pm 0.68$ % de MS ; C = 51.09 ± 0.80 % de MS) (Figure 26). Ce résultat est cohérent avec la composition botanique puisqu'il y a une majorité de poacées à l'ombre des panneaux et qui comportent plus de fibres que les dicotylédones et fabacées.

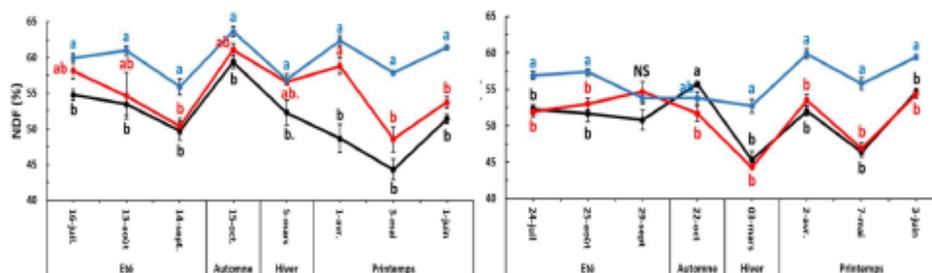


Figure 26 : Dynamique temporelle de la teneur en fibres totales mesurée après repousse (NDF, %), en exclos, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et un test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Sur le parc, hors exclos et pour les deux sites, la teneur en fibres totales (NDF) ne présente pas la même réponse qu'en exclos, notamment de l'été à la fin de l'hiver. Sur Braize, elle est supérieure en inter-rangée et en contrôle par rapport à la végétation sous les panneaux jusqu'à la fin de l'hiver (Figure 27). Sur Marmanhac, elle est plus élevée en inter-rangée et en contrôle en août et en mars, par rapport à l'exclos, amenant à des valeurs égales à celles mesurée sous les panneaux. De plus, la teneur en NDF sous les panneaux est similaire en exclos et dans le parc. Cette différence de réponse sur les deux sites par rapport à l'exclos en inter-rangée et en contrôle provient de la teneur en NDF qui est supérieure lors de ces périodes par rapport à l'exclos. Cette teneur en NDF supérieure peut provenir d'état de la végétation en termes de phénologie (stade reproducteur, rapport feuilles/tiges)

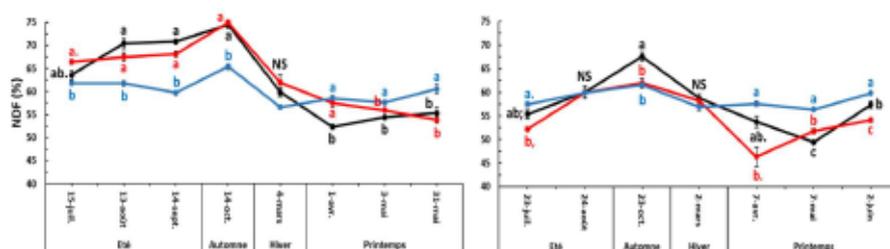


Figure 27 : Dynamique temporelle de la teneur en fibres totales (NDF, %), mesurée dans le parc, et pour chaque traitement, sur le site de Braize (gauche) et sur le site de Marmanhac (droite). Pour chaque date, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et un test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Moyenne \pm erreur standard. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.

Pour les deux sites et les deux zones étudiées (exclus et parc), la végétation présente sous les panneaux possède plus de matières azotées et moins de carbone total. Selon plusieurs études (Buxton et Fales 1994 ; Kephart 1987), l'augmentation de la teneur en N total serait liée à une concentration de l'azote dans des cellules de plus petits volumes. La diminution probable de la photosynthèse sous ombrage a des effets directs sur l'allocation du C fixé par photosynthèse et qui serait préférentiellement alloué à la formation de tissus de soutien (NDF) au détriment de la production de sucres solubles. Ceci est cohérent avec la croissance en hauteur plus importante (étiolement) comme observé sous les panneaux. La réponse pour les fibres totales est variable selon l'état de la végétation, mais cette réponse est essentiellement liée aux variations observées sur le témoin et l'inter-rang. En effet, la gestion de la végétation a des effets très marqués sur des déterminants majeurs de la qualité du fourrage, que sont le stade phénologique, le rapport feuilles/tiges, les espèces présentes.

Dans les parcs photovoltaïques, les modifications importantes du microclimat de la végétation induisent une diversité élevée de la quantité et de la qualité du fourrage qu'offrent peu ou pas les prairies sans ombrage.

Impact des ovins et comportement

Les ovins impactent logiquement la quantité de biomasse produite ainsi que le stock de fourrage dans le parc par leur piétinement et leur consommation. Cependant, il est observé que la consommation de fourrage n'avait pas la même intensité entre les traitements en fonction des périodes de l'année. Les moutons de septembre à octobre sur Marmanhac ainsi que d'avril à juin sur les deux parcs semblent présenter une intensité de pâturage plus importante en inter-rangée que sous les panneaux. La consommation en contrôle n'est pas estimable à cause de l'hétérogénéité trop importante masquant soit une productivité très hétérogène dans le parc soit des zones plus ou moins pâturées en contrôle. Une modification du protocole expérimental d'échantillonnage est à prévoir pour prendre en compte l'hétérogénéité en contrôle sur les deux parcs.

Botanique et diversité spécifique

La diversité gamma (γ) est l'ensemble des espèces présentes dans un lieu défini, ici la zone d'exclus. La diversité alpha (α) est le nombre d'espèces rencontrées dans un habitat au sein de l'exclus, ici les trois traitements.

Braize



Sur le site de Braize, en été 2020, la zone en exclos présente une diversité γ (gamma) de 35 espèces. La richesse spécifique moyenne par transect (1.5 m²) est similaire entre traitements (Figure 28). Elle varie de 14 espèces pour l'inter-rangée et sous les panneaux à 15 espèces en contrôle. Cependant, c'est sous les panneaux que la diversité α (alpha) du traitement est la plus grande avec 27 espèces correspondant à 77 % de la diversité γ . C'est aussi le traitement le plus variable spatialement avec 53 % d'espèces de la diversité α présents par transect. L'inter-rangée est le traitement le moins riche en espèces avec 54 % de la diversité γ (19 espèces). Le traitement est moins variable spatialement car 74 % de sa diversité α est présente par transect. En contrôle, 63 % de la diversité γ est présente (22 espèces). 68 % de la diversité α du traitement se retrouve par transect.

En automne 2020, la diversité γ de la zone en exclos est de 31 espèces. C'est essentiellement sous les panneaux que la diversité spécifique a diminué pour présenter 65 % de la diversité γ (20 espèces). La diversité α de l'inter-rangée (18 espèces) et du contrôle (19 espèces) sont similaires à celle sous les panneaux. La richesse spécifique par transect plus faible de 2 à 3 espèces qu'en été ne semble pas différer en moyenne entre traitement avec 12 espèces en contrôle et sous les panneaux et 13 en inter-rangée. Par transect, plus de la moitié de la diversité α par traitement est présente (C : 63% ; I : 72 % ; P : 60%). Les espèces présentes sont moins variable entre transect de l'inter-rangée.

Au printemps 2021, la diversité γ de la zone en exclos est de 38 espèces. 74 % de ces espèces composent la diversité α du traitement Panneaux (28 espèces) contre 66 % en inter-rangée (25 espèces) et 55 % en Contrôle (21 espèces). En moyenne par transect, 65.7 % de la diversité α des traitements est présente. La moyenne de la richesse spécifique ne diffère pas entre traitements avec 18 espèces sous les panneaux, 17 en inter-rangée et 14 en contrôle. Ceci vient de la variabilité entre transect, effectivement, sous les panneaux la richesse spécifique par transect varie de 15 à 22 espèces et de 12 à 16 espèces en contrôle.

Conclusions Braize

Les espèces retrouvées sous les panneaux semblent être plus nombreuses entre transects notamment en été et automne 2020. A l'inverse, la végétation est plus homogène en inter-rangée notamment en été et automne 2020. La richesse spécifique par transect est équivalente entre les traitements quel que soit la saison, même si, au printemps, la richesse spécifique est plus variable entre transects.

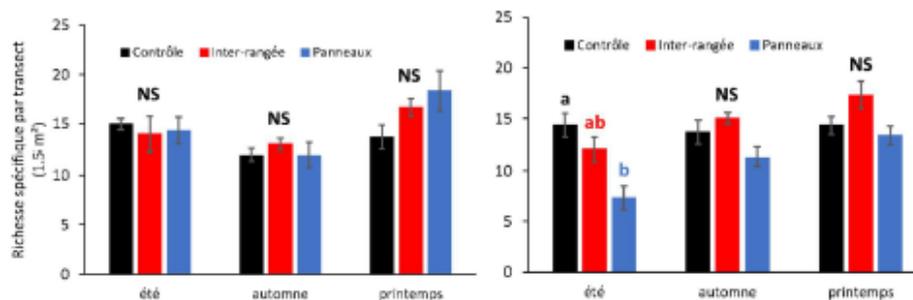


Figure 28 : Richesse spécifique moyenne par transect (\pm erreur standard) en fonction des sites (Gauche : Braize ; Droite : Marmanhac), des saisons et des traitements. Pour chaque saison, des lettres différentes indiquent des différences significatives ($P < 0.05$) d'après le test de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ; NS : $P > 0.05$. Légende : bleu : Panneaux ; rouge : Inter-rangée ; noir : Contrôle.



Marmanhac

Sur le site de Marmanhac, en été 2020, la zone en exclos présente une diversité γ (gamma) de 26 espèces. 77 % de la diversité γ compose la diversité α du traitement contrôle (20 espèces) (Figure 28). L'inter-rangée est composée de 62 % de la diversité γ (16 espèces) alors que sous les panneaux, le traitement possède une diversité α présentant 46 % des espèces de la diversité γ (12 espèces). Les traitements Contrôle et Inter-rangée, deux fois plus riches avec 14 et 12 espèces par transect (1.5 m²), sont moins variables spatialement (72 et 75 % de la diversité α) que le traitement panneaux qui a 61 % de sa diversité α présente par transect avec une richesse spécifique moyenne uniquement de 7 espèces et différente du traitement contrôle.

En automne 2020, la zone en exclos présente une diversité γ de 25 espèces. 80 % des espèces sont présentes en inter-rangée (20 espèces) contre 68 % en contrôle (17 espèces) et panneaux (17 espèces). Cependant, le traitement contrôle et inter-rangée semble avoir une richesse spécifique moyenne par transect semblable avec 14 et 15 espèces ce qui représente 80 et 75 % de leur diversité α . Sous les panneaux, la moyenne de la richesse spécifique ne diffère pas des autres traitements bien qu'elle soit de 11 espèces ce qui représente 67 % de la diversité α du traitement. La richesse spécifique par transect est variable au sein des traitements.

Au printemps 2021, la zone en exclos présente une diversité γ de 31 espèces. 71 % de cette diversité se retrouve dans la diversité α des traitements Inter-rangée et Panneaux avec 22 espèces. La diversité α en contrôle représente 58 % de la diversité γ (18 espèces). La variabilité de la richesse spécifique moyenne par transect ne permet pas d'affirmer de différence entre traitements. Le traitement inter-rangée avec une moyenne de 17 espèces est aussi peu variable spatialement entre transects qu'en contrôle qui comporte en moyenne 14 espèces avec 79 % de la diversité α retrouvé par transect. Sous les panneaux, la richesse spécifique moyenne est de 13 espèces et la composition botanique est la plus diversifiée par transect avec 61 % de la diversité α présente.

Conclusions Marmanhac

La diversité α la plus importante varie entre les traitements en fonction des saisons. Cependant, c'est sous les panneaux que la flore est la plus diversifiée entre les transects quelle que soit la saison bien qu'elle soit moins riche en été.

Conclusions sur la diversité végétale

La végétation présente par transect sous les panneaux semble être la plus hétérogène. Les espèces rencontrées sous les panneaux varient spatialement sur les deux sites. Cependant, la diversité α du traitement sous panneaux est variable entre les sites. Sur Marmanhac, la diversité α semble inférieure à équivalente par rapport aux autres traitements. Sur Braize, c'est l'inverse, la diversité α sous les panneaux semble équivalente à supérieure. Cette différence pourrait venir de l'ancienneté du site.

Effectivement, la présence des panneaux solaires pourrait impacter la dispersion et le recrutement de nouvelles graines. Les tables pourraient limiter voire empêcher la dispersion zoochore et anémochore. Ceci pourrait à terme diminuer la banque de graine des sols.



Rappel des effets marquants

- La quantité de lumière sous les panneaux est diminuée de 90 à 94 % selon les saisons
- Le taux d'humidité du sol entre les traitements varie en fonction de la texture du sol et des précipitations. Le gain en humidité lors de précipitations est amoindri sous les panneaux.
- La température du sol est plus fraîche sous les panneaux lors de forte chaleur et ensoleillement. En hiver, c'est en inter-rangée que la température du sol est plus fraîche. Les températures remontent plus lentement sous les panneaux.
- La croissance de la végétation est plus importante à l'abri des panneaux sauf en période d'arrêt de la croissance lié au climat.
- La reprise de la croissance est plus précoce et plus rapide sous les panneaux au début du printemps et celle-ci est prolongée d'un mois en automne sur le site de plaine sous les panneaux.
- Les panneaux permettent une protection de la végétation et une meilleure productivité durant des événements de sécheresse (observations faites en exclos).
- L'indice NDVI mesuré à l'ombre des panneaux est plus faible notamment en automne et hiver alors que la teneur en azote de la végétation est plus importante. Ceci s'explique par la présence de sol nu présent sous les panneaux quelle que soit la période de l'année
- Pour les deux sites, il y a un plus fort taux de recouvrement de mousse en inter-rangée quelle que soit la période de l'année.
- Sur l'année, le cumul de biomasse de repousse sans influence du pâturage est similaire entre la zone Contrôle et les zones avec influence de la présence des panneaux solaires (Panneaux et Inter-rangée), seule la réponse de l'inter-rang varie entre site.
- En exclos, la végétation sous les panneaux présente un taux d'azote plus élevé mais en même temps plus fibreuses, alors que la végétation qui pousse à la lumière est plus riche en carbone total. Dans le parc, la réponse change pour le NDF car le NDF mesuré en contrôle et inter-rang est plus grand. Ceci s'explique par la gestion appliquée sur la végétation dans les deux zones du parc qui modifie le stade phénologique, le ratio feuilles/tiges et les espèces présentes.
- La diversité α des traitements est variable entre site et entre saisons. Elle tend à être inférieure sous les panneaux sur Marmanhac mais supérieure sur Braize.
- La richesse spécifique moyenne par transect (1.5 m²) ne diffère pas entre traitements, sauf en été sur Marmanhac.
- Les espèces végétales rencontrées sous les panneaux sont plus diversifiées spatialement.

A surveiller (Illustration 7)

- Evolution de la quantité de sol nu sous les panneaux pouvant être liée à la contrainte de la limitation en rayonnement mais aussi à l'effet splash lors de précipitations et des perturbations ovines (couchage).
- Evolution de la quantité de mousses en inter-rangée pouvant être liée à l'effet couloir entre les rangées de panneaux solaires sur l'état du sol mais aussi par rapport au microclimat (plus humide, moins venté).
- [Hors exclos] Evolution de la présence d'espèces telles que le jonc, les fougères, orties et ronces paraissant proliférantes notamment sous les panneaux solaires.
- Evolution à long terme de la diversité α qui pourrait diminuer sous les panneaux.



Illustration 7 : Photographies montrant les effets à surveiller. A) Sol nu lié à l'effet « splash » sous panneaux ; B) Sol nu lié aux perturbations ovines sous panneaux ; C) Mousse (vert clair) en inter-rangée ; D) Espèces proliférantes sous panneaux non désirés pour le pâturage (fougère et jonc)

Références

Buxton, D.R. et Fales, S.L. (1994). Plant Environment and Quality. Chapter 4 in Forage Quality, Evaluation, and Utilization, G.C. Fahey (Ed.). <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c4>

Kephart, K. D. (1987). Irradiance level effects on plant growth, nutritive quality, and energy exchange of C3 and C4 grasses. *Retrospective Theses and Dissertations*. 8551. <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/8551>

Madej L. (2020). Dynamique végétale sous l'influence de panneaux photovoltaïques sur deux sites prairiaux pâturés. Rapport de stage, Master 2 PNB : Patrimoine Naturel et Biodiversité, Université de Rennes 1, 25pp.

Remerciements

Laurence Andanson (UREP VetAgro Sup) pour sa contribution aux analyses C et N, Sandrine Revaillet (UREP) pour ses conseils en analyses NDF, Isabelle Bosio pour ses conseils pour le traitement des échantillons de sol et l'ensemble des collègues de l'UREP pour les échanges fructueux.