



25 allée Pierre Ziller - Le Paros
06560 Sophia Antipolis



NOTE TECHNIQUE AGRIVOLTAÏQUE

Montrelais (44)

Ombrières d'élevage

Document produit par Ter-Qualitechs



5 Allée de la Planche Fagline
PA de la Teillais
35740 PACE
02 99 23 15 25

Septembre 2024

Table des matières

Table des matières	2
Acronymes et abréviations.....	3
Introduction.....	4
Contexte législatif et réglementaire.....	5
1 Activité agricole actuelle sur le site	7
2 Description physique de la parcelle.....	11
3 Descriptif du projet agrivoltaïque.....	14
4 Services apportés par l'installation agrivoltaïque	21
5 Activité agricole principale	28
6 Production significative et revenus durables de l'activité agricole	31
7 Suivi réglementaire et contrôles du projet.....	32
Conclusion	33
Bibliographie	34
Table des figures.....	35
Table des tableaux.....	35
Annexes	36

Acronymes et abréviations

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

EnR : Energie renouvelable

ETA : Entreprise de Travaux Agricoles

ETP : Evapotranspiration Potentielle

Ha : Hectare

HLI : Heat Load Index (Indice de charge thermique)

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

m : Mètre

MS : Matière sèche

PAC : Politique Agricole Commune

PLU : Plan Local d'Urbanisme

Qtx : Quintaux

RCP : Representative Concentration Pathways

RGA : Ray-Grass Anglais

RPG : Registre Parcellaire Géographique

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

T MS : Tonne de matière sèche

VA : Vache Allaitante

Introduction

Dans le cadre de la mise en place d'une installation agrivoltaïque et des demandes d'autorisation d'urbanisme associées, la réglementation demande d'intégrer dans le dossier une note technique justifiant la possibilité de co-activité de la production agricole avec la production photovoltaïque, pour répondre à la définition réglementaire de l'agrivoltaïsme. Cette note technique, réalisée par Ter-Qualitechs pour la société TSE a donc pour vocation d'étudier les synergies entre photovoltaïsme et production agricole, pour créer une activité agrivoltaïque.

Le projet étudié a pour vocation de mettre en place une activité agrivoltaïque sur l'SCEA l'Arzillais, exploitation de M. Freddy Guilloteau. L'exploitant élève un troupeau de vaches allaitantes et produit des grandes cultures et des légumes pleins champs sur une surface agricole utile (SAU) de 360 ha sur la commune de Montrelais en Loire-Atlantique.

Cette note s'appuie sur une réglementation précise : le Code de l'Energie et le Décret n°2024-318 du 8 avril 2024. Ensemble, ces textes permettent de s'assurer que le projet réponde aux critères qui constituent l'agrivoltaïsme.

Ainsi, ce document est structuré pour répondre aux exigences réglementaires en matière d'installation agrivoltaïque. Il commence par décrire l'exploitation agricole et son état initial avant le projet, puis se concentre sur la description physique de la parcelle, confirmant qu'elle est bien destinée à un usage agricole. La partie 3 présente l'installation photovoltaïque et ses caractéristiques techniques, en mettant l'accent sur la réversibilité des infrastructures. Ensuite, la partie 4 aborde les services apportés par l'installation, notamment en termes de maintien ou d'amélioration agricole, climatique, du bien-être animal, et de protection contre les aléas naturels. Par la suite, la partie 5 assure que la production agricole reste l'activité principale de l'exploitation, tandis que la partie 6 traite des revenus durables pour l'agriculteur ainsi que de la production agricole significative. Enfin, la dernière partie de la note présente le suivi réglementaire et les contrôles nécessaires pour garantir la conformité du projet tout au long de son développement.

Contexte législatif et réglementaire

L'agrivoltaïsme consiste à combiner la production d'électricité et l'agriculture sur une même installation. Pour être considérée comme agrivoltaïque, l'activité photovoltaïque doit contribuer de manière durable à l'installation, au maintien ou au développement d'une activité agricole rémunératrice. Le cadre définissant l'agrivoltaïsme est déterminé par plusieurs textes réglementaires parus ces dernières années.

Les textes de référence

Le cadre législatif et réglementaire de cette présente note technique agrivoltaïque s'appuie sur les textes suivants :

- Le Code de l'Urbanisme
- Le Code de l'Energie
- L'Arrêté du 23 juin 2023 relatif aux définitions transversales relatives à l'activité et aux surfaces agricoles à partir de la campagne 2023 dans le cadre de la politique agricole commune
- Le Décret n° 2024-318 du 8 avril 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers
- L'Arrêté du 21 mai 2024 modifiant l'arrêté du 23 juin 2023 relatif aux définitions transversales relatives à l'activité et aux surfaces agricoles, à partir de la campagne 2023 dans le cadre de la politique agricole commune
- L'Arrêté du 5 juillet 2024 relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur terrains agricoles, naturels ou forestiers

Caractérisation de l'agrivoltaïsme

Pour être qualifiée d'agrivoltaïque, une installation photovoltaïque doit respecter plusieurs critères, définis par le décret n°2024-318 du 8 avril 2024 et précisés par les Arrêtés présentés précédemment. Dans la procédure d'autorisation des installations agrivoltaïques, il est demandé par le Code de l'Urbanisme (article L314-36) un document qui comporte, entre autres, les éléments suivants (Tableau 1) :

Tableau 1 : Eléments réglementaires attendus définissant l'agrivoltaïsme

ELEMENTS REGLEMENTAIRES ATTENDUS	PARTIES DU MEMOIRE CORRESPONDANTES
La description du besoin et du projet agricole (état initial de l'exploitation agricole)	Partie 1 : Activité agricole actuelle sur le site
La parcelle utilisée par le projet doit être une parcelle agricole	Partie 2 : Description physique de la parcelle
Description de l'installation photovoltaïque et réversibilité	Partie 3 : Descriptif du projet agrivoltaïque
L'installation doit offrir certains services d'amélioration si possible ou de maintien, notamment au niveau agricole, climatique, du bien-être animal, et/ou de la protection contre les aléas naturels.	Partie 4 : Services apportés par l'installation agrivoltaïque
La production agricole doit rester l'activité principale de l'exploitation	Partie 5 : Activité agricole principale
L'installation doit fournir un revenu durable à l'agriculteur exploitant et la production doit rester significative	Partie 6 : Production significative et revenus durables de l'activité agricole
Un suivi et des contrôles des installations doivent être réalisés	Partie 7 : Suivi réglementaire et contrôles du projet

Ce présent document a pour objectif de présenter l'ensemble de ces critères appliqués à l'exploitation de M. Guilloteau pour le projet agrivoltaïque de Montrelais.

Les textes de loi entourant l'agrivoltaïsme sont récents et encore en cours de définition. Le développeur TSE, à travers ce projet, souhaite se rendre conforme à la réglementation et se soumettra aux éventuelles nouveautés et/ou modifications de celle-ci au moment de la mise en place du projet.

1 Activité agricole actuelle sur le site

Les informations présentées dans cette partie sont issues d'entretiens avec l'exploitant, d'observations sur le terrain réalisées par Ter-Qualitechs ainsi que des registres parcellaires géographiques (RPG) de 2010 à 2023.

1.1 Présentation générale de l'exploitation

Le projet agrivoltaïque a pour vocation de s'implanter sur l'exploitation de M. Freddy Guilloteau, nommée SCEA l'Arzillais, située dans le département des Pays-de-la-Loire, dans la commune de Montrelais (Figure 1).

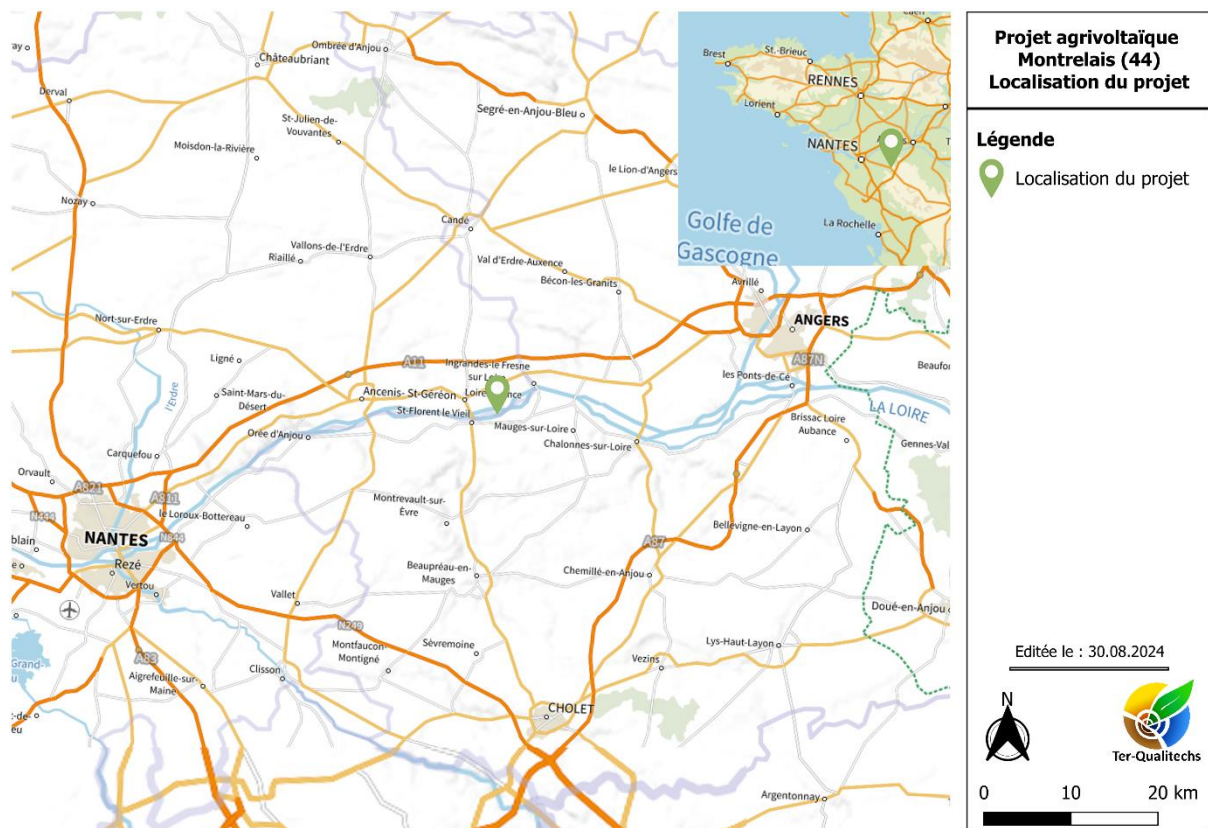


Figure 1 : Localisation de l'SCEA l'Arzillais

La SCEA de l'Arzillais, dirigée par Freddy Guilloteau depuis 2007 est une exploitation en polyculture-élevage. Elle est composée de deux sites (à 500 m l'un de l'autre) pour un total de 360 ha de SAU sur lesquels sont élevés des bovins allaitants et à l'engraissement et où sont produits des grandes cultures et des légumes. La SAU est composée à 60% de cultures et à 40% de prairies à destination de la fauche et du pâturage. Au total, la SCEA compte 1.5 UTH. C'est une exploitation en agriculture conventionnelle sans signe de qualité distinctif.

L'exploitant possède également une ETA (ETA de l'Arzillais) et partage le siège de l'exploitation avec deux autres fermes.

1.2 Production animale de l'exploitation

La production animale de l'exploitation est constituée d'un troupeau de vaches allaitantes d'une quatre-vingtaine de mères de race Rouge des Prés, et d'un atelier d'engraissement de jeunes bovins. Les caractéristiques de l'élevage sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'élevage allaitant

CARACTERISTIQUES	ELEVAGE DE L'EARL L'AIREAU
<i>Elevage naisseur</i>	
Race	Rouge des prés
Effectifs	80 à 88 mères, 16 à 20 génisses de renouvellement/an
Ration alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> • Ration d'entretien : Fourrages secs, mélange céréalier • Ration production : ensilage de maïs, correcteur azoté, mélange céréalier
Reproduction	Insémination artificielle, intervalle vêlage-vêlage d'1 an
Âge au premier vêlage	36 mois
Période de vêlage	2 Périodes : <ul style="list-style-type: none"> • Février à mai • Septembre à novembre
Logement	4 mois en bâtiment (saison hivernale), 8 mois au pâturage
<i>Engraissement jeunes bovins</i>	
Effectifs	≈ 60 jeunes bovins
Période d'engraissement	De 6-8 mois à 18 mois, poids vif de départ ≈ 480kg
Valorisation des animaux	Vente à un marchand local (Maurice Charan)

Les vaches allaitantes et leur suite sont au pâturage 8 mois dans l'année. Elles sont divisées en 4 lots d'une vingtaine de mères (2 lots par période de vêlage). Le pâturage a lieu sur des parcelles de 8 ha de moyenne. La durée de pâturage varie d'une semaine à 15 jours en périodes de pousse de l'herbe (printemps). Lorsque le couvert végétal ne suffit pas pour alimenter le troupeau, un affouragement avec du foin est réalisé dans les



Figure 2 : Photographie du troupeau allaitant

parcelles de pâturage. Les tours de champ sont réalisés en clôture fixe et des accès à l'eau sont disponibles dans l'ensemble des parcelles.

1.3 Productions végétales de l'exploitation

La production végétale prend une place importante dans l'activité de l'exploitation. On trouve pour près de 46% des prairies à destination de la fauche et du pâturage, et 54% des cultures de céréales destinées à l'alimentation des animaux et à la vente. Grâce à ces productions, l'élevage est autonome en fourrages et en paille, et s'approche de l'autonomie pour les aliments concentrés (excepté pour le correcteur azoté). La figure ci-contre présente l'assolement de l'exploitation.

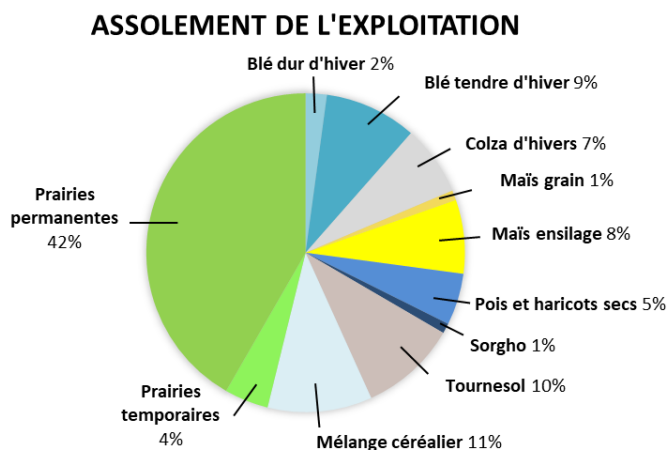


Figure 3 : Assolement de l'exploitation

Concernant les grandes cultures, le blé, le colza, et le tournesol sont destinés à la vente. Généralement, l'éleveur fait appel à un acheteur privé local, au négoce Pelé ou aux coopératives Bernard Agriservice (Eureden) et Terrena, selon l'offre et les cours du marché. Les légumes plein champ (pois et haricots secs) sont quant à eux produit en contrat avec la société D'aucy.

Le maïs et le mélange céréalier présents dans l'assolement sont destinés à l'alimentation du troupeau. Le maïs, irrigué, est implanté sur une surface de 25 ha. Il est récolté en ensilage et produit en moyenne 15 tMs par hectare. Le mélange céréalier est également implanté sur 25 ha avec un rendement de 7 à 8 tMs. Afin d'avoir des rendements optimaux, ces parcelles sont régulièrement fertilisées avec du fumier composté ou un engrais complet NPK.

Les prairies, en grande majorité permanentes, sont implantées depuis plusieurs années et ont une flore de type prairie naturelle. Elles sont valorisées grâce au pâturage des animaux et grâce à la fauche pour les parcelles non pâturées. La productivité moyenne est plutôt faible, avec des rendements moyens entre 5 et 6 t de matière sèche. Pour maintenir la production des prairies, plusieurs opérations ont lieu. Afin de gérer les refus du pâturage et de limiter le salissement, un broyage a lieu annuellement. Concernant la fertilisation, selon les années et les besoins, un apport de chaux ou de complet peut avoir lieu. Enfin, un ébousage peut aussi être réalisé afin de répartir les déjections animales sur l'ensemble de la prairie.

1.4 Enjeux et objectifs

Le système et les productions de l'exploitation sont en place depuis près de 20 ans. Celles-ci sont donc bien intégrées et fonctionnent économiquement. De plus, la diversité des activités de l'exploitation et de l'exploitant permettent de sécuriser financièrement la production.

L'éleveur fait cependant face à un enjeu concernant la productivité des prairies qui est relativement faible. En effet, la qualité du couvert végétal en place, ainsi que le contexte-pédoclimatique font que



la pousse de l'herbe n'est pas suffisante et s'arrête dès les premières chaleurs, laissant un couvert végétal en dessication en été. Cela impacte fortement la disponibilité fourragère pour les animaux et contraint l'éleveur à affourager les animaux pendant certaines périodes de pâturage.

**Projet agrivoltaïque
Montrelais (44)
Localisation de la parcelle**

Légende

Limite de la zone
d'implantation du projet

Éditée le : 04.09.2024

 
Ter-Qualitechs

0 75 150 m

Tableau 3 : Parcelles cadastrales constitutives du projet

N°INSEE Commune	Section	N° de parcelle	Surface (ha)
44104	OD	255	1.18
		257	1.81
		258	0.89
		263	0.96
		264	0.97
		265	1.20
		266	0.49
		269	1.81
		270	0.35
		468	0.61
		781	0.91
		782	0.25



Ter-Qualitechs

La carte suivante, réalisée à partir des données du PLU (Plan Local d'Urbanisme), représente un état des lieux de l'urbanisme sur la zone d'étude.

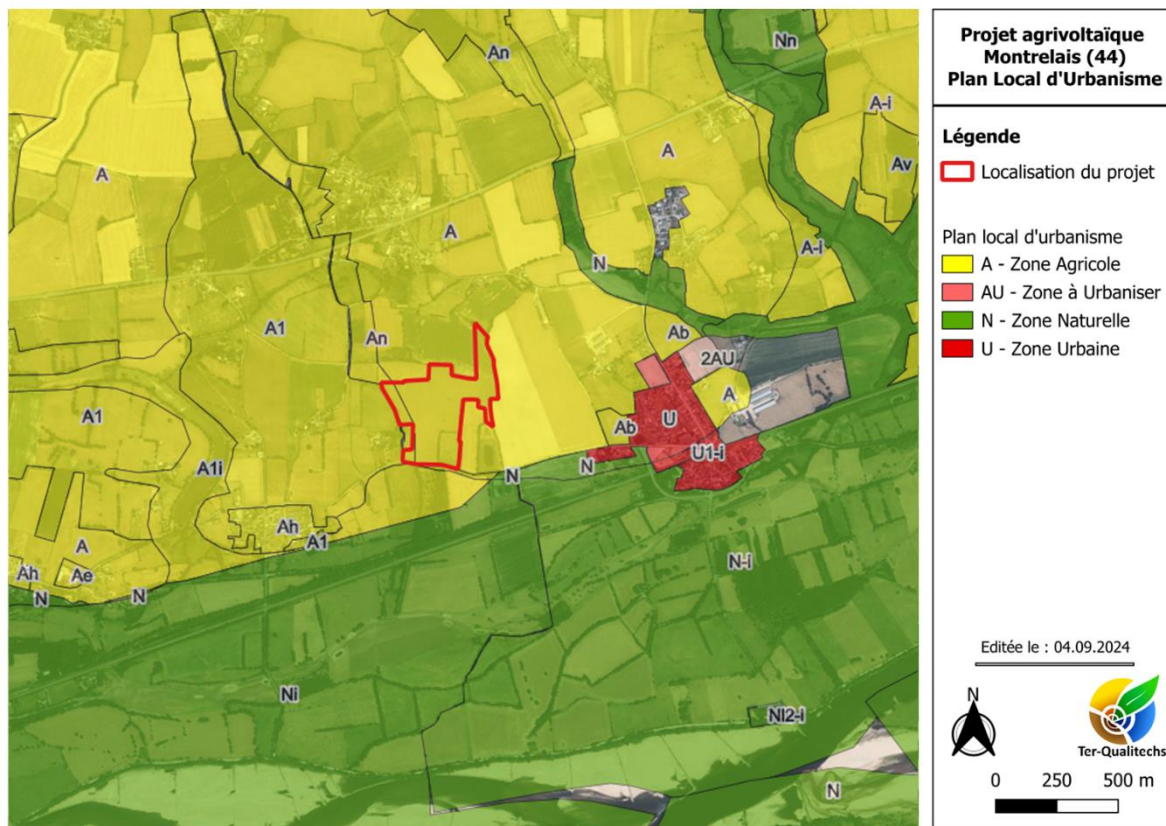


Figure 5 : Carte d'urbanisme Montrelais

La parcelle concernée est située des zones classées « A » et « An », c'est-à-dire une zone exclusivement réservée à l'activité agricole. C'est une zone à protéger en raison du potentiel agronomique, biologique ou économique de ses terres agricoles. Au sein de cette zone, hormis certaines exceptions cadrées par le PLU, seul le développement des activités agricoles est permis (Mairie de Baugé-en-Anjou, 2023). Le projet agrivoltaïque est ainsi compatible avec le PLU en vigueur du fait du maintien d'une activité agricole significative.

Les zones « An » correspondent aux secteurs couvrant des espaces agricoles à enjeux environnementaux ou paysagers à préserver de toutes constructions, installations ou types de travaux (Commune de Montrelais, 2020). Le projet tient compte de ces particularités, toutes constructions sont exclues de ces zones (comme précisé dans le plan de masse en Figure 8).

Le Tableau 4 ci-dessous présente les surfaces concernées par le projet sur le parcellaire de l'exploitation :

Tableau 4 : Surfaces du projet sur le parcellaire de l'exploitation

Emprise clôturée du projet	Ratio surface clôturée / SAU	Production actuelle de la parcelle concernée (Juillet 2024)
7.87 ha	2.18 %	Prairie permanente

La parcelle, exploitée en location par la SARL, est en prairie permanente depuis plus de 20 ans d'après l'éleveur. Le couvert en place est relativement homogène et s'apparente à de la prairie naturelle à tendance vieillissante. La Figure 6 ci-dessous montre les espèces végétales présentes sur la parcelle

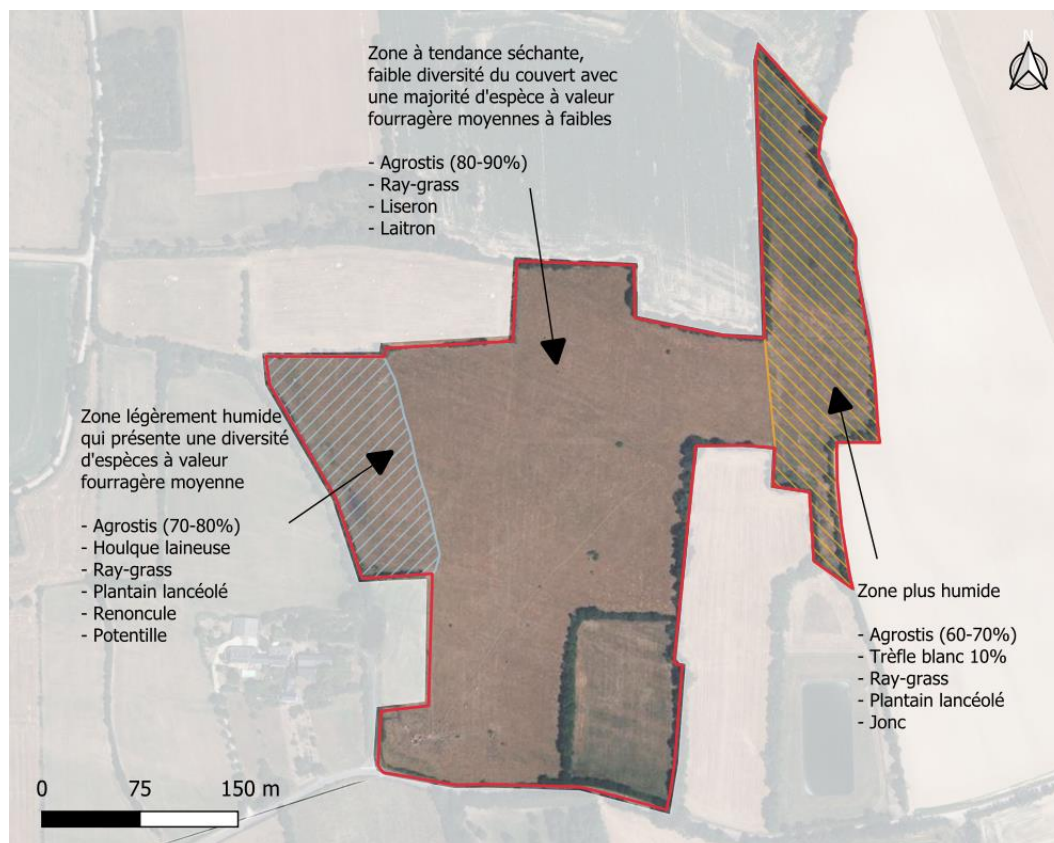


Figure 6 : Espèces végétales présentes sur la parcelle du projet

La prairie en place semble présenter une productivité moyenne à faible avec une pousse plutôt limitée dans l'année. L'agrostis stolonifère, qui est l'espèce dominante de la prairie, présente des valeurs fourragères relativement faibles comparé au ray-grass qui est lui très peu présent. L'absence de trèfle pourrait également témoigner d'un manque de fertilisation de fond, ou bien d'un manque d'amendement calcique.

Le projet agrivoltaïque s'implantera sur la prairie en l'état actuel.

3 Descriptif du projet agrivoltaïque

3.1 Description technique du projet

Le projet agrivoltaïque, porté par TSE sur l'exploitation de M. Guilloteau, consiste à implanter des ombrières d'élevage sur des parcelles destinées au pâturage pour les vaches allaitantes de l'exploitation.

3.1.1 Caractéristiques de l'installation photovoltaïque

Ce projet, développé par TSE, consiste à implanter des ombrières d'élevage. L'ombrrière d'élevage a été conçue afin d'apporter un ombrage tournant à la parcelle, offrant ainsi à la prairie et au troupeau de bovins une protection optimisée en cas d'excès de température ou de rayonnement solaire et de sécheresse, tout en permettant le passage des engins agricoles.

Ces ombrières ont également la particularité d'être sur trackers, pivotant ainsi d'Est en Ouest au cours de la journée afin de suivre le soleil.

L'ombrrière est constituée de rangées de panneaux rotatifs avec un taux de couverture (surface projetée / surface contour panneau) de 33% qui suivent la course du soleil d'est en ouest, et sont placés à 2,65 m de hauteur (panneaux à l'horizontal). Chaque rangée de panneaux est espacée de 15m.

La position des panneaux s'adapte en fonction des besoins de la prairie et du type d'élevage :

- Pilotage adapté automatiquement en cas d'événements climatiques extrêmes : position horizontale en cas de risque de grêle ou de gel, inclinaison verticale en fonction de certaines conditions de pluie pour laisser celle-ci passer de manière homogène, ajustement en cas de vents forts ;
- Ajustement de la position (à l'horizontale ou la verticale) afin de faciliter les interventions de nombreux types d'engins agricoles dédiés à l'entretien des prairies et la gestion des animaux (auto-chargeuses, faucheuses, andaineurs...) ;
- Adaptation du point le plus bas de l'ombrrière en cas de présence du troupeau et en fonction de la taille des animaux (1,80 m pour les bovins).

Lorsque le pâturage a lieu toute l'année, un quart de la parcelle reçoit les animaux au pâturage (panneaux à 1,80 m au plus bas) tandis que les trois quarts restants sont dédiés à la production d'énergie ; les trackers sont descendus au maximum (50 cm du sol) afin de maximiser la production solaire.

L'empreinte au sol est minimisée en comparaison de systèmes de panneaux fixes classiques, tant vis-à-vis de l'imperméabilisation du sol (le système de pieux battus évitant l'artificialisation des sols) que sur la surface occupée (la quantité de pieux supports utilisés étant plus faible).

Le Tableau 5 ci-dessous présente l'ensemble des caractéristiques techniques relatives au projet agrivoltaïque.

Tableau 5 : Caractéristiques techniques des ombrières d'élevage

CARACTERISTIQUES DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES	
Modèle des modules	CSi – 620 Wc biface
Nombre de modules	4 472
Dimension des modules	2.382 m*1.134 m
Hauteur minimum du module	0.5 m
Hauteur maximale du module	5 m
Hauteur des tables à plat	2 m 65
Degré d'inclinaison des modules	+60° / -60° en fonctionnement
Espacement inter-rangées	10 m
Espacement inter-pieux	15 m
Puissance totale	2.77 MWc
Surface projetée	12 080 m ² soit 12.08 ha
Surface de la parcelle au sens du Code de l'énergie	36449 m ² soit 3.64 ha
Surface clôturée	7.87 ha
Linéaire de clôture	1 375 m
Poste de transformation + poste de livraison	3 m*12 m = 36 m ²
Surface artificialisée	261 m ²

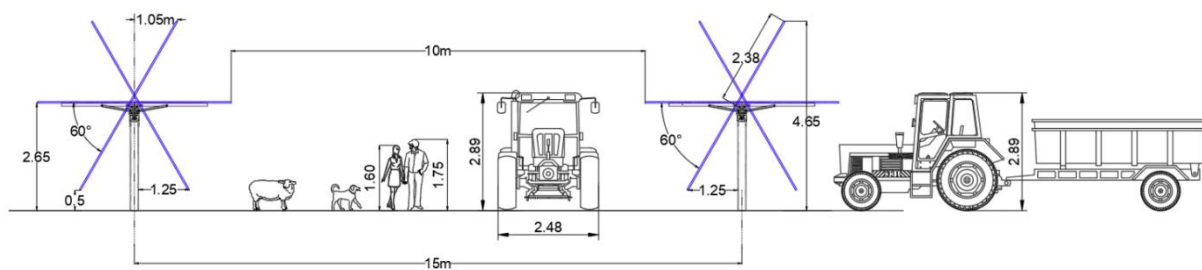


Figure 7 : Schéma de l'installation agrivoltaïque



Figure 8 : Plan de masse du projet agrivoltaïque de Montrelais (TSE)



Figure 9 : Modélisation de l'installation agrivoltaïque

3.1.2 Conductivité électrique

Le sol est un élément conducteur capable de transmettre un champ électromagnétique. L'installation photovoltaïque implique la production et le transport d'électricité qui peut se retrouver dans les sols selon la conductivité de celui-ci et l'isolement des équipements électriques réalisé. Or, il a été rapporté par de nombreux éleveurs, depuis les années 1990, des perturbations liées à ce courant dans le sol. Cela concerne notamment des problèmes de santé animale (mammites à répétition, avortements) et de reproduction (Clément et Tremblay, 2024). Il est donc important que le projet prenne cet aspect en compte afin de n'impacter ni le bien-être animal ni la production agricole.

Afin de caractériser la conductivité du sol, une cartographie des parcelles sera effectuée en utilisant une méthode électromagnétique. La carte de la figure 10 ci-contre est un exemple réalisé sur un site pilote de TSE.

En plus de cette analyse de conductivité, un géobiologue fera des recommandations pour le site. Des mesures de champs électromagnétiques à hautes et basses fréquences seront réalisées avant la mise en place de l'installation agrivoltaïque, puis un jour de très beau temps avec l'installation allumée et éteinte. Les premiers résultats provenant des sites pilotes de TSE sont fidèles à la bibliographie existante, et les valeurs mesurées en termes de conductivité sont plus de 100 fois inférieures à la réglementation. Le rapport du géobiologue permettra à TSE d'adapter l'implantation du terrain afin d'éviter les zones avec certaines particularités.

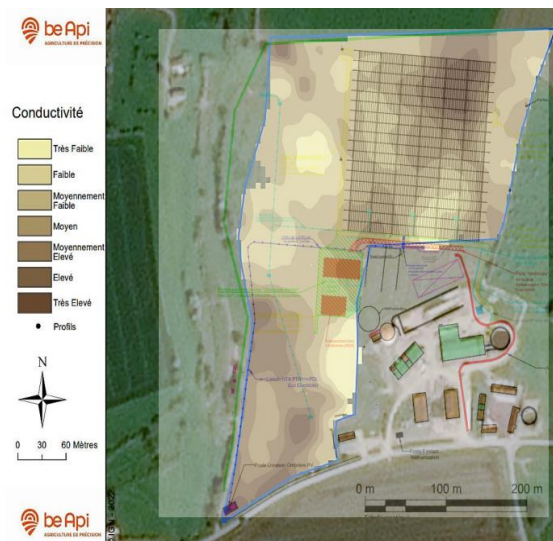


Figure 10 : Exemple de carte de conductivité des sols

3.2 Intégration paysagère

Un travail sur l'intégration paysagère en cohérence avec les enjeux du site sera réalisé pour l'installation photovoltaïque. Cela inclut la plantation de haies paysagères en périphérie du site dans le but d'atténuer l'impact visuel des panneaux solaires et de favoriser l'intégration de l'infrastructure dans son environnement. Ces haies ont également un rôle bénéfique du point de vue écologique. Elles favorisent, entre autres, la conservation de la biodiversité, la stabilisation des sols, le stockage de carbone et la production de bois (OFB, 2024).

3.3 Intégration et enjeux au sein du territoire

Le projet agrivoltaïque prend place en France, dans la région des Pays-de-la-Loire, au sein du département de la Loire-Atlantique, et plus précisément dans la Communauté de Communes du Pays d'Ancenis. Il s'intègre sur un territoire défini et façonné par différentes interactions humaines, économiques, environnementales, politiques et administratives.

La Communauté de Communes du Pays d'Ancenis compte 59 000 ha de surface agricole utile, soit 68 % de son territoire. En termes de surface, les productions majoritaires sont les grandes cultures et l'élevage de bovins (lait et viande), en termes d'emploi en revanche ce sont les élevages porcins et avicoles qui dominent. Au total 547 exploitations, pour 829 chefs d'exploitations se partagent la surface et génèrent 1180 emplois agricoles directs. L'agriculture, par sa forte présence sur le territoire, joue un rôle central dans l'équilibre économique et spatial du territoire ainsi que dans son identité (Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, 2021).

A l'échelle nationale, l'agriculture fait face à divers enjeux dont les principaux sont : d'assurer le renouvellement des générations, de s'adapter au changement climatique et d'assurer la souveraineté alimentaire. Ces différents enjeux se répercutent à l'échelle locale comme à Montrelais où 50% des chefs d'exploitations ont plus de 50 ans, ce qui soulève un enjeu de pérennisation des activités agricoles dans les années à venir. De même, on observe une importante diminution du cheptel bovin viande qui à terme pourrait compromettre la souveraineté alimentaire (COMPA, 2014).

Afin de prévenir et d'accompagner ces changements, la Communauté de Communes du Pays d'Ancenis suit un SCoT qui a comme objectif le maintien d'une agriculture performante et pérenne tout en veillant à limiter l'impact des pratiques sur l'environnement. Le SCoT a pour objectifs de :

- Encourager le développement d'une agriculture de proximité ;
- Préserver les outils de production agricole afin qu'ils restent compétitifs et diversifiés en encourageant à la diversification des activités ;
- Préserver l'élevage (notamment bovin) comme une composante agricole forte du territoire et ses interactions avec le tissu économique local (main d'œuvre induite) et les paysages (paysage ligérien et bocage).

Ce projet favorise la pérennité d'un élevage bovin, notamment grâce à l'intégration d'énergies renouvelables. Il contribue également à atténuer les effets du changement climatique sur les productions, et permettra de faciliter la future transmission de la ferme (voir parties 4, 5 et 6). Ainsi, ce projet s'intègre pleinement dans son territoire et participe à répondre à ses défis.

3.4 Gestion et maintenance de l'installation photovoltaïque

La gestion du troupeau et l'exploitation de la prairie sera effectuée par l'agriculteur.

De même, l'agriculteur sera chargé de l'entretien des refus végétaux sur la parcelle à travers un contrat de co-activité avec la société TSE.

En revanche, l'entretien des clôtures extérieures est pris en charge par le développeur. De même, l'entretien et la maintenance de l'installation solaire du site seront effectués par la société TSE.

Production de bovins mâles de 8 mois et plus dans les départements des Pays de la Loire (en têtes)

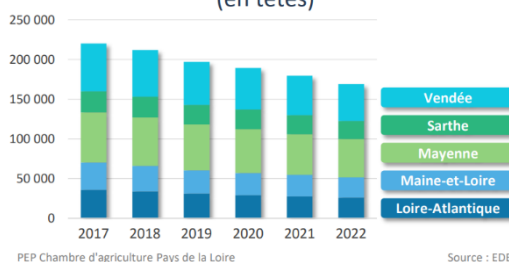


Figure 11 : Diminution de la production de viande bovine en Pays de la Loire

3.5 Réversibilité et démantèlement

3.5.1 Réversibilité de l'installation

Afin d'être réversible, le parc photovoltaïque limitera au maximum la surface de sol imperméabilisé. La solution retenue pour ce projet est l'utilisation de pieux battus permettant de structurer les panneaux solaires sans avoir recours à l'utilisation de béton. Pour une surface de 11.82 ha, l'artificialisation du sol représentera environ 402 m², soit moins de 0.34 % de la surface du projet.

De plus, il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas trop de "bouversements" du sol, c'est-à-dire de remontée de terre des horizons profonds peu fertiles. A cela, il faut ajouter les risques de compaction superficiels et profonds du fait des passages d'engins. Afin d'assurer que les travaux d'installation soient le moins impactant possible pour le sol, TSE dispose d'un protocole pour limiter le tassement du terrain. L'empreinte au sol est minimisée en comparaison de systèmes de panneaux fixes classiques, tant vis-à-vis de l'imperméabilisation du sol (le système de pieux battus évitant l'artificialisation des sols) que sur la surface occupée (la quantité de pieux supports utilisés étant plus faible). Fruit de l'expertise couverte par les collaborateurs de TSE, un cahier des charges couvrant la réalisation des travaux d'implantation de la centrale a été élaboré. Celui-ci s'appuie sur les compétences techniques de construction de centrale agrivoltaïque de TSE et les différentes compétences agricoles présentes au sein de la société. Il vise à réaliser l'implantation de la centrale à une période n'impactant pas la production agricole de la parcelle, réduire au strict nécessaire les zones de manœuvre des engins intervenants sur le chantier afin de ne pas engendrer de tassement, inclure une politique de gestion des déchets efficace, viser l'absence de perturbation des horizons de sol lors de la création de tranchées.

Le schéma suivant précise et illustre ce protocole.

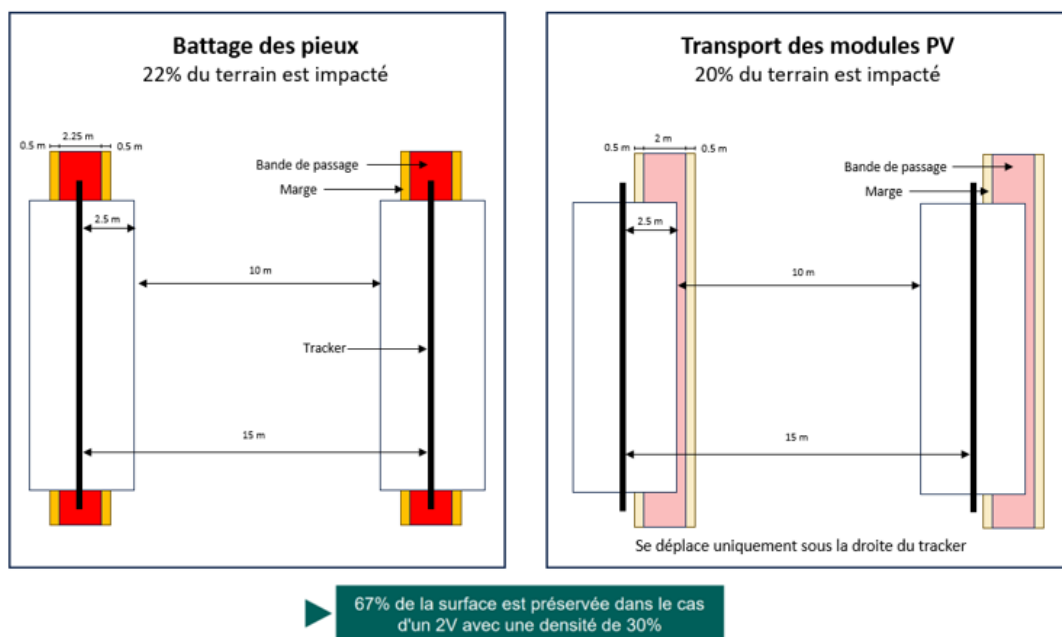


Figure 12 : Protocole pour limiter le tassement de terrain

Dans ce cadre, la réversibilité de l'activité pour permettre un retour à l'état initial du site est possible.

3.5.2 Démantèlement de l'installation

La réutilisation, le recyclage, la valorisation ou à défaut l'élimination des déchets de démolition ou de démantèlement dans les filières spécialisées sont également à prendre en compte, et réalisées à la charge du développeur. Dans une optique de continuité et d'intégration, TSE apporte sa contribution à l'éco-organisme SOREN, société chargée du recyclage des panneaux solaires.



4 Services apportés par l'installation agrivoltaïque

Afin d'être considéré comme un projet agrivoltaïque, l'installation doit offrir certains services d'amélioration si possible ou de maintien, notamment au niveau agricole, climatique, du bien-être animal, et/ou de la protection contre les aléas naturels. Ces éléments sont présentés dans la partie ci-dessous.

4.1 Amélioration du potentiel et de l'impact agronomique

Sous l'ombre des panneaux, la perte de luminosité et donc la légère diminution de la photosynthèse peut engendrer une potentielle perte de rendement. Cependant, de nombreuses études ont démontré que cette potentielle perte de rendement est compensée par la protection que les panneaux apportent grâce à leur ombrage (Edouard *et al.*, 2023 ; Crestey *et al.*, 2021 ; Madej *et al.*, 2024 ; Deiss, 2024). Du point de vue végétal, les impacts positifs sont :

- La protection contre les températures excessives et le rayonnement solaire qui ralentissent ou bloquent la pousse de l'herbe, en permettant une diminution du Heat Load Index (présenté en partie 4.4) ;
- La diminution de l'évapotranspiration et évaporation par capillarité provenant du sol, permettant ainsi une meilleure disponibilité en eau ;
- Les teneurs en matière sèche sont plus élevées en inter-rang que sous les panneaux, mais plus fibreux et donc moins consommés par les animaux. Au contraire, sous les panneaux le couvert est plus riche en protéines et matière grasse azotée et a donc une meilleure valeur alimentaire (Nozière, Sauvart, et Delaby, 2018).

Concernant la température, pour prendre l'exemple des graminées fourragères les plus cultivées, il est à noter que pour un ray-grass (*Lolium perenne*), la température maximum de pousse se situe entre 20 et 25°C. Au-delà, le ray-grass ne pousse plus. D'autres espèces comme la fétuque élevée (*Lolium arundinaceum*), peuvent pousser au-delà de 30°C, mais cela nécessite une bonne disponibilité de l'eau. Pour une bonne disponibilité de l'eau en été, il faut une évapotranspiration qui ne soit pas trop importante et/ou des pluies significatives pendant cette période, ainsi qu'une réserve utile satisfaisante.

Ainsi, l'ombrage créé par les panneaux sur les plantes peut être compensé par ces impacts positifs directs, en fonction du climat et du contexte pédoclimatique de la zone. Plus celui-ci est chaud et sec, plus les impacts positifs seront importants, plus le gain de rendement apporté (tant dans la quantité que dans la qualité des fourrages) par les panneaux sera important (Madej *et al.*, 2024).

Actuellement, le climat de Montrelais est considéré comme chaud et tempéré, les pluies sont relativement régulières et on n'observe pour l'instant aucune période sèche comme en témoigne le diagramme ombrothermique de la Figure 13 (une période est considérée sèche lorsque la pluviométrie est en deçà de la courbe de température). Cela n'exclut cependant pas l'observation de périodes très chaudes avec des températures largement supérieures à la normale (Météo France, 2024).

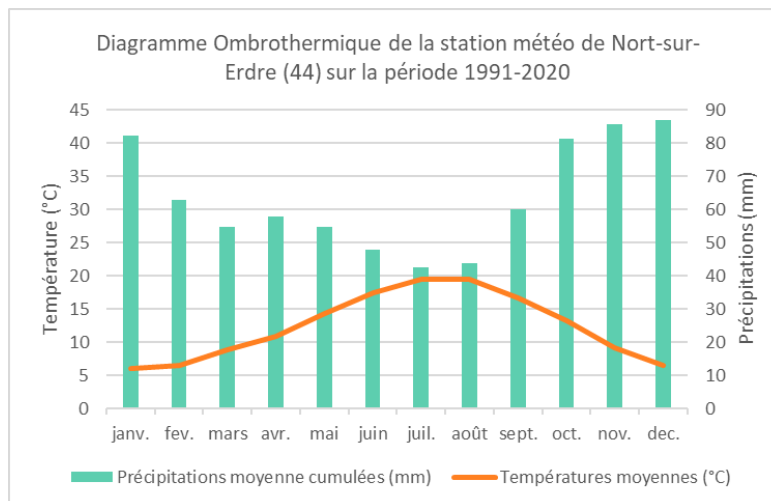


Figure 13 : Diagramme ombrothermique de la station de Nort-sur-Erdre (44) sur la période 1991-2020

Ainsi, les bénéfices directs apportés par les panneaux sur la végétation seront initialement plutôt limités car les étés sont peu caniculaires et la pluviométrie n'est pas concentrée en épisodes intenses alternant avec des sécheresses. Cependant, cela a tendance à changer rapidement avec le dérèglement climatique. Ce point ainsi que les services d'adaptation au changement climatique et protection contre les aléas seront développés dans la suite de ce document (partie 4.2).

A Montrelais, l'éleveur fait face à une problématique de séchage du couvert végétal dans les prairies, avec une productivité jugée relativement basse. Ces prairies sont particulièrement sensibles aux excès de températures et ralentissent leur pousse très tôt à l'approche de l'été (courant du mois de juin la plupart du temps).

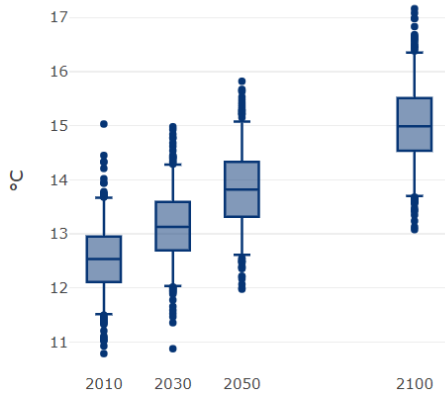
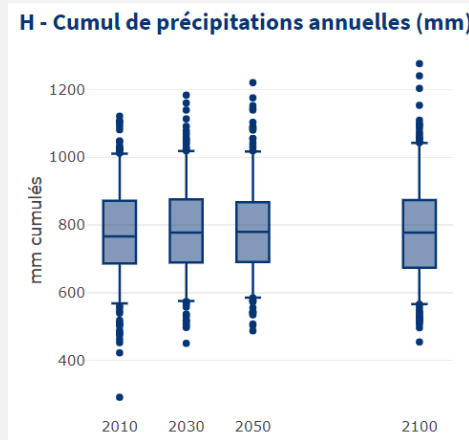
Ce contexte rend l'ombrage des panneaux particulièrement bénéfique pour préserver l'humidité du sol, diminuer l'évapotranspiration et favoriser la croissance végétative. En actionnant ces leviers, la production fourragère pourrait s'accroître et ainsi maximiser le potentiel des prairies pour le pâturage du troupeau, tout en améliorant leur niveau de bien-être (présenté dans la partie 4.4).

4.2 Adaptation au changement climatique

Comme présenté dans la partie précédente, le climat de Montrelais est aujourd'hui plutôt tempéré et sans période sèche. Cependant, les prévisions sur plusieurs années tendent à montrer que ce climat va changer. L'outil Climadiag Agriculture, développé par Solagro et Météo France, permet de quantifier l'évolution locale des différents indicateurs climatiques (pluie, température, etc.) et agro-climatiques (risque de sécheresse, risque lié aux fortes températures, etc.). Ces indicateurs sont établis selon la trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique.

Les simulations réalisées, visibles en Annexe 2, permettent de mettre en avant plusieurs points illustrés dans le Tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Présentation de la simulation Climadiag selon différents indicateurs

	Prévisions	Graphiques issus de la simulation Climadiag
Température	On observe une augmentation importante de la médiane de la température, 12.54°C dans le passé proche contre 13.8°C pour l'horizon 2050 et 14.99°C pour l'horizon 2100, soit une augmentation respective de +1.28°C et +2.45°C	<p>T - Température moyenne annuelle (°C)</p>  <p>Figure 14 : Simulation Climadiag-Evolution des températures annuelles moyennes</p>
Précipitations	<p>Les précipitations tendent à augmenter très légèrement ; 766 mm dans le passé récent contre 779 pour l'horizon 2050 et 778 mm pour l'horizon 2100. Ce point reste donc assez stable d'après cette simulation.</p> <p>Cependant, le modèle ne présente pas les modifications dans la répartition des précipitations au cours de l'année, pouvant accentuer les périodes humides ou sèches.</p>	<p>H - Cumul de précipitations annuelles (mm)</p>  <p>Figure 15 : Simulation Climadiag – Evolution des précipitations hydriques annuelles cumulées moyennes</p>

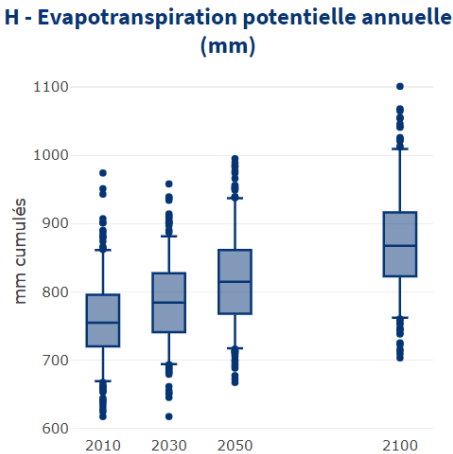
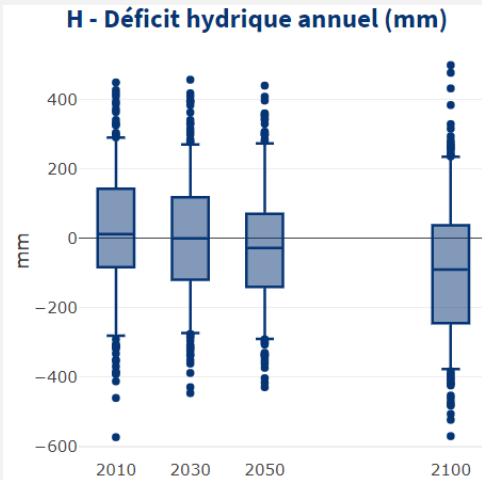
Evapotranspiration	<p>On observe une augmentation élevée de l'ETP dans les prochaines années. En effet, on passe de 754 mm dans le passé proche à 814 mm pour 2050 et 867 mm pour 2100, soit une augmentation de +113 mm.</p> <p>Cela est notamment dû à l'augmentation des températures, elle aussi conséquente entre le futur proche et le futur lointain</p>	 <p>H - Evapotranspiration potentielle annuelle (mm)</p>
Déficit hydrique	<p>Le déficit hydrique subit lui aussi une augmentation, on passe d'une absence de déficit dans le passé récent (+12 mm) pour finir à -90 mm dans l'horizon 2100.</p> <p>Cette situation qui aura un impact négatif sur la végétation avec notamment un manque de disponibilité en eau est la conséquence en partie de l'augmentation de la température, et donc de l'ETP pour un niveau de précipitation annuel qui reste relativement stable</p>	 <p>H - Déficit hydrique annuel (mm)</p>

Figure 16 : Simulation Climadiag – Evolution de l'évapotranspiration potentielle annuelle

Figure 17 : Simulation Climadiag – Evolution du déficit hydrique annuel

Ce modèle montre un climat qui sera plus chaud, mais avec sensiblement les mêmes précipitations qu'actuellement, augmentant l'évapotranspiration potentielle des couverts végétaux et entraînant un déficit hydrique. Par conséquent, et dans le cas indiqué par ces simulations, l'intérêt d'installations permettant de diminuer l'évapotranspiration ou de réduire la température grâce à l'ombrage est fort. Or, c'est l'un des effets des modules photovoltaïques dans leurs zones d'ombrage. Dans ces zones, les années les plus chaudes et sèches, la présence des panneaux pourra permettre une pousse de l'herbe pendant une période plus importante l'été, réduisant ainsi les impacts négatifs du changement climatique.

4.3 La protection contre les aléas

Concernant la protection contre les aléas, les systèmes prairiaux sont assez peu sensibles aux tempêtes, aux excès d'eau, aux grêles, etc.

Les panneaux photovoltaïques pourront cependant constituer un abri pour les animaux en cas de forte grêle ou autre évènement météorologique exceptionnel « agressif », leur permettant de s'abriter dessous et favorisant ainsi leur bien-être (4.4).

Enfin, les parcelles seront entièrement clôturées, ce qui permettra d'une part de limiter l'intrusion de prédateurs ou d'animaux susceptibles de créer un stress au sein du troupeau, et d'autre part limitera la possibilité de sorties du troupeau de la parcelle. En effet, la parcelle du projet est accolée à une route passante qui constitue un risque pour la sécurité des animaux.

4.4 Bien-être animal

Les panneaux fourniront des zones de couchage à l'ombre et à l'abri pour les animaux. Cela permettra d'améliorer leur bien-être, notamment lors des conditions chaudes ou lors des pluies intenses.

A l'heure actuelle, il n'existe pas, à notre connaissance, d'études sérieuses sur les impacts de l'agrivoltaïsme sur le bien-être animal des bovins spécifiquement. En revanche, il est possible de s'appuyer sur des études réalisées sur des troupeaux ovins (ruminants également) et des études sur le bien-être animal des bovins de manière générale.

Dans la thématique du bien-être animal, le confort thermique est un point clé. En effet, les fortes chaleurs ont des impacts négatifs sur la santé et le bien-être des bovins, quel que soit le stade de développement et de production de l'animal. Le premier critère impacté est la production de lait qui voit sa quantité et sa qualité diminuer. Ici, le projet permettra d'abriter des génisses pleines, donc non concernées par ce critère. En revanche, il a été mis en évidence le fait qu'un stress thermique subi par la mère au cours de la gestation a des conséquences sur la survie et les capacités de production de leurs descendants (les veaux produits présentent un poids de naissance plus faible par exemple). (Vallée, 2021).

Un indice calculé, l'indice de charge thermique HLI (Heat Load Index) prend en compte la température, l'humidité relative ainsi que la vitesse du vent et le rayonnement solaire. On considère que l'inconfort thermique impacte le bien-être de l'animal à partir de 72 (25°C à 50% d'humidité par exemple) chez la vache et devient dangereux pour la vie de l'animal à partir de 90 (Mirabito, 2017). L'ombrage disponible joue fortement sur ce critère, permettant de limiter le HLI. Une étude menée par l'INRAE sur 2022-2023 à la centrale solaire CVE de Bissey-Sous-Cruchau, démontre que la présence de panneau limite l'intensité du stress thermique provoqué par les fortes chaleurs chez les ovins. Cet indice, couplé à l'observation de la fréquence respiratoire des brebis, a permis de montrer que les brebis abritées sous les panneaux solaires présentaient un stress thermique moins important que celles ne disposant pas d'abri lors des journées de fortes chaleurs (température > 30°C) (Deiss, 2024). Or, cette tendance tend à s'accroître et à devenir plus régulière avec le changement climatique (4.2). Ces conclusions sont transposables chez d'autres ruminants tels que les vaches allaitantes du projet.



Figure 18 : Illustrations de bovins abrités sous des panneaux agrivoltaïques

De plus, la clôture quasi-hermétique installée dans le cadre du projet autour des parcelles de pâturage, permet d'empêcher l'intrusion d'animaux sauvages ou chiens errants dans les parcs. Cela permet de préserver les génisses d'éventuelles blessures (morsures par exemple) et de limiter le stress lié à la prédation et aux intrusions. La propagation du loup pourrait également être une préoccupation, le département étant aujourd'hui sous flux de dispersion permanent.

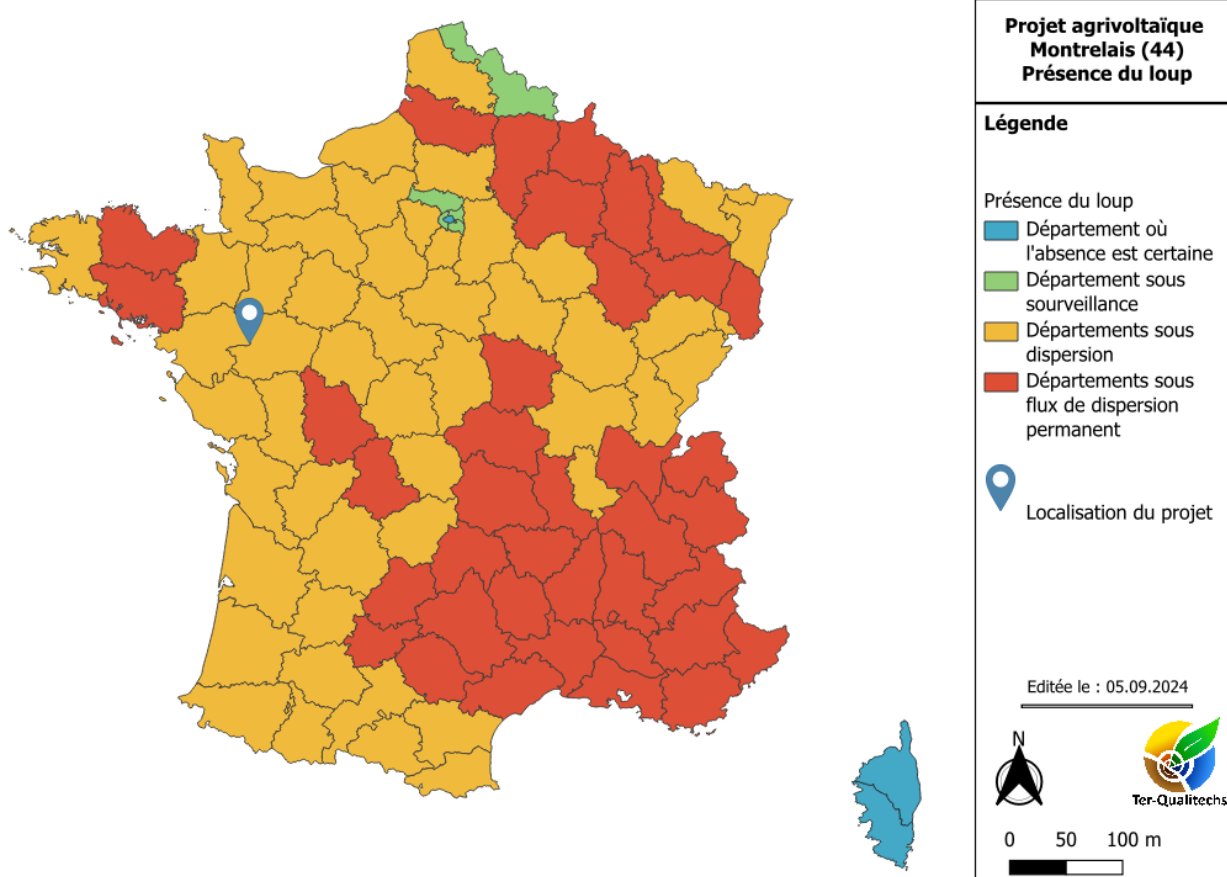


Figure 19 : Carte de présence du loup sur le territoire français

4.5 Synthèse des services apportés

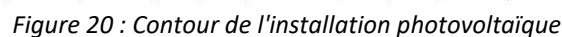
Il a été montré que plusieurs synergies existent entre le projet photovoltaïque et l'activité agricole à travers divers services rendus. L'ensemble de ces points sont récapitulés dans le Tableau 7 suivant.

Tableau 7 : Services apportés à l'activité agricole par l'installation agrivoltaïque

Synthèse de services apportés	
Amélioration du potentiel et de l'impact agronomique	<ul style="list-style-type: none"> • Protection du couvert végétal contre les températures excessives • Diminution de l'évapotranspiration • Réduction de la dessiccation du couvert et pousse prolongée pendant les périodes chaudes sous les panneaux
Adaptation au changement climatique	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'évapotranspiration et de la température au sol intéressantes face aux prévisions de climat qui tendent à être de plus en plus chaudes et sèches • Augmentation de la pousse de l'herbe pendant les périodes de chaleur, compensant ainsi les conditions climatiques extrêmes et améliorant la résilience des prairies.
Protection contre les aléas	<ul style="list-style-type: none"> • Protection du couvert et des animaux contre les aléas climatiques : grêle, fortes pluies, tempêtes, forte chaleur exceptionnelle • Sécurisation de la zone de pâturage
Bien-être animal	<ul style="list-style-type: none"> • Zones d'ombre et d'abris = réduction du stress thermique (HLI) • Réduction du stress vis-à-vis de la prédation et des intrusions d'animaux

- Que la superficie non exploitable par l'agriculture en raison des installations agrivoltaïques ne dépasse pas 10% de la superficie totale couverte par l'installation
- Que la hauteur et l'espacement des installations agrivoltaïques puissent permettre une exploitation normale, assurer la circulation et la sécurité des animaux, et, si les parcelles sont mécanisables, permettre le passage des engins agricoles.

Cette surface prise en compte est ici de 3.64 ha, elle correspond au tracé violet sur la carte ci-dessous.



Dans le cadre de la parcelle de culture du projet, les surfaces non exploitables par l'agriculture concernent :

- Les surfaces non cultivables du fait de l'emplacement des poteaux (rouge sur la Figure 21), ici 185 m²
- Les surfaces perdues dues aux différentes installations électriques (poste de transformation, poste de livraison, local de maintenance incluant les talus, les citernes et les bâtis, soit 261m²

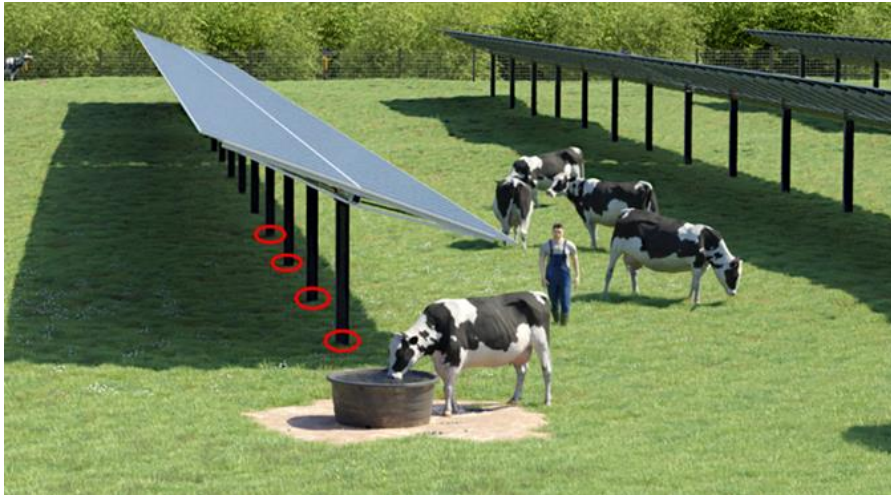


Figure 21 : Modélisation des zones sous panneaux non exploitables

Au total, ce sont 446 m² soit 0.0046 ha non exploitables. Cela représente 1.2 % de la surface totale de la parcelle agricole prévue pour l'implantation du projet, ce qui se situe bien en-dessous des 10% réglementaires demandés.

5.2 Circulation normale des animaux et mécanisation des parcelles

Au regard de la deuxième condition, l'espacement de 10 mètres entre les rangées de panneaux, 15 mètres entre les pieux avec des tables de 5 m de large (espace inter-panneau de 10 m), et la hauteur sous panneau minimale (lorsque les animaux sont présents sur la parcelle) d'1,80 m permettent d'assurer la circulation et la sécurité des animaux. En effet, les vaches Rouge des Prés Parthenaise toisent en moyenne 1,40 m à 1,50 m au garrot, ce qui leur permet d'avoir accès à l'ensemble des zones sous panneaux.

Concernant la mécanisation, les panneaux sur trackers ont la possibilité d'être positionné à la verticale pour faciliter les travaux dans les champs. Ce paramètre, couplé à l'inter-rang de 15 m, permet de limiter l'impact du projet sur la mécanisation.

Le matériel utilisé peut ainsi atteindre 14 mètres de largeur (une marge de sécurité de 50 cm des pieux est recommandée afin de ne pas abimer ni le matériel agricole ni l'installation). Ce paramètre n'interfère pas sur les opérations de broyage, ébousage ou fertilisations habituellement réalisées. Le Tableau 8 suivant résume la compatibilité du matériel avec le parc agrivoltaïque.

Tableau 8 : Compatibilité du matériel avec le parc agrivoltaïque

Outil	Compatibilité avec le parc agrivoltaïque	Type d'outil et caractéristiques
Broyeur	Compatible	Broyeur d'1m80 déporté, 5m trainé
Ébouseuse	Compatible	/
Epandeur à engrais	Compatible	Largeur de projection réglable
Epandeur à chaux	Compatible	Largeur de projection réglable

6 Production significative et revenus durables de l'activité agricole

Afin de qualifier la production de significative, dans le cas d'une installation sur élevage herbivore, les indicateurs pertinents retenus sont la production de biomasse fourragère à l'hectare et le taux de chargement.

- La production de biomasse fourragère est mesurée à l'échelle de la parcelle au sens de l'article R. 314-108 du code de l'énergie ;
- Le taux de chargement est mesuré à l'échelle de la surface extérieure accessible aux animaux de l'exploitation agricole ;

De même, afin de garantir la durabilité des revenus de l'activité agricole, la réglementation impose de comparer les revenus issus de la vente des productions végétales et animales.

- Calculé sur la base d'un EBE diminué des revenus directs et indirects issus de l'installation agrivoltaïque et augmenté le cas échéant des rémunérations du travail et des cotisations associées.

Ces indicateurs font l'objet d'un suivi et de contrôles, précisés dans la partie 7 de ce document, dans l'objectif d'assurer que la production agricole reste significative.

L'activité d'élevage allaitant est aujourd'hui bien implantée dans le système. Elle présente de bonnes performances techniques et permet un revenu fiable et constant, même si celui-ci reste dépendant des cours du marché.

Ici, le projet agrivoltaïque accueillera un lot de 20 vaches allaitantes et leur suite, ce qui représente un quart du cheptel allaitant. Les conditions d'élevage ne sont pas amenées à être modifiées par rapport à l'existant, les vaches sont déjà en pâturage dans cette parcelle depuis plusieurs années avec un affouragement supplémentaire régulier. De plus l'activité de pâturage sur la parcelle n'a pas de lien direct avec la production de viande des animaux, puisque l'engraissement des veaux et vaches de réformes a lieu en bâtiment. Par conséquent, il ne devrait y avoir aucune répercussion économique négative.

Par ailleurs, le versement d'une indemnisation par TSE est conditionné, dans le cadre du bail emphytéotique, au maintien de l'activité agricole principale par l'exploitant et au défraiement dans le cadre des contraintes imposées et de l'obligation d'entretien du site par celui-ci. Cette indemnisation apportera à l'exploitation agricole un complément de revenu stable et garanti qui permettra de faciliter les investissements nécessaires, en particulier auprès des banques, pour maintenir, développer ou transmettre l'activité agricole. Il contribuera également à renforcer la résilience de l'exploitation face aux aléas climatiques, aux fluctuations économiques, ainsi qu'à la variation des prix des matières premières et des intrants.

7 Suivi réglementaire et contrôles du projet

La réglementation en vigueur demande un suivi et des contrôles réguliers de l'installation agrivoltaïque. Le premier contrôle post-installation a lieu dans la sixième année de mise en service, puis tous les 5 ans (tous les 3 ans pour les technologies non-éprouvées). L'objectif est de s'assurer du bon fonctionnement des installations et notamment du maintien de la synergie entre activité agricole et activité photovoltaïque. Les points contrôlés sont ceux qui permettent :

- Que la parcelle soit toujours qualifiée d'agricole
- Que l'agriculteur soit toujours actif
- Qu'on observe un/des services(s) d'adaptation au changement climatique
- Qu'il y ait un service de protection contre les aléas climatiques
- Une amélioration du bien-être animal
- Le maintien significatif de l'activité agricole
- La durabilité du revenu de la production agricole

Afin de contrôler que l'activité agricole soit significative, les deux critères retenus pour l'élevage sont :

- Taux de chargement : à calculer selon la réglementation en vigueur
- Production de biomasse fourragère : à mesurer selon la réglementation en vigueur

Entre les contrôles réguliers, un suivi doit être mis en place pour collecter et transmettre certaines données à l'ADEME. Parmi ces informations demandées, la plupart concernent la production agricole (rendements, performances et qualité de la production, revenus engendrés, conditions agricoles de la production), mais aussi la production d'énergie réalisée par l'installation photovoltaïque.

TSE prévoit de collecter l'ensemble de ces éléments à la suite de la mise en place du projet selon une méthodologie à établir.

Conclusion

Ce document met en lumière les synergies potentielles entre le projet d'agrivoltaïsme, porté par la société TSE, et l'activité agricole sur l'SCEA l'Arzillais dirigée par Monsieur Freddy Guilloteau. En se conformant aux exigences réglementaires, notamment celles du Décret n°2024-318 du 8 avril 2024, le projet doit assurer que la production agricole reste l'activité principale, que les revenus agricoles soient durables, et qu'il fournisse divers services bénéfiques à l'agriculture.

L'installation agrivoltaïque respectera les conditions nécessaires pour garantir la priorité de l'activité agricole, et aura une conception permettant la circulation sécurisée des animaux et des machines agricoles.

Les bénéfices de l'agrivoltaïsme sur l'exploitation de M. Guilloteau ne se limitent pas à la simple cohabitation des deux activités. Les panneaux photovoltaïques apportent un abri et une protection climatique bénéfiques pour les animaux et la production des prairies, en particulier dans un contexte où le couvert végétal a du mal à se maintenir lors des périodes chaudes. L'amélioration des infrastructures de pâturage avec notamment l'installation de clôtures extérieures perméables entretenues par le développeur faciliteront le travail de l'éleveur et protégeront le troupeau, tout en le bien-être des vaches allaitantes et de leurs veaux. Ces synergies, renforcées par une gestion qui inclut les défis liés au changement climatique, créent un environnement agricole qui sera à terme plus résilient et devrait gagner en performance.

En conclusion, ce projet d'agrivoltaïsme représente un modèle intégré où l'innovation technologique et les pratiques agricoles se complètent, offrant une perspective durable pour l'avenir de l'agriculture et de la production d'énergie renouvelable.

Bibliographie

- Chambre d'Agriculture Pays de la Loire. 2023. *Production de viande bovine en Pays de la Loire*.
- Citadia, et Baugeois Vallée. 2022. *Révision du Schéma de Cohérence*.
- Clément, Thomas, et Dominique Tremblay. 2024. *Caractérisation de l'impact sur les activités d'élevage des antennes téléphoniques, installations électriques et éoliennes - Rapport n°23024*.
- Commune de Montrelais. 2020. *Plan Local d'Urbanisme - Règlement de la commune de Montrelais*.
- Crestey, Karoline, Vigan Dervishi, Julien Fradin, et Jérôme Pavie. 2021. *L'agrivoltaïsme appliqué à l'élevage des ruminants - Guide à destination des éleveurs et des gestionnaires de centrales photovoltaïques au sol*. IDELE, (Guide Pratique).
- Deiss, Véronique. 2024. *Rapport d'étude sur le bien-être animal – Centrale solaire de CVE à Bissey-sous-Cruchaud*.
- Edouard, Sylvain, Didier Combes, Mike Van Iseghem, Marion Ng Wing Tin, et Abraham J. Escobar-Gutiérrez. 2023. « Increasing land productivity with agriphotovoltaics: Application to an alfalfa field ». *Applied Energy* [En ligne]. Vol. 329,. Disponible sur : < <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261922014647> > (Consulté le 28 mai 2024).
- Madej, Loan, Catherine Picon-Cochard, Cyrille Bouhier de l'Ecluse, Christophe Cogny, Luc Michaud, Marilyn Roncoroni, et David Colosse. 2024. *One Year of Grassland Vegetation Dynamics in two Sheep-Grazed Agrivoltaic System*.
- Mairie de Baugé-en-Anjou. 2023. *PLU de Baugé-en-Anjou - Règlement littéral Juin 2023*.
- Mirabito, Luc. 2017. *Bien-être de la vache au pâturage : quelques points de repère*.
- Nozière, Pierre, Daniel Sauvart, et Luc Delaby. 2018. *Alimentation des ruminants*. Versailles : Éditions Quae, ISBN : 978-2-7592-2867-6.
- OFB. 2024. « Haies et bocages : des réservoirs de biodiversité ». Disponible sur : < <https://www.ofb.gouv.fr/haies-et-bocages-des-reservoirs-de-biodiversite> > (Consulté le 12 juin 2024).
- Vallée, Roxane. 2021. *Impacts du stress thermique sur les vaches laitières*.

Table des figures

Figure 1 : Localisation de l'SCEA l'Arzillais	7
Figure 2 : Photographie du troupeau allaitant.....	8
Figure 3 : Assolement de l'exploitation	9
Figure 4 : Localisation du projet	11
Figure 5 : Carte d'urbanisme Montrelais	12
Figure 6 : Espèces végétales présentes sur la parcelle du projet.....	13
Figure 7 : Schéma de l'installation agrivoltaïque	15
Figure 8 : Plan de masse du projet agrivoltaïque de Montrelais (TSE)	16
Figure 9 : Modélisation de l'installation agrivoltaïque.....	16
Figure 10 : Exemple de carte de conductivité des sols	17
Figure 11 : Diminution de la production de viande bovine en Pays de la Loire	18
Figure 12 : Protocole pour limiter le tassement de terrain	19
Figure 13 : Diagramme ombrothermique de la station de Nort-sur-Erdre (44) sur la période 1991-2020	22
Figure 14 : Simulation Climadiag-Evolution des températures annuelles moyennes	23
Figure 15 : Simulation Climadiag – Evolution des précipitations hydriques annuelles cumulées moyennes ...	23
Figure 16 : Simulation Climadiag – Evolution de l'évapotranspiration potentielle annuelle	24
Figure 17 : Simulation Climadiag – Evolution du déficit hydrique annuel	24
Figure 18 : Illustrations de bovins abrités sous des panneaux agrivoltaïques	26
Figure 19 : Carte de présence du loup sur le territoire français	26
Figure 20 : Contour de l'installation photovoltaïque	28
Figure 21 : Modélisation des zones sous panneaux non exploitables	29

Table des tableaux

Tableau 1 : Eléments réglementaires attendus définissant l'agrivoltaïsme	6
Tableau 2 : Caractéristiques de l'élevage allaitant.....	8
Tableau 3 : Parcelles cadastrales constitutives du projet.....	11
Tableau 4 : Surfaces du projet sur le parcellaire de l'exploitation	13
Tableau 5 : Caractéristiques techniques des ombrières d'élevage	15
Tableau 6 : Présentation de la simulation Climadiag selon différents indicateurs	23
Tableau 7 : Services apportés à l'activité agricole par l'installation agrivoltaïque	27
Tableau 8 : Compatibilité du matériel avec le parc agrivoltaïque	30

Annexes

Annexe 1 : Photographie des parcelles du projet	37
Annexe 2 : Modélisations climatiques CANARI-Climadiag	39

Annexe 1 : Photographie des parcelles du projet

Parcelles du projet

Partie Nord-Ouest



Partie Nord



Partie Nord-Est



Partie Sud



Annexe 2 : Modélisations climatiques CANARI-Climadiag



