Projet agrivoltaïque de la Ferme de Saucats

Commune de Le Barp (33)

Maitre d'ouvrage :

Agrivoltaïque Le Barp
Adresse :
33, rue de la Haie Coq
93300 AUBERVILLIERS

Responsable Projets :
Daniel METOUKSON
dmetoukson@dalinkrwe.com
06 66 55 15 02

Exp

Septembre 2025

imagreen

OSEZ, FÉDÉREZ, TRANSFORMEZ !

Lou MILON
Chargée de mission Agrivoltaïque
lmilon@imagreen.fr
06 08 62 05 33

Hugo LEDOUX
Chef de Projet Agrivoltaïque
hledoux@imagreen.fr
07 83 04 21 58

Sommaire

I. Contexte 10

1. Description physique des parcelles et projet agricole 10
2. Surface 11
3. Plan local d'urbanisme 15
4. Utilisation des terres et projet agricole sous panneaux 16
5. Insertion paysagère 18
6. Topographie 20
7. Climat, , , ... 22
8. Pédologie et caractéristiques agronomiques, ... 24
9. Equipements agricoles 25

II. Note technique de l'installation : conformité aux services et impact limité 26

1. L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomique 27
2. L'adaptation au changement climatique 32

III. Note technique relative à la production agricole principale sur la parcelle agricole 69

1. Définition des parcelles agricoles au sens de l'instruction technique du décret agrivoltaïque 69
2. Méthodologie 70
3. Superficie non exploitable 70
4. Dimensionnement 71
5. Taux de couverture 73

IV. Note technique relative à la production agricole significative et aux revenus durables pour les exploitants 74

1. Méthodologie 74
2. Production agricole significative et revenus durables pour l'exploitant 75
3. Les conditions pour des revenus durables 84

V. Dérogation à la zone témoin 86

VI. Justification du statut d'agriculteur actif : attestation MSA 87

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine (Imagreen, 2025). 11
Figure 2 : Localisation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats à l'échelle de la Gironde et de la commune de Le Barp (33 114) (Imagreen, 2025). 12
Figure 3 : Parcelles cadastrales concernées par le projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025). 13
Figure 4 : Plan de masse du projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 14
Figure 5 : Zonage du PLU de Le Barp (Géoportail de l'urbanisme, 2023) 15
Figure 6 : RPG 2023 de la zone d'implantation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025). 16
Figure 7 : Localisation des sièges d'exploitation de M. HARVEY ainsi que de la zone d'implantation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025) 18
Figure 8 : Localisation des bandes florales sur le plan de masse du parc agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 19
Figure 9 : Cartographie des pentes de la zone d'implantation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025). 20
Figure 10 : Plan topographique des parcelles concernées par l'implantation du projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 21
Figure 11 : Les rôles de la matière organique (Marsden, 2023). 28
Figure 12 : Synergie du potentiel agronomique développé par la rotation envisagée (Réalisation Imagreen, 2025). 30
Figure 13 : Site agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024). 32
Figure 14 : Méthodologie d'analyse du site de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024). 33
Figure 15 : Analyse statistiques du PAR dans le cadre du suivi de la centrale agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024). BP3 correspond à l'analyse au sol du PAR en dessous du point le plus haut des trackers. 33
Figure 16 : Configuration expérimentale de l'essai de soja à Monticelli D'ongina (Potenza, Colauzzi, Amaducci, 2024). 34
Figure 17 : Analyse statistiques des rendements en grain moyen par m2 en fonction de la proportion d'ombrage (Potenza, Colauzzi, Amaducci, 2024). 34
Figure 18 : Photos représentant chaque traitement (A), les caractéristiques colorimétriques (L* : luminosité, a* : rougeur, b* : jaunissement, C* : chromes an fonction de chaque traitement (B), le poids moyen des têtes de brocolis (C). Con : contrôle, AV et AC : agrivoltaïque (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022). 35

Figure 19 : Analyse statistiques de la température de l'air dans le cadre du suivi de la centrale agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024)..... 37
Figure 20 : Site agrivoltaïque d'Ombrea dans le Lot-et-Garonne (Ombrea, 2023). 39
Figure 21 : Site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022)..... 40
Figure 22 : Durée de croissance entre la transplantation et la récolte (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022)..... 40
Figure 23 : Degré jour de croissance moyen (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022). 41
Figure 24 : Analyse statistiques de l'humidité relative dans le cadre du suivi de la centrale agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024)..... 43
Figure 25 : Caractéristiques techniques du site de Braize (Madej, 2024)..... 44
Figure 26 : Caractéristiques techniques du site de Marmanhac (Madej, 2024)..... 44
Figure 27 : Croissance théorique de l'herbe sous panneaux et dans l'allée (Madej, 2024). .. 45
Figure 28 : site agrivoltaïque de la Ferme de Jack, USA (Agritecture, 2022)..... 47
Figure 29 : Moyenne du poids des têtes de brocolis (A), hauteur des plantes (B) et épaisseur des tiges (C) des brocolis ayant poussés avec et sans panneaux. Control : Témoin, Bif A et Bif B : Agrivoltaïque (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022)..... 49
Figure 30 : Total de phénols (A), flavonoïdes (B) et activité anti-oxydante (DPPH) (C) des brocolis ayant poussé avec ou sans panneaux. Control : Témoin, Bif A et Bif B : Agrivoltaïque (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022)..... 49
Figure 31 : Diagramme en secteurs de la qualité de la prairie par traitement en moyenne annuelle sur deux ans et en fonction des saisons sur le site de Marmanhac (Madej, 2024). 50
Figure 32 : Fourrages sous le site solaire à toit plat de 50 kW monté au sol du Centre de recherche et de sensibilisation du centre-ouest de l'Université du Minnesota à Morris, Minnesota, États-Unis (Potner, Heins, Buchanan, 2024). 52
Figure 33 : Irradiance et besoins culturaux sur le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025)..... 53
Figure 34 : Essai d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque (Reden, 2023). 64
Figure 35 : Démonstrateur Camelia (Engie Green, 2023). 66
Figure 36 : Zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp et parcelles cadastrales (Imagreen, 2025). 69
Figure 37 : Illustration de la structure agrivoltaïque envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 71
Figure 38 : Dimensionnement de la structure envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 72

Figure 39 : Ilots tournants préconçus pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025)..... 75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Parcelles cadastrales concernées par le projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025). 13
Tableau 2 : Synthèse sur l'effet du projet agrivoltaïque de Le Barp sur le potentiel agronomique des sols. 31
Tableau 3 : Effets d'une diminution du stress thermique sur les céréales à paille. 38
Tableau 4 : Effet d'une diminution du stress hydrique sur les céréales. 46
Tableau 5 : Synthèse de la solution Smart Agri / Dalink (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 57
Tableau 6 : Synthèse de la synergie, adaptée au réchauffement climatique, entre la structure agrivoltaïque et la rotation agricole envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp. 58
Tableau 7 : Caractéristiques des tables de la structure envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025). 72
Tableau 8 : Analyse de la production agricole de brocoli actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 1 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp. 76
Tableau 9 : Analyse de la production agricole des taux de chargement et de productivité ovin actuels et futurs de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 2 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp. 77
Tableau 10 : Analyse de la production agricole de légumineuses (soja, pois) actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 3 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp. 80
Tableau 11 : Analyse de la production agricole de graminées (avoine, orge) actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 4 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp. 82
Tableau 12 : Analyse des revenus durables de l'exploitation de M. HARVEY. 84
Tableau 13 : Aides PAC à l'échelle de la zone clôturée concernée par le projet. 84

Glossaire

AB	Agriculture biologique
CI	Indice chlorophyllien
DDT	Direction départementale des territoires
DFCI	Défense de la forêt contre les incendies
EPA	Etude préalable agricole
ETP	Evapotranspiration
GWh	Gigawatt-heure
Km	Kilomètre
KWc	Kilowatt crête
mm	Millimètre
MO	Matière organique
MS	Matière sèche
MSA	Mutualité sociale agricole
MWc	Mégawatt crête
OLD	Obligation légale de débroussaillement
ORACLE	Observatoire régionale sur l'agriculture et le changement climatique
PAC	Politique agricole commune
PAR	Rayonnement photosynthétique actif
PV	Photovoltaïque
q	Quintaux
RPG	Registre parcellaire graphique
SAU	Surface agricole utile
SIREN	Système d'identification du répertoire des entreprises
UGB	Unité gros bétail

Introduction

Le **décret n° 2024-318 du 8 avril 2024** portant sur le développement de l'agrivoltaïsme et encadrant l'implantation d'installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers, définit le cadre juridique applicable à ces projets.

En application de **l'article L. 314-36** du code de l'énergie, toute demande d'autorisation d'urbanisme doit être accompagnée d'un dossier justifiant en détail le respect des conditions fixées par cet article. Ce dossier comprend notamment :

1. « Une **description physique de la parcelle** mentionnée à **l'article R. 314-108** du code de l'énergie ;
2. Une **note technique** justifiant que **l'installation**, l'ouvrage ou la construction **fournit au moins l'un des services mentionnés aux 1° à 4° du II de l'article L. 314-36** du code de l'énergie selon les conditions fixées à l'un des **articles R. 314-110 à R. 314-113** du même code et **qu'il ne porte pas une atteinte substantielle** à l'un de ces services **ou une atteinte limitée à deux de ces services ;**
3. Une **note technique** justifiant que **la production agricole est l'activité principale** de la parcelle agricole conformément à **l'article R. 314-118** du code de l'énergie ;
4. Une **note technique** justifiant que **la production agricole est significative et qu'elle assure des revenus durables** à l'exploitant agricole conformément aux articles **R. 314-114 à R. 314-117** du code de l'énergie ;
5. S'il y a lieu, d'une **description de la zone témoin** prévue en application de **l'article R. 314-114** du code de l'énergie ;
6. Une **attestation certifiant que l'agriculteur est actif**, au sens de l'article **R. 314-109** du code de l'énergie. « Un arrêté des ministres chargés de l'énergie et de l'agriculture précise, en tant que de besoin, les conditions d'application du présent article. »

Un arrêté des ministres chargés de l'énergie et de l'agriculture précise, en tant que de besoin, les **conditions d'application du présent article.**

L'instruction technique du 18 février 2025 relative au décret n°2024-318 du 08 Avril 2024, précise **l'application des dispositions réglementaires** relatives aux installations agrivoltaïques et photovoltaïques au sol dans les espaces naturels, agricoles et forestiers.

Chaque élément du dossier ci-présent sera présenté conformément à **l'article L. 314-36** du code de l'énergie et au **décret n°2024-318 du 08 Avril 2024**, visant à justifier que **le projet agrivoltaïque sur la commune de Le Barp (33 114)** respecte les conditions précédentes et remplit les critères exigés.

Ce dossier a pour objectif de démontrer que le projet agrivoltaïque proposé par AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP non seulement respecte les exigences légales et réglementaires en matière de développement durable et d'utilisation des terres, mais qu'il contribue également positivement à la production agricole locale.

I. Contexte

1. Description physique des parcelles et projet agricole

Les parcelles destinées à accueillir le projet agrivoltaïque sont détenues par **deux propriétaires différents qui ne sont pas exploitants .**

M. HARVEY, exploitant futur de l'ensemble des terres, ne sera **pas propriétaire des terres (bail emphytéotique).**

L'exploitation de M. HARVEY, créée en janvier 2004 et immatriculée sous le SIREN n° 478 373 251, est **spécialisée en culture et élevage associés**. M. HARVEY dispose d'une Surface Agricole Utile (SAU) de **120 hectares composés de maïs, orge, pois, soja et de tunnel pour les cochons.** Entre 2021 et 2023, ce sont **90 hectares de l'exploitation qui n'ont pas pu être cultivés en cultures d'été suite à un problème de raccordement des parcelles qui empêchait l'irrigation**. Les parcelles d'implantation du projet ne sont pas concernées. Toutefois, M. HARVEY a dû **convertir une grosse partie de ses cultures d'été en culture d'hiver** (ainsi que réduire le nombre de porcs produits sur l'exploitation) et la **rentabilité de l'exploitation en a été fortement impactée.**

Le projet agrivoltaïque vient **augmenter le parcellaire exploité par M. HARVEY**, lui permettant ainsi de **se diversifier** à travers, entres autres, une **culture à forte valeur ajoutée qui doit être irriguée** : le **brocoli** cultivé en **agriculture biologique.** En effet, M. HARVEY souhaite **exporter sa production de brocoli bio vers l'Angleterre** où il connaît très bien le marché.

Le brocoli serait de cette manière **intégré dans une rotation de quatre ans**, notamment composée de **légumineuses (pois, soja)** pour l'alimentation de son cheptel porcin. Par ailleurs, agriculteur de **57 ans**, M. HARVEY pense également à sa retraite et la **reprise de son exploitation par ses fils**, dont l'un d'entre eux est **éleveur ovin**. De ce fait, la rotation sur quatre comprend également **une ou plusieurs années de pâturage ovin ainsi qu'une année de culture de graminées (orge, avoine)**, dans le but d'alimenter le cheptel ovin. Le projet permettra de pérenniser l'exploitation actuelle, et en agrandissant sa surface, **d'assurer une reprise de l'exploitation.**

2. Surface

La zone d'implantation du projet est située en région **Nouvelle-Aquitaine**, dans le département de la **Gironde (33)** (Figure 1).



Figure 1 : Localisation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine (Imagreen, 2025).

La zone d'implantation du projet est localisée sur la commune de **Le Barp (33 114)** qui se trouve dans le Pays de Buch et fait partie de l'aire d'attraction de **Bordeaux** (Figure 2). Le projet s'étend **majoritairement à l'est de la commune de Le Barp**.

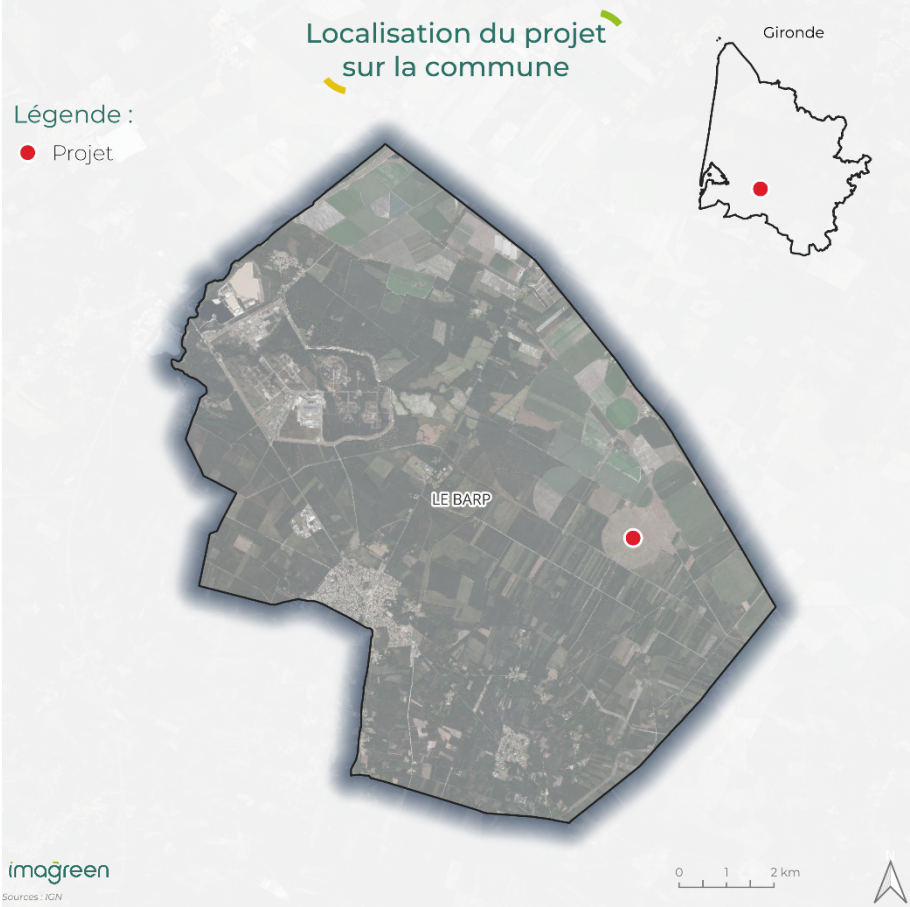


Figure 2 : Localisation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats à l'échelle de la Gironde et de la commune de Le Barp (33 114) (Imagreen, 2025).

Le projet s'étend sur **une superficie clôturée de 80 hectares** (Figure 3 ;

Section	Numéro
C	109, 110,111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121
	622, 623, 624, 625, 626, 628, 629
	725, 748, 777, 779, 781, 783, 789, 791, 793, 795, 797, 799
	811, 812, 813, 863, 868
	910
	1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133

Tableau 1).

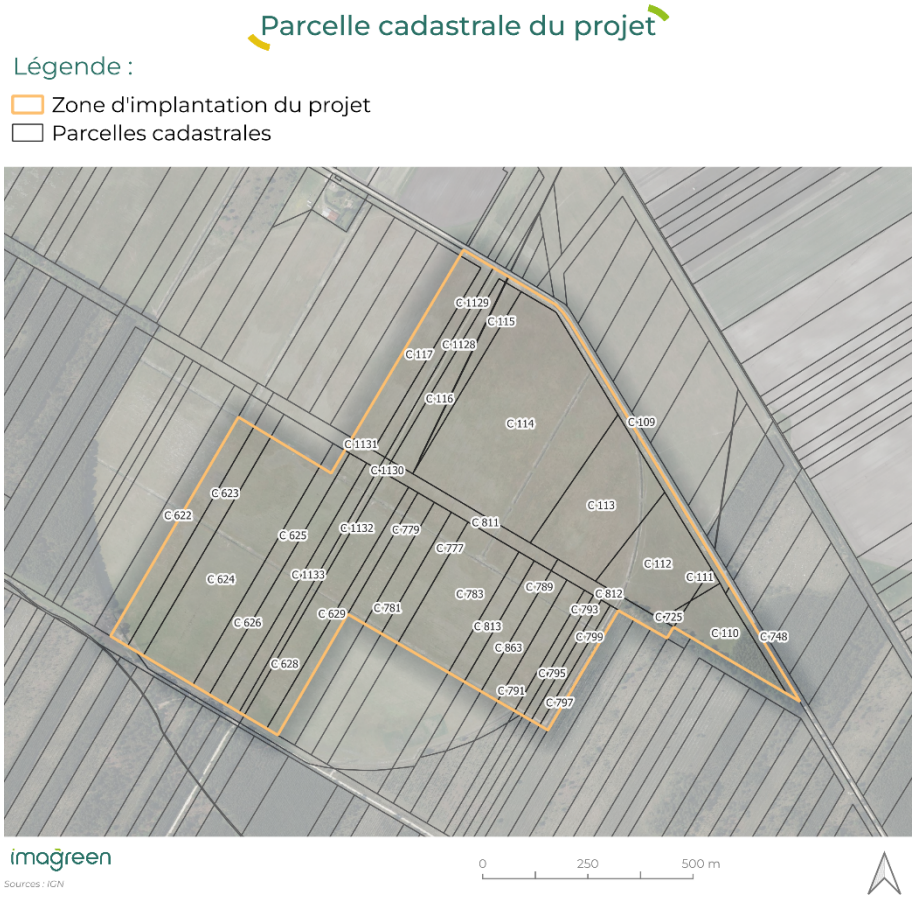


Figure 3 : Parcelles cadastrales concernées par le projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025).

Tableau 1 : Parcelles cadastrales concernées par le projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025).

Section	Numéro
C	109, 110,111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121
	622, 623, 624, 625, 626, 628, 629
	725, 748, 777, 779, 781, 783, 789, 791, 793, 795, 797, 799
	811, 812, 813, 863, 868
	910
	1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133

Le plan de masse du projet agrivoltaïque est présenté dans la Figure 4.

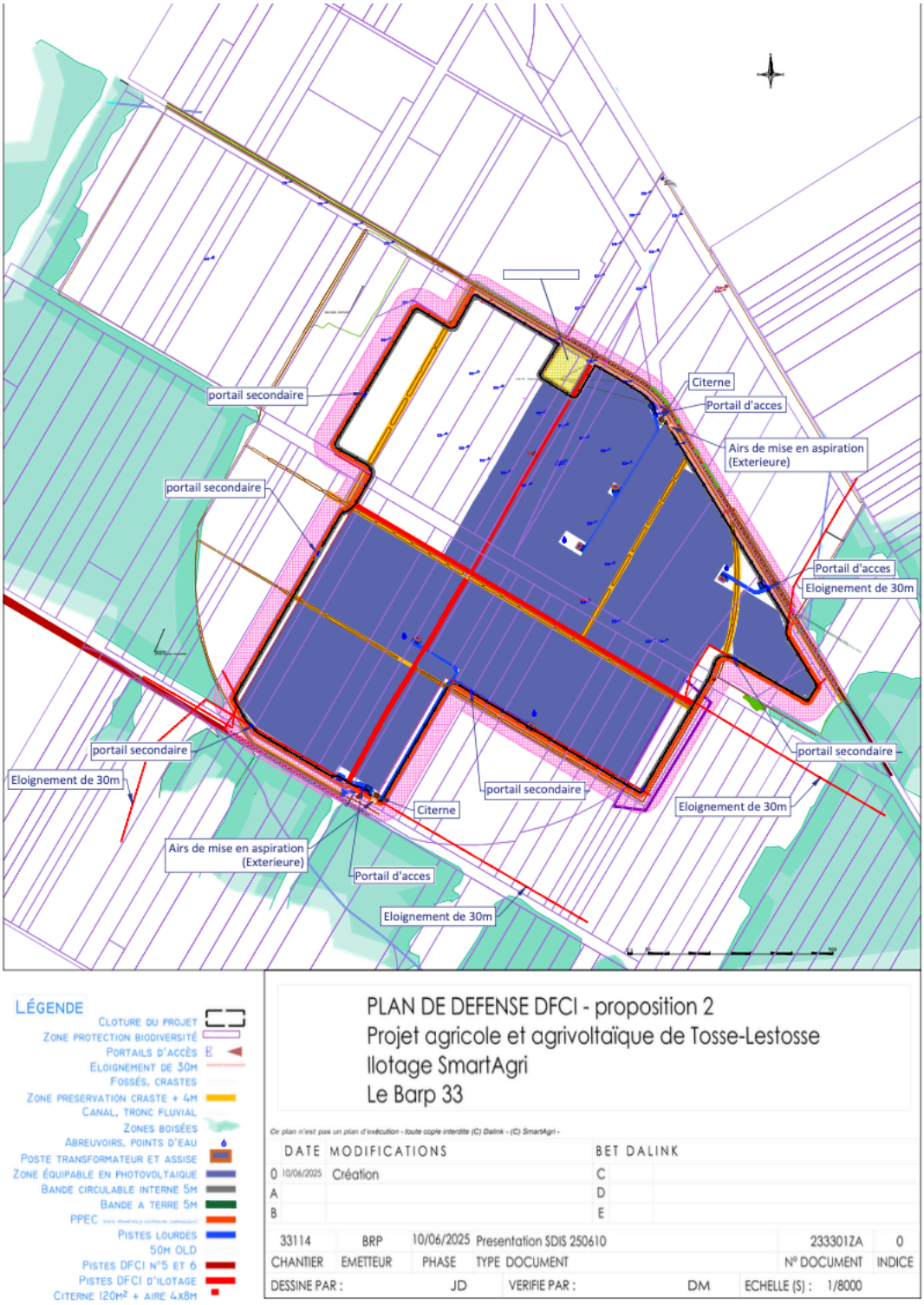


Figure 4 : Plan de masse du projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

3. Plan local d'urbanisme

La zone d'implantation est classifiée comme **zone A agricole par le PLU de Le Barp, adopté le 06 Janvier 2021 (Figure 5).** Le PLU prévoit que **les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif et à exploitation agricole y sont autorisés,** dans une recherche d'intégration architecturale et paysagère. Le projet est également **en zone A du PLUi-H Val de Leyre, arrêté le 04 Octobre 2023,** qui prévoit que **les installations agrivoltaïques doivent être implantées avec un recul minimum de 50 mètres du boisement.**

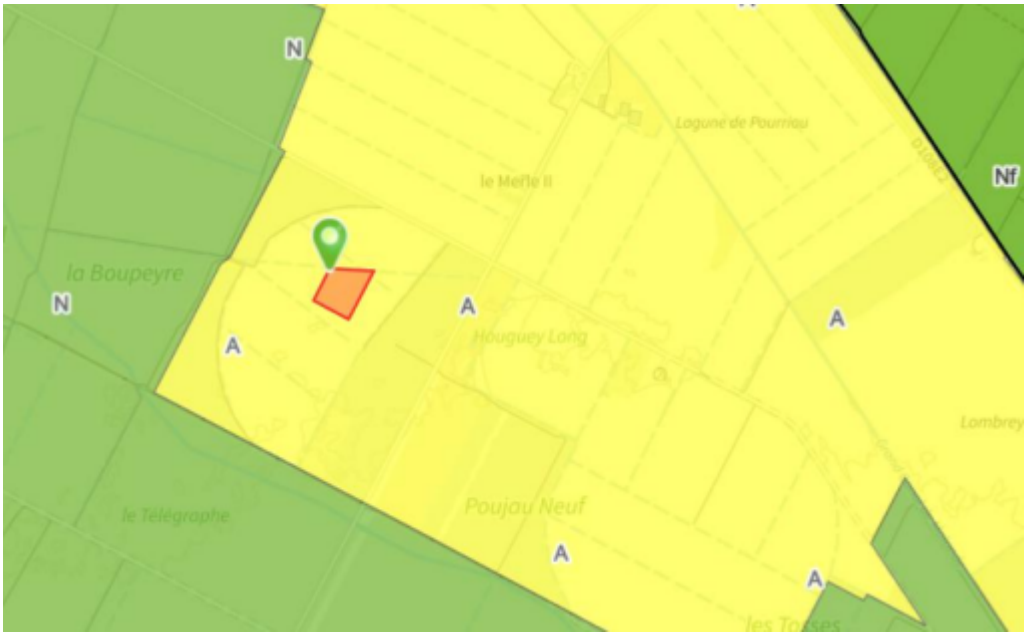


Figure 5 : Zonage du PLU de Le Barp (Géoportail de l'urbanisme, 2023).

4. Utilisation des terres et projet agricole sous panneaux

D'après les données du **Registre Parcellaire Graphique (RPG),** les parcelles agricoles visées par le projet agrivoltaïque de Le Barp **n'ont pas fait l'objet de demandes d'aides PAC depuis 2018, soit depuis plus de 6 ans. Par ailleurs, selon les acteurs locaux les parcelles n'ont pas été cultivées sur cette période (Figure 6).**

Comme détaillé dans l'étude agricole réalisée par Imagreen en 2025[1], les parcelles étaient auparavant mises en valeur par une **monoculture de maïs depuis 10 ans minimum** avec ponctuellement la **production de légumes industriels**. Selon les connaissances de nos experts sur cette zone, la production de maïs était conduite en **agriculture conventionnelle.**

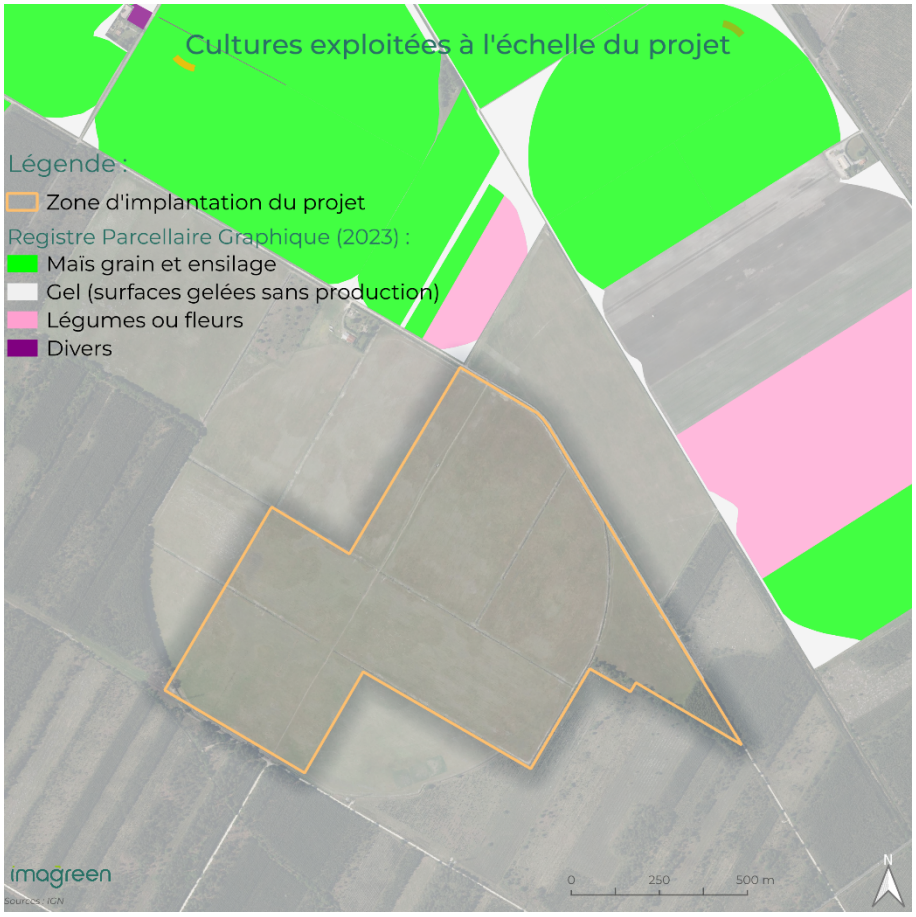


Figure 6 : RPG 2023 de la zone d'implantation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025).

La zone est **recouverte depuis un an par un couvert végétal composé de ray gras bio pour alimenter le bétail de l'exploitant.** Un éleveur vient faire **pâturer son**

[1] IMAGREEN, 2025. *Etude Agricole : Projet Agrivoltaïque Ferme de Saucats.*

troupeau ovin ponctuellement avec l'accord du propriétaire. Les **cultures ont été abandonnée** dans ce secteur à cause, entres autres, de la **présence de souchet[2] comestible, une adventice envahissante, qui entraînait une perte de rendement très importante.**

Cette adventice, se développant **du printemps à l'automne, est difficilement éradicable par des moyens de lutte biologique.** De plus, les tubercules sont comestibles et **appétents pour les sangliers**, ce qui pourrait entraîner des **dégâts dans la zone d'étude** qui est **entourée de bois. L'adventice a été supprimée grâce à un procédé de labour suivi d'un chaulage et d'un semi de ray gras à partir de la fin de l'été 2024.** Il reste toutefois nécessaire de **surveiller attentivement la prolifération de cette plante afin de pouvoir mettre en place des moyens de lutte.** La mise à disposition des terres en 2024 a tout de même permis à l'exploitant d'augmenter la taille de son cheptel en passant de 950 à 1 300 têtes entre 2024 et 2025.

Le projet agrivoltaïque de Le Barp favorise une **agriculture durable et innovante.** Il permet de **revaloriser des terres laissées à l'abandon** en leur permettant de retrouver une productivité grâce à l'association entre **production agricole et énergie solaire.**

Il fournit des **équipements** pour **optimiser la gestion des cultures et minimiser les pertes.** Les panneaux photovoltaïques eux-mêmes participeront à **réduire les pertes de rendements** causés par les aléas climatiques et notamment **par la grêle.**

Le projet intègre une **culture à forte valeur ajoutée**, le brocoli, permettant d'offrir une **stabilité financière** à l'exploitant. Intégré dans les rotations agricoles, il permet d'améliorer la **régénération des sols.** Cette culture, **protégée par les panneaux photovoltaïques** pourra ainsi être cultivée sur **période plus longue entre les mois d'octobre et de mai.** A l'ombre d'une structure permettant de **contrôler l'hygrométrie et l'irrigation, la propagation des maladies sera réduite** permettant, là aussi, de **réduire les pertes de rendement.** Enfin, les **conditions de travail, à l'ombre des panneaux, seront améliorées ce qui pourrait faciliter le recrutement de saisonniers notamment lors des périodes de récolte.**

L'installation d'une production sous dispositif agrivoltaïque est une **nouveauté** pour M. Harvey mais elle est **indispensable à l'évolution et à la transmission de l'exploitation.** M. HARVEY souhaite **léguer l'exploitation à ses fils**, l'ajout de la surface concernée par le projet **permettrait à chacun de ses fils de disposer de suffisamment de surface pour démarrer leurs activités.** L'intégralité de la production se fera sous le **dispositif et nécessitera le recrutement de saisonniers sur les périodes de récoltes.**

[2] Espèce de plantes à fleurs herbacées rhizomateuses vivaces de la famille des Cyperaceae.

5. Insertion paysagère

Les parcelles visées par le projet se trouvent à **5,9 km à vol d'oiseau du siège d'exploitation de M. HARVEY,** situé *au 2 Lieu dit Argilas, à Saucats (33 650)* (Figure 7).

Les parcelles sont **accessibles depuis le siège** d'exploitation par des routes adaptées à la circulation des engins agricoles (18 Km via le D108) (Figure 7).



Figure 7 : Localisation des sièges d'exploitation de M. HARVEY ainsi que de la zone d'implantation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025).

Par ailleurs, **aucune infrastructure agricole** n'est présente sur les parcelles destinées au projet agrivoltaïque de Le Barp.

La gestion de la végétation par **pastoralisme**, complétée par des **interventions mécaniques si nécessaire** viendra entretenir le paysage agricole des parcelles d'intérêt. Enfin, une **zone tampon de 50 mètres d'éloignement aux boisements et du débroussaillement régulier** autour des panneaux photovoltaïques sera mise en place **conformément aux recommandations de la Défense des Forêts Contre l'Incendie (DFCI).**

AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP a, d'autre part, opté pour la mise en place de **bandes florales qui protégeront la biodiversité et permettront de favoriser un bio-climat approprié** au site. L'implantation de ces bandes florales est présentée dans la Figure 8 ci-dessous.

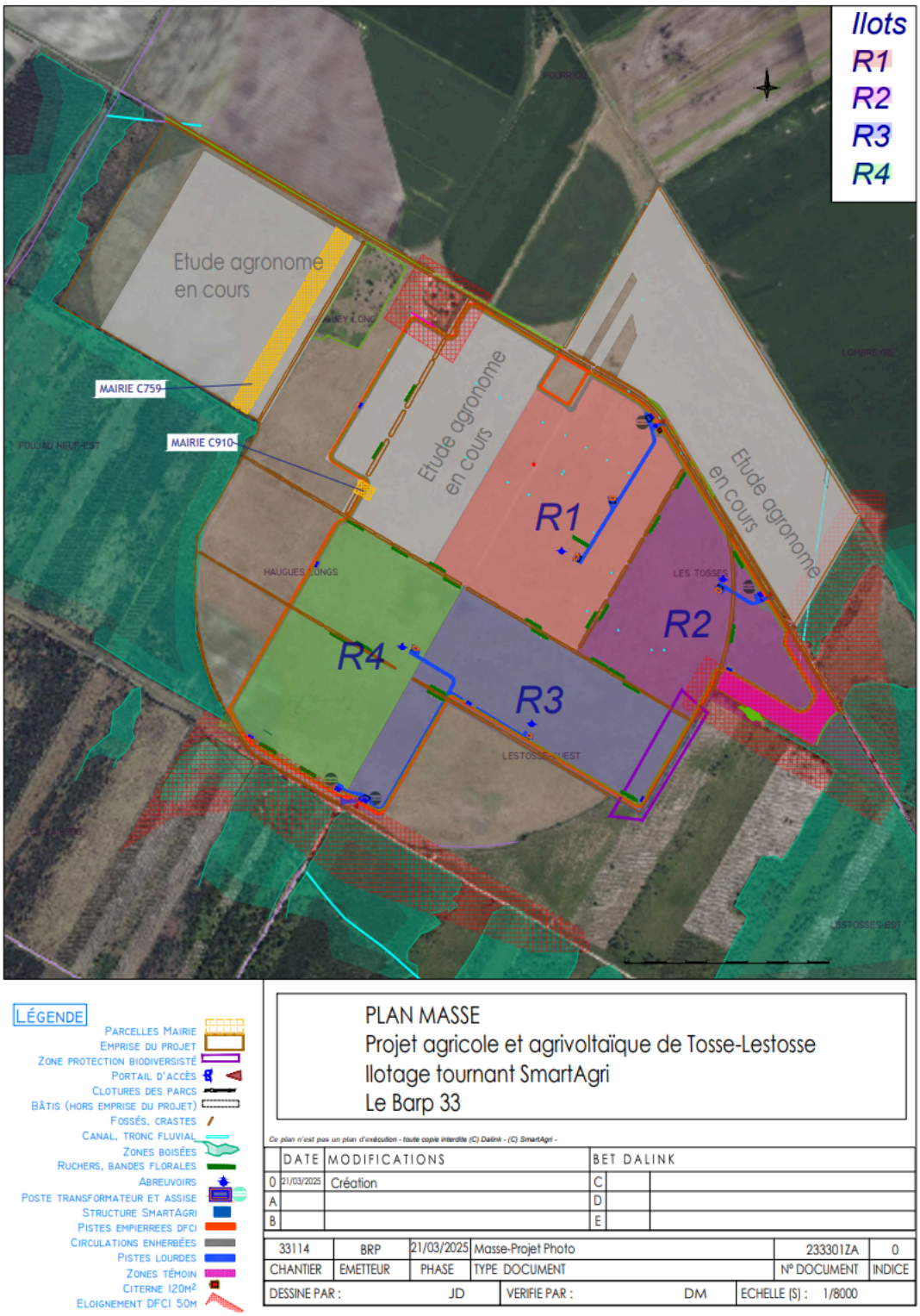


Figure 8 : Localisation des bandes florales sur le plan de masse du parc agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

6. Topographie

La zone d'implantation du projet se trouve à une **altitude moyenne de 70 mètres.** La parcelle d'implantation du projet agrivoltaïque de **Le Barp ne présente pas de pente de plus de 10 % (Figure 9).**



Figure 9 : Cartographie des pentes de la zone d'implantation du projet agrivoltaïque de la ferme de Saucats (Imagreen, 2025).

Le **plan topographique des parcelles concernées par l'implantation du projet agrivoltaïque de Le Barp** est présenté dans la Figure 10 ci-dessous.

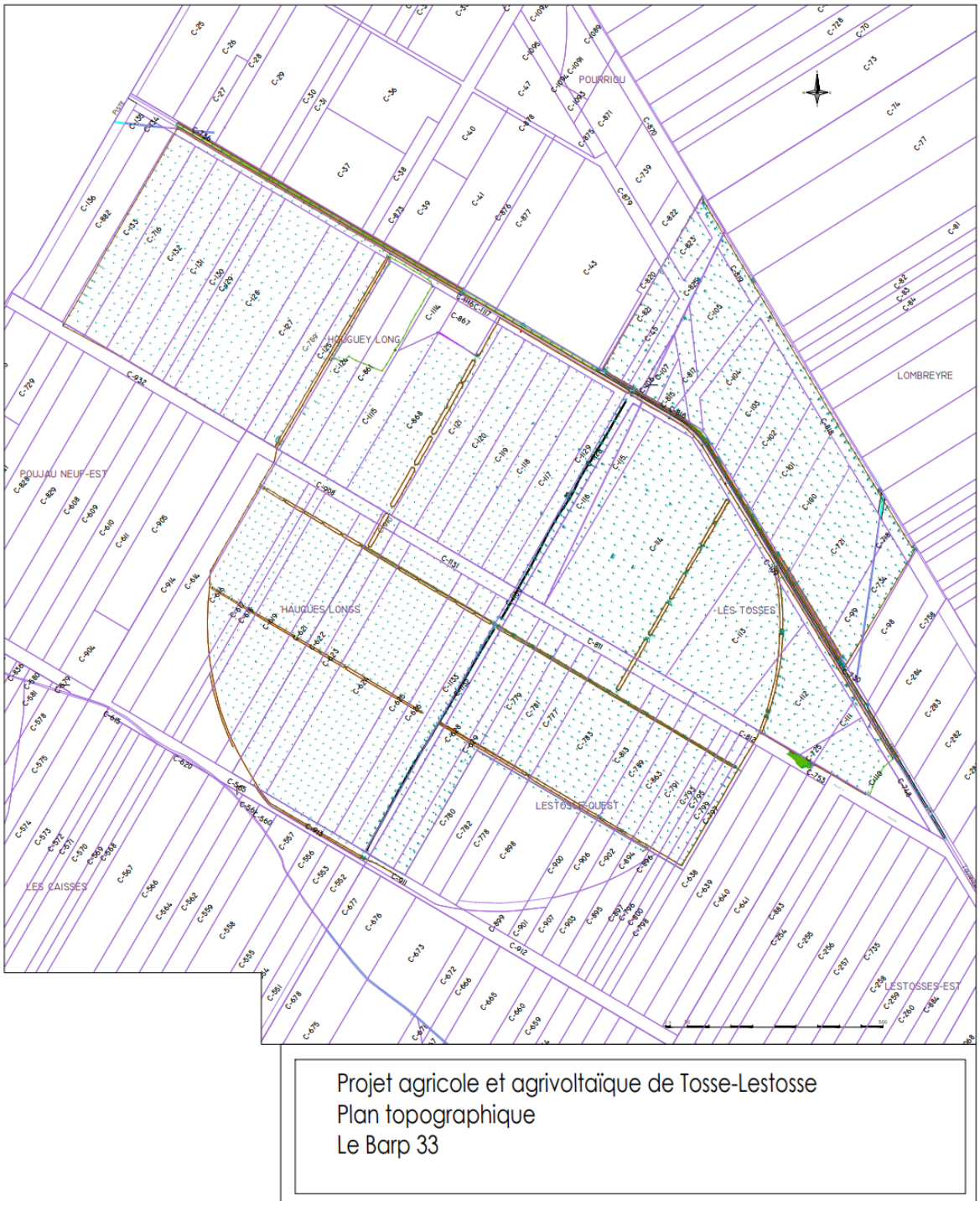


Figure 10 : Plan topographique des parcelles concernées par l'implantation du projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

7. Climat[3], [4], [5], [6]

Comme indiqué dans l'Étude Préalable Agricole (EPA) du projet agrivoltaïque de Le Barp réalisée par Imagreen en 2025[7], le **climat local est dit océanique plus ou moins altéré**, caractérisé par des **hivers relativement doux et des étés chauds. Les précipitations sont bien réparties sur les saisons avec un maximum en novembre et en décembre. L'été, elles sont dues généralement à des averses orageuses.** Le littoral Girondin bénéficie de l'influence de l'océan atlantique ce qui adoucit les hivers et rafraîchit les étés.

Les **températures culminent en juillet et août**, avec une **moyenne de 21,6°C.** À l'inverse, **janvier et février sont les mois les plus frais**, affichant des températures moyennes de **6,4°C et 6,7 °C.** Concernant les précipitations, **novembre est la période la plus humide**, avec des cumuls moyens de **86 mm**, tandis que **juin est la période la plus sèche,** ne recevant que **68 mm de pluie en moyenne.**

Le réchauffement climatique à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine est caractérisé, en 2023, selon l'Observatoire régional sur l'agriculture et le changement climatique en Occitanie (ORACLE) par :

Le changement climatique impose depuis une cinquantaine d'années :

- Une **diminution de l'humidité moyenne** des sols au printemps et à l'automne ;
- Une **augmentation du nombre de jours par an où les sols ont une faible humidité ;**
- Une **augmentation du pourcentage de temps passé en sécheresse**, toutes sévérités confondues.

Les **sécheresses devraient s'intensifier** légèrement mais les **sécheresses des sols s'intensifieront fortement.** Au regard des modèles, de **fortes incertitudes** demeurent sur les **tendances d'évolution de la pluviométrie.**

Le **changement climatique impose une diminution des précipitations utiles** et une **augmentation des épisodes de sécheresses estivales** entraînant une **augmentation du stress hydrique**. Il impose également, une **hausse de l'ETP entraînant une perte d'efficience des systèmes d'irrigation par aspersion.**

Par ailleurs, la **réglementation de la quantité d'eau prélevée** ainsi que **l'augmentation des charges d'électricité** pour faire fonctionner les forages amènent les exploitants, dans la **recherche d'une meilleure valeur ajoutée ; à prioriser dans leurs surfaces irrigables, celles qui seront irriguées.**

---

[3] CLIMATE DATA, 2024. *Climat de Cadaujac*.
[4] IMAGREEN, 2025. *Etude préalable agricole : Projet Agrivoltaïque Ferme de Saucats. 2025*.
[5] ORACLE, 2020. *Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Nouvelle-Aquitaine*.
[6] BORDEAUX MÉTROPOLE, 2022. *Plan Climat Air Energie Territorial 2022-2028*.

Ainsi, le **Bassin d'Arcachon Val de Leyre** ou aussi dénommé **le territoire du SYBARVAL** dont fait partie la commune de **Le Barp** s'est engagé à **soutenir et accompagner le développement de l'énergie photovoltaïque à travers l'élaboration d'un PCAET qui a été révisé pour la période 2025-2031.**

Ce **PCAET** prévoit d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Il prévoit notamment de produire près de **2 050 GWh/an d'énergies renouvelables d'ici 2050, dont à peu près la moitié issue du solaire photovoltaïque.** Dans ce cadre, le projet agrivoltaïque, d'une puissance d'environ **39,9 MWc**, **s'inscrit pleinement dans la dynamique territoriale de développement des énergies renouvelables.**

8. Pédologie et caractéristiques agronomiques[8]

Comme détaillé dans l'étude agricole réalisée par Imagreen en 2025[9], les sols de la zone d'étude sont de **type Podzosols.** Ces derniers sont **très acides (pH 4-5) et ont une faible fertilité naturelle, étant pauvres en nutriments essentiels comme le calcium, le magnésium, le potassium et le phosphore.** Leur **capacité de rétention d'eau varie, souvent faible à modérée, selon la texture et la structure** du sol.

Les Podzosols présentent plusieurs défis pour l'agriculture en raison de leurs caractéristiques spécifiques :

- Leur **pauvreté en nutriments** nécessite des **apports importants d'engrais** pour soutenir la croissance des cultures. Leur **acidité élevée** peut également exiger des **amendements calcaires** pour **augmenter le pH** et rendre les **nutriments plus accessibles** aux plantes.
- Leur **texture** souvent **sableuse** peut entraîner un **drainage excessif**, provoquant la **lixiviation[10] rapide de l'eau et des nutriments** hors de la zone racinaire. Les horizons podzoliques peuvent aussi former des couches **compactes** qui **entravent la croissance des racines et la percolation de l'eau.**
- Les Podzosols sont **mieux adaptés à des cultures tolérantes à l'acidité et à une faible fertilité**, telles que certaines variétés de pommes de terre, de seigle ou de plantes fourragères pour les pâturages. Les pratiques agricoles doivent **inclure des rotations de cultures, l'ajout régulier de matière organique** (comme le compost ou le fumier) pour améliorer la structure et la fertilité du sol. L'utilisation de **cultures de couverture** est également essentielle pour **prévenir l'érosion et améliorer la rétention d'eau**.
- Pour être **durable**, l'agriculture sur ces sols peut nécessiter des **investissements substantiels en termes de correctifs de sol et de gestion des ressources.** Les techniques de conservation des sols et de gestion de l'eau sont essentielles pour maintenir la productivité agricole.

En conclusion, bien que les **Podzosols ne soient pas idéaux pour l'agriculture** en raison de leur **faible fertilité et de leur acidité**, ils peuvent être exploités pour des **cultures spécifiques et des pâturages avec une gestion adéquates et des amendements appropriés. A la vues des nombreuses difficultées, un chaulage[11] a été réalisé sur les parcelles concernées par l'implantation du projet afin d'équilibrer le pH.**

---

[8] GISSOL et SOLS & TERRITOIRES, 2019. *Pédologie, Les sols dominants en France métropolitaine-Description des grandes familles de sols*.

[9] IMAGREEN, 2025. *Etude Agricole : Projet Agrivoltaïque Ferme de Saucats*.

[10] La lixiviation concerne uniquement les éléments solubles puisqu'ils sont entraînés verticalement par infiltration après avoir été dissous

[11] Technique agricole qui consiste à apporter des amendements calciques ou calco-magnésiens à un sol pour en corriger l'acidité, amener le pH à la valeur souhaitable pour les cultures envisagées et permettre ainsi la libération des nutriments nécessaires.

9. Equipements agricoles

Les parcelles du projet ne sont **pas drainées.** Toutefois, actuellement l'exploitation de M. HARVEY bénéficie du réseau hydrographique du *Gat Mort* et du *Saucats*. **L'irrigation des parcelles irrigables est réalisée par aspersion.** Avec le projet agrivoltaïque, **AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP mettra en place un système d'irrigation par micro-aspersion[12].** Bien que les systèmes de goutte à goutte soient généralement un peu plus économes en eau, le **système de micro-aspersion reste tout à fait adapté aux besoins de la culture.** Dans ce cas, le système de micro-aspersion sera **fixé directement sur la structure** des panneaux photovoltaïques, ce qui permettra d'optimiser et d'assurer une distribution efficace de l'eau. Le site possédant déjà des bornes d'irrigation, le système d'irrigation sera branché sur ces dernières.

[12] Le principe de ce système d'arrosage par micro aspersion est de produire une pluie très fine grâce à des micros asperseurs posés tous les 2 à 3 mètres. Ce qui permet un arrosage à basse pression sur un rayon de un à trois mètres.

II. Note technique de l'installation : conformité aux services et impact limité

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

1° **L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques** consiste, selon l'article R.314-110 du code de l'énergie, « d'une part, en une amélioration des qualités agronomiques du sol et, d'autre part, en une augmentation du rendement de la production agricole ou, à défaut, au maintien de ce rendement ou au moins à la réduction de la baisse tendancielle du rendement qui est observée au niveau local. »

2° **L'adaptation au changement climatique**, vise d'après l'article R.314-111 du code de l'énergie « à limiter les effets néfastes du changement climatique se traduisant par une augmentation du rendement de la production agricole ou, à défaut, à la réduction, voire au maintien, du taux de la réduction tendancielle du rendement qui est observée au niveau local, ou par une amélioration de la qualité de la production agricole. »

3° **La protection contre les aléas** est définie par l'article R.314-112 du code de l'énergie comme « la protection apportée par les modules agrivoltaïques contre au moins une forme d'aléa météorologique, ponctuel et exogène à la conduite de l'exploitation et qui fait peser un risque sur la quantité ou la qualité de la production agricole, à l'exclusion des aléas strictement économiques et financiers. »

4° **L'amélioration du bien-être animal** se réfère, selon l'article R.314-113 du code de l'énergie, à « l'amélioration du confort thermique des animaux, démontrable par l'observation d'une diminution des températures dans les espaces accessibles aux animaux à l'abri des modules photovoltaïques et par l'apport de services ou de structures améliorant les conditions de vie des animaux. »

La loi précise également : « Ne peut pas être considérée comme agrivoltaïque une installation qui porte **une atteinte substantielle à l'un des services mentionnés** aux 1° à 4° du II ou une atteinte limitée à deux de ces services. »

1. L'amélioration du potentiel et de l'impact agronomique

Amélioration de la fertilité du sol : Les ovins déposent naturellement des **excréments** riches en **matière organique** et en **nutriments** tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Ces derniers sont essentiels à la croissance des plantes. Les déjections sont riches en matière organique facilement décomposable, ce qui **stimule l'activité microbienne** dans le sol[13]. Cette activité microbienne est essentielle pour le processus de minéralisation, où la matière organique est convertie en **nutriments minéraux disponibles** pour les plantes. De plus, un **pâturage bien réparti** assure une **distribution uniforme** des déjections animales, ce qui évite la **surconcentration** de nutriments dans certaines zones et favorise une **fertilisation équilibrée et naturelle** de l'ensemble de la prairie. Le **pâturage** favorise aussi le **cyclage des nutriments**, où les plantes absorbent les nutriments du sol, les ovins consomment ces plantes, et les nutriments sont ensuite retournés au sol via les déjections. Ce **cycle fermé** réduit la perte de nutriments **par lessivage[14]** et assure une disponibilité continue des nutriments pour les cultures fourragères[15].

Le **broutage** stimule également la **repousse** des plantes, qui développent des **systèmes racinaires plus robustes** et améliorent **la structure** du sol, favorisant ainsi une **meilleure absorption des nutriments[16]**.

Ainsi par la mise en place d'un **pâturage tournant dynamique ovin** dans la **rotation brocoli / légumineuse / graminée**, le projet agrivoltaïque permettra **d'assurer une fertilité naturelle des sols réduisant** le recours aux **engrais chimiques.**

Amélioration de la quantité d'eau disponible dans la réserve utile : Les températures modérées et les conditions d'humidité plus stables sous les panneaux[17] **maintiendront l'activité microbienne** dans le sol. Cette activité est essentielle pour la décomposition de la matière organique, le cycle des nutriments et la fertilité du sol[18]. L'amélioration de l'activité microbienne, tendra à **augmenter le taux de matière organique**, améliorant la **texture** du sol et **augmentant la réserve utile** du sol[19] (Figure 11).

[13] BLOOR, 2012. *Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies.*
[14] le lessivage des constituants du sol (particules argileuses, limoneuses) désigne le processus d'entraînement, par l'eau d'infiltration ou par l'eau souterraine, de ces constituants insolubles.
[15] BILE, 2024. *Bouclage des cycles de nutriments.*
[16] LEBON, 2014. *Direct and apparent compensation in plant-herbivore interactions.*
[17] DUPRAZ, 2011. *Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use : Towards new agrivoltaic schemes.*
[18] UNIFA, 2023. *La fertilité biologique des sols.*
[19] MARSDEN, 2023. *Les rôles de la matière organique.*

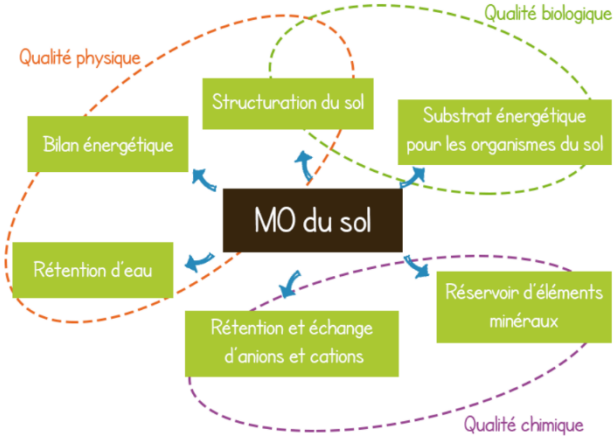


Figure 11 : Les rôles de la matière organique (Marsden, 2023).

La diminution de la température et l'ombrage qu'offrent les panneaux **réduira l'évapotranspiration** du sol et participera à **augmenter la quantité d'eau** disponible pour les plantes[20]. Ainsi l'amélioration de la quantité d'eau disponible dans la réserve utile maintiendra **les rendements, voir les augmentera** en période de sécheresse.

La **diminution des températures et l'augmentation de l'humidité relative du sol** induit par la **structure agrivoltaïque**, maintiendra l'activité microbienne **améliorant la texture et donc la réserve utile du sol.** D'autre part, la **diminution des températures de l'air** tendra à **réduire l'évapotranspiration augmentant la quantité d'eau disponible** pour la plante. Les **rendements** seront **préservés en période de sécheresse.**

Amélioration de l'absorption de l'eau par le sol et diminution du risque de déficit en oxygène : L'augmentation du taux de matière organique **réduira** le risque de **tassement** du sol, néfaste pour l'enracinement des plantes[21]. Cette amélioration de la structure du sol participera à assurer une **bonne circulation de l'eau** dans le sol. Cette dernière participera aussi à **réduire l'excès d'eau** dans le sol et donc à **faciliter les échanges gazeux** entre le sol et les racines. Le **risque de déficit en oxygène** empêchant le bon développement des racines sera **réduit[22]**. La diminution de la température sous panneaux permettra **d'éviter la formation de croûte de battance[23]** qui empêche le sol d'absorber l'eau de manière optimale. Dans cette logique le sol **subira moins d'érosion,** les nutriments apportés au sol ne **seront moins lixiviés** et seront **rendus plus disponibles** pour les plantes[24]. D'autre

[20] BAUDART, 2022. *Quels effets de l'agrivoltaïsme sur les cultures.*
[21] GRAVE, 2023. *Réserve en eau du sol : « augmenter la matière organique, c'est bien, éviter le tassement, c'est mieux ».*
[22] TERREOM, 2024. *La matière organique du sol : rôles, cycle, indicateurs, mesure et pratiques favorables.*
[23] Couche superficielle du sol qui empêche l'eau et l'air de s'infiltrer.
[24] PEIGNE, 2023. *Processus écologique : la battance.*

part, **la préservation d'une couverture végétale sous les ombrières** permettra de **limiter l'érosion** causées par les **intempéries ou les travaux agricoles. La structure et la qualité des sols sera maintenue sur plusieurs cycles de production.** Ainsi, l'amélioration de l'absorption de l'eau par le sol et la diminution du risque de déficit en oxygène contribuera à **maintenir les rendements, voir à les augmenter** en période de sécheresse.

L'augmentation du taux de matière organique induit par les effets climatiques de la structure permettra **d'améliorer la structure du sol.** La **circulation de l'eau et les échanges gazeux** du sol seront **facilités réduisant le risque de déficit en oxygène.** Le risque de **formation de croûte de battance** sera **réduit** permettant une **meilleure disponibilité des éléments nutritifs** pour les plantes. Les **rendements** seront **préservés en période de sécheresse.**

<u>Augmentation de la biodiversité locale</u> : L'ombrage partiel, les espaces sous les ombrières ainsi que les bandes florales favoriseront un **habitat pour les insectes pollinisateurs**, les **lombrics** et d'autres espèces essentielles à l'écosystème agricole. De ce fait, les **services écosystémiques** comme la **pollinisation** et la **régulation naturelle des nuisibles seront améliorés.**

La structure agrivoltaïque offre un **habitat pour les insectes pollinisateurs, lombrics et autres espèces.** L'amélioration des **services écosystémiques** permettra une **régulation naturelle des nuisibles.**

Une synthèse sur la synergie des productions agricoles qui seront intégrées dans la rotation envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp et la structure agrivoltaïque est disponible dans la Figure 12 et le Tableau 2 ci-dessous.

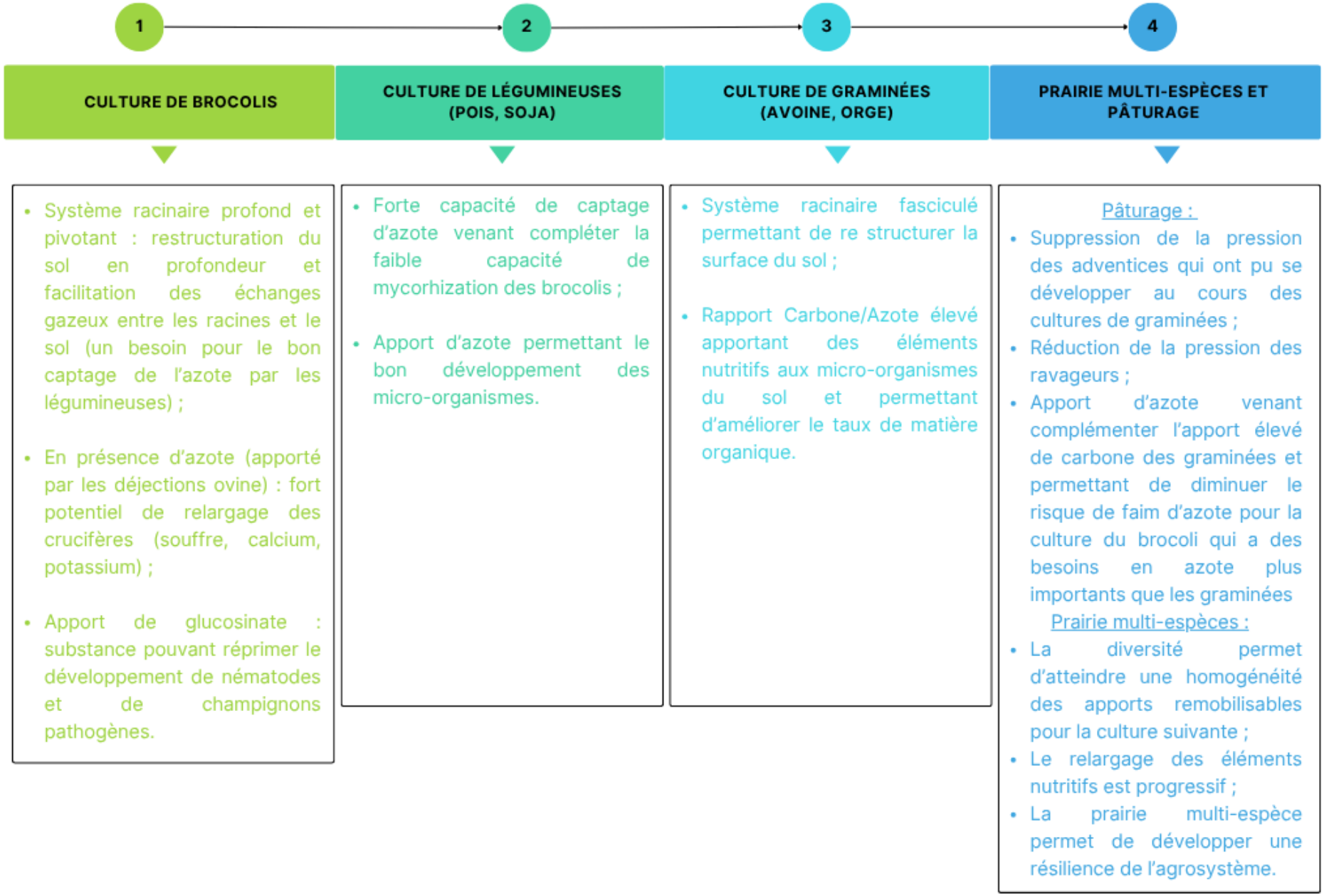


Figure 12 : Synergie du potentiel agronomique développé par la rotation envisagée (Réalisation Imagreen, 2025).

Tableau 2 : Synthèse sur l'effet du projet agrivoltaïque de Le Barp sur le potentiel agronomique des sols.

Synergie avec la structure agrivoltaïque
Apport d'une fertilité naturelle des sols réduisant le recours aux engrais chimiques
Diminution des températures et augmentation de l'humidité relative du sol qui maintiendra l'activité microbienne améliorant la texture et donc la réserve utile du sol
Diminution des températures de l'air et du sol qui tendront à réduire l'évapotranspiration augmentant la quantité d'eau disponible pour les plantes

Synthèse :

Le projet agrivoltaïque de Le Barp devrait indirectement contribuer à l'**améliorer les qualités agronomiques du sol** ce qui tendra à **augmenter les rendements** en période de **sécheresse**. En **conditions normales**, les **qualités agronomiques du sol** ne seront **pas amenuit** par la structure agrivoltaïque et **les rendements seront maintenus.** La structure, offrant un **habitat à multiples espèces d'insectes** participera également à la **régulation naturelle des nuisibles.** Ainsi, bien que la structure agrivoltaïque ne réponde pas directement à ce service, elle ne génèrera aucune atteinte substantielle à la qualité des sols ou aux rendements agricoles.

L'effet du projet sur l'amélioration du potentiel et de l'impact agronomique est estimé comme positif en période de sécheresse et neutre en conditions normales.

2. L'adaptation au changement climatique

1.1. Le rayonnement

Les quantités de rayonnements sont plus faibles sous la structure agrivoltaïque : En dehors du point situé sous la plus grande hauteur des panneaux, par rapport à des conditions de plein champ le rayonnement est plus faible. Il est également **plus faible au niveau des pieux.** Une bande de **20 cm de large étant enherbée, non cultivée, sous les panneaux cette diminution du PAR à cet endroit n'aura pas d'impact sur les rendements.** D'autre part, il est possible, en fonction de la **nature adaptative de l'espèce cultivée,** d'identifier une **corrélation négative entre l'indice chlorophyllien (CI) et le PAR moyen.** C'est-à-dire, dans le cas de **la courge** par exemple, que **sous de faibles conditions lumineuses** la plante développe des capacités **adaptatives** qui lui permettent de **fixer plus d'énergie lumineuse disponible pour la photosynthèse.** Ces constats sont illustrés par les trois retours d'expériences présentés ci-dessous.

Site agrivoltaïque de Grafton aux USA : production de courges musquée et de laitues (UMassAmherst, 2024).

L'expérimentation a été réalisée en **2023 à Grafton (Figure 13)**. La **courge musquée** a été choisie car reconnue pour sa **tolérance à la chaleur** ainsi que la **laitue** reconnue comme une **culture de saison fraîche et tolérante à l'ombre.** Ainsi avec des cultures aux **exigences contrastées** ces deux cultures pouvaient fournir des **retours d'expériences pertinents.**

La technologie installée en 2021 repose sur : des **ombrières fixes orientées au sud-est avec un azimut de 135°** ; la **hauteur** du bord inférieur des panneaux est de **3,2 m** ; les **panneaux verticaux** ont une **dimension de 0,9 par 1,98 m** ; **l'ombrage moyen est de 26 %** avec un ombrage maximum de 46 %.



Figure 13 : Site agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024).

La courge musquée et la laitue étant des légumes il est considéré que les mêmes résultats peuvent s'apprécier sur le brocoli.

[25] UMASSAMHERST, 2024. *Butternut Squash and Lettuce Production Under Agrivoltaix Solar Array in Grafton, MA.*

Site agrivoltaïque de Grafton aux USA : production de courges musquée et de laitues (UMassAmherst, 2024).

Les scientifiques ont analysé plusieurs variables : la **radiation photosynthétique active (Figure 15), l'humidité relative, la température de l'air et du sol ainsi que la croissance et le rendement** des courges et des laitues. Ces analyses ont été réalisées en **tête de rangée (BP1), entre deux panneaux (BP2 et 3) et sous les panneaux à l'arrière (BP4) (Figure 14).**

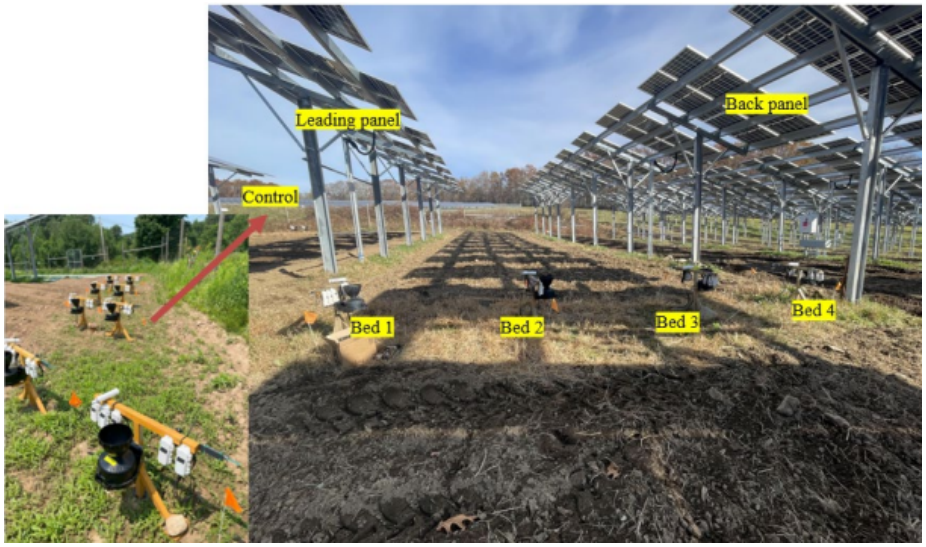
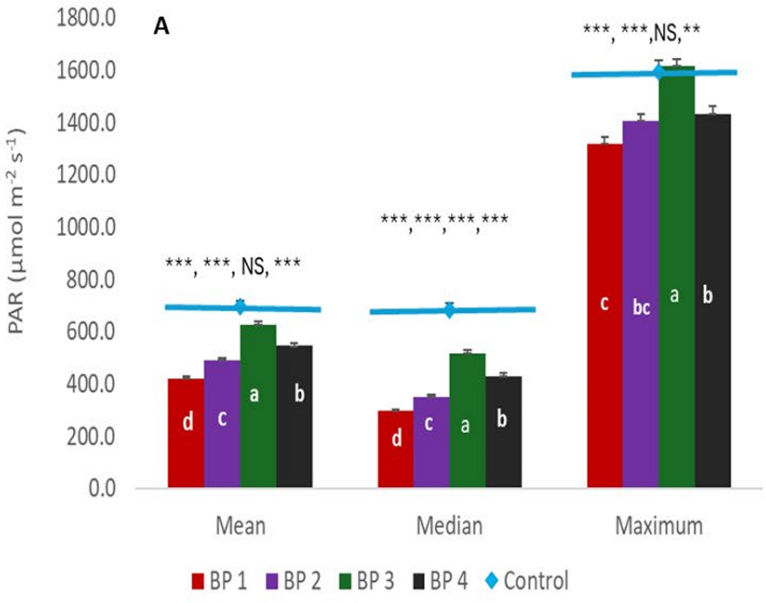


Figure 14 : Méthodologie d'analyse du site de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024).



1.

Figure 15 : Analyse statistiques du PAR dans le cadre du suivi de la centrale agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024). BP3 correspond à l'analyse au sol du PAR en dessous du point le plus haut des trackers.

La courge musquée et la laitue étant des légumes il est considéré que les mêmes résultats peuvent s'apprécier sur le brocoli.

Etude de cas du soja (*Glycine max L.*) sous système agrivoltaïque et simulation de modélisation (Potenza, Colauzzi, Amaducci, 2024).

L'étude est réalisé dans le cadre d'une **installation Rem-Tec** dans laquelle les panneaux sont montés sur **pilotis** sur un **système de suivi solaire biaxial**. Le système comprend **une zone témoin et 8 zones agrivoltaïques** (AV1 à AV4 répétés deux fois) avec des **niveaux d'ombrage différents (Figure 16). Les rendements en grains** ont été analysés et sont présentés dans la Figure 17.

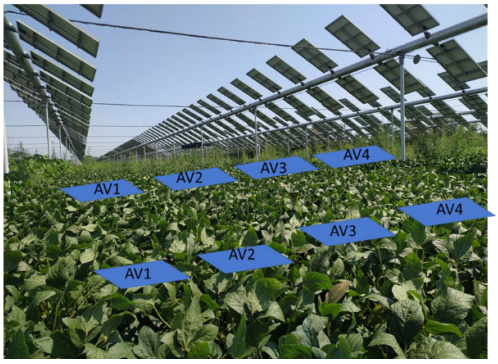


Figure 16 : Configuration expérimentale de l'essai de soja à Monticelli D'ongina (Potenza, Colauzzi, Amaducci, 2024).

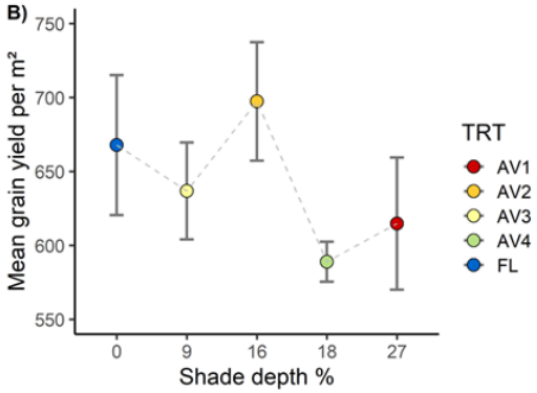


Figure 17 : Analyse statistiques des rendements en grain moyen par m2 en fonction de la proportion d'ombrage (Potenza, Colauzzi, Amaducci, 2024).

Ses études révèlent la **plasticité du soja** dans sa réponse à l'ombrage puisque le **rendement à diminué de 8 %** mais **se maintien** sous système agrivoltaïque. Ainsi il est considéré que **les mêmes effets peuvent être attendus dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[27]

[26] UMASSAMHERST, 2024. *Butternut Squash and Lettuce Production Under Agrivoltaix Solar Array in Grafton, MA.*

[27] POTENZA, COLAUZZI, AMADUCCI, 2024. *A case study of soybean (Glycine max L.) under agrivoltaic systyem and modelling simulation.*

De plus, **l'ombrage moyen, l'hétérogénéité du rayonnement et le partage lumineux** peuvent entraîner un **risque considéré comme moyen à fort sur l'élaboration des rendements.** Toutefois, **la structure agrivoltaïque étant pilotable**, il est considéré que **les besoins en rayonnement des cultures pourront être couverts sans courir un risque de perte de rendement de plus de 10 % par rapport à une zone témoin.** De cette manière, les ombrières **prolongeront les périodes de croissance** pour les cultures, permettant des **récoltes tardives ou des cultures successives.**

Site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam : production de brocolis (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

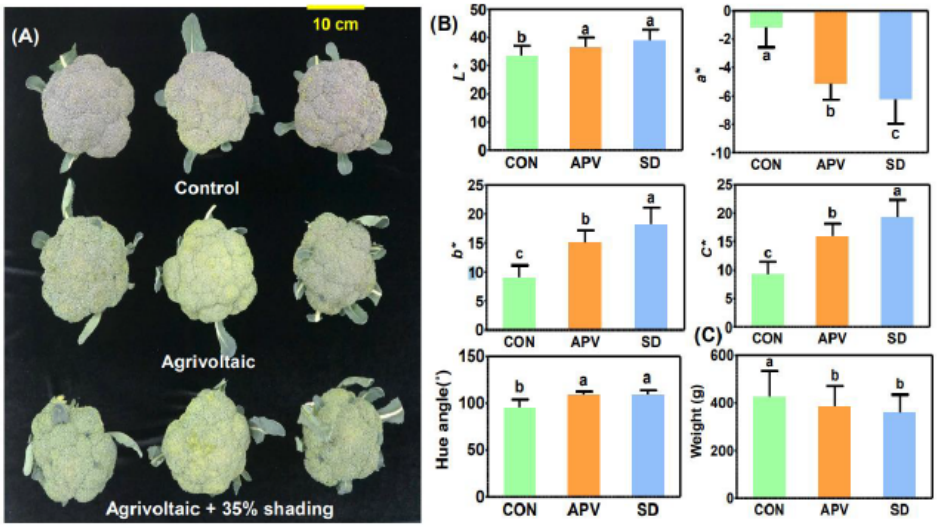


*Figure 18 : Photos représentant chaque traitement (**A**), les caractéristiques colorimétriques (L* : luminosité, a* : rougeur, b* : jaunissement, C* : chromes an fonction de chaque traitement (**B**), le poids moyen des têtes de brocolis (**C**). Con : contrôle, AV et AC : agrivoltaïque (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).*

Enfin, la **réduction significative du PAR** entraîne une **amélioration de la couleur** chez **les brocolis** (vérifié également chez les asperges) qui apparaissent comme **plus verts** sous les structures agrivoltaïques. La couleur est une propriété importante qui va au-delà de la qualité, elle intervient dans le **désir d'achat des consommateurs.** Sous panneaux, les couleurs des brocolis sont plus prononcées ainsi que l'angle de teinte (Figure 18).

[28] SEUNG-HUN, HYE JOUNG et HYEON-WOO, 2022. *Agrivoltaic Systems Enhance Farmers' Profits through Broccoli Visual Quality and Electricity Production without Dramatic Changes in Yield, Antioxidant Capacity, and Glucosinolates.*

La structure agrivoltaïque induit un **rayonnement photosynthétique actif accrue uniquement sous la plus grande hauteur des panneaux** n'impactant pas les rendements. Lorsque le **PAR est plus faible** sous la structure agrivoltaïque, la plante peu développer des **mécanismes adaptatifs** lui permettant de **fixer plus d'énergie lumineuse pour la photosynthèse ce qui pourrait être le cas du brocoli**. De plus, **l'ombrage moyen, l'hétérogénéité du rayonnement ainsi que le partage lumineux pourront être pilotés** sans impact significatif sur le rendement. Les ombrières **prolongeront aussi les périodes de croissance** pour les cultures, permettant des **récoltes tardives ou des cultures successives.** D'autre part, une **diminution significative du rayonnement** entraîne une **amélioration de la couleur** des brocolis, caractéristique qui intervient dans le **désir d'achat des consommateurs.**

1.1.1. Les températures

<u>Diminution des températures sous panneaux :</u> La diminution des températures au niveau du sol, créera un microclimat plus frais qui **diminuera l'évapotranspiration** des plantes limitant ainsi leur **stress thermique** et favorisant leur productivité. De plus, la diminution des températures aura un effet **positif** sur tous les **stades physiologiques** des plantes menant à **l'élaboration du rendement**. Ainsi **le risque d'avoir un rendement de moins de 90 % de celui observé en zone témoin est faible.** D'autre part, la **diminution des températures** sous les panneaux et des **périodes de forts ensoleillement néfastes**, permettra également de **réduire les risques de brûlures des plantes.**

<u>Site agrivoltaïque de Grafton aux USA : production de courges musquée et de laitues (UMassAmherst, 2024).</u>

L'analyse statistique de la température de l'air entre la zone témoin et la structure agrivoltaïque est présentée dans la Figure 19 ci-dessous.

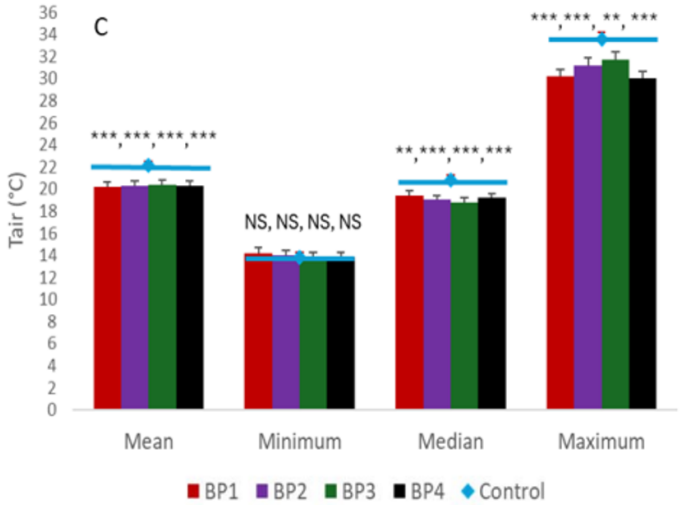


Figure 19 : Analyse statistiques de la température de l'air dans le cadre du suivi de la centrale agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024).

La courge musquée et la laitue étant des légumes il est considéré que les mêmes résultats peuvent s'apprécier sur le brocoli.

[29]

[29] UMASSAMHERST, 2024. *Butternut Squash and Lettuce Production Under Agrivoltaix Solar Array in Grafton, MA.*

Céréales à paille : quelles conséquences des températures élevées sur le remplissage des grains (Deswarte, 2017) ?

Les effets d'une **diminution du stress thermique** sur les différents stades du cycle des céréales participant à l'élaboration du rendement sont décrits dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Effets d'une diminution du stress thermique sur les céréales à paille.

Avant la floraison	Elaboration d'un nombre de grain par épi optimal.
Entre la floraison et le stade grain laiteux	Bonne multiplication cellulaire des grains et élaboration d'une taille et d'un poids des grains optimaux.
Remobilisation	Bonne migration des sucres dans les grains et élaboration d'un poids de mille grains optimal.
Maturité physiologique	Elaboration d'un grain de bonne qualité avec une réduction des phénomènes de polymérisation des protéines (induit par les fortes chaleurs).
Tout au long du cycle	Réduction de la sénescence des feuilles et augmentation du niveau de photosynthèse participant à un bon remplissage des grains et au maintien d'une absorption correcte d'azote.

Ainsi, il est considéré que **les mêmes effets pourront être identifiés sur l'avoine et l'orge qui seront introduits dans la rotation envisagée du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[30] DESWARTE, 2017. *Céréales à paille : quelles conséquences des températures élevées sur le remplissage des grains ?*

Site agrivoltaïque de d'Ombrea dans le Lot-et-Garonne : production d'asperges (Ombrea, 2023).

Le projet agrivoltaïque **d'Ombrea** dans le Lot-et-Garonne a été **initié en 2022** sur une parcelle de **1 130 m2 cultivée en asperges (Figure 20)**. Il comprend une **zone témoin de 300 m2** ainsi qu'un **pilotage intelligent** basé sur l'expertise d'Ombrea qui s'appui également sur les besoins de protection climatique identifiés par l'agriculteur et les recommandations de la chambre d'agriculture. Le **suivi scientifique** est coordonné sur **5 ans par Ombrea et l'exploitant.** Sur ce site les **périodes de fort ensoleillement ont été réduites de 66 %** ainsi que les **risques de brûlures des asperges.** Ces effets ont permis de **maintenir les rendements** par rapport à la zone témoin.



Figure 20 : Site agrivoltaïque d'Ombrea dans le Lot-et-Garonne (Ombrea, 2023).

L'asperge étant un légume il est considéré que les mêmes impacts pourraient être observés sur le brocoli.

[31]

[31] OMBREA, 2023. *Ombrea inaugure un 1er site agrivoltaïque sur une parcelle maraichère dans le Lot-et-Garonne.*

Site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam, Corée du sud : production de brocoli (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

La technologie du site est composée de modules bifaciaux (Figure 21) de **3,3 m de haut** avec une **production moyenne d'électricité de 127 KWh par jour**. Les analyses, effectuées sur trois périodes différentes, révèlent **une légère diminution de la durée de croissance (Figure 22) et du degré jour de croissance moyen du brocoli (Figure 23).**



Figure 21 : Site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

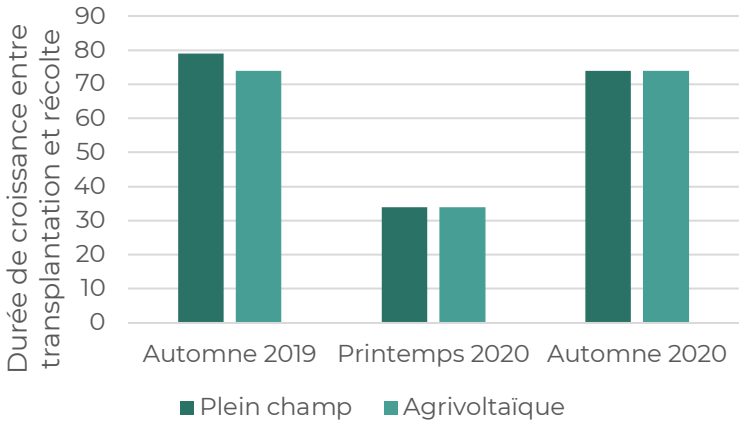


Figure 22 : Durée de croissance entre la transplantation et la récolte (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

[32] SEUNG-HUN, HYE JOUNG et HYEON-WOO, 2022. *Agrivoltaic Systems Enhance Farmers' Profits through Broccoli Visual Quality and Electricity Production without Dramatic Changes in Yield, Antioxidant Capacity, and Glucosinolates.*

Site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam, Corée du sud : production de brocoli (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

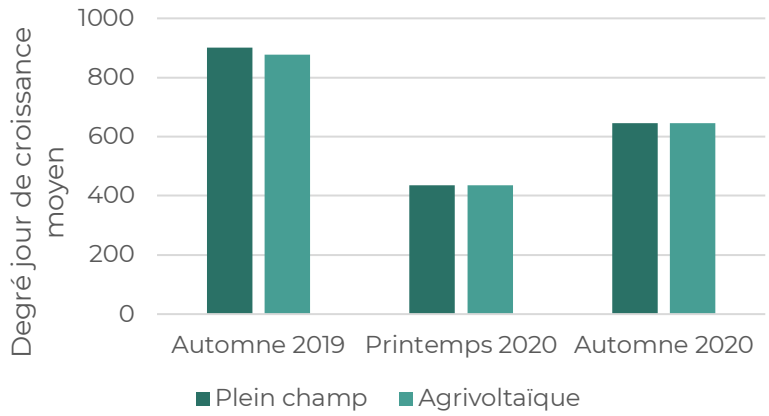


Figure 23 : Degré jour de croissance moyen (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

La **durée de croissance du brocoli entre sa transplantation et sa récolte (DTH)** peu être **légèrement inférieur** par rapport à une zone témoin. De la même manière, **le degré jour de croissance moyen (GDD) peu aussi être légèrement inférieur** à une zone témoin. Ces **diminutions légères** de la durée de croissance et du degré jour moyen **impact peu les rendements en brocolis sous structure agrivoltaïque.**

[33]

Un système intégré avec pilotage intelligent permettant d'adapter, en temps réel, les conditions climatiques et hydriques en fonction des besoins des cultures : L'ajustement automatique des parois (horizontales et verticales) des panneaux photovoltaïques permet de **gérer la luminosité et l'ombrage** de manière contrôlée et plus homogène, favorisant une **meilleure croissance des cultures sensibles à l'ensoleillement excessif et/ou au stress hydrique** et **thermique**[34]. En réponse aux **informations collectées par le capteur PAR et la pyranomètre** cette technologie permet également **d'éviter la stagnation de chaleur qui peut être observée sous des structures fixes et non pilotables.** Cette technologie offre des avantages significatifs pour une installation sur parcelles agricoles comme c'est le cas pour les trackers[35]. Ils peuvent **adapter leur position en fonction des besoins agricoles spécifiques des différentes cultures** (ex : une gestion lumineuse spécifique à la culture dans son environnement)[36].

---

[33] SEUNG-HUN, HYE JOUNG et HYEON-WOO, 2022. *Agrivoltaic Systems Enhance Farmers' Profits through Broccoli Visual Quality and Electricity Production without Dramatic Changes in Yield, Antioxidant Capacity, and Glucosinolates.*

[34] BRUNEL-MUGUET, 2013. *Light Restriction Delays Leaf Senescence in Winter Oilseed Rape (Brassica napusL.).*

[35] PILAR SÀNCHEZ, 2021. *Nouveau design de tracker pour l'agrivoltaïque.*

[36] WILLOCKX, 2023. *Performance evaluation of vertical bifacial and single-axis tracked agrivoltaic systems on arable land.*

La structure agrivoltaïque induit une **diminution de la température de l'air** sous les panneaux ce qui **diminue l'évapotranspiration et le stress thermique** des plantes. Cet effet est considéré comme **positif sur l'ensemble des stades physiologiques menant à l'élaboration du rendement.** La structure permet également de **limiter les périodes de fort ensoleillement ainsi que les risques de brûlure.** Le pilotage de la structure, induit par les données collectées par les capteurs, permettra **d'éviter la création d'îlot de chaleur** observés sous des structures fixes.

1.1.2. L'eau

Augmentation de l'humidité de l'air et du sol sous panneaux : De la même manière, l'amélioration de l'absorption de l'eau par les sols, la bonne circulation de l'eau ainsi que la diminution des risques d'excès d'eau et de formation de croûte battance devrait permettre aux plantes une **alimentation optimale en eau** et **réduire** considérablement les périodes de **stress hydrique**. De plus, la diminution du stress hydrique devrait avoir un effet positif sur tous les **stades physiologiques** des plantes. Ainsi les **rendements devraient être maintenus voir augmentés en période de sécheresse**[37].

Site agrivoltaïque de Grafton aux USA : production de courges musquée et de laitues (UMassAmherst, 2024).

Les analyses statistiques de **l'humidité relative** entre une zone témoin et une zone agrivoltaïque sont présentées dans la Figure 24 ci-dessous.

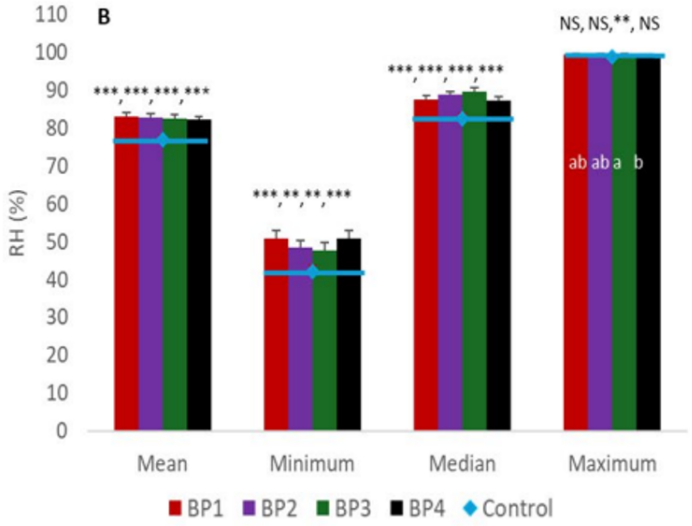


Figure 24 : Analyse statistiques de l'humidité relative dans le cadre du suivi de la centrale agrivoltaïque de Grafton, USA (UMassAmherst, 2024).

La courge musquée et la laitue étant des légumes il est considéré que les mêmes résultats peuvent s'apprécier sur le brocoli.

[38]

[37] FRÉMONT, 2024. *Climat : les prairies très vulnérables face aux sécheresses extrêmes.*
[38] UMASSAMHERST, 2024. *Butternut Squash and Lettuce Production Under Agrivoltaix Solar Array in Grafton, MA.*

Sites pilotes INRAE de Braize (Allier) et de Marmanhac (Cantal), Madej, 2024 :

Deux **sites pilotes INRAE** ont récemment étudié l'impact des centrales photovoltaïques sur la **pousse de l'herbe et la qualité du fourrage sur pied.**

Le **site de Braize** d'une surface de **30,08 ha** a été mis en exploitation en **2018 (Figure 25).** La prairie sous panneaux était composée de ray-grass, trèfle et fétuque. Le **suivi de la pousse de l'herbe** a été réalisé sur une surface de 14,72 ha avec un cheptel de 80 – 100 brebis soit 0.8 -1 UGB/ha.

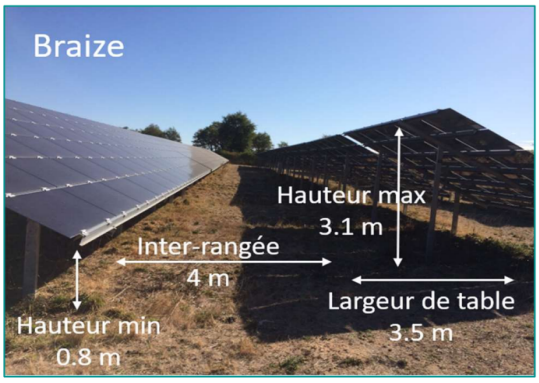


Figure 25 : Caractéristiques techniques du site de Braize (Madej, 2024).

Le **site de Marmanhac** d'une surface de **21,7 ha** a été mis en exploitation en **2014 (Figure 26).** La prairie sous panneaux était une prairie mésophile (formations végétales herbacées installées sur des sols relativement fertiles et bien drainés). Le **suivi de la pousse de l'herbe** a été réalisé sur une surface de 12,89 ha avec un cheptel de 150 brebis et 50 agneaux soit 1,7 UGB/ha.

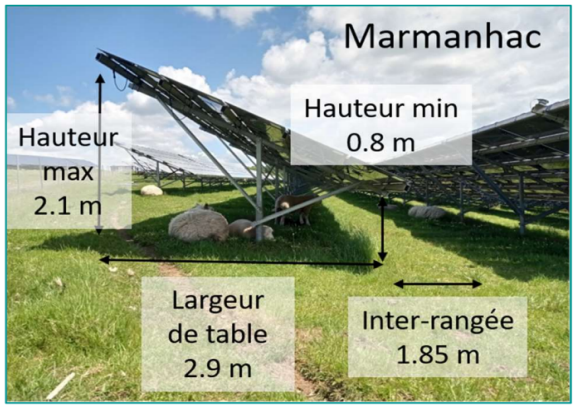


Figure 26 : Caractéristiques techniques du site de Marmanhac (Madej, 2024).

Une réduction de 25 % de l'évapotranspiration dans une prairie ayant une moyenne de 5 mm/jour se traduit par une économie de 1,25 mm d'eau par jour. Sur une période de 100 jours de forte chaleur, cela équivaut à une **économie totale de 125 mm d'eau, soit 125 000 litres par hectare.** Cette eau conservée est **disponible pour les plantes, soutenant leur croissance même en conditions de stress hydrique.**

Sites pilotes INRAE de Braize (Allier) et de Marmanhac (Cantal), Madej, 2024 :

Les résultats sur les deux sites ont montré (Madej, 2024) :

- ✓ Un **maintien de production cumulée de biomasse**, avec un **étalement de la ressource fourragère** sur toute l'année ;
- ✓ A l'été 2020, une pousse de l'herbe **de 125 % à 200 % supérieure à celle en pleine lumière** et une meilleure croissance de l'herbe en général (entre 0 et 55 mm de croissance de plus par jour sur les 2 sites) (Figure 27). L'indice de végétation était aussi plus élevé, c'est-à-dire que l'herbe restait « **plus verte plus longtemps** ». La **qualité fourragère** était également **supérieure** en ayant un taux d'azote plus important et une teneur en fibre diminuée grâce à la **maturation retardée** et à la **réduction des stress** ;
- ✓ A l'abris des panneaux solaires, **une demande climatique réduite** puisque le rayonnement plus faible de **92-94%** induit une **diminution de l'évapotranspiration de plus de moitié** ce qui permet de garder un stock en eau plus longtemps et d'avoir une meilleure **efficacité d'utilisation de l'eau pour la biomasse.** En été, le sol était plus humide et frais que sur les autres zones (en moyenne +2°C en inter-rangée et +2°C supplémentaire sur le témoin).

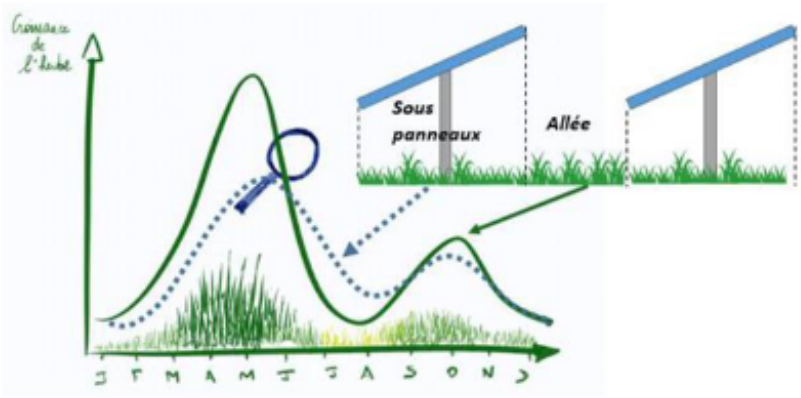


Figure 27 : Croissance théorique de l'herbe sous panneaux et dans l'allée (Madej, 2024).

Il est considéré que **ces mêmes effets pourront être observés dans le cadre de la prairie mise en place dans la rotation envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp.**

39

[39] MADEJ, 2024. *Rapport de deux ans de suivis en exclos sur deux sites agrivoltaïques à panneaux fixes pâturés par des ovins en plaine (Braize) et en moyenne montagne (Marmanhac) et sur un site agrivoltaïque à panneaux trackers en plaine (Eglisottes).*

Etat des cultures : Quel impact de la sécheresse sur les céréales (Deswarte, 2022) ?

L'effet d'une **diminution du stress hydrique sur les différents stades du cycle des céréales** participant à l'élaboration du rendement est présenté dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Effet d'une diminution du stress hydrique sur les céréales.

Phase de tallage (pour les céréales d'hiver)	Participe à une bonne émission des talles et donc à l'élaboration d'un nombre d'épis optimal.
Phase de montaison	Bonne montée des épis favorisée par une bonne disponibilité et une bonne absorption de l'azote par le système racinaire. La densité finale d'épis ainsi que leur fertilité sont améliorées.
Fin de montaison et au cours du remplissage des grains	Formation optimale des grains participant à l'élaboration d'un poids de mille grains optimal.
Tout au long du cycle	Amélioration de la photosynthèse, de l'absorption racinaire et du refroidissement des tissus végétaux. Maintien de l'ouverture des stomates et du flux d'eau au sein du continuum sol-plante-atmosphère participant à l'entrée du dioxyde de carbone (nécessaire à la photosynthèse), à l'évaporation d'eau à la surface des feuilles (pour abaisser leur température) ainsi qu'à l'absorption d'eau et de nutriments par les racines.

Il est considéré que **les mêmes effets pourraient s'apprécier sur l'avoine et l'orge qui seront introduit dans la rotation du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

40

Un système intégré avec pilotage intelligent permettant d'adapter, en temps réel, les conditions climatiques et hydriques en fonction des besoins des cultures : Les panneaux pilotés, grâce aux données collectées par les capteurs **d'humidité du sol et d'humectation foliaire**, contribueront à une **gestion plus efficace de l'eau** en **limitant l'évapotranspiration** des plantes grâce à un **ombrage ajusté**. Cela permet de conserver un **taux d'humidité plus important**. Cette caractéristique est **d'autant plus intéressante dans un territoire sujet à la sécheresse comme la Gironde.**

[40] DESWARTE, 2022. *Etat des cultures : Quel impact de la sécheresse sur les céréales d'hiver ?*

Une augmentation de l'efficience de l'irrigation et une réduction de la consommation en eau : D'autre part, **les températures plus fraîches ainsi qu'une augmentation de l'humidité de l'air et du sol entraîne une réduction significative de d'irrigation.** L'évapotranspiration du sol et des plantes étant limitée avec l'ombrage, le projet permettra **d'augmenter l'efficience de l'irrigation**[41]. Ainsi, **moins d'eau d'irrigation sera utilisée, en juste quantité et utilisée par les plantes de manière efficiente**. Les exploitants étant de plus en plus impactés par de **nouvelles réglementations** concernant les a**utorisations de pompage,** l'amélioration de l'efficience de l'irrigation est **cruciale** pour les projets agricoles développés[42].

Site agrivoltaïque de la Ferme de Jack, USA : production de tomates, courges, carottes, betteraves, laitue, chou frisé et poivrons (Agritecture, 2022).

Une douzaine de projet de ce type sont développés aux Etats-Unis. Celui-ci, la **Ferme de Jack (Figure 28), compte 3 200 panneaux** dimensionnés stratégiquement pour que le soleil puisse atteindre les cultures (**2,4 m au dessus du sol**). La centrale alimente **300 maisons privées**. Dans le cadre des analyses de ce site, les scientifiques ont constaté que **les cultures étaient de 100 à 300 % plus productives selon les espèces et l'ombrage**. Ils ont également relevé la **réduction de l'utilisation d'eau d'irrigation de 15 % ce qui représente une diminution de 157 % de la consommation d'eau.**



Figure 28 : site agrivoltaïque de la Ferme de Jack, USA (Agritecture, 2022).

Il est considéré que **les mêmes effets pourront être observés sur les brocolis inséré dans la rotation envisagée dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[43]

[41] DEBOUTTE, 2023b. *TSE inaugure une canopée agrivoltaïque équipée d'un système d'irrigation intelligent.*
[42] TERRATERRE, 2024. *Etude préalable agricole au titre de l'article 28 de la loi du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt.*
[43] AGRITECTURE, 2022. *Largest farm to grow crops under solar panels proves to be a bumper corp for agrivoltaic land use.*

<u>Une augmentation de l'efficience des intrants et produits phytosanitaires :</u> Les panneaux favoriseront un **écoulement homogène** et participeront à **limiter l'érosion**[44]. De ce fait les **phénomènes de lixiviation** seront **réduits**, **l'efficience des intrants et les rendements seront améliorés** avec une réduction de l'utilisation d'intrants, et ceux **même en agriculture biologique**. Les **températures plus fraîches réduisent la dessication des gouttes** des traitements et permettent de **maintenir la réceptivité des plantes** aux différents traitements. **Une humidité plus élevée** favorise également **l'efficience des produits foliaires** en évitant leur risque **d'évaporation**[45]. Ainsi, **les risques de maladies seront réduits.**

La structure agrivoltaïque induit une **augmentation de l'humidité relative de l'air et du sol** permettant la **réduction significative des périodes de stress hydriques.** Cet effet est considéré come **positif sur l'ensemble des stades physiologiques menant à l'élaboration du rendement**. Le pilotage de la structure permettre une gestion optimale de l'eau à travers un ombrage adapté, une caractéristique d'autant plus intéressante dans les territoires sujets à la sécheresse comme la Gironde. De plus, via l'augmentation de l'humidité relative, **les besoins en irrigation seront considérablement réduits à travers une augmentation de l'efficience de l'irrigation. Les intrants et produits phytosanitaires,** même en **agriculture biologique**, seront **d'autant plus efficient ce qui limitera le développement des maladies.**

[44] ENCIS ENVIRONNEMENT, 2020. *Analyse de la concurrence entre les parcs photovoltaïques au sol et les autres usages des sols-Focus sur les solutions de l'agrivoltaïsme*.
[45] ARVALIS, 2014. *Pulvérisation sur céréales : soigner les conditions d'application des phytos*.

1.1.3. Les rendements

<u>Maintien des rendements en quantité et amélioration de la qualité sous panneaux :</u> Les rendements des parcelles de la zone d'étude du projet agrivoltaïque de Le Barp **seront maintenus et notamment en période de sécheresse. Leur qualité sera également améliorée.**

<u>Site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam, Corée du sud : production de brocoli (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).</u>

L'analyse des paramètres de croissance du brocoli sur le site agrivoltaïque de l'Université de Chonnam révèle que le **poids des têtes de brocoli n'est pas significativement différent** entre la culture en plein champ et la culture sous la structure agrivoltaïque. **Il en est de même pour la hauteur de la plante et l'épaisseur de la tige (Figure 29). Les couleurs des brocolis sont plus prononcés ainsi que l'angle de teinte. La composition en métabolites secondaires est identique** aux brocolis de la zone témoin (Figure 30).

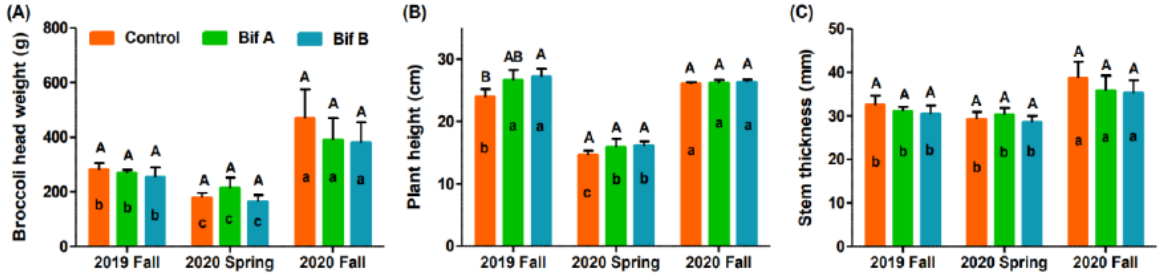


Figure 29 : Moyenne du poids des têtes de brocolis (A), hauteur des plantes (B) et épaisseur des tiges (C) des brocolis ayant poussés avec et sans panneaux. Control : Témoin, Bif A et Bif B : Agrivoltaïque (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

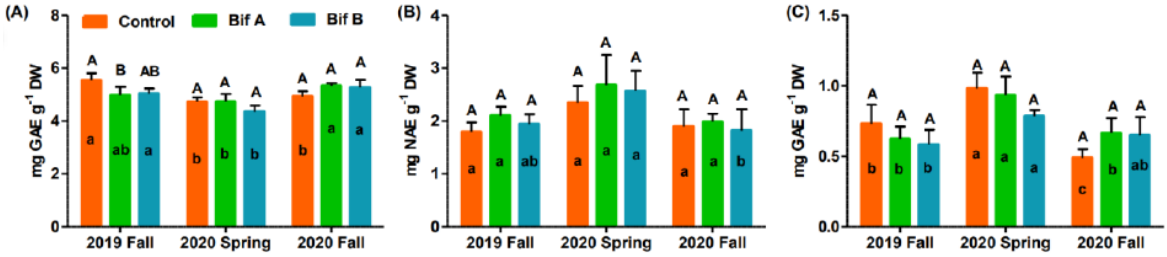


Figure 30 : Total de phénols (A), flavonoïdes (B) et activité anti-oxydante (DPPH) (C) des brocolis ayant poussé avec ou sans panneaux. Control : Témoin, Bif A et Bif B : Agrivoltaïque (Seung-Hun Chae, Hye Joung Kim, Hyeon-Woo Moon 2022).

Il est considéré que **ces effets pourront s'apprécier sur les brocolis cultivés dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[46] SEUNG-HUN, HYE JOUNG et HYEON-WOO, 2022. *Agrivoltaic Systems Enhance Farmers' Profits through Broccoli Visual Quality and Electricity Production without Dramatic Changes in Yield, Antioxidant Capacity, and Glucosinolates.*

Site pilote INRAE de Marmanhac (Cantal), Madej, 2024 :

Les conditions plus fraîches et humides sous les panneaux **ralentissent le dessèchement** des prairies, ce qui permet aux plantes d'avoir une **composition nutritive plus riche**. Un fourrage de **meilleure qualité** se traduit par une **amélioration de la production de viande.** Cette **qualité accrue du fourrage** peut également **réduire les besoins** en **compléments alimentaires**, optimisant ainsi les **coûts de production** pour l'exploitant. D'autre part, le **pâturage contrôlé** empêche certaines espèces végétales de dominer, favorisant ainsi **une diversité de plantes** dans la prairie. Cette diversité contribue à **assurer une production continue** de fourrage de **qualité (Figure 31)**.

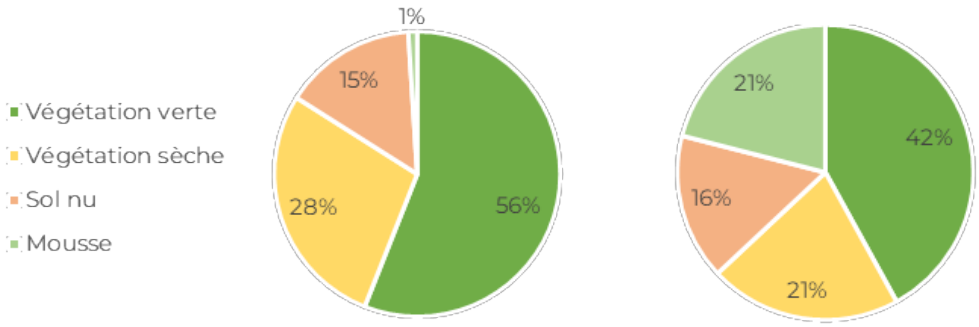


Figure 31 : Diagramme en secteurs de la qualité de la prairie par traitement en moyenne annuelle sur deux ans et en fonction des saisons sur le site de Marmanhac (Madej, 2024).

Il est considéré que **ces effets pourront s'apprécier sur la prairie qui sera introduite dans la rotation envisagée dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[47], [48], [49]

[47] MADEJ, 2024. *Rapport de deux ans de suivis en exclos sur deux sites agrivoltaïques à panneaux fixes pâturés par des ovins en plaine (Braize) et en moyenne montagne (Marmanhac) et sur un site agrivoltaïque à panneaux trackers en plaine (Eglisottes).*
[48] DUMONT, 2007. *Pâturage et biodiversité des prairies permanentes.*
[49] MARTIN, 2002. *Le rôle des fourrages dans la qualité des produits animaux : comment répondre aux attentes du consommateur ?*

Projets de recherche SOLAR et LATOU de BayWa r.e et Valorem :

BayWa r.e. et Valorem, en collaboration avec **INRAE**, ont lancé en **2021** deux **projets de recherche** sur la **repousse de l'herbe sous panneaux solaires** en condition agrivoltaïque. Les résultats de la première année, présentés le 11 juin à la conférence AgriVoltaics à Denver, montrent un impact positif des panneaux solaires sur la production de biomasse.

Les études ont été menées sur des parcs solaires dans trois régions pédoclimatiques différentes, avec des capteurs météorologiques installés depuis 2020. Les ingénieures agronomes d'INRAE ont mesuré la repousse de l'herbe pendant 18 mois.

- ✓ Le projet SOLAR, mené sur deux parcs en climat méditerranéen et continental, a révélé en 2023 **une baisse de température du sol de 3 à 4°C** sous les panneaux, une **augmentation de l'humidité du sol jusqu'à 11%,** et une **amélioration de la qualité du fourrage** (plus d'azote et de minéraux, meilleure digestibilité).
- ✓ Le projet LATOU, sur la centrale de la Tour Blanche (24), a étudié l'impact de l'ombrage des panneaux sur différentes zones. Il a montré une **augmentation de 30% de la production de matière sèche** en zone ombragée, la création d'un **microclimat favorable à la biomasse**, et une **meilleure qualité du fourrage** en zone ombragée (teneur en azote et digestibilité supérieures).

Ainsi, **ces mêmes effets pourront s'apprécier sur la prairie introduite dans la rotation envisagée dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[50] BAYWA R.E., 2023. *SOLAR : lancement d'un projet de R&D agrivoltaïque*.

Biomasse fourragère et valeur nutritive des graminées et des légumineuses cultivées dans des systèmes agrivoltaïques (Potner, Heins, Buchanan, 2024). :



Figure 32 : Fourrages sous le site solaire à toit plat de 50 kW monté au sol du Centre de recherche et de sensibilisation du centre-ouest de l'Université du Minnesota à Morris, Minnesota, États-Unis (Potner, Heins, Buchanan, 2024).

Les retours d'analyses du site (Figure 32) ont démontré :

- Un **pourcentage de matière sèche, de protéines brutes, de fibres, de calcium et de phosphore identique** dans les graminées et les légumineuses ayant poussées sous la structure agrivoltaïque par rapport à celles ayant poussées en plein champ ;
- **Un pourcentage d'azote, de digestibilité des protéines, et de potassium significativement supérieur** dans les graminées et les légumineuses ayant poussées sous une structure agrivoltaïque par rapport à celles ayant poussées en plein champ.

Ainsi, **ces mêmes effets pourront s'apprécier sur les graminées et les légumineuses dans la rotation envisagée dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp.**

[51]

La structure agrivoltaïque **n'induira pas de baisse de rendement significativement supérieur à 10 % de ceux qui pourront être observés sur la zone témoin concernant les brocolis, les légumineuses, les graminées et la prairie/production ovine.** Par ailleurs, **la qualité de cette production sera meilleure** que celle des productions ayant évolué sur la zone témoin.

[51] POTNER, HEINS, BUCHANAN, 2024. *Biomasse fourragère et valeur nutritive des graminées et des légumineuses cultivées dans des systèmes agrivoltaïques.*

Synthèse :

Le projet agrivoltaïque de Le Barp permettra **un maintient des rendements de l'ensemble des cultures envisagées dans la rotation du projet de Le Barp lors de conditions climatiques normales**. **La qualité des cultures sera toutefois améliorée sous la structure agrivoltaïque.**

En **période de sécheresse**, les **rendements ainsi que leur qualité seront supérieurs** sous la structure agrivoltaïque.

L'effet du projet sur l'adaptation au changement climatique est estimé comme neutre lors de conditions climatiques normales et comme positif lors d'épisodes de sécheresse.

Application au Projet Agrivoltaïque Smart Agri (Le Barp) :

- **Configurations des ombrières**
- **Configuration 1** : Hauteur 3,05 m – 5,53 m
- **Configuration 2** : Hauteur 3,55 m – 6,05 m
  Ces configurations assurent une **irradiance saisonnière de 40 %**, adaptée aux besoins de développement et maturation des cultures.
- **Irradiance et besoins culturaux :**

Saison	Irradiance extérieure (kWh/m²)	Config. 1 (kWh/m²)	Config. 2 (kWh/m²)	Besoins minimaux des cultures (kWh/m²)
Printemps	1 200	500 (mini) - 700 (maxi)	600 (mini) - 800 (maxi)	Brocolis : 300 – 400 Légumineuses : 250 - 350
Été	1 500	600 (mini) - 900 (maxi)	700 (mini) – 1 000 (maxi)	Brocolis : 300 – 400 Graminées : 300 - 450
Automne	800	300 (mini) - 500 (maxi)	350 (mini) - 600 (maxi)	Brocolis : 300 - 400Légumineuses : 250 - 350
Hiver	400	150 (mini) - 250 (maxi)	200 (mini) - 300 (maxi)	Brocolis : 300 – 400 Graminées et légumineuses : 150 - 250

Figure 33 : Irradiance et besoins culturaux sur le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

Effets positifs :

- **Stress hydrique** : évapotranspiration réduite, irrigation optimisée (-20 % en été).
- **Stress thermique** : protection contre températures > 25°C pour le brocoli ; régulation thermique en hiver/allongement de la saison culturale.
- **Biodiversité** : meilleure fertilité des sols, réduction de l'érosion, habitats pour pollinisateurs.
- **Économie agricole** : stabilisation des rendements, diversification des revenus (énergie + agriculture), baisse des coûts d'intrants (10–20 %).

- **Solution Dalink :**

L'intégration du dispositif Smart Agri et de ses configurations démontre la **synergie entre production agricole et énergétique**.

- Les ombrières régulent lumière, température et eau, garantissant un rendement stable, une meilleure qualité des cultures et une gestion durable des ressources.
- Pour le **brocoli**, culture sensible aux températures > 25°C, l'ombrière pilotée permet de recréer un climat proche de celui de la Bretagne, même en Gironde.
- Cette approche réduit les aléas liés au changement climatique, prolonge les cycles culturaux et sécurise les revenus agricoles.

La **solution Dalink** vient synthétiser ces résultats : en associant pilotage intelligent, capteurs avancés et configurations adaptées, elle assure la **stabilité des rendements et la résilience climatique** des exploitations agricoles.

Un synthèse de la solution Smart Agri / Dalink est présentée dans le Tableau 5 : Synthèse de la solution Smart Agri / Dalink (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

Facteur	Risques liés au climat	Solution Smart Agri / Dalink	Bénéfices attendus
Rayonnement	- Hétérogénéité lumineuse sous panneaux- Risque de baisse de rendement (<10 %)	- Ombrières pilotables (orientables horizontalement et verticalement)- Capteurs PAR et pyranomètre pour ajuster l'ensoleillement	- Maintien des besoins lumineux- Limitation de la perte de rendement- Prolongement des cycles culturaux (récoltes tardives, cultures successives)
Températures	- Stress thermique (>25°C, brûlures foliaires)- Vagues de chaleur	- Création d'un microclimat frais- Capteurs de température pour déclencher irrigation en eau tiède- Gestion dynamique de l'ombrage	- Baisse de l'évapotranspiration- Réduction du stress thermique- Protection des cultures sensibles (ex. brocolis)
Eau	- Stress hydrique- Perte d'humidité du sol- Ruissellement et érosion	- Capteurs d'humidité du sol- Micro-aspersion pendulaire- Régulation de l'irrigation (-20 % en été)- Optimisation cycles hydriques	- Réduction des besoins en eau- Meilleure rétention hydrique- Baisse des coûts d'irrigation
Intrants & traitements	- Lixiviation des engrais- Inefficacité des traitements phytosanitaires	- Écoulement homogène des eaux- Températures plus fraîches → meilleure absorption foliaire- Capteurs d'humectation pour ajuster	- Réduction de la lixiviation- Moins de traitements nécessaires (-10 à -20 %)- Réduction des maladies
Rendements	- Perte de productivité en sécheresse ou canicule	- Pilotage intelligent garantissant irradiance min. (300–400 kWh/m² pour brocolis)- Config. 1 et 2 adaptées selon saison	- Rendements maintenus ou améliorés- Qualité accrue des productions
Biodiversité & sols	- Perte de fertilité- Érosion	- Ombrières préservant humidité et température du	- Fertilité naturelle accrue- Moins d'érosion- Développement

Facteur	Risques liés au climat	Solution Smart Agri / Dalink	Bénéfices attendus
	et baisse de biodiversité	sol- Maintien de la couverture végétale	pollinisateurs et microfaune
Économie agricole	- Revenus instables liés aux aléas climatiques- Dépendance aux intrants	- Diversification : revenus agricoles + location photovoltaïque- Réduction intrants et irrigation	- Stabilité des revenus agricoles (+10 à 15 %)- Rentabilité renforcée- Diminution des coûts d'exploitation

Tableau 5 : Synthèse de la solution Smart Agri / Dalink (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

Une synthèse sur la synergie, adaptée au changement climatique, entre les cultures en rotation envisagées pour le projet agrivoltaïque de Le Barp et la structure agrivoltaïque est présentée dans le Tableau 6 suivant.

Tableau 6 : Synthèse de la synergie, adaptée au réchauffement climatique, entre la structure agrivoltaïque et la rotation agricole envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp.

<table>
<tr><th>Effets climatiques</th><th>Brocolis</th><th>Légumineuses</th><th>Graminées</th><th>Prairie et pâturage</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Rayonnement : Quantité de rayonnement PAR plus faible.</td><td colspan="4">Pilotage de la structure : Gestion de la luminosité et de l’ombrage en fonction des besoins des cultures.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pilotage de la structure : prolongement des périodes de croissance des plantes, récoltes tardives, succession culturale.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Capteurs PAR et pyranomètre : pilotage permettant d’éviter la stagnation de chaleur.</td></tr>
<tr><td>Potentielle nature adaptative permettant de fixer plus d’énergie lumineuse disponible pour la photosynthèse.</td><td rowspan="2">Les plantes sont plus hautes. Possibilité de plasticité des légumineuses permettant toutefois de maintenir les rendements.</td><td rowspan="2">L’ombrage moyen porté par la structure, l’hétérogénéité du rayonnement et le partage lumineux sont pilotable ce qui n’entrave pas la production.</td><td rowspan="2">Effet parasol sur la prairie : demande climatique réduite et diminution du stress thermique et des risques de brûlures.</td></tr>
<tr><td>Amélioration de la couleur.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Températures : Diminution des températures de l’air et du sol.</td><td colspan="4">Diminution de l’évapotranspiration : réduction du stress thermique.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Diminution des périodes de forts ensoleillement et réduction des risques de brûlure.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Thermomètre : pilotage permettant d’éviter la stagnation de chaleur.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Durée de croissance et degré jour moyen de croissance légèrement diminués.</td><td rowspan="2">Diminution de l’évapotranspiration : positif sur l’ensemble des stades physiologiques menant à l’élaboration du rendement.</td><td rowspan="2">Elaboration d’un nombre de grain par épi optimal (-floraison). Bonne multiplication cellulaire des grains et taille et poids des grains optimaux (floraison-stade grain laiteux). Bonne migration des sucres dans les grains et poids de mille grain optimal (remobilisation). Elaboration d’un grain de bonne qualité, réduction de la polymérisation des protéines (maturité). Réduction de la sénescence des feuilles et augmentation du niveau de photosynthèse, bon remplissage des grains, maintien d’une absorption d’azote correcte (tout au long du cycle).</td><td>Diminution de l’évapotranspiration : positif sur l’ensemble des stades physiologiques menant à l’élaboration du rendement.</td></tr>
<tr><td>Ralentissement du desséchement : amélioration de la qualité.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6">Eau : augmentation de l’humidité de l’air et du sol.</td><td colspan="4">Diminution du stress hydrique.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Réduction significative de l’irrigation.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Capteurs d’humidité du sol d’humectation foliaire : pilotage permettant une gestion plus efficiente de l’eau.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Augmentation de l’efficience des intrants et produits phytosanitaires AB</td></tr>
<tr><td>Amélioration de l’efficience de l’irrigation et diminution des besoins en eau.</td><td>Potentiel hydrique supérieur sous l’ombrière : au moment de la floraison et au début du remplissage des grains.</td><td>Bonne émission des talles et bon nombre de grains par épis (tallage). Bonne montaison des épis, bonne absorption d’eau et donc d’azote. La densité finale d’épis et leur fertilité sont améliorées (montaison). Formation optimale des grains, poids de mille grain optimal (remplissage). Amélioration de la photosynthèse, du refroidissement des tissus. Maintien de l’ouverture stomatique permettant l’entrée du CO2, l’évaporation d’eau des feuilles et l’absorption d’eau, de nutriments par les racines.</td><td>Diminution des besoins en eau et économie d’eau d’irrigation.

Etalement de la ressource fourragère.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Rendement en conditions climatiques normales.</td><td colspan="4">Le risque d’avoir un rendement inférieur à 90 % de celui de la zone témoin est faible.</td></tr>
<tr><td>Poids des têtes, hauteur de la plante et épaisseur de la tige significativement non différents de la zone témoin.</td><td>La biomasse est inférieure en condition agrivoltaïque.</td><td>Les rendements en graminées sont inférieurs à égaux en conditions agrivoltaïque.</td><td>La biomasse fourragère est plus importante en condition agrivoltaïque.

La production de viande ovine est inchangée.</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>Rendement lors de sécheresse.</td><td colspan="4">Le rendement sera plus élevé que celui de la zone témoin. Le rendement en viande ovine restera le même toutefois la qualité de la viande sera améliorée.</td></tr>
<tr><td>Qualité.</td><td>Amélioration de la couleur.</td><td>Les pourcentages de protéine, de fibres, de calcium et de phosphore sont les mêmes. Les pourcentages de fibres digestibles, et</td><td>Réduction de la polymérisation des protéines. Réduction du taux d’impuretés (par augmentation de l’humidité).</td><td>Maturation retardée et réduction des stress : qualité fourragère supérieure (concentration en azote et en minéraux plus élevée).</td></tr>
</table>

	La composition en métabolites secondaires est la même.	de potassium sont supérieurs.		Amélioration de la qualité de la viande : les ovins ont du fourrage de meilleure qualité.

1.2. La protection contre les aléas climatiques

Une protection contre la sécheresse : L'ombrage porté par les panneaux et la diminution des températures sous panneaux devraient tendre à **diminuer le stress thermique.** L'augmentation de l'humidité sous panneaux devraient tendre à **diminuer le stress hydrique.** Ces phénomènes permettront **de maintenir les rendements des cultures envisagées dans la rotation du projet agrivoltaïque de Le Barp**.

Une protection contre les vents et orages violents : Aussi, les panneaux pourraient participer à atténuer les vents et orages violents ce qui devrait contribuer à maintenir les rendements des cultures envisagées en quantité et à les améliorer en qualité.

Une protection contre la grêle : Les panneaux pourraient également servir de protection contre la grêle en réduisant le risque de blessures des cultures envisagées qui limiteront l'élaboration des rendements.

Une protection contre le gel tardif :

Etude collaborative de Statkraft, CVE et INRAe :

Une étude collaborative de deux ans, menée par des producteurs d'énergies renouvelables (Statkraft et CVE) et INRAe, a évalué les **effets des panneaux photovoltaïques sur le pâturage ovin**. Pendant cette période, 24 brebis ont pâturé sur une centrale solaire de 6 hectares. Des capteurs ont mesuré la luminosité, les déplacements et la position des animaux, complétées par des observations climatiques et comportementales. L'objectif était notamment d'analyser l'impact des panneaux solaires sur la **production de fourrage pour offrir une valeur ajoutée aux éleveurs.**

Les conclusions de l'étude montrent plusieurs effets bénéfiques :

- ✓ La quantité et la qualité du fourrage sont améliorées à l'ombre des panneaux.
- ✓ Les panneaux réduisent l'impact des gelées tardives, prolongeant la durée de pâturage.

[52]

Un pilotage de la structure qui permettra de pérenniser les récoltes et de réduire leur sensibilité aux aléas climatiques : La technologie de la structure agrivoltaïque est pensée dans le but d'améliorer le développement des activités agricole. Elle permet ainsi de pérenniser les récoltes pour les cultures et réduire la sensibilité aux aléas climatiques (destruction des récoltes par la grêle, brûlage des feuilles etc.). Cette technologie permet également d'harmoniser les récoltes au fil des années et d'être moins dépendant des conséquences sévères de ces aléas climatiques.

[52] STATKRAFT, 2024. *Une étude confirme les effets positifs des panneaux photovoltaïques sur le pâturage ovin.*

Synthèse :

En créant un environnement plus contrôlé pour l'ensemble des cultures, les panneaux photovoltaïques pourraient réduire l'impact des aléas climatiques ponctuels, tels que les coups de chaleur, les périodes de sécheresse, les épisodes de grêle, les vents violents ou les épisodes de gel printanier. Cette réduction de l'impact permet de préserver les rendements en quantité et en qualité et d'assurer la continuité de la production agricole, même en cas de conditions météorologiques défavorables. **Ainsi, l'effet du projet agrivoltaïque sur la protection contre les aléas climatiques est estimé neutres lors de conditions climatiques normales à positif lors de la présence d'aléas climatiques.**

1.3. L'amélioration du bien-être animal

<u>Une amélioration de la santé générale :</u> Les panneaux photovoltaïques fourniront une ombre partielle, créant des zones **plus fraîches** où les ovins pourront se reposer pendant les heures les plus chaudes de la journée. La réduction de l'exposition directe au soleil **minimise** le risque de **stress thermique**, qui peut affecter la santé et le confort des animaux[53]. Un environnement plus frais et plus agréable aide les ovins à maintenir une **température corporelle stable**, **réduisant** ainsi **la fatigue**, les **coups de chaleur**, et les **besoins en eau** supplémentaires pour la thermorégulation. Le stress thermique peut **affaiblir** le **système immunitaire** des animaux, les rendant plus vulnérables aux maladies[54]. En offrant un **abri contre la chaleur** excessive, les panneaux photovoltaïques contribuent à **maintenir une bonne santé générale** des ovins, **réduisant** ainsi les **coûts liés aux soins vétérinaires** et aux traitements médicaux. Des animaux en meilleure santé sont également **plus productifs**, ce qui se traduit par une **amélioration de la production** de viande[55].

[53] REDEN, 2023. *REDEN, pionnier de l'essai en matière d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque.*
[54] UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2023. *L'agrivoltaïque pour ombrager les vaches.*
[55] OMBREA, 2024. *Agrivoltaïsme et élevage bovin : quels sont les bénéfices apportés ?*

Essai d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque (REDEN, 2023) :

REDEN en collaboration avec la **Chambre d'agriculture de Lot-et-Garonne**, a mis en place un essai d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque (Figure 34). Cet essai s'est déroule de novembre 2022 à mars 2023. Le parc a accueilli **10 vaches** accompagnées de **leurs veaux** et un **taureau de race Aubrac**. La centrale était équipée de **trackers adaptés 1 axe** avec une puissance de **10,6 MWc** soit une production annuelle de **14 640 MWh**. La parcelle concernée par l'essai couvrait une surface de **15,5 hectares** sur la commune de Moncrabeau (Lot-et-Garonne).



Figure 34 : Essai d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque (Reden, 2023).

Les premiers résultats de l'essai sont concluants :

- ✓ **Aucune blessure ni comportement anormal**
- ✓ **Abris lors d'intempéries** (en particulier pour les veaux)
- ✓ **Reproduction** qui se déroule **normalement**
- ✓ **Ombrage bénéfique** aux animaux et à la **production fourragère**
- ✓ **Chargement en UGB identique** à celui mis en œuvre sur champ libre

Malgré le fait que ces retours d'expériences aient été menés avec des bovins, il est estimé que **ces résultats sont extrapolables aux ovins.** En effet, ces deux types d'élevage concernent des **ruminants**, il peut être considéré que l'effet des panneaux photovoltaïques sera équivalent qu'il soit étudié sur des bovins ou sur des ovins.

[56] REDEN, 2023. *REDEN, pionnier de l'essai en matière d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque.*

Une réduction du stress et une amélioration du comportement : Les ovins, lorsqu'ils sont exposés à un **stress thermique** élevé, peuvent devenir **agités,** ce qui peut conduire à des **comportements agressifs** ou à une **réduction de leur consommation alimentaire[57].** En créant un environnement plus confortable, les panneaux photovoltaïques favorisent un **comportement plus calme** et plus stable chez les animaux, ce qui est **bénéfique pour leur bien-être** et leur **productivité[58]**.

[57] REDEN, 2023. *REDEN, pionnier de l'essai en matière d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque.*
[58] ENGIE GREEN, 2023. *Le démonstrateur Camelia à l'Herbipôle de Laqueuille - Un test grandeur nature pour l'agrivoltaïsme selon ENGIE Green, en partenariat avec l'INRAE.*

Le démonstrateur Camelia d'ENGIE Green dans le Puy-de-Dôme :

ENGIE Green a installé un démonstrateur agrivoltaïque nommé **Camelia** pour une expérimentation de **cinq ans (Figure 35)**. Le projet entre dans sa 2ème année de suivis agronomiques et dans sa première année de production d'énergie. Le projet est situé sur une parcelle de **0,9 hectare** mise à disposition par **l'INRAE**, au sein de la plateforme expérimentale pluridisciplinaire Herbipôle. La plateforme accueille **7 à 10 génisses** de race **Prim'Holstein.** Les **haies solaires,** composées de panneaux **bifaciaux verticaux,** sont conçues pour optimiser la production d'énergie tout en s'intégrant harmonieusement dans l'environnement agricole.



Figure 35 : Démonstrateur Camelia (Engie Green, 2023).

Les retours d'expérience indiquent une **amélioration des conditions de vie des animaux et une augmentation de la rentabilité des exploitations :**

- Modification du microclimat de la prairie : **diminution par 2 de la vitesse du vent, pas de modification de la production de biomasse végétale, prairie d'inter-rang de 18m plus productive que d'inter-rang de 12m + présence plus importante de graminées**

- Peu de modification du comportement animal : en conditions humides et fraîches les bovins passent 1/3 de leur temps en inter-rang et 2/3 de leur temps autour des panneaux ; **en conditions sèches et chaudes les bovins passent plus de temps à l'ombre des arbres présents sur la parcelle.**

Malgré le fait que ces retours d'expériences aient été menés avec des bovins, il est estimé que **ces résultats sont extrapolables aux ovins.** En effet, ces deux types d'élevage concernent des **ruminants**, il peut être considéré que l'effet des panneaux photovoltaïques sera équivalent qu'il soit étudié sur des bovins ou sur des ovins.

[59] ENGIE GREEN, 2023. *Le démonstrateur Camelia à l'Herbipôle de Laqueuille - Un test grandeur nature pour l'agrivoltaïsme selon ENGIE Green, en partenariat avec l'INRAE.*

Etude collaborative de Statkraft, CVE et INRAe :

L'étude collaborative de deux ans, menée par des producteurs d'énergies renouvelables (Statkraft et CVE) et INRAe, a évalué les **effets des panneaux photovoltaïques sur le pâturage ovin**.

Les conclusions de l'étude montrent plusieurs effets bénéfiques :

- ✓ Les brebis **ne modifient pas leur comportement** en présence des panneaux ;
- ✓ Elles **cherchent l'ombre sous les panneaux** pendant les périodes chaudes et ensoleillées ;
- ✓ La santé des brebis n'est pas affectée par les panneaux.

Une amélioration des produits en quantité et en qualité : Les animaux qui ne subis
sent pas de stress thermique ont une **meilleure efficacité alimentaire**. Cela signifie qu'ils **convertissent plus efficacement le fourrage** consommé **en viande**, ce qui **améliore le taux de croissance** et le **poids final** des animaux à l'abattage. Un environnement plus frais et confortable **réduit** également les **besoins énergétiques** pour la thermorégulation, permettant aux ovins d'utiliser une plus grande partie de leur alimentation **pour la croissance musculaire**. Les ovins ayant accès à des zones ombragées et bénéficiant d'une alimentation de qualité produisent généralement **une viande de meilleure qualité** avec un rendement plus élevé. Une réduction du stress thermique et une alimentation optimisée grâce à un fourrage de meilleure qualité peuvent entraîner une **augmentation du poids de carcasse.** Même une légère augmentation du poids moyen de carcasse (par exemple, de 5 à 10 %) peut avoir un **impact significatif sur les revenus de l'exploitation**, surtout à grande échelle. Les conditions de stress minimisées et un régime alimentaire stable et nutritif améliorent également la **qualité de la viande produite**. La viande issue d'animaux **moins stressés** est souvent **plus tendre**, avec une **meilleure répartition de la graisse intramusculaire,** ce qui améliore la **valeur marchande** du produit final. Une meilleure qualité de viande peut se traduire par des **prix de vente plus élevés** et une **satisfaction accrue** des clients[60].

[60] OMBREA, 2024. *Agrivoltaïsme et élevage bovin : quels sont les bénéfices apportés ?*

Les analyses d'Ombrea :

Malgré le manque de retours d'expériences, Ombrea analyse :

- ✓ Une canicule peut fortement **réduire l'efficacité du système immunitaire des bovins, augmentant le risque de mortalité.** Par exemple, l'ANSES a noté un excès de mortalité de 24 % pendant la canicule de 2003 et de 12 % pendant celle de 2006 ;
- ✓ Pour contrer le stress thermique, les bovins passent plus de temps debout pour maximiser l'évaporation par la peau, **ce qui peut entraîner des lésions podales ou de la fourbure** ;
- ✓ Ils **boivent aussi davantage**, consommant jusqu'à 20 % de leur poids corporel en eau contre 10 % habituellement ;
- ✓ Le stress thermique **réduit le taux de conception des vaches**, passant de 31 % à 12 % en cas de stress thermique modéré à sévère ;
- ✓ La **qualité du lait**, notamment le taux de caséine, **diminue** lors de fortes chaleurs, affectant la production fromagère ;
- ✓ En 2015, la chaleur a entraîné une perte de 70 à 550 kg de lait par jour pour un troupeau de 100 vaches, qui produirait normalement 1500 kg de lait par jour en conditions optimales ;
- ✓ Le stress thermique **réduit la prise alimentaire des bovins**, ce qui impacte leur poids et, par conséquent, la production de viande.

Malgré le fait que ces retours d'expériences aient été menés avec des bovins, il est estimé que **ces résultats sont extrapolables aux ovins.** En effet, ces deux types d'élevage concernent des **ruminants**, il peut être considéré que l'effet des panneaux photovoltaïques sera équivalent qu'il soit étudié sur des bovins ou sur des ovins.

[61]

Le projet améliorera considérablement le bien-être des animaux en fournissant un **confort thermique**. L'ombrage des panneaux pourra réduire le stress thermique sur les animaux en pâturage, améliorant ainsi leur confort et leur bien-être général. En fournissant des zones ombragées, les panneaux contribueront également à des conditions de vie plus agréables pour le bétail, ce qui peut avoir un **impact positif sur leur santé et leur productivité.**

Ainsi, le projet de AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP sur la commune de Le Barp apportera les 4 services mentionnées dans le décret sur l'agrivoltaïsme, sans porter une atteinte substantielle à aucun d'entre eux (effet neutre au minimum).

[61] OMBREA, 2024. *Agrivoltaïsme et élevage bovin : quels sont les bénéfices apportés ?*

III. Note technique relative à la production agricole principale sur la parcelle agricole

1. Définition des parcelles agricoles au sens de l'instruction technique du décret agrivoltaïque

Au sens du **R. 314-108 de l'instruction technique du décret agrivoltaïque du 08 Avril 2024, le projet agrivoltaïque de la commune de Le Barp dénombre 11 parcelles agricoles. L'étude qui suit consiste en l'analyse des notes techniques à l'échelle de l'emprise clôturée du projet à la demande du porteur du projet.** L'analyse des notes techniques à l'échelle des 11 parcelles agricoles sera faite par ce dernier et disponible en annexe de ce document.

La **surface clôturée la parcelle agricole est de 80 hectares**, **les parcelles cadastrales** sont présentées dans la Figure 36 ci-dessous.

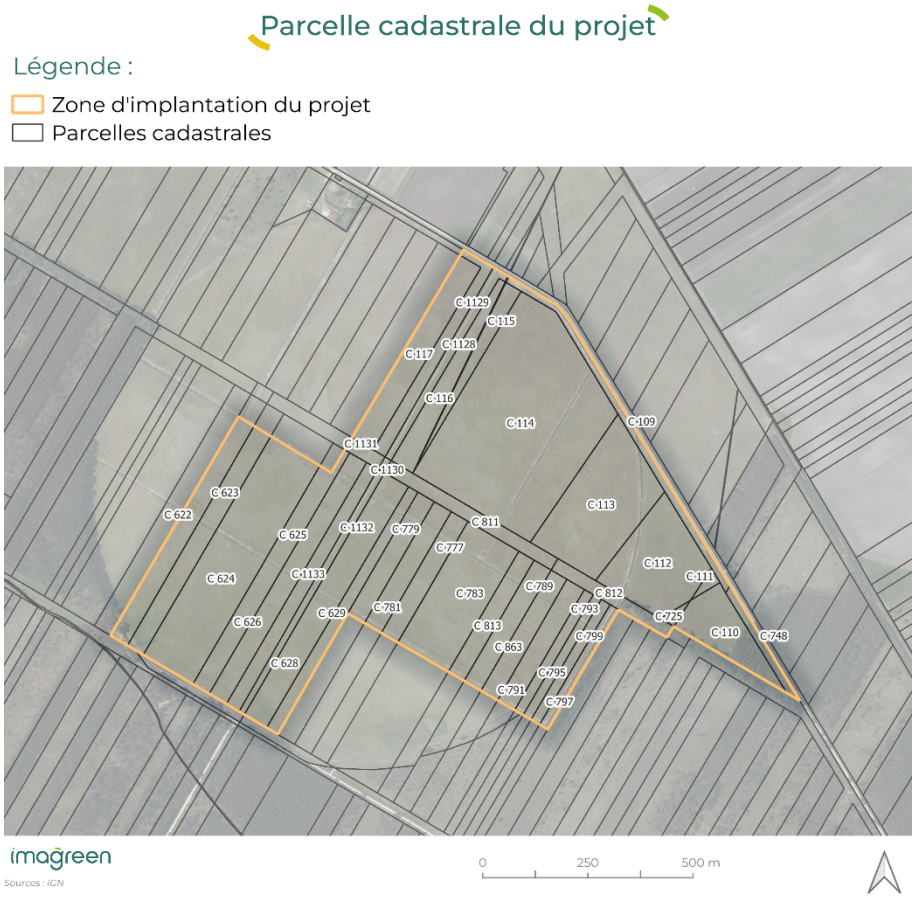


Figure 36 : Zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp et parcelles cadastrales (Imagreen, 2025).

La zone clôturée, d'une **surface agricole de 80 ha**, devrait accueillir **55 380 modules photovoltaïques** d'une **puissance totale de 39,9 MWc** qui devraient **produire 53 850 MWh par an.**

La zone clôturée **appartient à deux propriétaire différents et sera exploitée par M. HARVEY**. L'exploitant envisage de pouvoir **introduire une culture de brocoli en rotation sur quatre ans avec des cultures légumineuses (soja, pois), des graminées (orge, avoine) et un pâturage ovin.**

2. Méthodologie

Selon l'article R.314-118 du code de l'énergie, « pour garantir que la production agricole est l'activité principale, [...] une installation agrivoltaïque doit satisfaire les deux conditions suivantes :

1° La superficie qui n'est plus exploitable du fait de l'installation agrivoltaïque **n'excède pas 10 % de la superficie totale** couverte par l'installation agrivoltaïque (563 000 m²),

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

Puis, « pour **les installations de plus de 10 MW crête** n'étant pas régies par l'arrêté mentionné au 3° de l'article R.3314-115, **le taux de couverture** défini à l'article R.3114-119 **n'excède pas 40 %** ».

Afin de garantir que le projet agrivoltaïque de Le Barp respecte les exigences de l'article R.314-118 du code de l'énergie, nous analysons les trois conditions suivantes pour chacune des parcelles agricoles concernées comme définies dans l'instruction technique du décret agrivoltaïque du 08 Avril 2024.

3. Superficie non exploitable

- ✓ La surface des poteaux est de **128 m² ;**
- ✓ La surface des pistes lourdes est de **12 052 m² ;**
- ✓ La surface des postes de transformation et de la zone de grutage est de **3 600 m² ;**
- ✓ La superficie non exploitable est de **15780m² ;**
- ✓ La surface agrivoltaïque est de **800 000 m² ;**
- ✓ **La perte de surface qui ne sera plus exploitable est donc de 2,8 % (< 10 %).**

Le projet agrivoltaïque sur la zone clôturée respecte les 10 % de perte de surface exploitée.

4. Dimensionnement

4.1. Technologie envisagée

1. Dans le cadre ce projet agrivoltaïque AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP

installe l'abri Smart Agri qui a été dimensionné pour les besoins spécifiques de M. HARVEY (Figure 37).

Les structures sont spécialement conçues pour accueillir l'ensemble des équipements agricoles nécessaires tout en garantissant une accessibilité optimale.

L'abri est équipé :

- D'un côté, **de bâches, filets ou persiennes dynamiques** (en polycarbonate ou autres matériau translucide), **ajustables** en fonction des conditions climatiques pour **protéger** les cultures ;
- De l'autre côté, **de tables de panneaux solaires orientées au sud-ouest**, avec un **espacement de 40 cm** entre les modules pour un **partage optimal** de la **lumière** entre la production agricole et solaire.



Figure 37 : Illustration de la structure agrivoltaïque envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

La technologie envisagée pour la zone clôturée est présentée dans la figure ci-dessus. Elle est composée de **710 tables en configuration 6V13. Un total de 55 344 modules photovoltaïques de 720 Wc seront installés pour une production énergétique optimale. L'implantation a été pensée pour maximiser l'espace disponible tout en réduisant les effets d'ombre porté entre les rangées.**

Les caractéristiques dimensionnelles des tables sont synthétisées dans le Tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Caractéristiques des tables de la structure envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

Nombre de tables	710
Hauteur minimale	2,69 m
Hauteur maximale	5,22 m
Nombre de modules	55 344
Rangées	6 rangées de modules par 13 modules
Longueur	25,34 m
Largeur dans le plan de table	14,19 m
Surface totale des tables en projection au sol	238 m2
Espace inter module	40 cm
Espace inter table	13 m

4.2. Dimensionnement à l'échelle de la zone clôturée

- ✓ **Hauteur de l'installation agrivoltaïque au point le plus bas : 2,69 m** au point le plus bas ;
- ✓ **Hauteur de l'installation au point le plus haut : 5,22 m ;**
- ✓ **Longueur du rampant : 14, 4m ;**
- ✓ **Longueur totale : 25,34 m (Figure 38).**

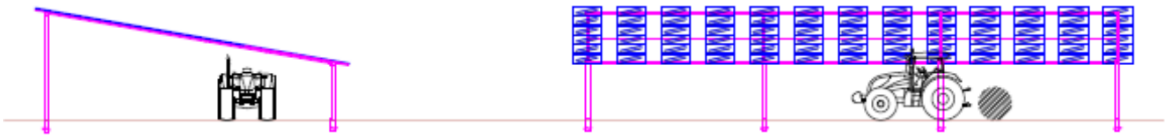


Figure 38 : Dimensionnement de la structure envisagée pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (Agrivoltaique le Barp, 2025).

Ces dimensions permettent :

- Une **exploitation optimisée** des parcelles : la rotation brocoli / légumineuses (soja, pois) / graminées (orge, avoine) / pâturage ovin peut être développée sans restriction significative ;

- **Passage des engins** agricoles : L'espacement entre les rangées permet le passage aisé des engins agricoles nécessaires et déjà présents sur l'exploitation (tracteurs, moissonneuses, etc.) ;

- **Circulation et sécurité physique** : Les allées sont suffisamment larges pour permettre la circulation des travailleurs et des ovins. La hauteur des panneaux permet également la sécurité des ovins ;

- **Abri des animaux** : Les structures offrent un abri adéquat aux ovins présents sur les parcelles grâce à l'ombrage fourni par les panneaux.

En conclusion, la hauteur de l'installation et l'espacement entre les rangées sont conçus pour intégrer la rotation envisagée, permettre la circulation, assurer la sécurité physique et faciliter le passage des engins agricoles. Le dimensionnement de la centrale permet une intégration de la centrale au système d'exploitation le rendant viable et vivable. Le dimensionnement permet également de rendre l'agriculture techniquement possible sous les panneaux une fois ces derniers installés.

5. Taux de couverture

La puissance totale du projet sur la zone clôturée est de **39,9 MWc soit plus de 10 MWc. Le projet est soumis au respect d'un taux de couverture inférieur à 40 %.**

- La **surface agrivoltaïque** au sens de l'article R314-108 est de **563 000 m² ;**
- La **surface des panneaux** au sol est de **169 288 m² ;**
- Le **taux de couverture** est donc de **29,9 % (< 40 %).**

AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP respecte les 40 % maximum de taux de couverture pour le projet agrivoltaïque de Le Barp. Ce calcul inclut la surface totale des modules et la surface agrivoltaïque.

IV. Note technique relative à la production agricole significative et aux revenus durables pour les exploitants

1. Méthodologie

Les conditions relatives à la production agricole et au revenu issu de cette production sont détaillées dans les articles[62] R. 314-114 à R.314-117 du code de l'énergie.

1.1. Production agricole significative

Selon l'article R. 314-114, « pour l'ensemble des installations agrivoltaïques hors élevage, la production agricole est considérée comme significative [...] **si la moyenne du rendement par hectare observé sur la parcelle** [...] **est supérieure à 90 % de la moyenne du rendement par hectare** observé sur une zone témoin ou un référentiel en faisant office. »

1.2. Revenus durables pour les exploitants

Selon l'article R.314-117, « le revenu issu de la production agricole est considéré comme **durable** lorsque **la moyenne des revenus** issus de la vente des productions végétales et animales de l'exploitation agricole **après l'implantation** de l'installation agrivoltaïque **n'est pas inférieure** à la moyenne des revenus issus de la vente des productions végétales et animales de l'exploitation **agricole avant l'implantation de l'installation agrivoltaïque**, en tenant compte de l'évolution de la situation économique générale et de l'exploitation, [...]. Une diminution plus importante peut être acceptée par le préfet du département, en raison d'événements imprévisibles et sur demande dument justifiée.

Dans le cas de l'installation d'un nouvel agriculteur, le revenu est considéré comme **durable par comparaison avec les résultats observés** pour d'autres exploitations du même type localement. »

Selon l'article 8 de l'Arrêté du 13 mai 2023, d'après l'article D614-9 du code rural et de la pêche maritime, « pour l'application des régimes d'aide relevant de la politique agricole commune, est considéré comme hectare admissible toute surface qui est utilisée aux fins d'une activité agricole ou essentiellement aux fins d'une activité agricole ou qui répond à certaines conditions. » De fait, « les hectares admissibles peuvent être utilisés pour **des activités non agricoles**, à condition que ces activités **ne compromettent pas l'usage agricole** de la parcelle et que les activités agricoles puissent être exercées sans gêne significative. [...] Les panneaux photovoltaïques sont considérés comme des surfaces non agricoles pour leur emprise au sol, y compris le socle, s'ils sont verticaux et fixes ou s'ils sont inclinés ou inclinables ».

Dans le cas où la zone d'implantation des panneaux photovoltaïques est couverte **à plus de 30 % de sa surface par des panneaux photovoltaïques** [...] l'intégralité de la zone d'implantation est considérée **comme non admissible**. » Cet arrêté est complété, « par exception, la zone d'implantation des installations photovoltaïques reconnues comme **agrivoltaïques** [...] **est admissible**, nonobstant les autres règles

[62] L'article R.314-115 du code de l'énergie, est présenté dans le paragraphe relatif à la zone témoin.

de calcul de l'admissibilité des surfaces et l'exclusion de la surface artificialisée nécessaire au soutien des panneaux photovoltaïques. »

2. Production agricole significative et revenus durables pour l'exploitant

2.1. Projet agricole

Dans le cadre du projet agrivoltaïque de Le Barp, la zone clôturée qui sera exploitée par M. HARVEY est aujourd'hui abandonnée : **il n'y a pas de culture sur les parcelles d'intérêt.** Après la mise en place du projet agrivoltaïque M. HARVEY envisage de réaliser **une rotation de quatre ans comme suit : brocoli, légumineuses (soja ou pois), graminées (orge ou avoine) et pâturage ovin.** Pour ce faire, quatre îlots ont été préconçus dans le plan de masse comme illustré dans la Figure 39 suivante ainsi que plus en détails en **Annexe 2,3,4,5**.

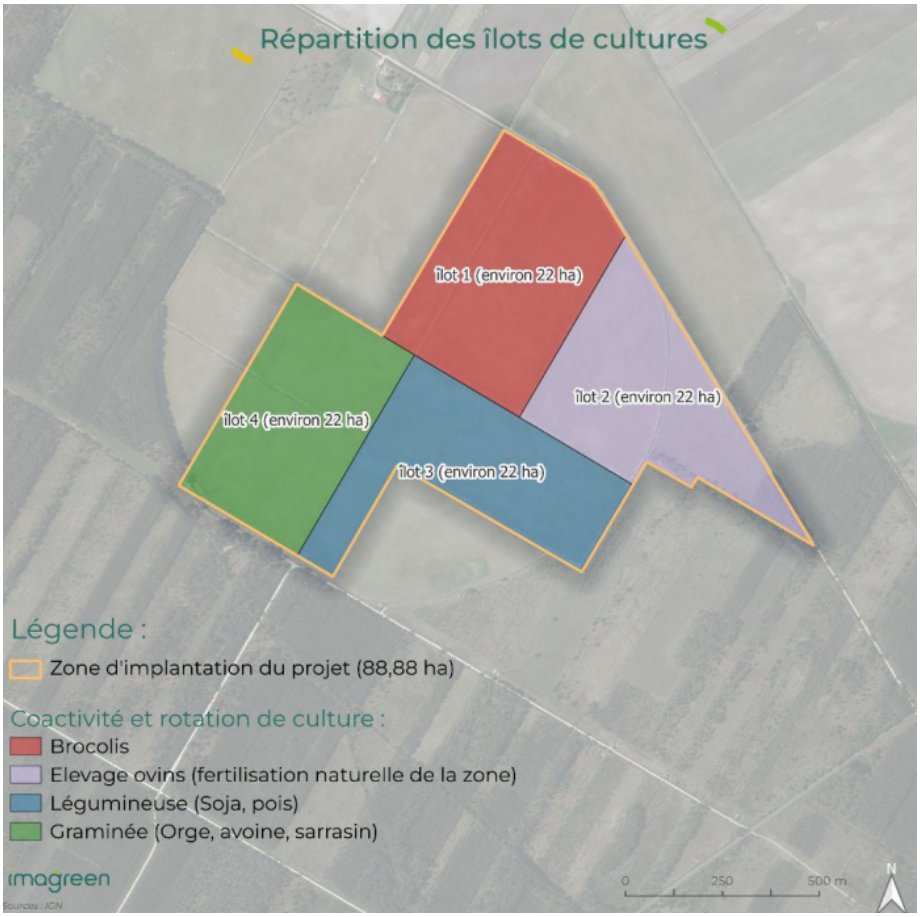


Figure 39 : Ilots tournants préconçus pour le projet agrivoltaïque de Le Barp (AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP, 2025).

2.2. Analyse de la production agricole actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par la zone clôturée[63]

Tableau 8 : Analyse de la production agricole de brocoli actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 1 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp.

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
Production de de brocoli à l'échelle de l'îlot 1 de la zone clôturée	**Pas de rendement en brocoli** (pas de culture de brocoli réalisée). **Dans l'hypothèse où le brocoli était cultivé sur cet îlot :** → Potentiel de rendement : 10 tonnes/ha → Soit 200 tonnes/an à l'échelle de l'îlot 1 tournant (20 ha). **Il est considéré que le rendement en brocoli actuel pourrait être de 200 tonnes/ an à l'échelle de l'îlot 1 tournant.** NB : les îlots tournants ont été préconçus de telle manière qu'ils font tous la même surface de 20 ha.	Les retours d'expérience montrent que : *Recherches de Seung-Hun, Hye Joung et Hyeon-Woo, 2022 :* **Pas de modification du rendement**, du poids des têtes, de l'épaisseur et de la hauteur de la tige entre une parcelle sans panneaux et une parcelle agrivoltaïque. **Pas de modification des métabolites secondaires** du brocoli entre une parcelle sans panneaux et une parcelle agrivoltaïque. **Amélioration de la couleur du brocoli :** une propriété importante qui va au-delà de la qualité et intervient dans le désir d'achat des consommateurs. *Toutefois, sachant que les panneaux solaires protégeront la culture du brocoli des épisodes de grêle et forte chaleur :*	**Rendement en brocoli futur :** → Rendement en brocoli futur = rendement en brocoli actuel estimatif = 200 tonnes/an à l'échelle de l'îlot 1 tournant (20 ha). **Le rendement en brocoli sera inchangé avec la structure agrivoltaïque. Il sera donc de 200 tonnes/an à l'échelle de l'îlot 1 tournant.** La moyenne du rendement par hectare sur l'îlot est estimée **supérieure à 90 %** de la moyenne du rendement par hectare sans panneau. - **Amélioration de la qualité visuelle du brocoli :** Toutefois, il est estimé, selon les retours d'expériences, que la qualité visuelle du

[63] CHAMBRE D'AGRICULTURE GIRONDE, 2024. *Fiche technique Agriculture biologique : Brocoli d'hiver.*

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
		Il est possible d'anticiper une légère hausse des rendements. **Dans cette étude, il est considéré que les rendements en brocolis seront inchangés par rapport à une parcelle sans panneaux. Toutefois, lors de mauvaises années (sécheresse, grêle) il est possible que M. HARVEY augmente ses rendements en brocolis.**	brocoli, qui intervient dans le désir d'achat des consommateurs, pourrait être améliorée.

Tableau 9 : Analyse de la production agricole des taux de chargement et de productivité ovin actuels et futurs de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 2 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp.

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
Taux de chargement (Îlot 2 tournant de la zone clôturée + échelle de l'exploitation)	Le fils de M. HARVEY dispose de 900 brebis sur une surface de pâturage de 200 à 300 hectares. **3,6 UBG/ha en moyenne à l'échelle de l'exploitation du fils de M. HARVEY.** L'exploitant réalise un pâturage tournant dynamique avec l'ensemble du cheptel sur les différentes prairies de l'exploitation.	Sur les 20 ha du projet l'exploitant souhaite mettre environ 900 brebis qui seront divisées en quatre lots. Les brebis changeront fréquemment de prairie. Le taux de chargement/fonctionnement est similaire sur toutes les surfaces prairiales de l'exploitation.	225 brebis sur 20 ha du projet, **soit 11,2 UGB/ha.** **Le taux de chargement de l'îlot 2 tournant du projet sera forcément augmenté puisque la zone clôturée n'est aujourd'hui pas exploitée. Le taux de chargement à l'échelle de l'exploitation sera légèrement diminué de part l'acquisition de surface supplémentaire de pâturage (environ 3,3 UGB/ha).**

	Le taux de chargement instantané de l'îlot 2 tournant de la zone clôturée est de 0 brebis pour 20 ha soit 0 UGB/ha. La zone clôturée n'est pas exploitée.		
Taux de productivité numérique bovin	<u>Effectif :</u> 900 brebis mères. Chaque brebis donne naissance à environ 1,37 agneau par an. Le taux de mortalité des agneaux actuel est de 15 % (hors phénomène grippal ou autre problème sanitaire), donc **1 048 agneaux** sont sevrés en moyenne chaque année. **Le taux de productivité numérique est de 116,4 % (pour 100 brebis).**	**Le taux de productivité numérique est défini comme le nombre de agneaux sevrés pour 100 brebis mises à la reproduction.** La diminution du taux de mortalité des agneaux en contexte n'est pas directement mentionnée dans les retours d'expérience. Cependant, plusieurs éléments permettent d'inférer une potentielle réduction de la mortalité liée à des conditions environnementales améliorées : **Réduction du stress thermique** : Les panneaux solaires créent des zones d'ombre qui réduisent la température ambiante et le stress thermique pour les animaux. Le stress thermique est une cause majeure d'augmentation de la mortalité chez les agneaux et les brebis adultes. En protégeant les agneaux des températures extrêmes, on peut s'attendre à une diminution de la mortalité liée à la chaleur. **Amélioration des conditions de pâturage** : Les études montrent une meilleure qualité et une plus grande quantité de fourrage sous les panneaux, ce qui favorise une alimentation plus riche et plus régulière pour	**Taux de productivité futur non estimable.** Néanmoins, avec l'installation du projet, il ne sera pas amenuit.

		les agneaux. Une alimentation de meilleure qualité contribue à une meilleure santé générale et à une réduction des maladies, ce qui peut indirectement réduire la mortalité. **Meilleure gestion de l'humidité du sol** : Les panneaux solaires réduisent l'évapotranspiration et maintiennent une humidité du sol plus élevée, ce qui peut prolonger la période de pâturage et offrir des conditions plus stables pour les animaux. **En tenant compte de ces points, même si les données quantitatives précises sur la réduction de la mortalité des agneaux ne sont pas disponibles, les bénéfices observés suggèrent que les installations agrivoltaïques pourraient significativement diminuer le taux de mortalité des agneaux en atténuant les effets néfastes des conditions climatiques extrêmes. Une estimation précise nécessiterait des études spécifiques axées sur la mortalité des agneaux dans ces conditions.**	

Tableau 10 : Analyse de la production agricole de légumineuses (soja, pois) actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 3 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp[64].

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
Production de de légumineuses (soja, pois) à l'échelle de l'îlot 3 de la zone clôturée	**Rendement en légumineuses (soja, pois) non estimable** - **Pas de rendement en légumineuses (soja, pois)** (pas de culture de légumineuses réalisées). - **Dans l'hypothèse où le pois était cultivé sur cet îlot :** → Rendement régional moyen en pois : 2,94 tonnes/ha soit 58,8 tonnes/an sur la surface de l'îlot 3 tournant. **Dans l'hypothèse où le soja était cultivé sur cet îlot :** → Rendement régional moyen en pois : 2,48 tonnes/ha soit 49,6	Les retours d'expérience montrent que : Concernant le pois : Site de Monticelli D'ongina en Italie (Rem Tec, 2024) : Le rendement moyen sous la structure agrivoltaïque est diminué de 8 %. Le soja développe tout de même une plasticité à l'ombrage qui lui permet de répondre de manière satisfaisante en termes de rendement. Site de l'Université du Minnesota aux USA (Potner, Heins, Buchanan, 2024) : Bien que les rendements soient légèrement réduits en quantité, la qualité des cultures (teneurs en protéines brutes, en fibres, digestibilité, minéraux) est fortement améliorée sous la structure agrivoltaïque. Concernant le soja : Site d'Amance en Haute-Saône (TSE, 2023) :	**Rendement en pois futur :** → Rendement en pois futur = (rendement en pois actuel hypothétique * surface non couverte de panneaux) + (rendement en pois actuel hypothétique – 8 % * surface couverte de panneaux) = 2,94*15,75 + (2,7*4,23) = 46,3 + 11,42 = 57,72 tonnes/an **Le rendement en pois futur pourrait atteindre 57,72 tonnes par an soit une diminution de 1,8 % du rendement à l'échelle de l'îlot 3 tournant (20 ha).** La moyenne du rendement par hectare sur l'îlot est estimée **supérieure à 90 % (98,1%)** de la moyenne du rendement par hectare sans panneaux. **Amélioration de la qualité des rendements en pois :** Il est estimé que la qualité du pois sera améliorée sous la structure agrivoltaïque

[64] FRANCEAGRIMER, 2024. *Chiffres clés 2023-2024 - Prévisions 2024-2025 - Nouvelle-Aquitaine.*

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
	tonnes/an sur la surface de l'îlot 3 tournant (20 ha). **Il est considéré que le rendement en pois et en soja actuel pourrait être de respectivement 58,8 et 49,6 tonnes/an à l'échelle de l'îlot 3 tournant (20 ha).**	Il n'y a pas de différence significative, concernant la variété *Soprana*, de rendement global et nombre de gousse quand le soja est cultivé sous canopée agrivoltaïque par rapport au soja cultivé en zone témoin. Les rendements en soja sous la canopée ont été protégés de la grêle comparativement à ceux du soja cultivé en zone témoin. **Dans cette étude, il est donc considéré que :** **Les rendements en pois sont réduits d'au maximum 8 % sous la structure agrivoltaïque** **Les rendements en soja sont les mêmes en plein champ ou sous la structure agrivoltaïque**	(teneurs en protéines brutes, fibres, digestibilité, minéraux). - **Rendement en soja futur :** → Rendement en soja futur = rendement en soja actuel hypothétique = 49,6 tonnes/an **Le rendement en soja futur pourrait atteindre 49,6 tonnes par an à l'échelle de l'îlot 3 tournant (ha).** La moyenne du rendement par hectare sur l'îlot est estimée **supérieure à 90 %** de la moyenne du rendement par hectare sans panneaux.

Tableau 11 : Analyse de la production agricole de graminées (avoine, orge) actuelle et future de l'exploitation de M. HARVEY concernée par l'îlot 4 tournant de la zone clôturée du projet agrivoltaïque de Le Barp[65].

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
Production de de graminées (avoine, orge) à l'échelle de l'îlot 4 de la zone clôturée	**Rendement en graminées (avoine, orge) non estimable** - **Pas de rendement graminées (avoine, orge)** (pas de culture de graminées réalisée). - **Dans l'hypothèse de l'avoine était cultivé sur cet îlot :** → Rendement départemental moyen d'avoine : 9,6 tonnes/ha → Soit 192 tonnes/an à l'échelle de la surface de l'îlot 4 tournant (20 ha). **Dans l'hypothèse de l'orge était cultivé sur cet îlot :**	Les retours d'expérience sur les céréales montrent que : Site de Channay (Ombrea, 2022) : Le rendement en orge est augmenté de 10,4 % par rapport au témoin sous la structure agrivoltaïque. Le poids de 1 000 grains est également supérieur de 2,8 % par rapport au témoin. Le taux de protéine de l'orge sous la structure agrivoltaïque est supérieur de 8,8 % par rapport à la zone témoin. A la vue du peu de retours d'expérience concernant la culture de l'avoine sous structure agrivoltaïque et étant donné que l'avoine est une céréale comme l'orge il est estimé que les mêmes effets peuvent s'apprécier.	**Rendement en avoine futur :** → Rendement en avoine futur = (rendement en avoine actuel hypothétique * surface non couverte de panneaux) + (rendement en avoine actuel hypothétique + 10,4 % * surface couverte de panneaux) = 9,6*15,75 + (10,6*4,23) = 151,2 + 44,84 = 196 tonnes/an **Le rendement en avoine futur pourrait atteindre 217,82 tonnes par an soit une augmentation de 2,1 % du rendement à l'échelle de l'îlot 4 tournant (20 ha).** La moyenne du rendement par hectare sur l'îlot est estimée **supérieure à 90 % (102,1%)** de la moyenne du rendement par hectare sans panneaux. - **Rendement en orge futur :**

[65] FRANCEAGRIMER, 2024. *Chiffres clés 2023-2024 - Prévisions 2024-2025 - Nouvelle-Aquitaine.*

Elément d'analyse	Rendement actuel	Explications	Rendement attendu
	→ Rendement départemental moyen d'orge : 6,29 tonnes/ha → Soit 126 tonnes/an à l'échelle de la surface de l'îlot 4 tournant (20 ha). **Il est considéré que le rendement en avoine et en orge actuel pourrait être de respectivement 192 et 126 tonnes/an à l'échelle de la surface de l'îlot 4 tournant (20 ha).**	**Dans cette étude, il est donc considéré que :** **Les rendements d'orge et d'avoine peuvent être augmenté de 10,4 % sous la structure agrivoltaïque.**	→ Rendement en orge futur = (rendement en orge actuel hypothétique * surface non couverte de panneaux) + (rendement en orge actuel hypothétique + 10,4 % * surface couverte de panneaux) = 6,29*15,75 + (6,94*4,23) = 99 + 29,35 = 128,35 tonnes/an **Le rendement en orge futur pourrait atteindre 128,35 tonnes par an soit une augmentation de 1,8 % du rendement à l'échelle de l'îlot 4 tournant (20 ha).** La moyenne du rendement par hectare sur l'îlot est estimée **supérieure à 90 % (101,8 %)** de la moyenne du rendement par hectare sans panneaux.

3. Les conditions pour des revenus durables

Tableau 12 : Analyse des revenus durables de l'exploitation de M. HARVEY.

Revenus actuels	Revenus futurs	Explications
EBE (2019) : 61 121 € **EBE (2020) : 73 476** **EBE (2021) : -28 427** **EBE (2022) : -4 448**	**EBE futur non estimable. Pas de diminution significative attendue.**	✓ Avec l'installation du dispositif agrivoltaïque, il est possible qu'une perte de 10 % des rendements, et donc de 10 % des revenus soit observée. Cependant, **lors d'événements climatiques tels que la sécheresse, le gel ou la grêle, les rendements observés sous les panneaux seront supérieurs à ceux des zones témoins.** Par conséquent, ils seront également supérieurs à ce qu'ils auraient été sans le dispositif. Ainsi, l'exploitation sera en mesure de **garantir un rendement minimum, et donc un revenu minimum, même dans des conditions climatiques défavorables.** ✓ Le **projet agrivoltaïque ne représente aucune surface de la surface totale de l'exploitation**, puisque la majorité de la zone clôturée du projet est détenue par Agristar (21 % est détenu par un privé). Par conséquent, les impacts potentiels sur les rendements agricoles ne représenteront qu'un risque limité sur l'économie globale de l'exploitation.

Suite à une réduction de 8 hectares de la surface d'implantation de la centrale agrivoltaïque, il est estimé que l'EBE pourrait être modifié. Toutefois, la surface supprimée (8 hectares) est considérée comme faible proportionnellement à l'ensemble de la surface clôturée (80 hectares). De ce fait, **il est estimé que l'impact sur l'EBE ne sera pas significativement impactant pour l'exploitaition agricole.**

Tableau 13 : Aides PAC à l'échelle de la zone clôturée concernée par le projet.

Aides PAC avant-projet	Aides PAC après projet
L'exploitant touche **28 500 €/an d'aides PAC sur l'ensemble de sa SAU. Toutefois, il ne touche aucune aide PAC sur la zone clôturée du projet.**	**Les 80 hectares concernées par la zone clôturée du projet seront automatiquement déclarés à la PAC et feront l'objet de subvention d'exploitation sous la forme de droit au paiement de base.** **Surface PV** = 16,92ha **Surface admissible** = SAU projet – surface PV = 40 – 16,92 = 63,08 ha En partant du principe que M. HARVEY touche en moyenne 237,5 euros par

	hectare d'aides PAC, il devrait donc toucher sur la zone clôturée : Aides PAC = 237,5*63,08 = **<u>14 982 €/an</u>** → **Soit un gain de 14 982 € par rapport au scénario avant-projet.**

V. Dérogation à la zone témoin

Selon l'article R. 314-115 du code de l'énergie, il est possible de déroger à l'obligation de se référer à la zone témoin mentionnée à l'article R. 311-114 dans les conditions suivantes :

1° « Pour les installations dont **le taux de couverture**, [...] **est inférieur à 40 %** et dans le cas où l'exploitant justifie être **dans l'incapacité technique** de créer une zone témoin, le préfet de département peut autoriser l'usage, [...] référentiel local fondé sur les résultats agronomiques et les séries de données historiques disponibles. Cette dérogation peut être octroyée pour toute la durée de vie de l'exploitation après avis de la commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers ;

2° Pour les installations dont **le taux de couverture** [...] **est inférieur à 40 %** et dans le cas où l'exploitant justifie de **l'existence d'une installation agrivoltaïque similaire** au niveau départemental et comportant une zone témoin ou de l'existence d'une installation agrivoltaïque similaire au niveau régional, comportant une zone témoin et connaissant des conditions pédoclimatiques équivalentes ;

3° L'installation utilise **l'une des technologies agrivoltaïques éprouvées** figurant sur une liste établie par arrêté des ministres chargés de l'énergie et l'agriculture en fonction du mode de culture ou d'élevage, du procédé technique photovoltaïque utilisé et de l'implantation géographique [...]. Les données recueillies par l'Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie font alors office de référentiel pour l'appréciation du caractère significatif de la production agricole [...], pour les installations agrivoltaïques sur élevage. »

2. S'agissant d'un projet d'agrivoltaïsme en rotation avec de l'élevage, avec un taux de couverture inférieur à 40 %, **AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP** n'est pas tenu de définir une zone témoin pour ce projet. Toutefois, **ce dernier a souhaité mettre en place une zone témoin dans le but de participer à étayer les retours d'expériences relatifs à l'agrivoltaïsme** et notamment aux grandes cultures. Représentant **5 % de la surface agrivoltaïque installée dans une limite d'un hectare**, cette zone sera **située au sud de la parcelle**. Elle conservera une **continuité agronomique avec le sol du reste du site, garantissant ainsi des caractéristiques pédologiques.**

Le suivi agronomique sera réalisé par **l'EARL HARVEY et la chambre d'agriculture.** Le but étant de **recueillir des retours d'expérience sur l'impact des ombrières agrivoltaïques sur les rendements et la santé des sols.** Les protocoles de suivis sont présentés en Annexe de ce document.

VI. Justification du statut d'agriculteur actif : attestation MSA

Article 314-109 : *« est considérée comme agriculteur actif toute personne physique ou morale qui répond aux conditions de l'article D. 614-1 du code rural et de la pêche maritime. »*

Pour l'application des régimes d'aide relevant de la politique agricole commune, est considéré comme agriculteur actif, le demandeur qui remplit l'une des conditions suivantes :

a) *Être redevable, pour son propre compte, de la cotisation due au titre de l'assurance contre les accidents du travail et les maladies professionnelles mentionnée à l'article L. 752-1 pour les activités mentionnées aux 1° ou 2° de l'article L. 722-1 ; et en cas d'atteinte de l'âge prévu au 1° de l'article L. 351-8 du code de la sécurité sociale, ne pas avoir fait valoir ses droits à la retraite auprès des régimes légaux ou rendus légalement obligatoires, de base et complémentaires ;*

b) *Être une société dans laquelle au moins un associé répond, au titre de son activité dans la société, aux conditions fixées au 1° ;*

c) *Être une société, sans associé redevable de la cotisation due au titre de l'assurance contre les accidents du travail et les maladies professionnelles, mentionnée à l'article L. 752-1, sous réserve d'exercer une des activités mentionnées aux 1° ou 2° de l'article L. 722-1 et que le ou les dirigeants de cette société relèvent du régime de protection sociale des salariés des professions agricoles au titre des 8° ou 9° de l'article L. 722-20 ; N'ont pas fait valoir leurs droits à la retraite auprès des régimes légaux ou rendus légalement obligatoires, de base et complémentaires alors qu'ils ont atteint l'âge prévu au 1° de l'article L. 351-8 du code de la sécurité sociale ; détiennent une part minimale du capital social de la société fixée par arrêté du ministre chargé de l'agriculture ;*

d) *Être une personne morale de droit public exerçant une activité agricole au sens de l'article D. 614-4 ;*

e) *Être une association régie par les dispositions de la loi du 1er juillet 1901 relative au contrat d'association ou une fondation reconnue d'utilité publique dont les statuts prévoient l'activité agricole au sens de l'article D. 614-4 ;*

f) *Être un agriculteur, au sens de l'article 3 du règlement (UE) 2021/2115 du Parlement européen et du Conseil du 2 décembre 2021, non redevable de la cotisation due au titre de l'assurance contre les accidents du travail et les maladies professionnelles mentionnée à l'article L. 752-1, dont le siège d'exploitation est situé sur le territoire d'un autre Etat membre de l'Union européenne, qui répond à la définition d'agriculteur actif dans cet Etat et qui exploite des terres en France.*

L’exploitant, M. HARVEY, est une personne morale exerçant une activité agricole. Ces caractéristiques répondent à l’article L. 314-36 du code de l’énergie. L’attestation MSA de M. HARVEY est jointe en annexe de cette étude.

Conclusion

Le projet respecte le décret **n° 2024-318 du 8 avril 2024** ainsi que l'instruction technique y afférant, relatif au développement de l'agrivoltaïsme et aux conditions d'implantation des installations photovoltaïques sur des terrains agricoles, naturels ou forestiers. Chaque élément du dossier ci-présent, présenté conformément à l'article L. 314-36 du code de l'énergie, justifie que **le projet agrivoltaïque de Le Barp mis en place par AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP** respecte les conditions et remplit les critères exigés.

Conformément au guide méthodologique de la Nouvelle-Aquitaine et à la charte agrivoltaïque de la Gironde[66], AGRI PHOTOVOLTAIQUE LE BARP à travers la mise en place de ce projet agrivoltaïque, s'est évertué à respecter le décret agrivoltaïque du 08 Avril 2024 et son instruction technique. **Le projet agrivoltaïque de Le Barp respecte les souhaits et les demandes de ce décret**Annexes

[66] CHAMBRE D'AGRICULTURE GIRONDE, 2023. *Charte sur l'agrivoltaïsme Gironde*.

Références

- AGRITECTURE, 2022. Largest farm to grow crops under solar panels proves to be a bumper corp for agrivoltaic land use.
- ARVALIS, 2014. Pulvérisation sur céréales : soigner les conditions d'application des phytos.
- BAUDART, 2022. Quels effets de l'agrivoltaïsme sur les cultures.
- BAYWA R.E., 2023. SOLAR : lancement d'un projet de R&D agrivoltaïque.
- BILE, 2024. Bouclage des cycles de nutriments.
- BLOOR, 2012. Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies.
- BORDEAUX MÉTROPOLE, 2022. Plan Climat Air Energie Territorial 2022-2028.
- BRUNEL-MUGUET, 2013. Light Restriction Delays Leaf Senescence in Winter Oilseed Rape (Brassica napusL.).
- CHAMBRE D'AGRICULTURE GIRONDE, 2023. Charte sur l'agrivoltaïsme Gironde.
- CHAMBRE D'AGRICULTURE GIRONDE, 2024. Fiche technique Agriculture biologique : Brocoli d'hiver.
- CLIMATE DATA, 2024. Climat de Cadaujac.
- DEBOUTTE, 2023b. TSE inaugure une canopée agrivoltaïque équipée d'un système d'irrigation intelligent.
- DESWARTE, 2017. Céréales à paille : quelles conséquences des températures élevées sur le remplissage des grains ?
- DESWARTE, 2022. Etat des cultures : Quel impact de la sécheresse sur les céréales d'hiver ?
- DUMONT, 2007. Pâturage et biodiversité des prairies permanentes.
- DUPRAZ, 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use : Towards new agrivoltaic schemes.
- ENCIS ENVIRONNEMENT, 2020. Analyse de la concurrence entre les parcs photovoltaïques au sol et les autres usages des sols-Focus sur les solutions de l'agrivoltaïsme.
- ENGIE GREEN, 2023. Le démonstrateur Camelia à l'Herbipôle de Laqueuille - Un test grandeur nature pour l'agrivoltaïsme selon ENGIE Green, en partenariat avec l'INRAE.

- FRANCEAGRIMER, 2024. Chiffres clés 2023-2024 - Prévisions 2024-2025 - Nouvelle-Aquitaine.
- FRÉMONT, 2024. Climat : les prairies très vulnérables face aux sécheresses extrêmes.
- GISSOL et SOLS & TERRITOIRES, 2019. Pédologie, Les sols dominants en France métropolitaine-Description des grandes familles de sols.
- GRAVE, 2023. Réserve en eau du sol : « augmenter la matière organique, c'est bien, éviter le tassement, c'est mieux ».
- IMAGREEN, 2025. Etude Agricole : Projet Agrivoltaïque Ferme de Saucats.
- IMAGREEN, 2025. Etude préalable agricole : Projet Agrivoltaïque Ferme de Saucats. 2025.
- LEBON, 2014. Direct and apparent compensation in plant-herbivore interactions.
- MADEJ, 2024. Rapport de deux ans de suivis en exclos sur deux sites agrivoltaïques à panneaux fixes pâturés par des ovins en plaine (Braize) et en moyenne montagne (Marmanhac) et sur un site agrivoltaïque à panneaux trackers en plaine (Eglisottes).
- MARSDEN, 2023. Les rôles de la matière organique.
- MARTIN, 2002. Le rôle des fourrages dans la qualité des produits animaux : comment répondre aux attentes du consommateur ?
- OMBREA, 2023. Ombrea inaugure un 1er site agrivoltaïque sur une parcelle maraichère dans le Lot-et-Garonne.
- OMBREA, 2024. Agrivoltaïsme et élevage bovin : quels sont les bénéfices apportés ?
- ORACLE, 2020. Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Nouvelle-Aquitaine.
- PEIGNE, 2023. Processus écologique : la battance.
- PILAR SÀNCHEZ, 2021. Nouveau design de tracker pour l'agrivoltaïque.
- POTENZA, COLAUZZI, AMADUCCI, 2024. A case study of soybean (Glycine max L.) under agrivoltaic systyem and modelling simulation.
- POTNER, HEINS, BUCHANAN, 2024. Biomasse fourragère et valeur nutritive des graminées et des légumineuses cultivées dans des systèmes agrivoltaïques.
- REDEN, 2023. REDEN, pionnier de l'essai en matière d'élevage bovin sur parc agrivoltaïque.
- SEUNG-HUN, HYE JOUNG et HYEON-WOO, 2022. Agrivoltaic Systems Enhance Farmers' Profits through Broccoli Visual Quality and Electricity Production without Dramatic Changes in Yield, Antioxidant Capacity, and Glucosinolates.

- STATKRAFT, 2024. Une étude confirme les effets positifs des panneaux photovoltaïques sur le pâturage ovin.
- TERRATERRE, 2024. Etude préalable agricole au titre de l'article 28 de la loi du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt.
- TERREOM, 2024. La matière organique du sol : rôles, cycle, indicateurs, mesure et pratiques favorables.
- UMASSAMHERST, 2024. Butternut Squash and Lettuce Production Under Agrivoltaix Solar Array in Grafton, MA.
- UNIFA, 2023. La fertilité biologique des sols.
- UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2023. L'agrivoltaïque pour ombrager les vaches.
- WILLOCKX, 2023. Performance evaluation of vertical bifacial and single-axis tracked agrivoltaic systems on arable land.