

Projet agrivoltaïque de Marclopt (42)

Analyse projet - Simulation d'impact
microclimatique, de bilans hydriques et
de production prairiale

Mission 1

26/02/25



Sommaire

1. **Éléments de contexte et caractéristiques du projet**
2. **Le projet agrivoltaïque**
3. **Simulations de rayonnement et évapotranspiration**
4. **Bilans hydriques prévisionnels**
5. **Potentiel de production récoltable prairiale**
6. **Le contexte réglementaire**
7. **Conclusion & Recommandations**

Contexte et objectifs

Contexte

La société Terre et Lac étudie actuellement l'implantation d'un projet agrivoltaïque pour de la production de fourrage sur la commune de Marclopt, dans la Loire (42). Terre et Lac souhaite être accompagné pour confirmer le dimensionnement de la structure PV afin de maintenir la productivité et la qualité de la production fourragère.

La société **AgrisoLeo**, experte dans l'accompagnement des projets de la filière, est missionnée pour une étude spécifique d'impact de la structure photovoltaïque sur le microclimat et la production agricole. Les simulations évalueront l'impact de la structure agrivoltaïque sur la production agricole au regard de la zone témoin, en considérant les impacts des panneaux sur l'ombrage et l'humidité du sol.

Objectifs de l'étude

- Préciser certaines caractéristiques de la zone d'étude,
- Valider la cohérence et faisabilité du projet,
- Simuler le microclimat et la production prairiale
- Vérifier la comptabilité avec le cadre réglementaire de l'agrivoltaïsme,
- Préciser les recommandations et les points de vigilance.

Glossaire

ETP : Evapotranspiration potentielle : L'ETP est liée à un couvert de référence.

ETM : Evapotranspiration maximale : selon la culture et selon les stades culturaux, caractérisés par un coefficient cultural K_c . L'ETM est égale à ETP, multipliée par le coefficient K_c . L'ETM correspond à l'évapotranspiration maximale d'une plante en condition hydrique non limitante.

RU : Réserve Utile : en mm, quantité d'eau qu'un sol peut absorber et restituer à la plante.

RFU : Réserve Facilement Utilisable : en mm, quantité d'eau qu'une plante peut extraire sans subir de stress.

Potentiel de rendement : Potentiel de rendement : rendement maximal atteignable dans un contexte pédoclimatique donné, dans le cas d'un itinéraire technique optimal et sans facteurs limitants (maladies, manque de nutriments...)

Degrés jours : moyenne entre la température maximale du jour et la température minimale, à laquelle on retire la température de base propre à chaque culture. Chaque stade est défini par un cumul de degré jours à atteindre. Permet d'estimer les dates des stades phénologiques d'une culture.

Éléments de contexte et caractéristiques du projet

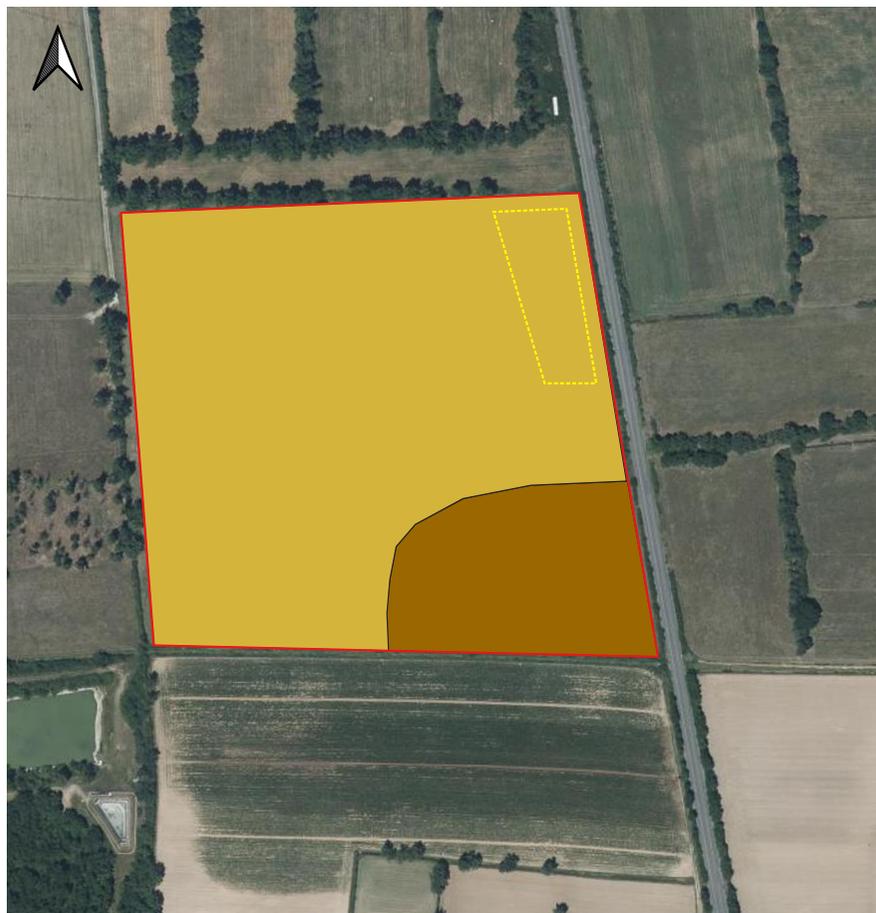


Contexte agropédologique

→ Sols dominants

- L'étude de la zone et des 7 sondages pédologiques a permis d'observer des sols à l'origine et au fonctionnement similaires. Ils présentent tous une texture sableuse sur les premiers décimètres avant d'atteindre un horizon bien plus argileux en profondeur. L'ensemble des sondages possédaient des signes d'hydromorphie très marqués avec la présence d'un horizon réductique en profondeur. Seuls les sondages 5 et 6 n'avaient pas de signe d'hydromorphie jusqu'à la surface et seul le sondage 6 voyait son horizon réductique apparaître au-delà de 50cm de profondeur.
- 3 Unités Typologiques de Sols (UTS) ont été définies, selon la présence ou non des traces d'oxydation ainsi que l'épaisseur des sols. Ces 3 UTS sont représentatives de 2 Unités Cartographiques de Sols (UCS) de la manière suivante :
 - L'UCS 1 est composée de l'UTS 1 et l'UTS 2 ;
 - L'UCS 2 est composée de l'UTS 3.

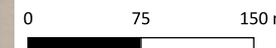
UCS	Surface en ha
UCS 1	7,7
UCS 2	1,75
Total	9,45



Localisation des UCS

Légende

- ZIP
- Zone témoin
- UCS
- UCS 1
- UCS 2



Échelle : 1 / 3 000
Source : IGN, 2025.
Agrisoleo, Agrosol
2025.

La zone d'étude

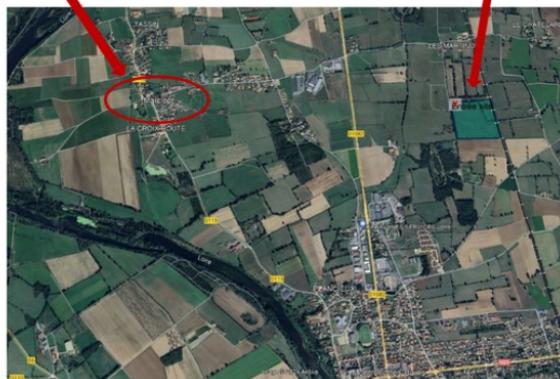
- La surface de la zone d'étude est de 9,5 ha.

DESCRIPTION GENERALE	
Nature de l'installation	Centrale Agrivoltaïque
Commune - Département	MARCLOPT - Loire (42)
Adresse du projet	
Coordonnées GPS au centre du site	45°39'42.7"N /4°14'28.3"E
Parcelles cadastrales concernées par le agrivoltaïque	Section B n° 198-199-201
Type de terrain	Prairies permanentes
Activité/usage actuel(le) du site	Prairies permanentes fauchées
Document d'urbanisme	La commune de Marclopt est régie par un PLU.
Superficie	9,50 ha

Vue aérienne du site :

Village de Marclopt (42)

Zone d'étude



Localisation du projet (source : Terre et Lac)

La RFU

- Une étude pédologique a été effectuée par Agrisoleo en février 2025. Elle permet de caractériser le sol du projet en deux sols différents.

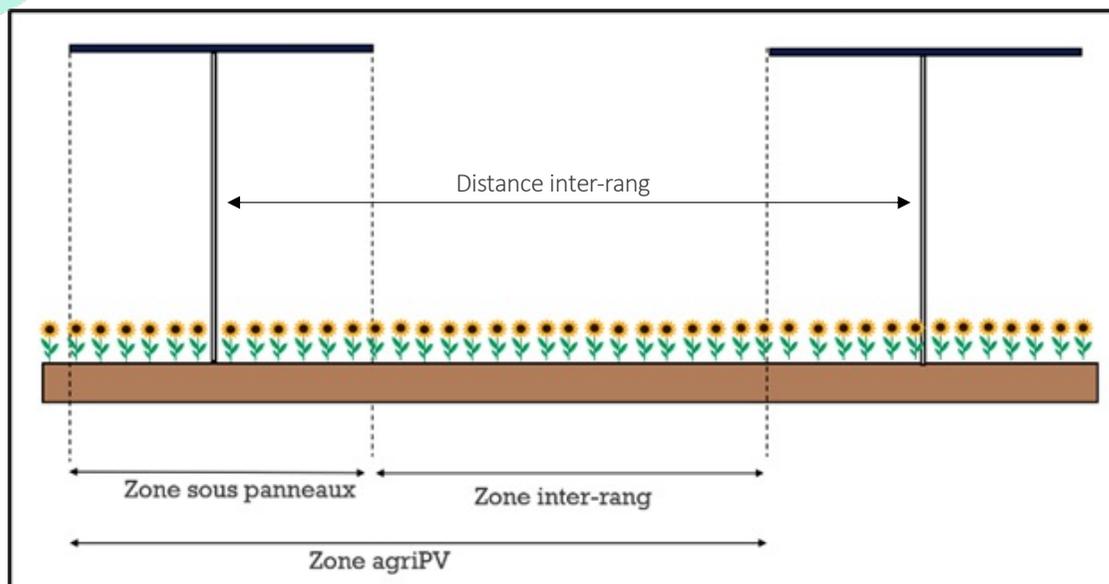
Nom	RU (mm)	RFU (mm)
UCS1	85	49
UC2	98	51

→ Les valeurs de RFU sont dans leur ensemble faibles et exposent à un fort risque de stress hydrique.

i Les valeurs de RU et de RFU ont été déterminées par AGRISOLEO sur la base des informations présentes dans le rapport pédologique.



Définition des zones d'étude



- i** L'hétérogénéité H est un indicateur d'irradiance qui représente l'hétérogénéité du rayonnement sur le champ. Une mauvaise hétérogénéité peut induire une composition et une production de biomasse hétérogène.

$$H = \frac{\overline{Ryt}(\text{zone sous panneaux}) - \overline{Ryt}(\text{zone inter-rang})}{2 \times \overline{Ryt}(\text{zone agriPV})} \%$$

CONTEXTE CLIMATIQUE ACTUEL ET FUTUR

Les données ci-dessous sont issues de l'outil climadiag*, pour le secteur de Marclopt (TRACC-2023). Les indicateurs agroclimatiques sont présentés pour la période actuelle et future.

Ressource en eau : Le déficit hydrique de avril à fin aout passe de -213 mm à -260mm (+22%)

Température : La température moyenne augmente de 1,48°C en 2050. Le nombre de jours de stress thermique pour les végétaux passe de 65 à 88 (+35%). Le 1^{er} jour de stress thermique de l'année est avancé de 8 jours.

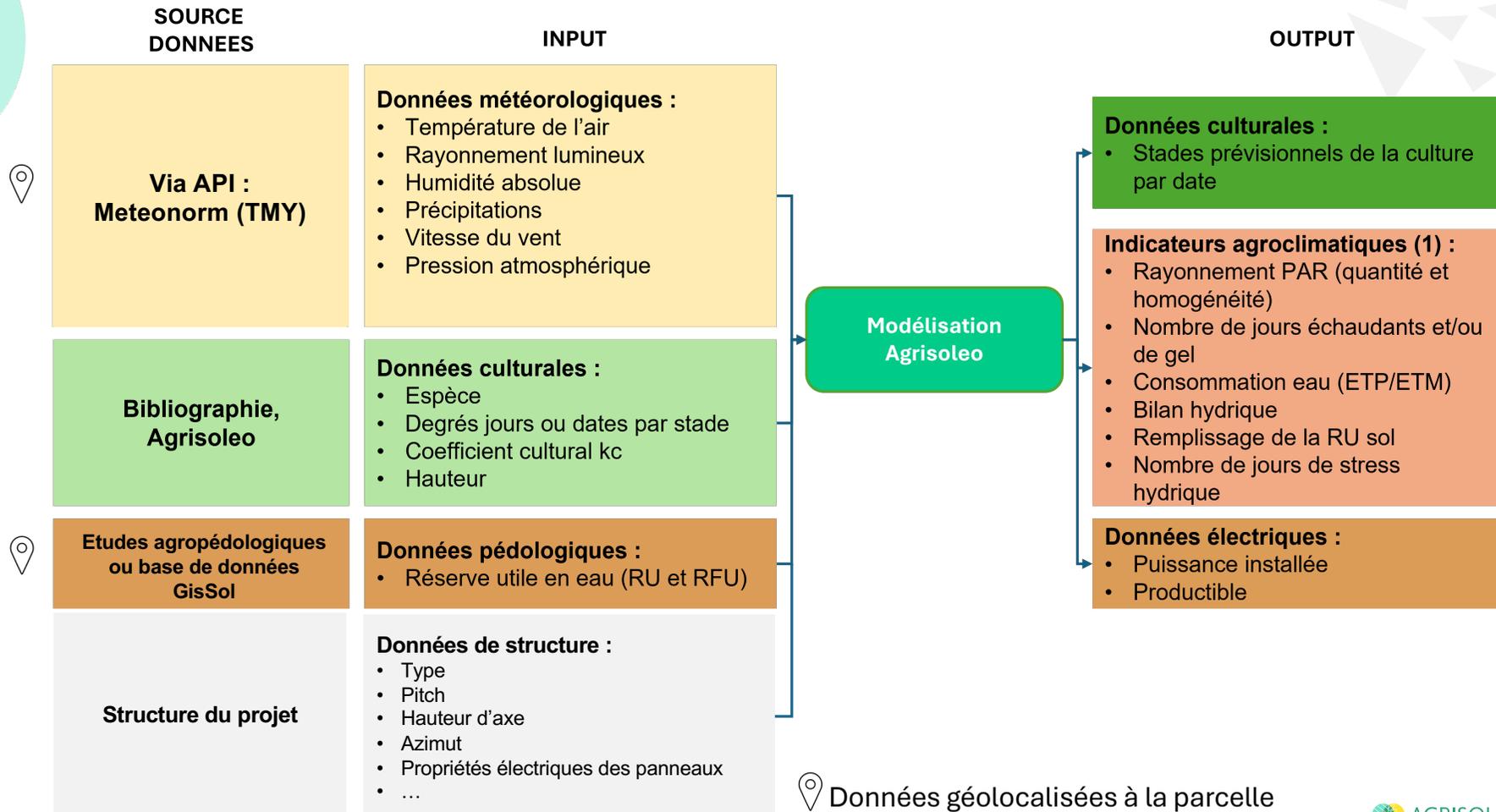
	Indicateur agroclimatique	Actuel (2010)	Futur proche (2050)	Évolution
RESSOURCE EN EAU	Déficit hydrique du 01/04 au 31/08	-213mm	-260mm	+ 47 mm
	Température moyenne annuelle	12,04 °C	13,52 °C	+ 1,48 °C
TEMPERATURE	Nombre de jours chaud annuel (T>25°C)	65	88	+ 23 j
	1 ^{er} jour >25°C	3 mai	25 avril	- 8j

→ D'après les projections à partir de l'outil climadiag (TRACC-2023), on observe une augmentation de température de 1,48°C, ce qui est élevé, ainsi qu'une évolution du déficit hydrique de +47 mm.

→ Sur la base de ces premiers éléments, l'agrivoltaïsme peut être une solution à la problématique climatique pour le projet.

* <https://climadiag-agriculture.fr/>

Fonctionnement du logiciel OptiSoleo



(1) Les indicateurs agroclimatiques peuvent être données par zone : témoin, sous-panneaux, entre-rangs et agriPV

Le projet agrivoltaïque



Présentation des exploitations agricoles

Actuelle

- Christophe Ronzon
- Ancien horticulteur, employant dix salariés : 18 000 m² au total de fleurs et plants maraichers vendus en gros.
- 2022 : crise sanitaire du COVID → Vente de l'exploitation
- Projet de rachat avec développement des serres qui n'a pas abouti
 - Mise à disposition du RDI de ses terres
- 2024 : accord avec Mme Reynaud pour la reprise de la parcelle de Marclopt dans le cadre de son projet d'installation

Future

- Emeline Reynaud
- Enseignante à la MFR de St-Laurent de Chamousset
- Projet d'installation avec un atelier équin en 2026

- Les informations concernant les deux exploitations sont très incomplètes
- Le projet de Mme Reynaud n'est pas assez détaillé

Présentation du projet agricole

Parcelle de
Marclopt

Situation actuelle

Exploitée par M. Ronzon en
prairie permanente fauchée

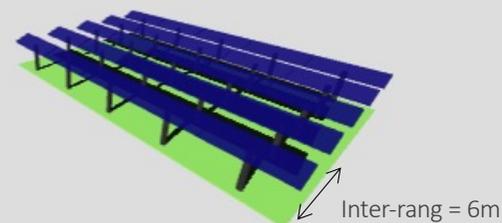
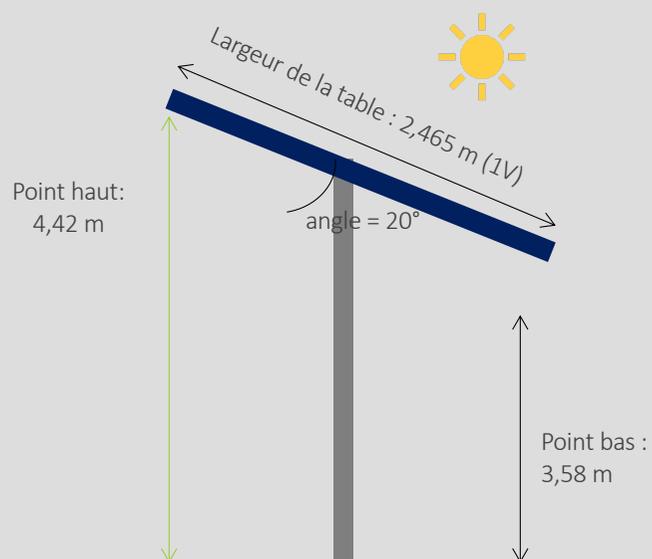
Situation future

Exploitée par Mme Reynaud en
prairie permanente fauchée
pour son atelier équin en
synergie avec la structure
agrivoltaïque

Incompréhension sur la valorisation de la récolte
après mise en fonctionnement de la centrale :
répartition entre les deux exploitants?

Dimensionnement de la structure agrivoltaïque

STRUCTURE FIXE 1V



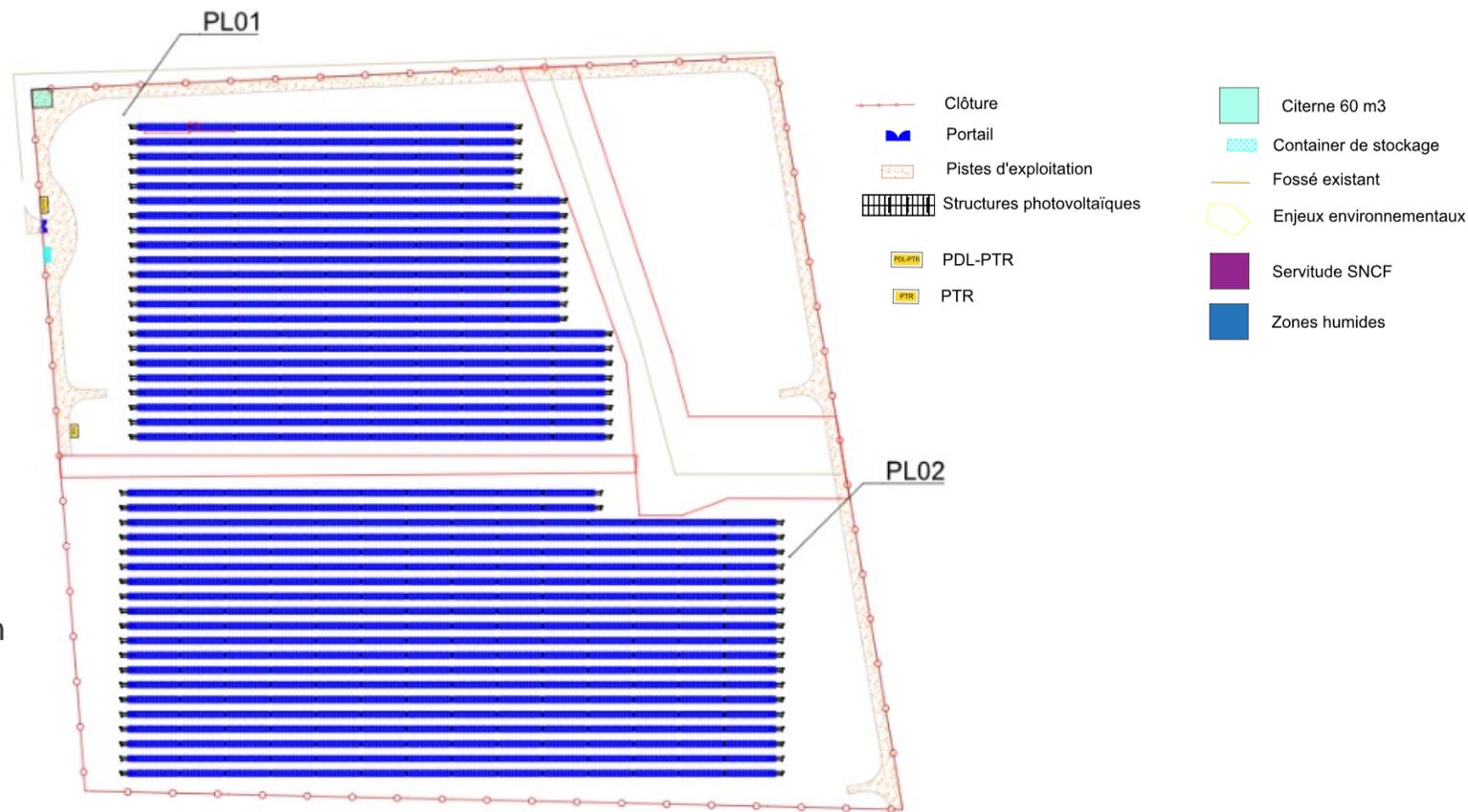
- Espace inter-rang : 6 m (Axe Nord-Sud)
- Panneaux : Fixe 1V – Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 645 Watt
- Orientations : Azimut 0°
- Taux d’Occupation du Sol (TOS) : 38,6 %

i Le Taux d’occupation du Sol (TOS) est calculé par:

$$TOS = \frac{\text{largeur table} * \cos(\text{angle})}{\text{espace inter - rang}}$$

Le Taux d’Occupation du Sol (TOS) du projet (38,6%) est conforme au seuil limite du taux de couverture fixé par le décret d’application sur l’agrivoltaïsme de la loi APER à 40%.

Implantation potentielle – plan de masse



Nombre de modules par tables: 13 ou 16
 Nombres de tables : 481
 Surface clôturée: 94658 m

i Pour la simulation, la différence entre les configurations 1V13 et 1V16 n'est pas significative. Les résultats sont donnés pour la configuration 1V13.

Document Confidentiel Agrisoleo

Cycle de développement de la prairie



Prairie Permanente fauchée

Mélange prairial pour la fauche (sol hydromorphe) :

30 % ray-grass - 40 % fétuque - 30% trèfle

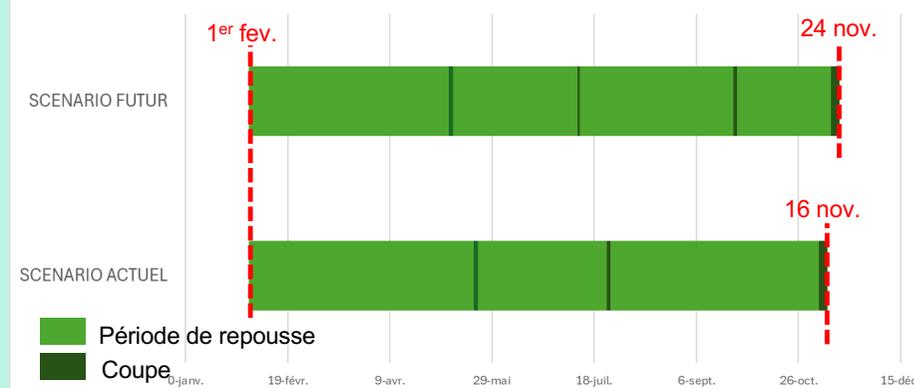
Scénario actuel

	Stade	Degrés jours	Début	Fin	Hauteur (m)	Kc
Scénario Actuel	0 - Redémarrage de la pousse	0 --> 1000	1-févr.	22-mai	0,1	1
	1 - 1ère coupe	1000 --> 1050	23-mai	25-mai	0,35	1
	2 - Période de repousse 1	1050 --> 2300	26-mai	28-juil.	0,1	0,8
	3 - 2ème coupe	2300 --> 2350	29-juil.	31-juil.	0,35	1
	4 - Période de repousse 2	2350 --> 3950	1-août	11-nov.	0,1	0,8
	5 - 3ème coupe	3950 --> 4000	12-nov.	16-nov.	0,35	1

Scénario futur

	Stade	Degrés jours	Début	Fin	Hauteur (m)	Kc
Scénario futur	0 - Redémarrage de la pousse	0 --> 1000	1-févr.	10-mai	0,1	1
	1 - 1ère coupe	1000 --> 1050	11-mai	13-mai	0,35	1
	2 - Période de repousse 1	1050 --> 2300	14-mai	14-juil.	0,1	0,8
	3 - 2ème coupe	2300 --> 2350	15-juil.	16-juil.	0,35	1
	4 - Période de repousse 2	2350 --> 3950	17-juil.	30-sept.	0,1	0,8
	5 - 3ème coupe	3950 --> 4000	1-oct.	3-oct.	0,35	1
	6 - Période de repousse 3	4000 --> 4600	4-oct.	19-nov.	0,1	0,8
7 - 4ème coupe	4600 --> 4650	20-nov.	24-nov.	0,35	1	

Comparaison des cycles de pousse de la prairie permanente entre les scénarios climatique actuel et futur



i Le climat en 2050 permet un cycle de repousse et de coupe supplémentaire.

Simulations de rayonnement et évapotranspiration



Contexte

Objectifs de l'étude

Produire des simulations de rayonnement reçu au sol pour un dimensionnement de structure photovoltaïque en considérant l'impact sur l'ombrage induit par les panneaux.

Données utilisées

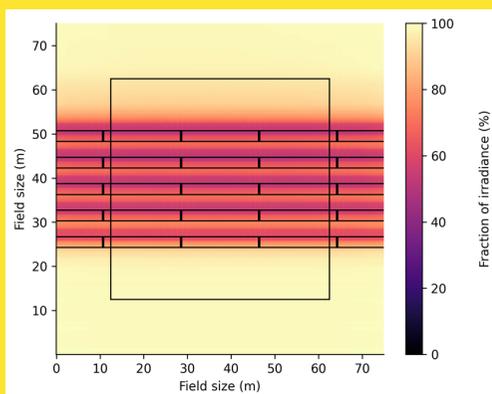
- Année météorologique typique actuelle fournie par Météonorm et géolocalisée à la parcelle.

Hypothèse

- Une transparence de 10% des panneaux a été prise en compte.
- Pour la prairie, le cycle de développement simulé est un pâturage tournant simple.

Résultats des simulations d'irradiance

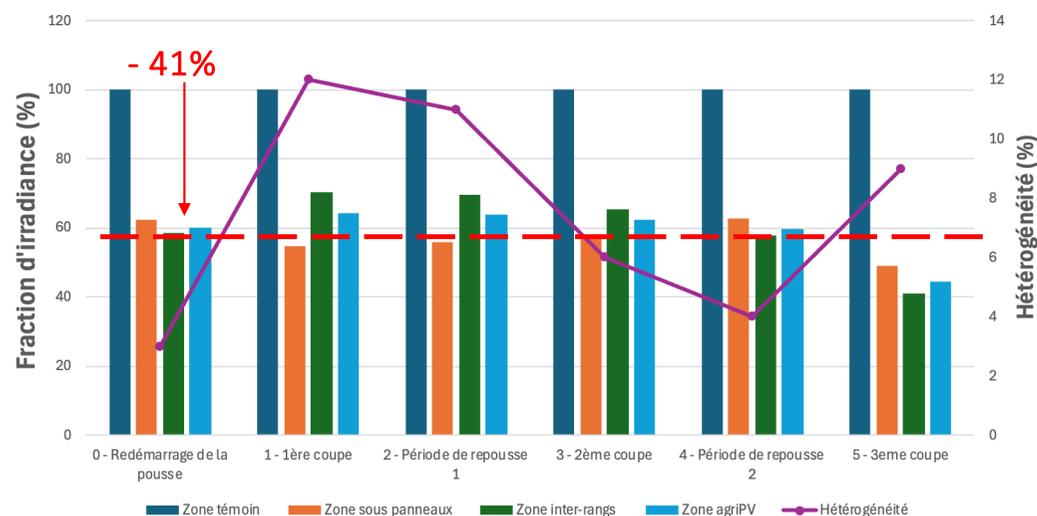
Carte d'irradiance reçue au sol sur le cycle de développement de la prairie (du 1^{er} février au 16 novembre)



Fraction d'irradiance reçue sur le cycle de développement (%)

Zone témoin	100
Zone sous panneaux	57 (-43%)
Zone inter-rangs	61 (-39%)
Zone AgriPV	59 (-41%)
Heterogeneity (%)	7,5%

Fraction d'irradiance reçue par stades phénologiques



- **Diminution** de l'irradiance reçue par la prairie en moyenne de **43%** en zone sous panneaux et de **39%** en zone inter-rangs. Cela représente une diminution de l'irradiance en moyenne de **41% en zone agriPV** sur le cycle de développement de la prairie.
- **L'hétérogénéité** est en moyenne de **7,5%** sur la période d'étude. Elle atteint son maximum de **12%** lors de la première coupe.

1

La structure agrivoltaïque induit un ombrage en moyenne de 41% sur la période d'étude.

2

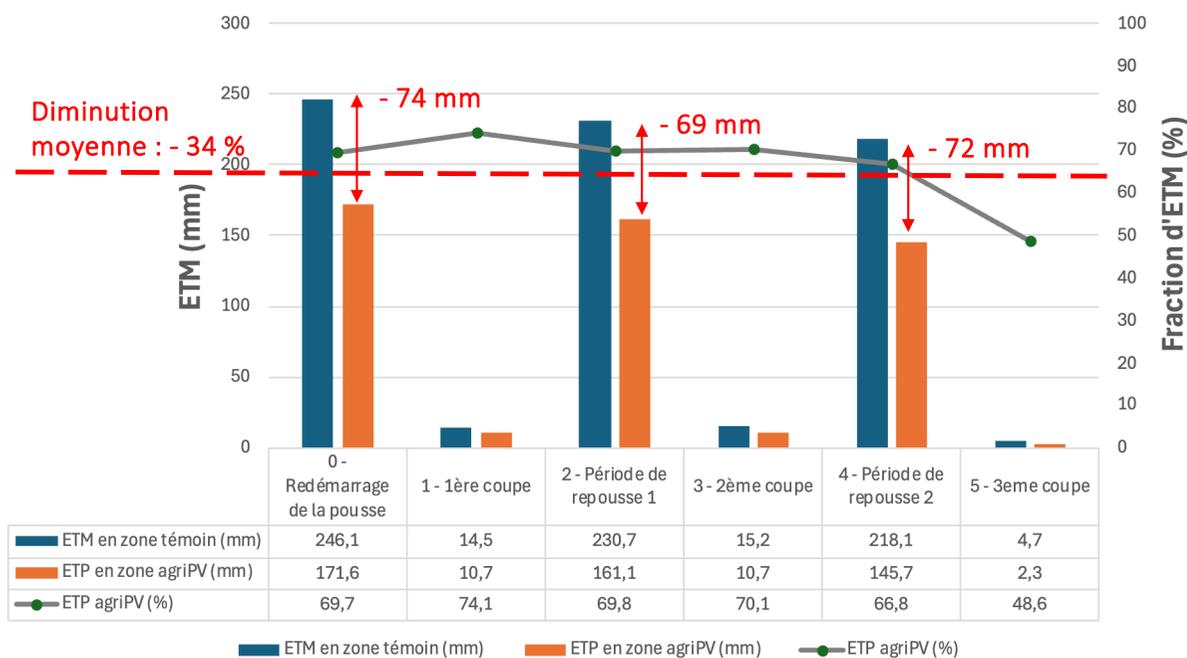
L'hétérogénéité est en moyenne de 7,5% ce qui est raisonnable pour le projet. Cela est le fait du choix d'une structure tracker pour le projet.

3

La production prairiale sera impactée selon les différents microclimats induits par les panneaux.

Résultats des simulations d'évapotranspiration

Comparaison de l'ETP en zone témoin et en zone agriPV



- Sur le cycle de développement de la prairie, l'ETP est de 729 mm en zone témoin contre 592 mm en zone agriPV.
- Diminution de l'ETP moyenne de 34% en zone agriPV sur le cycle de développement de la prairie. Cela représente une diminution de 227 mm d'ETP.

4

La structure agrivoltaïque permet une réduction de l'ETP en moyenne de 34% sur le cycle de développement de la prairie.

5

La mission 1.B permettra d'étudier la résilience de la prairie au stress hydrique pour le projet Marclopt.

Synthèse

Cultures	Fraction d'irradiance zone AgriPV (%témoin)	Hétérogénéité du rayonnement en zone agriPV (%)	Fraction d'ETP zone agriPV (%témoin)
Prairie permanente fauchée	59 %	7,5 %	66 %

1

La structure agrivoltaïque induit un ombrage en moyenne de **41%** sur le cycle de développement de la prairie.

2

L'hétérogénéité est en moyenne **7,5%** sur le cycle de développement de la prairie ce qui est correct pour un projet avec une structure fixe.

3

La structure agrivoltaïque induit une diminution d'ETM de **34%** sur le cycle de développement de la prairie.

Bilans hydriques prévisionnels



Contexte

Objectifs de l'étude

Un bilan hydrique prévisionnel permet d'évaluer les réserves en eau du sol en fonction de la consommation en eau des cultures et pour différents scénarios climatiques. L'étude évalue la protection face au risque de stress hydrique apportée par l'ombrage des panneaux.

Données utilisées

- Scénarios années météorologiques typiques actuelle et future (2050, scénario RCP 8.5) fournis par Météonorm et géolocalisés à la parcelle.

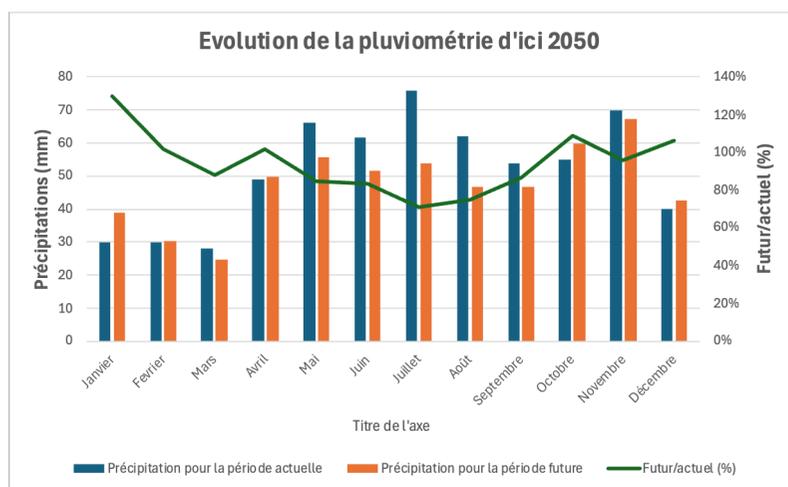
Hypothèses

- La réserve utile des sols est considérée remplie au 1^{er} janvier
- Pour le scénario climatique futur, le climat permet un cycle repousse supplémentaire.

Données d'entrées

Pluviométrie mensuelle

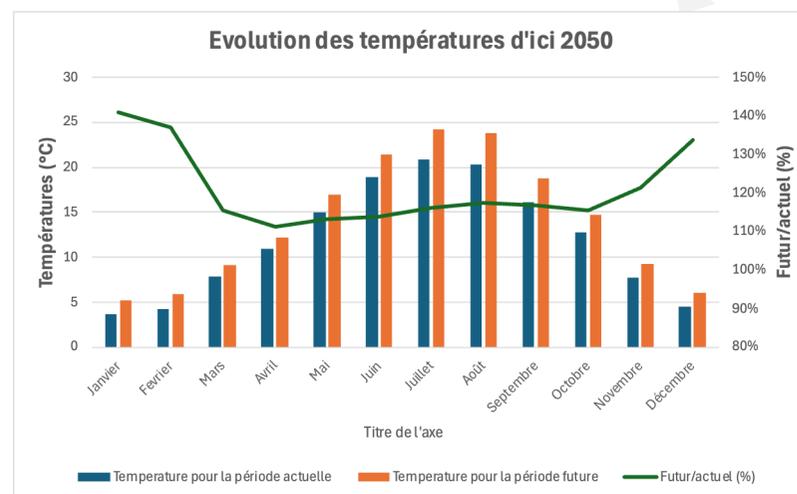
La pluviométrie mensuelle à Marclopt pour une année météorologique typique actuelle et future est donnée ci-dessous (source Météonorm).



Entre une année actuelle et future typique, on observe une **diminution de la pluviométrie de mars à septembre**. Ces résultats peuvent induire un risque de stress hydrique plus important en période printanière et estivale. D'autres facteurs sont à prendre en compte comme l'évapotranspiration et la réserve utile du sol. **Au global, 2050 se solde par une baisse de la pluviométrie de 53 mm (-9%).**

Températures mensuelles

La température mensuelle à Marclopt pour une année météorologique typique actuelle et future est donnée ci-dessous (source Météonorm).



Entre une année actuelle et future typique, on observe une **augmentation systématique des températures de janvier à décembre**, ce qui raccourcira les phases de développement et induira une augmentation de l'évapotranspiration et donc un risque de stress hydrique plus important. **Au global, 2050 se solde par une augmentation moyenne de 2,1 °C (+17%).**

Modélisation du bilan hydrique et indicateur de stress hydrique

D'après le modèle de bilan hydrique à deux réservoirs (Jacquart & Choisnel, 1995)

Indicateur de stress hydrique

- L'indicateur choisi est :

$$\text{Indicateur de stress} : 1 - \frac{ETR}{ETM}$$

Avec *ETM* : évapotranspiration maximale de la plante (kc x ETP)

Et *ETR* : évapotranspiration réelle qui dépend du niveau de remplissage des réservoirs

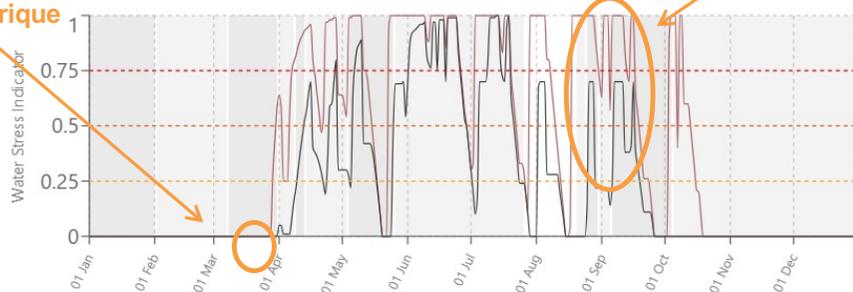
Si *ETR = ETM* : indicateur de stress = 0

Si *ETR < ETM* :

0 < IS < 0,25	Pas de stress
0,25 < IS < 0,5	Stress faible
0,5 < IS < 0,75	Stress moyen
0,75 < IS < 1	Stress sévère

Indicateur = 0 : pas de stress hydrique

Indicateur > 0 : stress hydrique



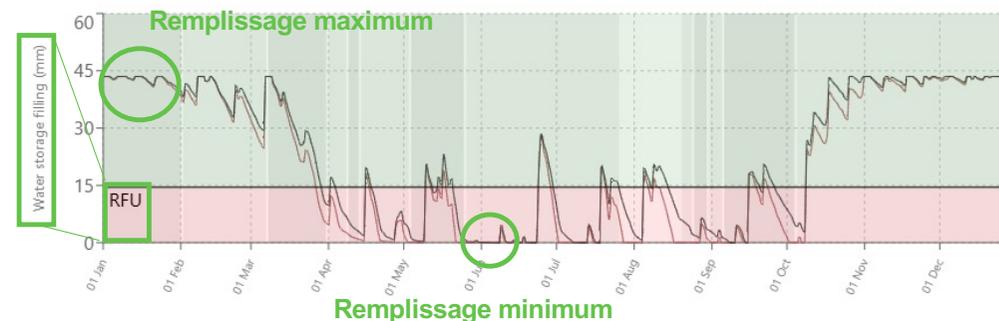
-o- Stress Indicator Ref
 -o- Stress Indicator AgriPV
 -o- Stress Indicator Under Panels
 -o- Stress Indicator Between Panels

Besoins en eau d'irrigation

$$\text{Besoin en eau d'irrigation} = ETM - ETR$$

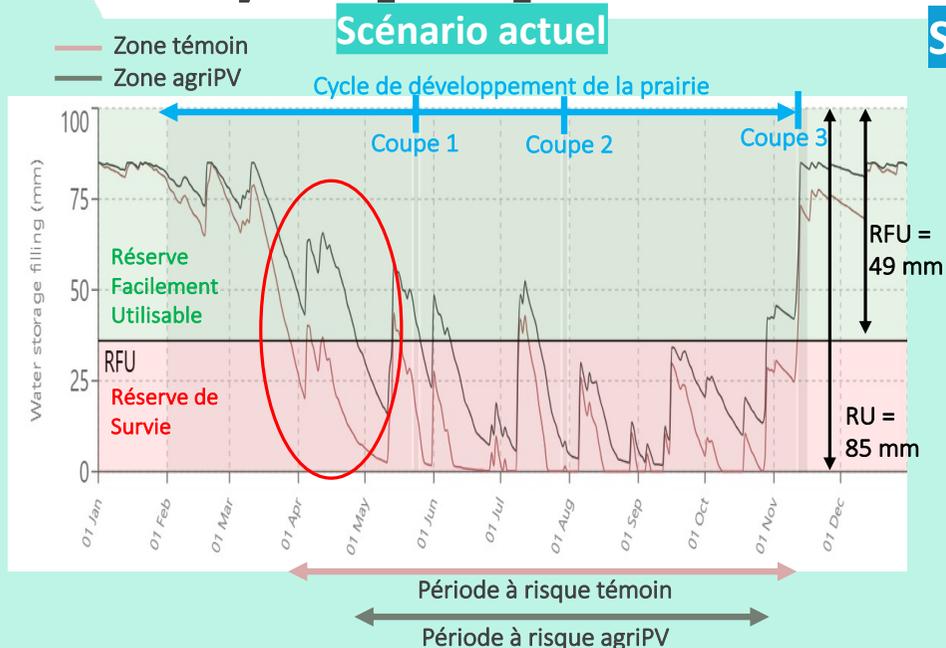
Remplissage de la réserve hydrique (%RU)

Available Water Stock

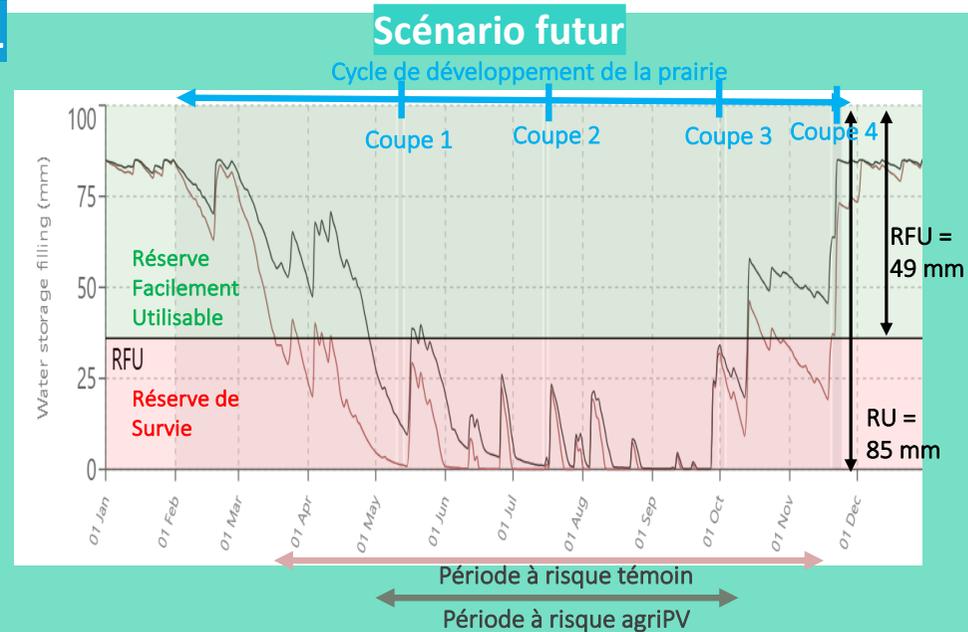


-o- Control Zone
 -o- AgriPV Zone
 -o- Under Panels
 -o- Between Panels

Bilans hydriques pour une année typique – sol 1



Sol 1



i En 2050, la prairie aura un cycle de coupe supplémentaire. Les cycles seront accélérés compte tenu de la hausse des températures.

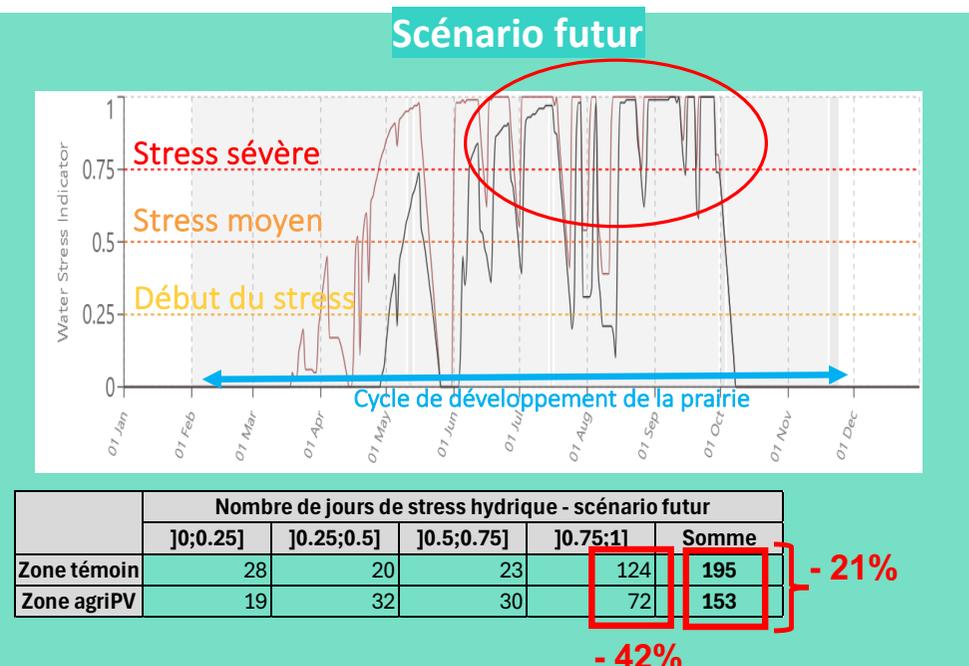
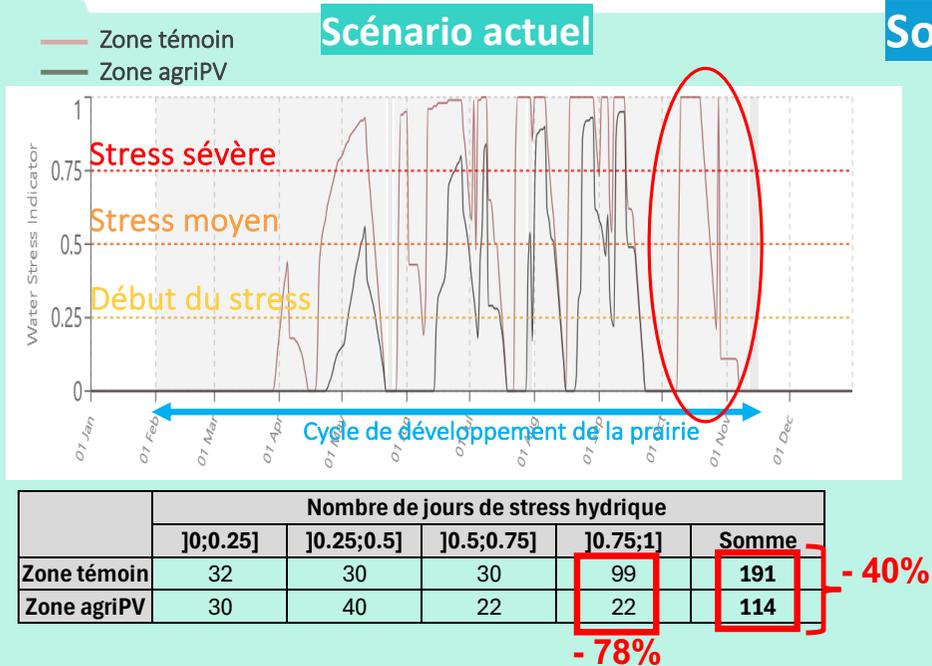
1 Dans le contexte climatique actuel, le sol de la zone témoin atteint la réserve de survie durant la 1ère pousse vers la fin mars. La zone agriPV est atteinte la réserve de survie **1 mois plus tard** fin avril.

2 En 2050, la zone agriPV atteint la réserve de survie **1 mois et demi plus tard** par rapport à la zone témoin.

Le scénario futur montre que la réserve facilement utilisable est consommée plus tôt dans l'année. De plus, la réserve de survie est plus intensément consommée **ce qui limitera la repousse de la prairie.**

3 Quand la réserve de survie est atteinte, la plante aura plus de difficulté à accéder à la ressource en eau disponible, ce qui peut causer une situation de stress hydrique. L'étude de l'indicateur de stress hydrique dans la slide suivante caractérisera le stress hydrique subit par la prairie sur son cycle de développement.

Évolution du nombre de jour de stress hydrique – sol 1



1

Le risque de stress hydrique est réduit de 77 jours en zone agriPV par rapport au témoin soit une baisse de 40 %. On observe la suppression d'un épisode de stress hydrique fort en octobre.

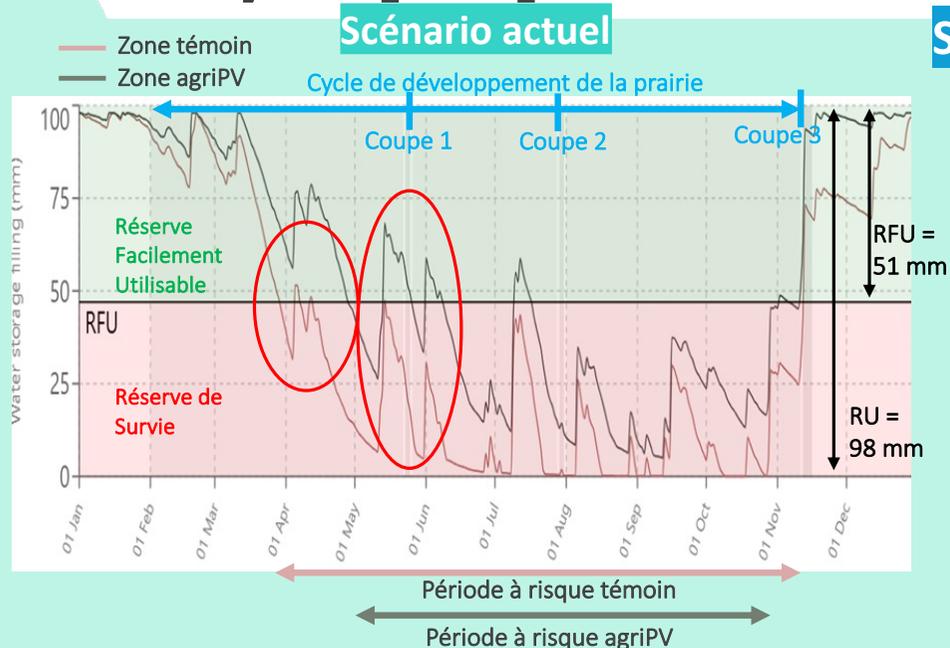
Les épisodes de stress hydrique sévères en zone agriPV sont modérés par rapport à la zone témoin avec une baisse de 77 jours soit de 78%

2

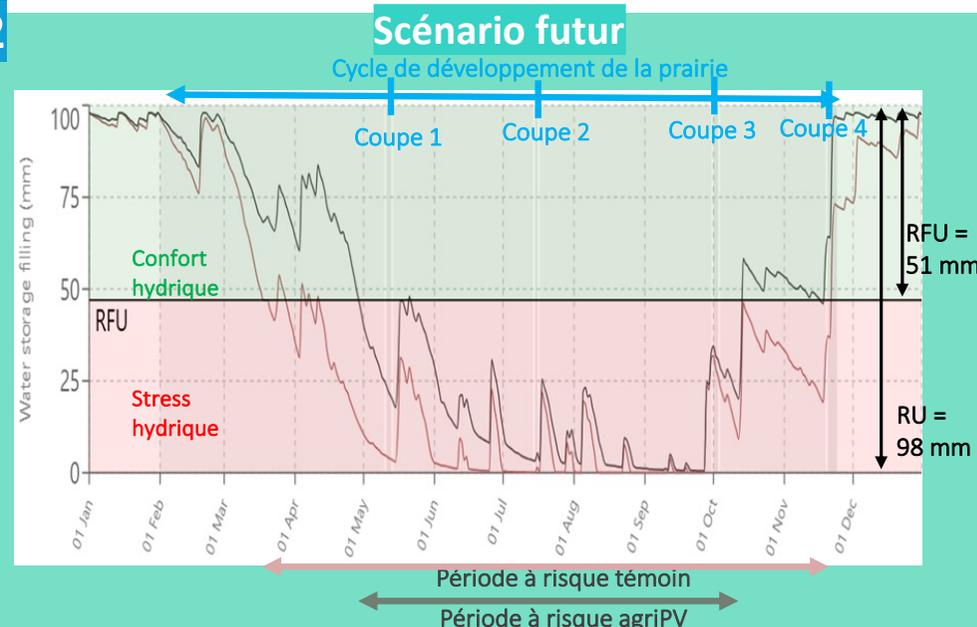
Dans le scénario futur, le risque de stress hydrique est réduit de 42 jours en zone agriPV par rapport au témoin soit une baisse de 21 %.

Dans le scénario futur, la structure agriPV continue de modérer le stress hydrique printanier mais ne parvient plus à modérer l'intensité du stress hydrique estival à partir de juillet. Sur le cycle, on observe une baisse de stress sévère de 52 jours soit 42%.

Bilans hydriques pour une année typique – sol 2



Sol 2



i En 2050, la prairie aura un cycle de coupe supplémentaire. Les cycles seront accélérés compte tenu de la hausse des températures.

1 Dans le contexte climatique actuel, le sol de la zone témoin atteint la réserve de survie durant la 1^{ère} pousse vers la fin mars. La zone agriPV est atteinte la réserve de survie **1 mois plus tard** fin avril.

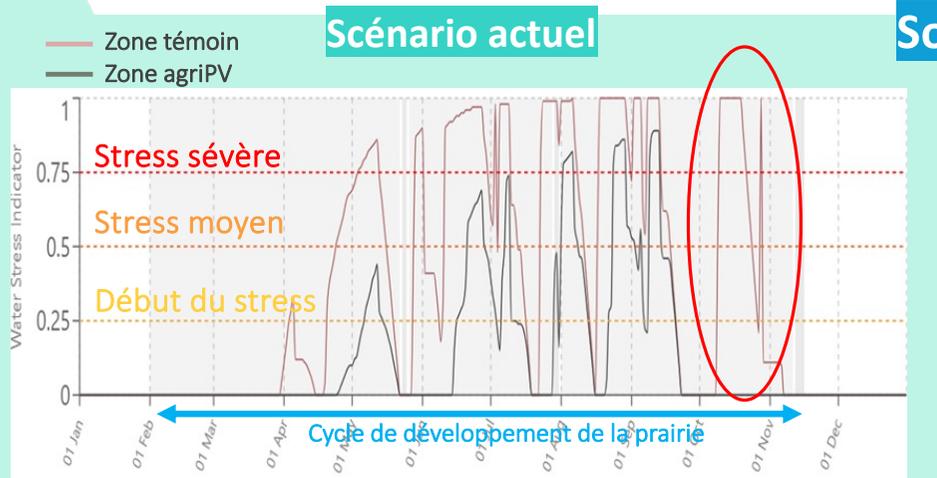
La structure permet au sol 2 de rester dans la réserve facilement utilisable entre mi-mai et mi-juin.

2 En 2050, la zone agriPV atteint la réserve de survie **1 mois et demi plus tard** par rapport à la zone témoin. Comme pour le sol 1, le scénario futur montre que la réserve facilement utilisable est consommée plus tôt dans l'année.

De plus, la structure ne permet plus au sol 2 de rester en réserve facilement utilisable entre mi-mai et mi-juin **ce qui limitera la repousse de la prairie.**

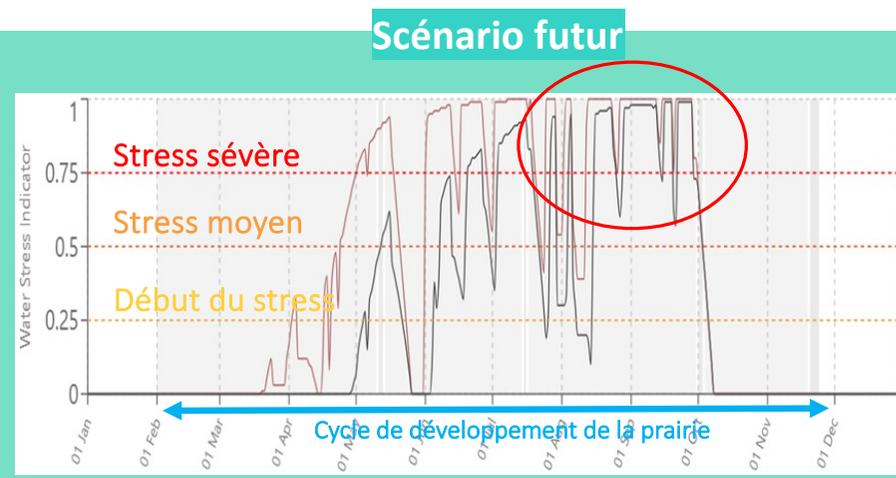
3 Quand la réserve de survie est atteinte, la plante aura plus de difficulté à accéder à la ressource en eau disponible ce qui peut causer une situation de stress hydrique. L'étude de l'indicateur de stress hydrique dans la slide suivante caractérisera le stress hydrique subit par la prairie sur son cycle de développement.

Évolution du nombre de jour de stress hydrique – sol 2



	Nombre de jours de stress hydrique - scénario actuel				
	[0;0.25]	[0.25;0.5]	[0.5;0.75]	[0.75;1]	Somme
Zone témoin	33	32	33	92	190
Zone agriPV	38	39	19	16	112

- 41%
- 83%



	Nombre de jours de stress hydrique - scénario futur				
	[0;0.25]	[0.25;0.5]	[0.5;0.75]	[0.75;1]	Somme
Zone témoin	29	21	27	117	194
Zone agriPV	22	38	28	65	153

- 21%
- 45%

1

Le risque de stress hydrique est réduit de 78 jours en zone agriPV par rapport au témoin soit une baisse de 41 %. On observe la suppression d'un épisode de stress hydrique fort en octobre.

Les épisodes de stress hydrique sévères en zone agriPV sont modérés par rapport à la zone témoin avec une baisse de 76 jours soit de 83%

2

Dans le scénario futur, le risque de stress hydrique est réduit de 41 jours en zone agriPV par rapport au témoin soit une baisse de 21 %.

Dans le scénario futur, la structure agriPV continue de modérer le stress hydrique printanier mais ne parvient plus à modérer l'intensité du stress hydrique estival à partir de juillet. Sur le cycle, on observe une baisse de stress sévère de 52 jours soit 45%.

Comparaison des sols 1 et 2

Comparaison du nombre de jours de stress hydrique entre les sols 1 et 2 sur le cycle de développement de la prairie



- 1 Dans le futur, la prairie aura un cycle de pâturage supplémentaire qui sera lui aussi exposé au risque de stress hydrique.
- 2 Les deux sols ont une RFU similaires respectivement de 49mm (sol 1) et 51 mm (sol 2). La réponse de la prairie au stress hydrique sera similaire sur les deux sols.
- 3 Pour les deux types de sol, la structure agriPV permet de réduire le nombre de jours de stress hydrique de 40 % pour le scénario actuel et de 21 % pour le scénario futur.

Dans le futur, le stress hydrique augmente mais la protection apportée par les panneaux continue de réduire le risque en zone agriPV.



La structure agrivoltaïque permet bien de réduire le risque de stress hydrique sur la période de développement de la prairie. Dans le cas d'un scénario climatique actuel, son effet est d'autant plus important qu'il permet d'améliorer la résilience de la prairie en limitant l'intensité des périodes de stress hydrique. L'effet de la structure sur la productivité de la prairie sera développé lors de la Mission 1.C.

Potentiel de production récoltable prairiale



Contexte

Objectifs de l'étude

Agrisoleo a pris en compte l'impact de l'installation sur le rayonnement reçu et sur le stress hydrique afin d'évaluer l'impact des panneaux sur le développement de la prairie en évaluant le potentiel de production récoltable prairial au regard de la zone témoin.

Données utilisées

- Années météorologiques typiques actuelle et future (2050, scénario RCP 8.5) fournies par Météonorm et géolocalisées à la parcelle.

Hypothèses

- Pour le scénario climatique futur, le climat permet un cycle de pousse et de fauche supplémentaire
- La prairie est considérée composée de 30 % de ray-grass, 30 % de fétuque et 40% de trèfle

Méthode d'évaluation du potentiel de rendement prairial

Méthodologie

- 1 La production récoltable correspond à la production récoltable en biomasse vivante [1]. Elle est exprimée telle que :

$$\textit{production récoltable} = \textit{production primaire} - \textit{Masse sèche sénescente}$$

- 2 Les calculs du modèle ont été réalisés à partir des équations et des paramètres du modèle de Duru et al. (2009) [2].
- 3 La production récoltable est calculée à la fin du cycle, avec le cumul de la matière sèche produite au cours du cycle (en kg/ha).

[1] Lemaire (1991) Productivité des peuplements prairiaux : caractérisation et diagnostic. Station d'Écophysiologie des Plantes Fourragères, I.N.R.A., F-86600 Lusignan. Fourrages 127, 259-272.

[2] Duru M, Cruz P, Martin G, Theau JP, Charon MH, et al. (2010). Herb'sim : un modèle pour raisonner la production et l'utilisation de l'herbe. *Fourrages*, 2010, 201, pp.37-46.

Méthode d'évaluation du potentiel de rendement prairial

Hypothèses

- 1 Dans le cas d'une prairie fauchée, le cycle est modélisé par une alternance de cycles de pousse et de coupe, avec une réinitialisation de l'indice foliaire au début du stade de pousse. Le coefficient cultural est fixé à 1, sauf pendant la période estivale, où il est réduit à 0.6.
- 2 On considère que la prairie est composée uniquement de Raygrass, Fétuque et Trèfle. Elle est parfaitement homogène, bien implantée et enracinée, non concurrencée par les adventices et indemne des ravageurs et des maladies. Les deux espèces n'interagissent pas entre elles.
- 3 Deux facteurs principaux de variation du potentiel de production récoltable sont le stress hydrique et l'ombrage des panneaux.
- 4 On considère que la nutrition azotée n'est pas limitante pour la croissance. Cette hypothèse surestime la production.
- 5 On considère que le cycle prairial commence au 1er février [3].



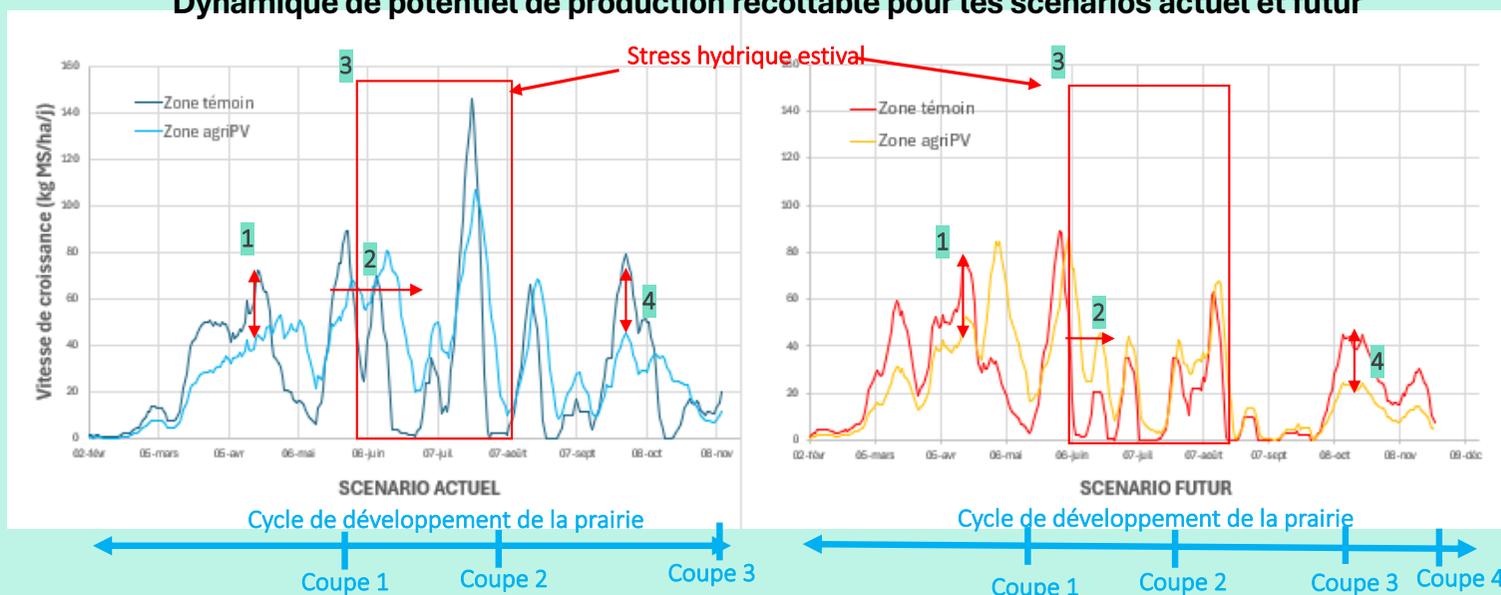
Le potentiel de rendement prairial présenté peut être surestimé du fait des hypothèses du modèle. Les résultats du modèle sont cependant utiles pour comparer le potentiel de rendement entre la zone témoin et les différentes zones agriPV, ainsi que le comportement de la culture dans des scénarios climatiques actuels et futurs.

[3] KÜNG-BENOIT A. (1991) : "Croissance printanière de la prairie permanente en Lorraine. Lois de croissance potentielle", Fourrages, 117

Dynamique du potentiel de production récoltable

i Les deux sols ayant des RFU similaires - 49 mm pour le sol 1 et 51 mm pour le sol 2 -, le potentiel de rendement prairial est quasiment identique. Le résultat est donné pour le sol 1 qui a la plus faible RFU.

Dynamique de potentiel de production récoltable pour les scénarios actuel et futur



1 : On observe un retard de productivité en zone agriPV au printemps. La structure agriPV limite l'amplitude des variations de la productivité du au stress hydrique montrant une meilleure résilience face à la sécheresse.

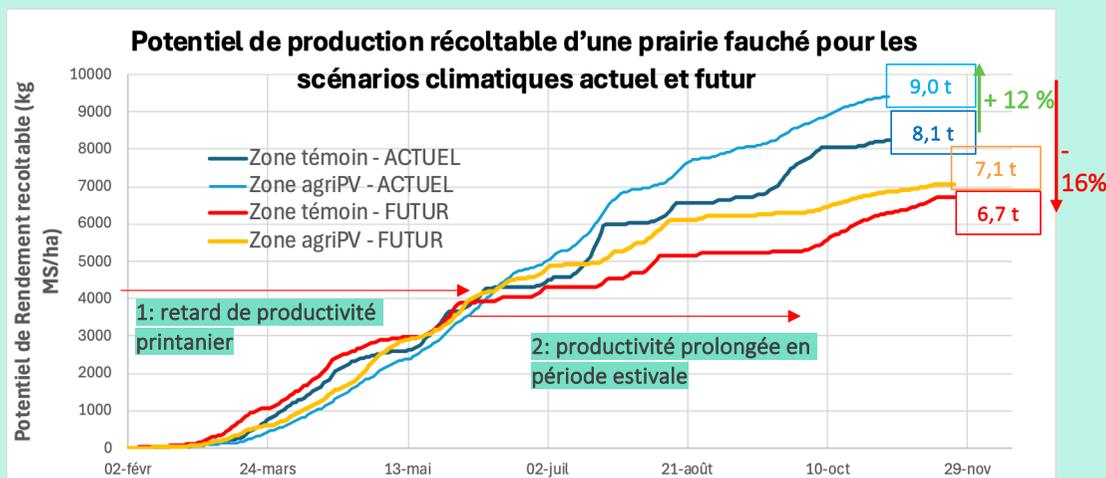
2 : Allongement de la période de pousse estivale en zone agriPV. La structure permet de rallonger la période de pousse estivale.

3 : La chute de productivité en zone agriPV est moins forte qu'en zone témoin lors de la période estivale.

4 : La reprise automnale est moins forte en zone agriPV qu'en zone témoin.

Potentiel de rendement prairial

i Les deux sols ayant des RFU similaires - 49 mm pour le sol 1 et 51 mm pour le sol 2 -, le potentiel de rendement prairial est quasiment identique. Le résultat est donné pour le sol 1 qui a la plus faible RFU.



POTENTIEL DE RENDEMENT RECOLTABLE EN TONNES MS/HA

	Zone témoin	Zone agriPV	Différence
Scénario climatique actuel	8,1	9,0	12%
Scénario climatique futur	6,7	7,1	5%
Différence	-16%	-22%	

Moyenne sur les deux scénarios: +9%

- Le potentiel de rendement est 12% supérieur en zone agriPV pour le scénario climatique actuel et 5% supérieur pour le scénario climatique futur par rapport à la zone témoin. Cela correspond à un potentiel de production récoltable supérieure de 9% sur la période projet.
- Diminution du potentiel de rendement en zone témoin dans un futur proche (-16%) par rapport au scénario actuel malgré l'allongement du cycle prairial.
- Pour le projet Marclopt, la structure agriPV permet d'augmenter la résilience de la prairie face au changement climatique.

Résumé des conclusions

Contexte climatique (année actuelle VS futur)

Ressource en eau : Le déficit hydrique, d'avril à fin août passe de **-212mm à - 260mm (+22%)** – *données climadiag*
Température : le nombre de jours de stress thermique pour les végétaux passe de **65 à 88 (+35%)**. Le 1^{er} jour de stress thermique de l'année est **avancé de 8 jours**. – *données climadiag*
Le risque climatique augmente dans le contexte futur.

Résultats des simulations d'irradiance et d'ETP

1

La structure agrivoltaïque induit un ombrage en moyenne de **41%** sur le cycle de développement de la prairie.

2

L'hétérogénéité est en moyenne **7,5%** sur le cycle de développement de la prairie ce qui est correct pour un projet avec une structure fixe.

3

La structure agrivoltaïque induit une diminution d'ETM de **34%** sur le cycle de développement de la prairie.

Bilans hydriques prévisionnels

Pour les deux sols, la protection contre le stress hydrique apportée par les panneaux sur le cycle de développement des cultures est bonne avec une réduction du nombre de jours de stress hydrique de **-40%** pour le scénario actuel et **-21%** pour le scénario futur. La structure permet de limiter significativement le stress hydrique sévère.

Potentiel de production récoltable prairial

Le potentiel de rendement est **12%** supérieur en zone agriPV pour le scénario climatique actuel et **5%** supérieur pour le scénario climatique futur par rapport à la zone témoin. Cela correspond à un potentiel de production récoltable supérieure de **9%** sur la période projet.

Pour le projet Marclopt, la structure agriPV permet d'augmenter la résilience de la prairie face au changement climatique.

Points de vigilance et adaptations requises

Fixe 1V

Les contraintes de mécanisation pour les opérations de fenaison (machines et sens de mécanisation sur les parcelles) **sont à préciser** pour justifier de l'adéquation du dimensionnement de la structure avec les pratiques de l'exploitant agricole.

La description des exploitations est très imprécise, leur description doit être plus détaillée (historique, âge, SAU totale, problématiques, ...)

Des éléments détaillés du projet agricole de Mme Reynaud sont à préciser (, problématiques, objectifs, assolement, cheptel, bilans fourragers, ...).

Difficile compréhension de la justification de la production significative et du revenu durable

Le contexte réglementaire



Le contexte réglementaire

Cadre local

Il n'y a pas de documents réglementaires sur la doctrine de la Haute-Loire concernant l'agrivoltaïsme.

→ Enjeu : démontrer la synergie entre la production d'énergie et la production prairiale, notamment mécanisables, et la structure agrivoltaïque.

Le contexte réglementaire

Services rendu selon la Loi APER

Services rendus	Réponses apportées par le projet	Conformité
Amélioration du potentiel agronomique	Le potentiel de rendement est 12% supérieur en zone agriPV pour le scénario climatique actuel et 5% supérieur pour le scénario climatique futur par rapport à la zone témoin. Cela correspond à un potentiel de production récoltable supérieure de 9% sur la période projet.	Conforme
Adaptation au changement climatique	<p>Le déficit hydrique, d'avril à fin aout passe de -212mm en année actuelle à - 260mm en année future (+22%)</p> <p>Pour les deux sols, la protection contre le stress hydrique apportée par les panneaux sur le cycle de développement des cultures est bonne avec une réduction du nombre de jours de stress hydrique de - 40% pour le scénario actuel et - 21 % pour le scénario futur. La structure permet de limiter significativement le stress hydrique sévère.</p> <p>Pour le projet Marclopt, la structure agriPV permet d'augmenter la résilience de la prairie face au changement climatique.</p>	Conforme
Accès à une protection contre les aléas	NC	NC
Amélioration du bien-être animal	NC	NC

Conclusion & Recommendations



Conclusion

Analyse de faisabilité

Points forts

Le TOS de la structure est conforme au décret de la loi APER
Parcelles à potentiel agronomique limité, problématique de stress hydrique fort sur des parcelles à faible RFU
Amélioration du potentiel agronomique
Adaptation au changement climatique

Points faibles

Les exploitations agricoles ne pas assez détaillées.
Le projet agricole n'est pas assez développé et manque encore d'éléments de contexte.
La synergie de fonctionnement à l'échelle de la parcelle n'est pas encore démontrée.
Les contraintes de mécanisation n'ont pas été prises en compte.



Perspectives et recommandations

→ Détailler et renforcer le projet agricole :

- Préciser la situation actuelle de M. Ronzon et de Mme Reynaud
- Détailler le cheptel de Mme Reynaud et ses activités
- Détailler ses besoins et ses attentes
- Conduite d'élevage et besoin en fourrage
- Itinéraire technique
- Système d'exploitation et d'élevage (surface, ...)
- Détailler le projet de Mme Reynaud (justification, problématique, développement,...)
- Contraintes de mécanisation pour la parcelle (matériel et sens de travail)
- Revoir la partie économique du projet

Contact

Guillaume Motillon

guillaume.motillon@agrisoleo.fr

06 67 40 00 04

