

Projet agrivoltaïque La Batie-Montsaléon

Simulation d'impact microclimatique et production prairiale V2



Avril 2025



AGRISOLEO

Contexte et objectifs

La société **Corfu Solaire (Terre et Lac)** étudie actuellement la mise en place d'un projet agrivoltaïque sur la commune La Batie-Montsaléon, dans le département des Hautes-Alpes.

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.

L'étude vise notamment à réaliser une estimation de la biomasse que pourraient produire les parcelles, afin d'assurer la continuité de la production fourragère ainsi que d'évaluer les impacts sur le bien être animal.

Il s'agit de la deuxième version de l'étude, Corfu Solaire ayant modifié le dimensionnement de la centrale dans l'objectif d'améliorer le partage de la lumière.

Mission 1 : Simulations de rayonnement et évapotranspiration

Mission 2 : Bilans hydriques prévisionnels – l'étude permet d'évaluer la protection apportée grâce à l'ombrage des panneaux face au risque de stress hydrique.

Mission 3 : Production primaire prairiale – évaluation de l'impact des panneaux sur le potentiel de production prairial.

Mission 4 : Bien être animal – évaluation de l'impact des panneaux sur le nombre de jours de stress thermique. .

Définition des zones

Le logiciel Optisoleo permet de calculer des indicateurs agro-climatiques sur quatre aires d'études différentes :

- La **zone témoin** qui est la zone de contrôle, vierge d'une installation agrivoltaïque qui sert de référentiel aux études.
- La **zone sous-panneaux**
- La **zone inter-rangs**
- La **zone AgriPV** dont l'aire est la moyenne pondérée par surface des zones sous-panneaux et inter-rangs.

Si la bande non cultivable est définie comme nulle, cela veut dire que toute la surface de la parcelle couverte par l'installation agrivoltaïque est cultivée (figure 1). Dans ce cas :

- La zone sous-panneaux est la zone à l'aplomb des panneaux.
- La zone inter-rang, est la zone entre les panneaux

Si la bande cultivable est non nulle, cela veut dire qu'une partie de la parcelle n'est pas cultivée (figure 2). Cela correspond à une bande de part et d'autre des pieux qui est inaccessible à la mécanisation. Dans ce cas :

- La zone sous-panneaux est la zone à l'aplomb des panneaux amputée de la zone non cultivable.
- La zone inter-rang, est la zone entre les panneaux

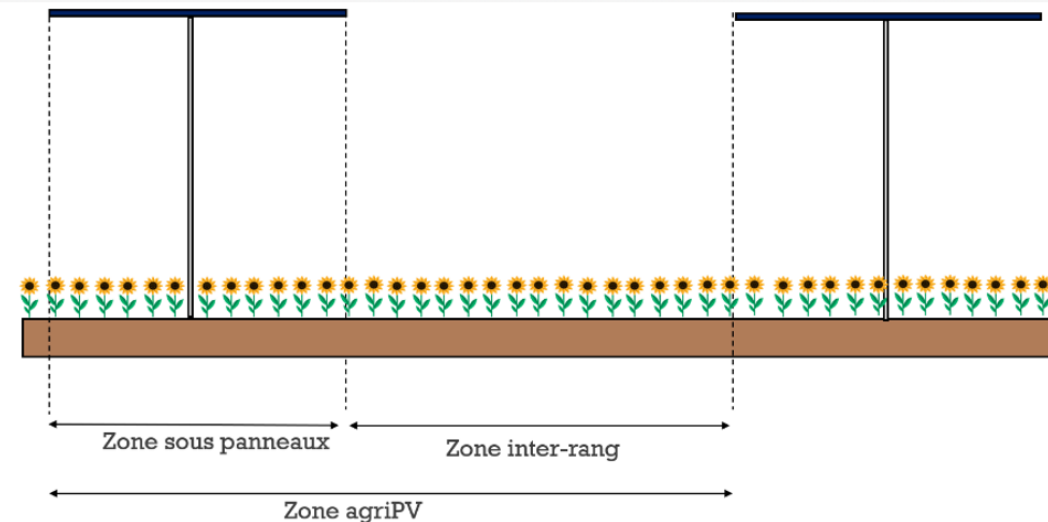


Figure 1. Définition des zones d'étude sans zone non cultivable

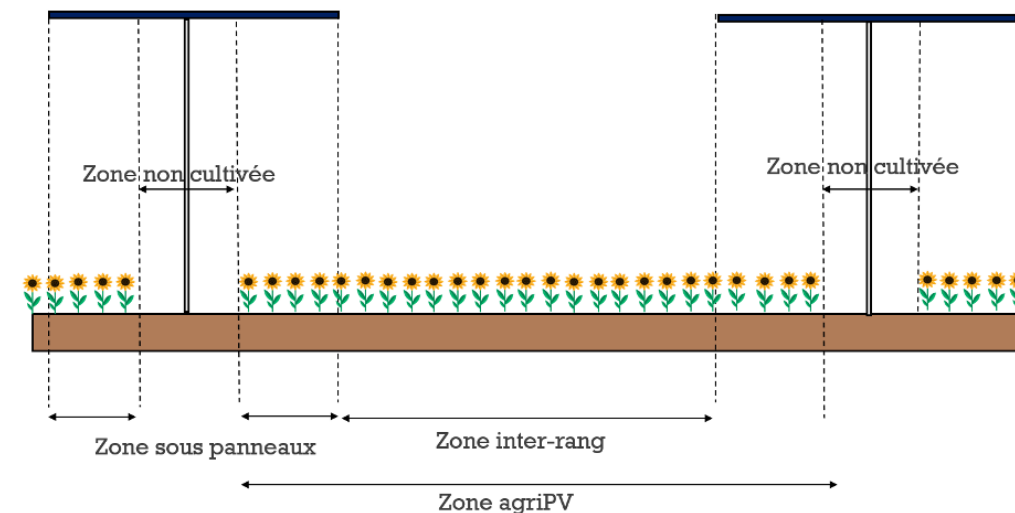


Figure 2. Définition des zones d'étude avec zone non cultivable

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 Kc. L'ETM est égale à ETP, multipliée par le coefficient Kc.

POTENTIEL DE RENDEMENT : capacité de production d'une espèce ou d'une variété dans un milieu donné lorsque les conditions optimales de culture sont réunies, autrement dit, rendement maximal d'une espèce ou d'une variété dans une zone géographique déterminée.

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.

GCR : Ground-Coverage Ratio Taux d'Occupation du Sol) $GCR = \frac{\text{largeur panneaux}}{\text{inter-pieux}}$

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.

Hétérogénéité du rayonnement : Hétérogénéité H induite par la présence de panneaux. Soit $\overline{Ryt}$ le rayonnement moyen reçu par une surface:

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

La zone d'étude

La surface de la zone d'étude est de 13 ha. Les parcelles concernées sont historiquement en prairie permanente pâturée par des ovins et fauchée pour la production de foin. Dans le cadre du projet, un maintien du pâturage ovin est prévu.

La zone d'étude est localisée à 37 km à l'ouest de Gap.

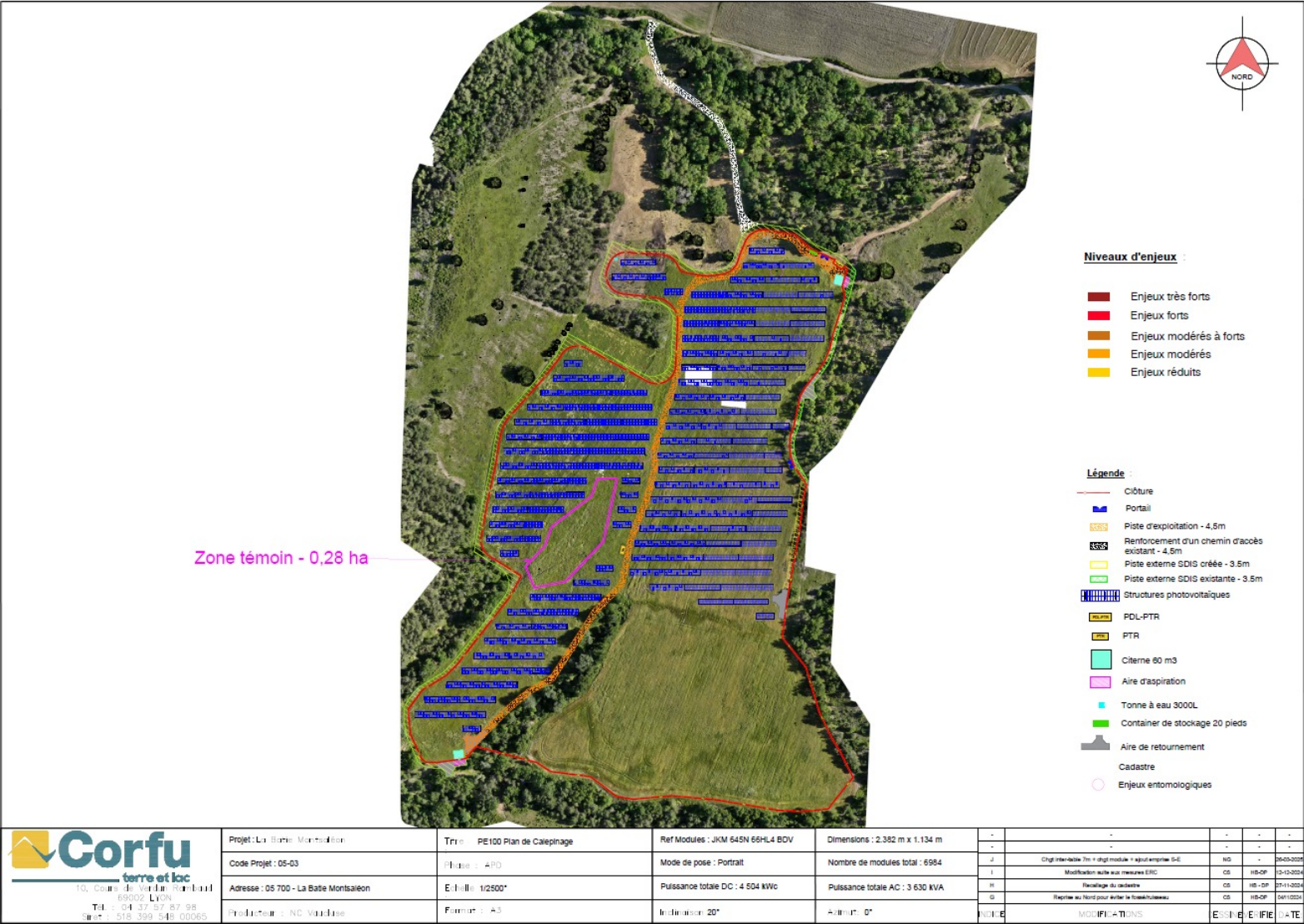
Carte de localisation



Carte de la ZIP



Implantation potentielle – plan de masse



CONTEXTES CLIMATIQUES ACTUEL ET FUTUR

Les données ci-dessous sont issues de l'outil climadiag*, pour le secteur de La Batie Montsaléon– scénario RCP 8.5 (le plus pessimiste). Un certain nombre d'indicateurs agroclimatiques sont présentés pour la période actuelle et future.

Ressource en eau : Le déficit hydrique de avril à fin aout passe de -246 mm à -317 mm (+ 28%)

Le 1^{er} jour de stress thermique de l'année pour les végétaux est avancé de 14 jours.

Température : Le nombre de jours de stress thermique pour les végétaux passe de 64 à 87 (+36 %) et de 117 à 140 (+19,6 %) pour les animaux.

RESSOURCE EN EAU

TEMPERATURE

Indicateurs agroclimatiques	Actuel (2010)	Futur proche (2050)	Évolution
Déficit hydrique du 01/04 au 31/08	-246 mm	-317 mm	-71 mn
Température moyenne annuelle	9,24	10,9	+1,14
Nombre de jours stress thermique sur l'année (T>25°C)	64	87	+23
1 ^{er} jour >25°C	22 mai	8 mai	- 14 jours
Nombre de jours 67=<ITH<150 du 01/04 au 30/09 (Indexe Température Humidité, mesure du stress chez les animaux)	117	140	+ 23 jours

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

Dimensionnement de la structure agrivoltaïque

STRUCTURE

Structure fixe 2V

Azimut	Plein Sud
Point bas	1,4m
Angle panneau	20°
Largeur table	4,78 m
Distance entre deux poteaux	11,5 m (distance entre les pieux de deux rangées de structures) – Axe Est Ouest
Largeur de la bande non cultivée	0
Ecartement entre 2 tables	0,2 m Ecartement entre deux structures de deux rangées (axe Nord Sud)
Opacité du panneau	0,9
Efficienc du module	22,54%
Coefficient de température	Coefficient de température de Pmax : - 0,29%/°C
Facteur bifacial	80%

Les caractéristiques sont celles du module JKM630N-78HL4-BDV, celles du JMK645N n'étant pas été transmises.

TOS = 39,1%

CULTURES

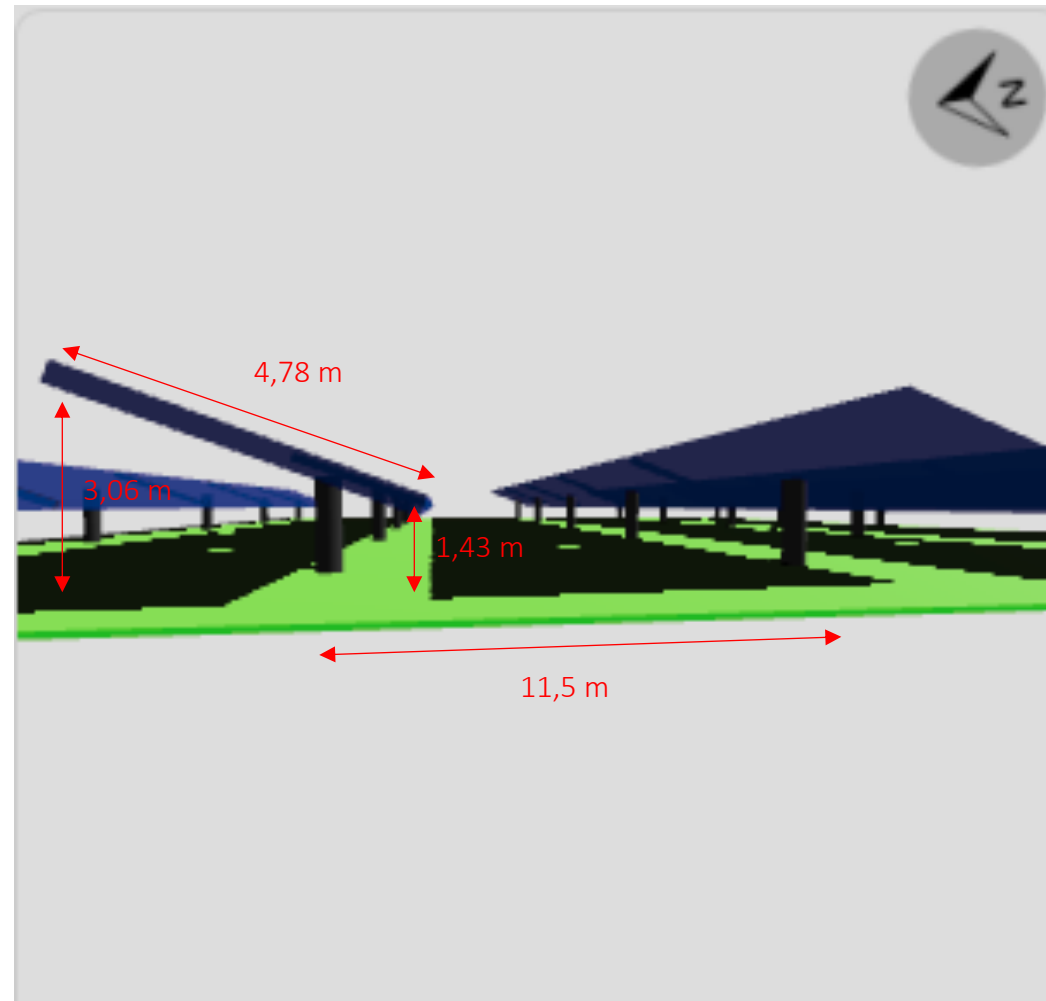
La culture étudiée est une prairie pâturée:

Culture	Stade	Degrés jours	Dates sur scénario 2020	Hauteur (m)	Kc
PRAIRIE – cycle en 2020	0 - Redémarrage de la pousse	0 → 350	01.02 – 23.03	0,1	0,6
	1 - 1ère Mise à l'herbe	350 → 650	23.03 – 15.04	0,25	1
	2 - Période de repousse 1	650 → 1250	15.04 – 28.05	0,1	1
	3 - 2ème Mise à l'herbe	1250 → 1500	28.05 – 12.06	0,25	1
	4 - Période de repousse 2	1500 → 2100	21.06 – 10.07	0,1	1
	5 - 3ème Mise à l'herbe	2100 → 2400	10.07 – 23.07	0,2	1
	6 - Période de repousse 3	2400 → 3000	23.07 – 21.08	0,1	1
	7 - 4ème mise à l'herbe (et/ou broyage entretien)	3000 → 3400	21.08 – 08.09	0,3	1
	8 - Période de repousse 4	3400→ 4000	08.09 – 14.10	0,1	0,6
	9 - 5ème mise à l'herbe	4000 → 4300	14.10 – 09.11	0,25	1
10 - Période de repousse 5	4300 → 4400	09.11 – 18.11	0,1	1	

Culture	Stade	Degrés j ours	Dates sur scénario 2050	Hauteur (m)	Kc
PRAIRIE – cycle en 2050	0 - Redémarrage de la pousse	0 → 350	01.02 – 18.03	0,1	0,6
	1 - 1ère Mise à l'herbe	350 → 650	18.03 – 09.04	0,25	1
	2 - Période de repousse 1	650 → 1250	09.04 – 21.05	0,1	1
	3 - 2ème Mise à l'herbe	1250 → 1500	21.05 – 02.06	0,25	1
	4 - Période de repousse 2	1500 → 2100	02.06 – 29.06	0,1	1
	5 - 3ème Mise à l'herbe	2100 → 2400	29.06 – 12.07	0,2	1
	6 - Période de repousse 3	2400 → 3000	12.07 – 06.08	0,1	1
	7 - 4ème mise à l'herbe	3000 → 3400	06.08 – 23.08	0,3	1
	8 - Période de repousse 4	3400 → 4000	23.08 – 19.09	0,1	1
	9 - 5ème mise à l'herbe	4000 → 4300	19.09 – 05.10	0,3	1
	10 - Période de repousse 5	4300 → 4900	05.10 – 16.11	0,1	1
	11 - 6ème mise à l'herbe (et/ou broyage entretien)	4900→ 5080	16.11-04.12	0,3	1



Vue 3D de la structure agrivoltaïque



Source : Agrisoleo

Mission 1 : Simulations de rayonnement et d'évapotranspiration



AGRISOLEO

Mission 1

Objectifs de l'étude

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

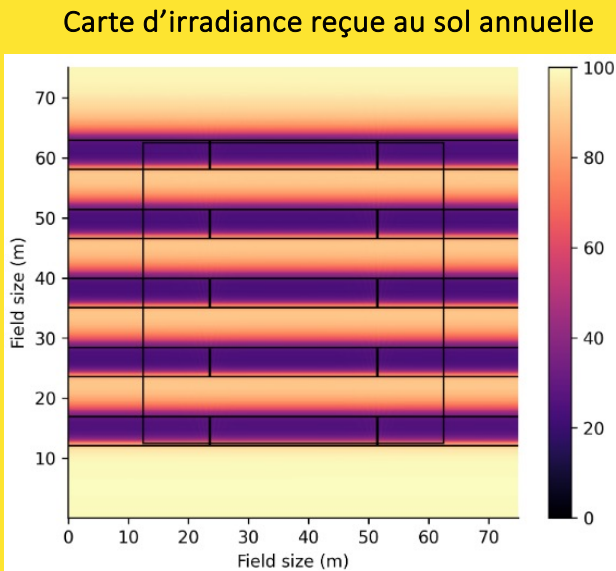
Données utilisées

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

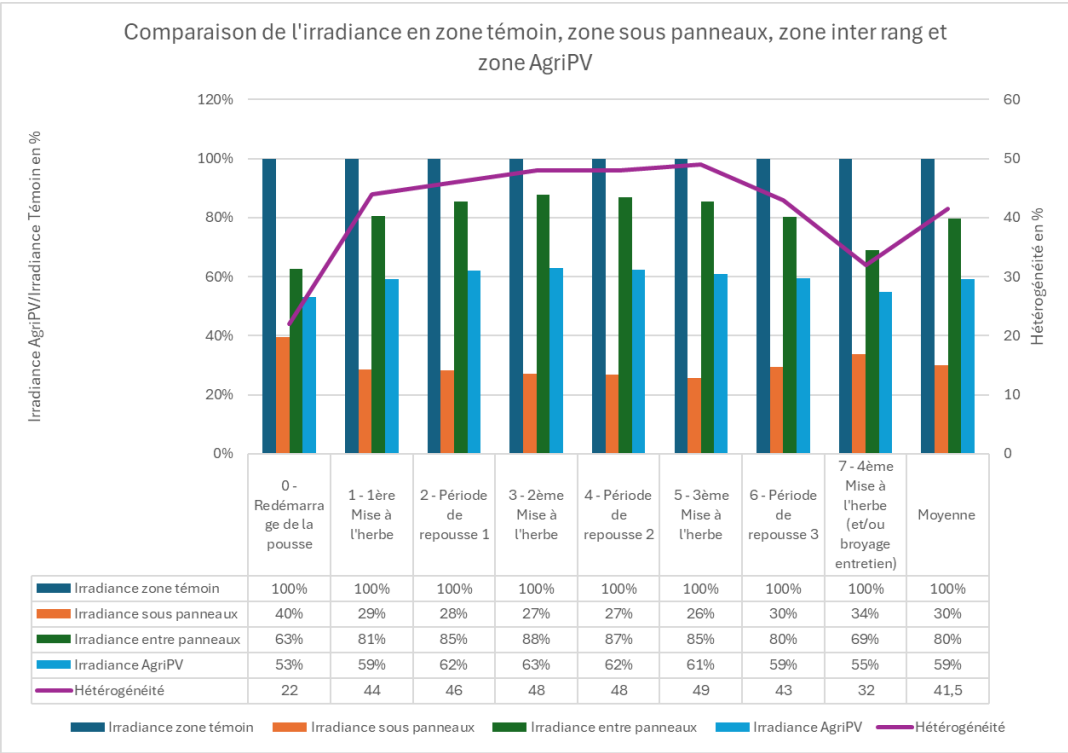
Hypothèse

- Une transparence de 10% des panneaux a été prise en compte.

Mission 1: Résultats des simulations d'irradiance



	Fraction d'irradiance reçue annuellement (%)
Zone témoin	100%
Zone sous panneaux	32,6%
Zone inter-rangs	74,6%
Zone AgriPV	57,3%
Hétérogénéité (%)	36%



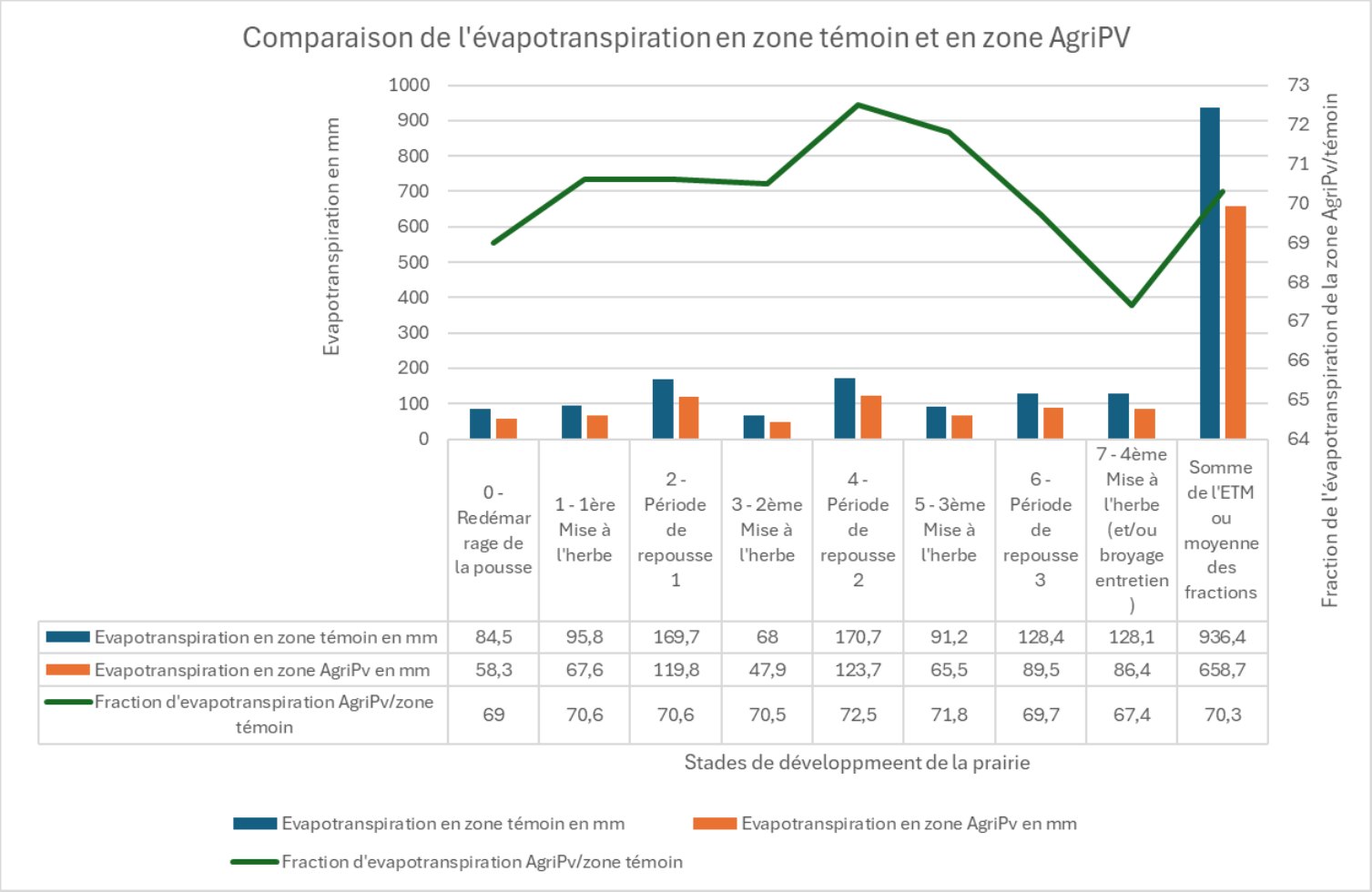
- **Diminution** de l'irradiance reçue par la prairie en moyenne de **70%** en zone sous panneaux et de **20 %** en zone interrang. Cela représente une diminution de l'irradiance en moyenne de **41 % en zone agriPV** sur le cycle de production de la prairie.
- L'**hétérogénéité** est en moyenne de **41,5 %** sur la période d'étude. Elle atteint son maximum lors de la 3^{ème} mise à l'herbe.

1 La structure agrivoltaïque induit un ombrage en moyenne de **57,3%** sur la période d'étude.

2 L'hétérogénéité est fortement variable et élevée pendant l'année. Cela peut induire un fort décalage du cycle de développement de la prairie au sein même de la parcelle.

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

Mission 1: Résultats des simulations d'évapotranspiration – Scénario actuel



- A l'échelle du cycle de la prairie, sur le scénario climatique actuel, l'ETM est de **936 mm en zone témoin** contre **658,7 mm en zone AgriPV**.
- On observe donc une **diminution** de l'ETM moyenne de **29,7 % en zone agriPV** pour la prairie à l'échelle du cycle de la prairie. Cela représente une diminution de **277,7 mm d'ETM**.

4

La structure agrivoltaïque permet une réduction de l'ETM en moyenne de **29,7%** sur le cycle de développement de la prairie.

5

La mission 2 permettra d'étudier la résilience au stress hydrique pour le projet de La Batie Montsaléon

Mission 2 : Bilans hydriques prévisionnels



AGRISOLEO

Mission 2

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 scénarii climatiques. L'étude évalue la protection face au risque de stress hydrique apportée par l'ombrage des panneaux.

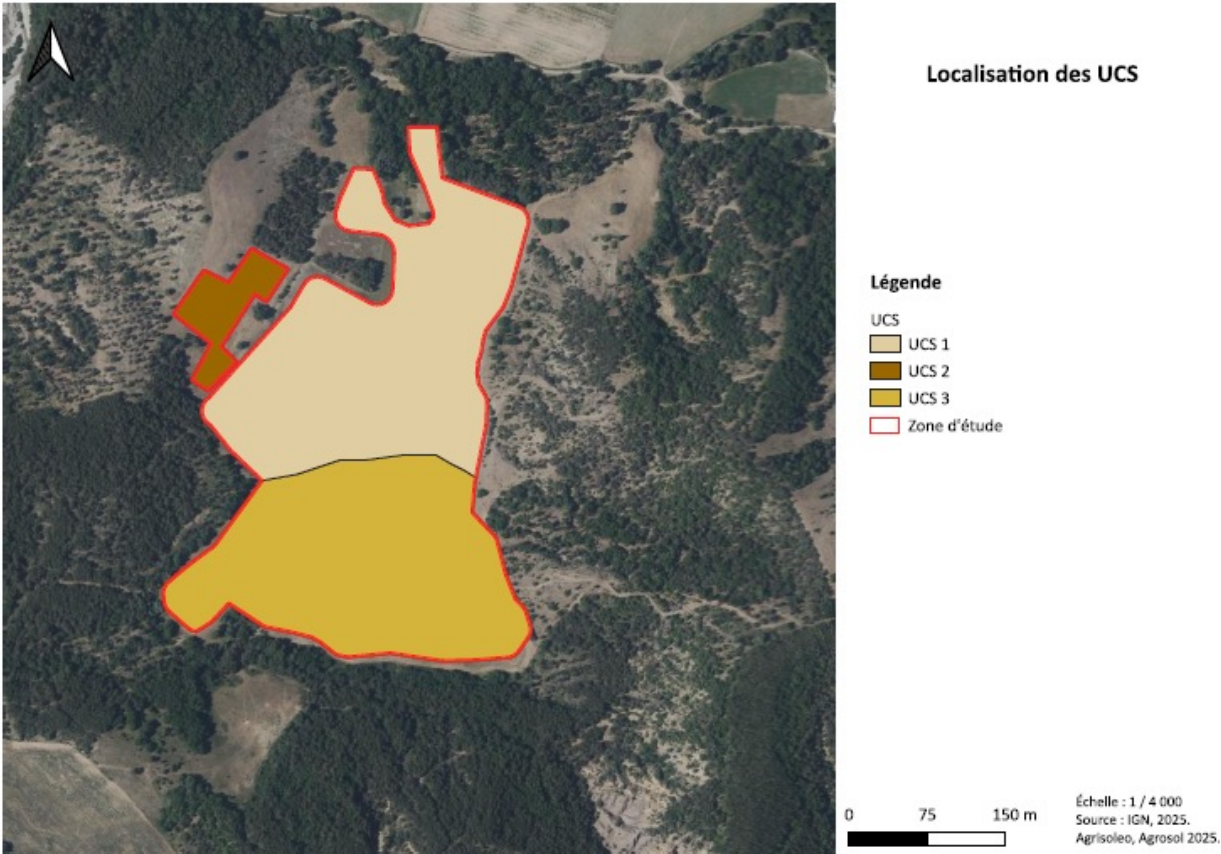
Données utilisées

- Scénarii 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

Les sols étudiés : réserve utile et réserve facilement utilisable



D'après l'étude Agro-pédologique réalisée par Agrisoleo, on observe deux types de réserves utiles sur site.

Majoritairement, une RFU de 126 mn sur 94,5% de la zone d'étude (UCS 1 et UCS 3) et une RFU de 26 mn sur les 5,5% restants de la zone (UCS 2).

Les valeurs de RFU sont dans leur ensemble très satisfaisantes, sauf pour l'UCS 2 dont la RFU est très faible et expose à un fort de stress hydrique.

Sondages	UCS (UTS dominants)	Type de sol dominant	RU	RFU
1, 2, 4	1	CALCOSOLS limono-argileux à argileux, pachiques, sains	234,0	127
3	2	RENDOSOLS limono argilo, sains	39,0	26
5, 6	3	FLUVIOSOLS limono argileux, calcaires, sains	234,0	130

Calcul de la RFU – source : Agrisoleo

Mission 2: Méthodologie bilan hydrique simplifié

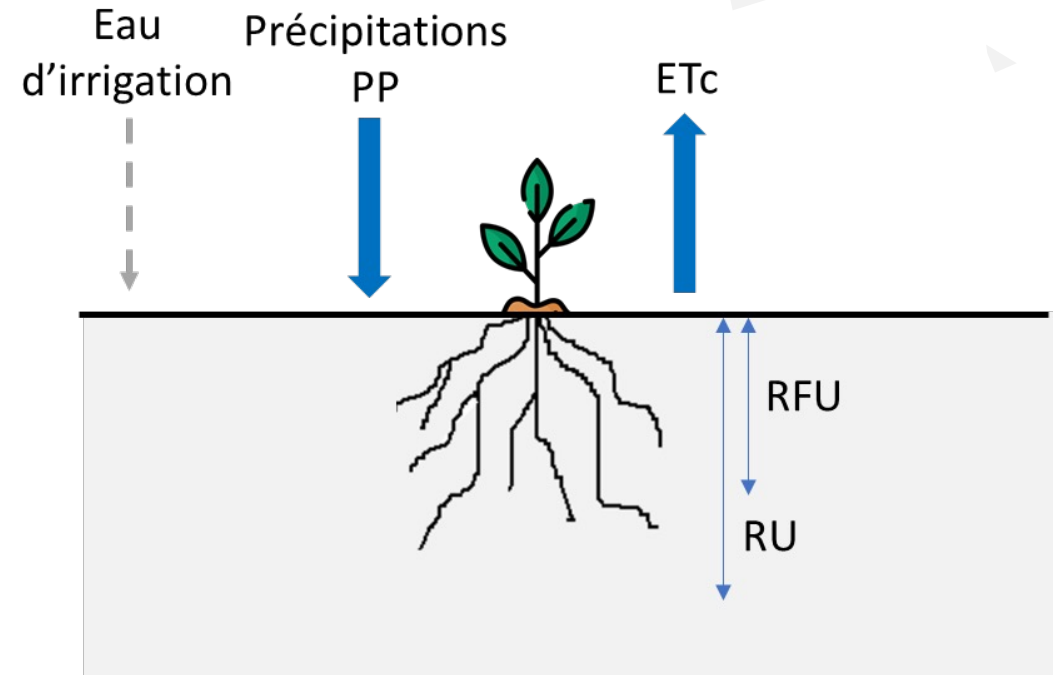
Indicateurs

- Le stock d'eau disponible dans le sol (ou **bilan hydrique simplifié**) : désigne la quantité d'eau disponible dans le sol pour la culture à un temps t .

$$RU(\text{stock d'eau}) = RU_t = RU_{t-1} + PP - K_c \times ET_p$$

Avec K_c le coefficient cultural, qui peut varier selon les phases

- Jour de stress hydrique : désigne un jour où le stock d'eau dans le sol est inférieur à la RFU (réserve facilement utilisable)

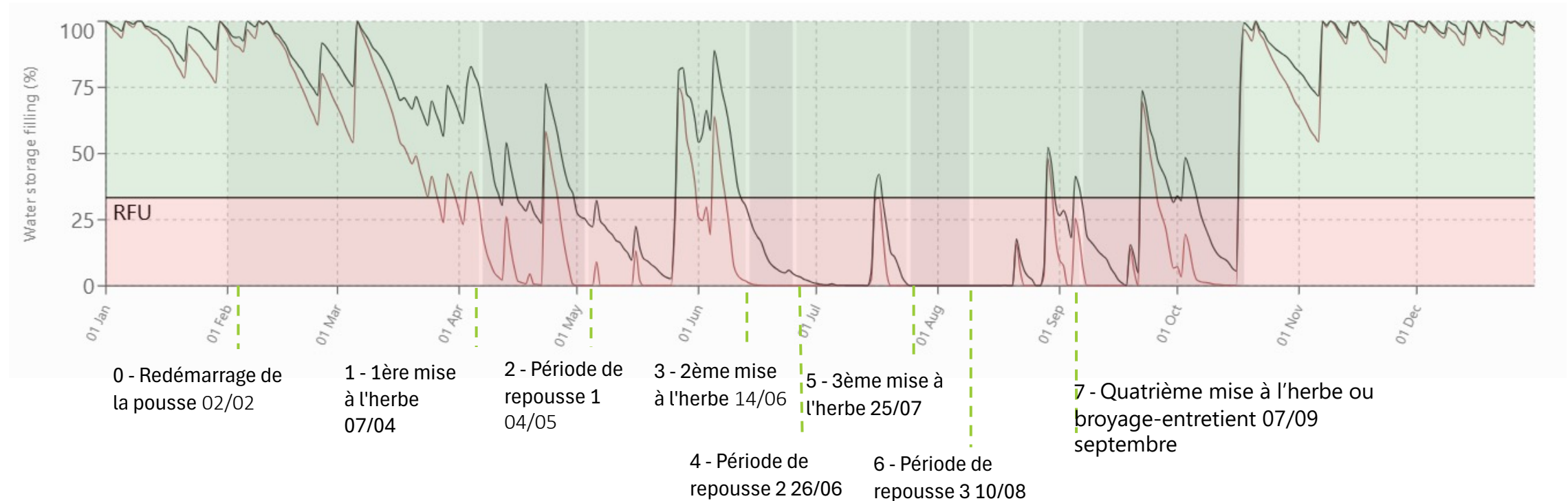


La réserve utile (ou RU) du sol est considérée remplie au 1^{er} janvier

Mission 2: Bilans hydriques pour une année typique actuelle – RFU 26 mm

Scénario actuel

Evolution du stock d'eau dans le sol



1

Dans le contexte climatique actuel, la prairie en zone témoin pour une RFU de 26 mm est affectée par le stress hydrique à partir du 27 mars avant la première période de mise à l'herbe et plus durablement à partir du 06 avril. En zone AgriPV, ce stress printanier est évité grâce à la structure jusqu'au 01 mai, à la fin de la première mise à l'herbe et proche de la période de repousse.

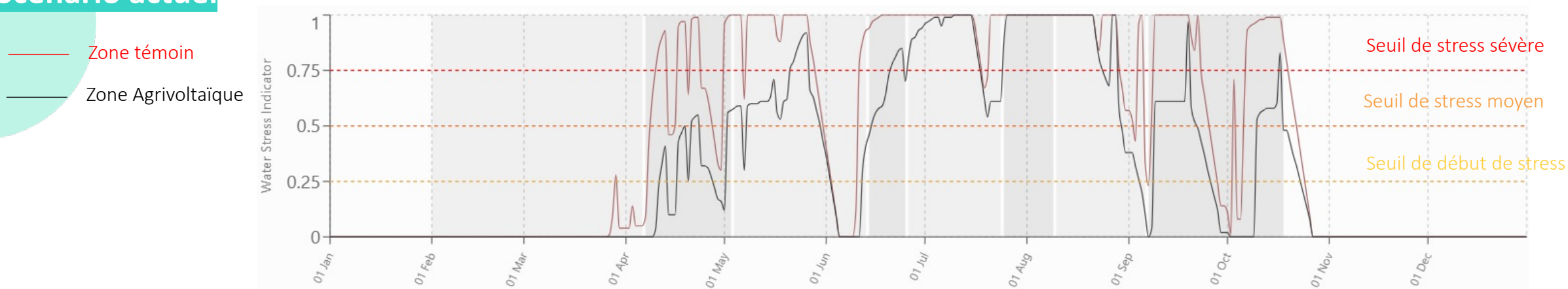
La prairie en zone témoin est affectée par le stress hydrique du 27 mars au 16 octobre, bien que quelques périodes soient exemptes de stress, notamment après des épisodes pluvieux (périodes du 22 au 26/04 et du 26/05 au 08/06). Ainsi, des périodes relativement courtes en avril puis en mai-juin et en septembre ne présentent pas de stress hydrique.

D'une manière globale, on observe que la structure AgriPV limite la période de stress hydrique jusqu'à l'épuisement de la réserve en eau, et ce à chaque nouveau remplissage lié à la pluviométrie. La structure a un impact limité au regard de la faible réserve utile mais permet néanmoins de réduire le stress hydrique.

Mission 2: Indicateur de stress pour une année typique actuelle – RFU 26 mm

Scénario actuel

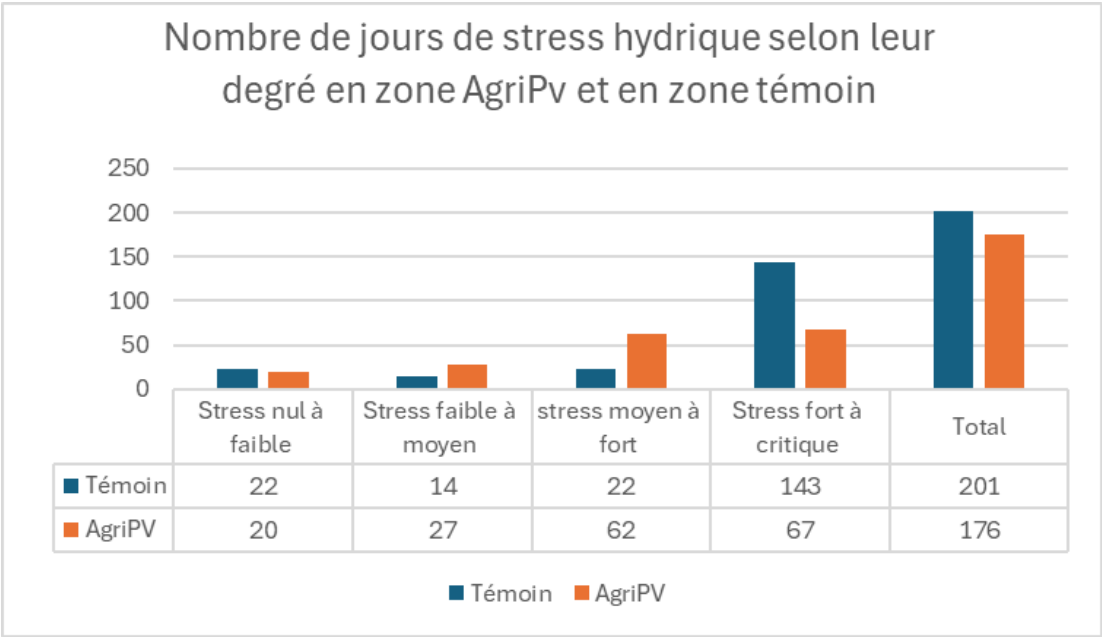
Evolution de l'indicateur de stress hydrique



En corrélation avec les données de stress hydrique on observe que le seuil de stress sévère est rapidement atteint, du à la faible RFU du site de 26 mm. La résilience du sol est limitée.

Toutefois la structure AgriPV réduit le risque, comme le montre le tableau ci contre :

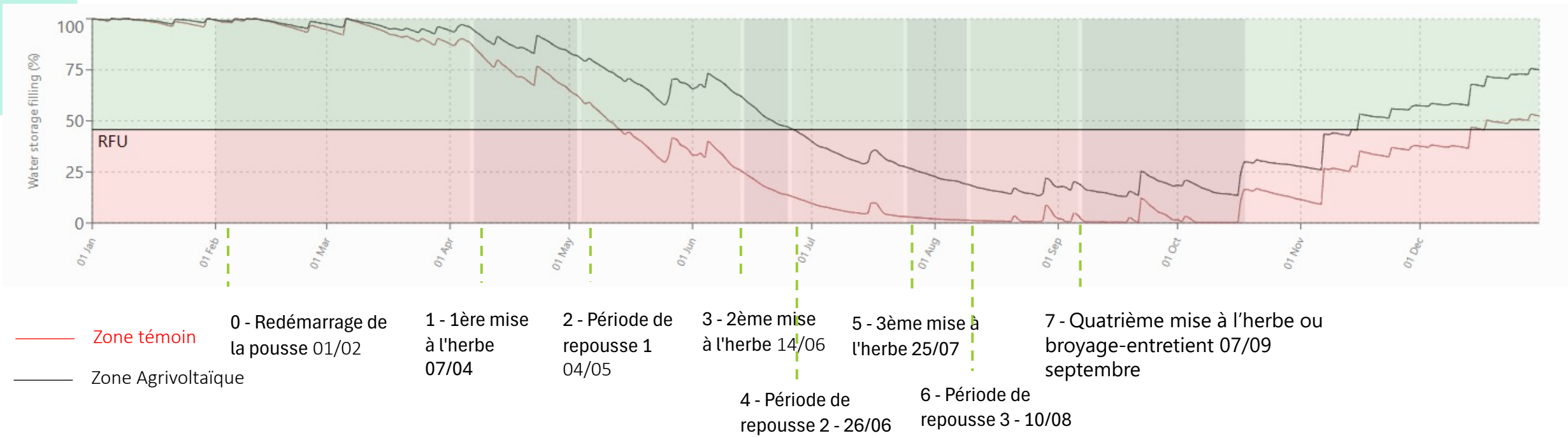
- Le nombre de jour de stress total est diminué de 25 jours annuellement soit une diminution de 12%.
- La répartition du stress est différente avec des conditions de stress faible à moyen plus importante en zone AgriPV, par un **effet d'atténuation de la sévérité du stress** limitant l'impact sur les productions végétales.



Mission 2: Bilans hydriques pour une année typique actuelle – RFU 127 mm

Scénario actuel

Evolution du stock d'eau dans le sol



1

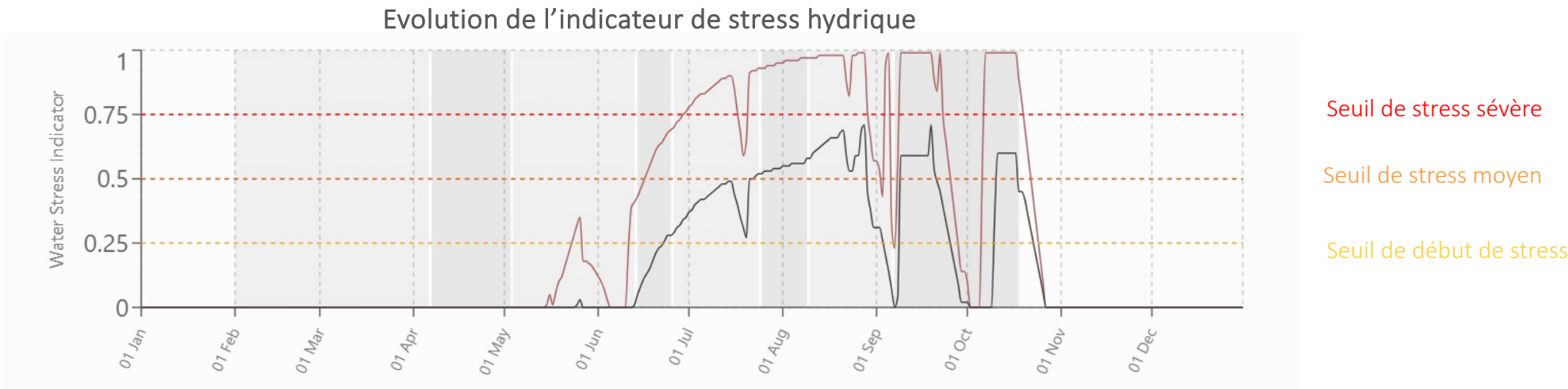
Dans le contexte climatique actuel, la prairie en zone témoin pour une RFU de 127 mm est affectée par le stress hydrique pendant la première repousse de l'herbe au 14 mai. En zone AgriPV, ce stress printanier est évité grâce à la structure avec un stress hydrique n'apparaissant qu'au 08 Juillet pendant la période de 2^{ème} repousse.

La prairie en zone témoin ne ressortira pas de conditions de stress hydrique avant le mois de janvier. La protection de structure AgriPV permet de sortir de conditions de stress hydrique à partir du 15 novembre.

Une RFU de 127 mm indique une capacité de rétention d'eau très bonne du sol. La résilience du sol vis-à-vis du stress hydrique est améliorée par les structures.

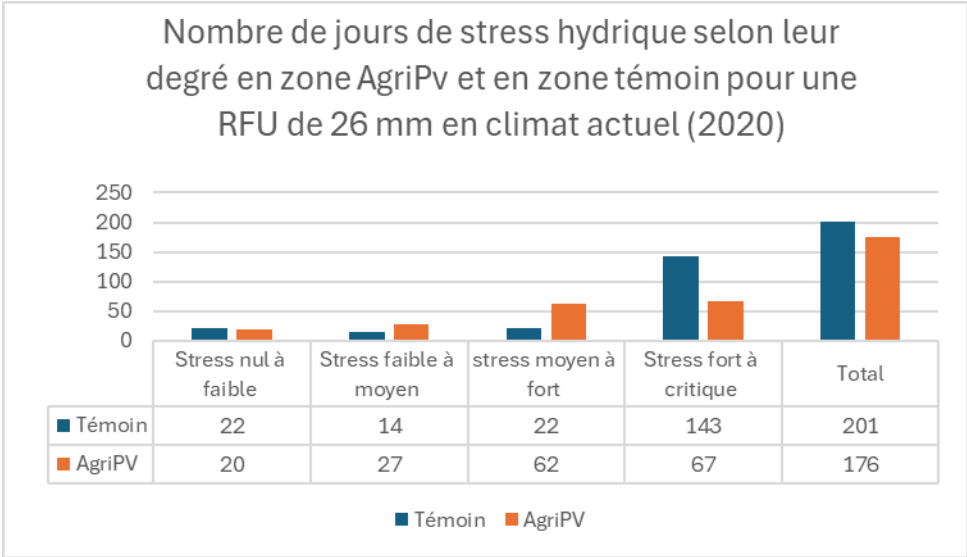
Mission 2: Indicateur de stress pour une année typique actuelle – RFU 127 mm

Scénario actuel



En corrélation avec les données de réserve utile, le stress hydrique est limité jusqu'à la mi-mai en condition témoin. On remarque un nombre de jours de stress hydrique moins important pour la RFU 127 mm (147 jours) que pour la RFU 26 mm (201 jours) pour un climat actuel, lié à une résilience plus importante.

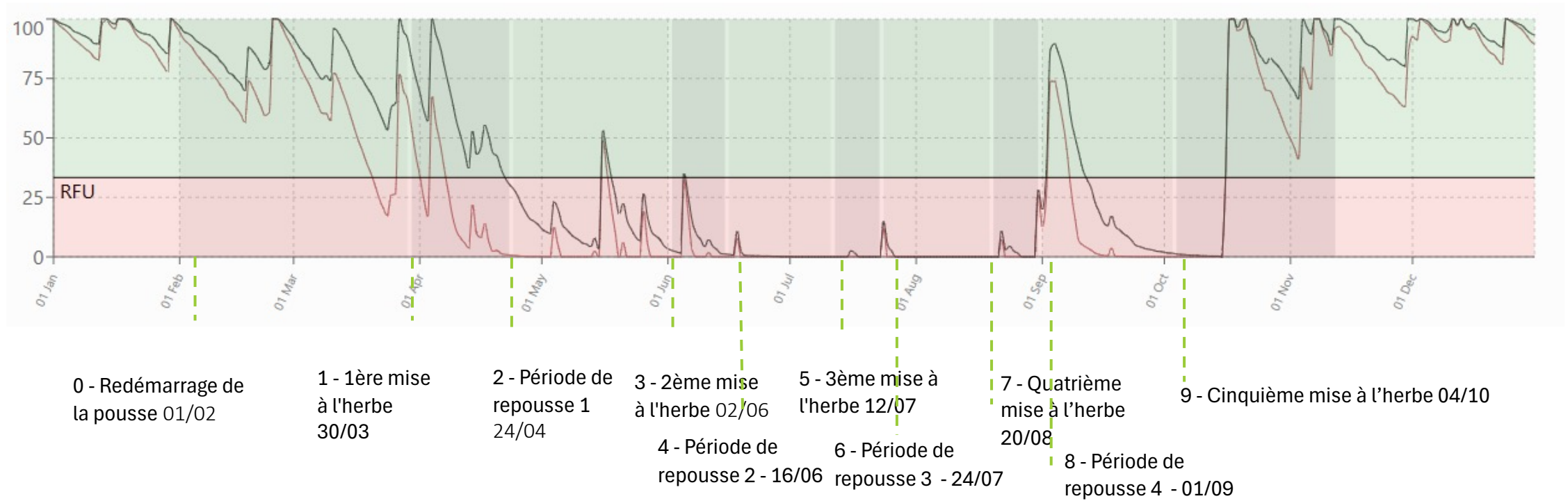
Le stress hydrique est diminué de 12% sur l'ensemble du cycle de la prairie et notamment de 100% sur le stress fort à critique. La structure AgriPV a donc un impact important sur le stress hydrique.



Mission 2: Bilans hydriques pour une année typique 2050 – RFU 26 mm

Scénario futur

Evolution du stock d'eau dans le sol



1

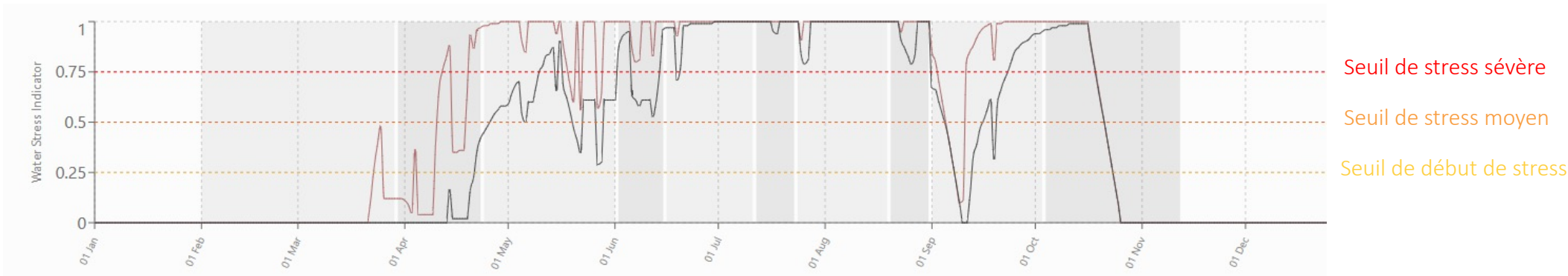
Dans le contexte climatique futur (année typique 2050) pour une RFU de 26mm, la prairie en zone témoin est affectée par le **stress hydrique** avant la première mise à l'herbe. En zone AgriPV, ce stress printanier est évité grâce à la structure jusqu'au 22 avril. La prairie en zone témoin sort temporairement de la zone de stress mais y reste une large partie de la saison avant les pluies de fin d'été puis d'automne.

La structure AgriPV limite la période de stress hydrique, mais ne permet pas une protection suffisante au regard de la faible réserve utile.

Mission 2: Indicateur de stress pour une année typique 2050 – RFU 26 mm

Scénario futur

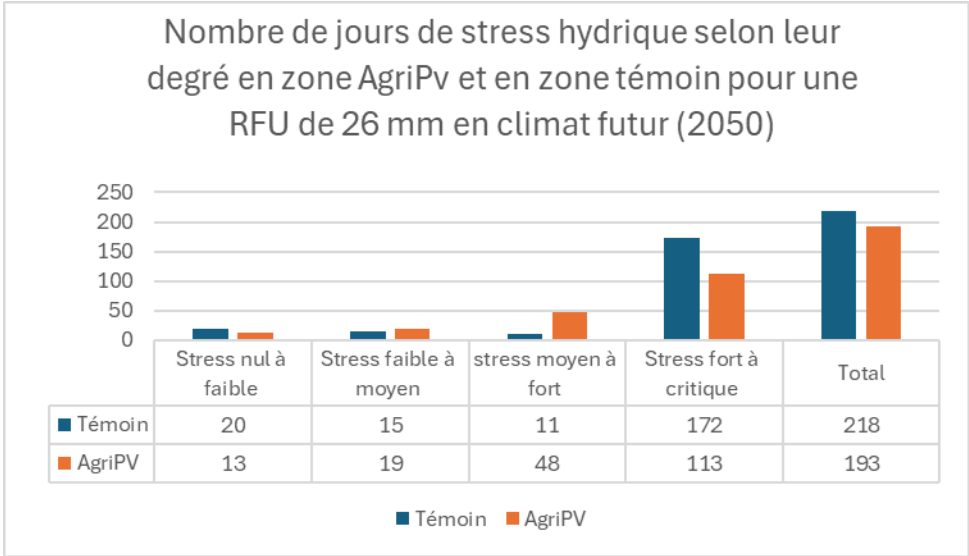
Evolution de l'indicateur de stress hydrique



On observe une diminution de 11% du nombre de jours de stress hydrique sur l'ensemble du cycle.

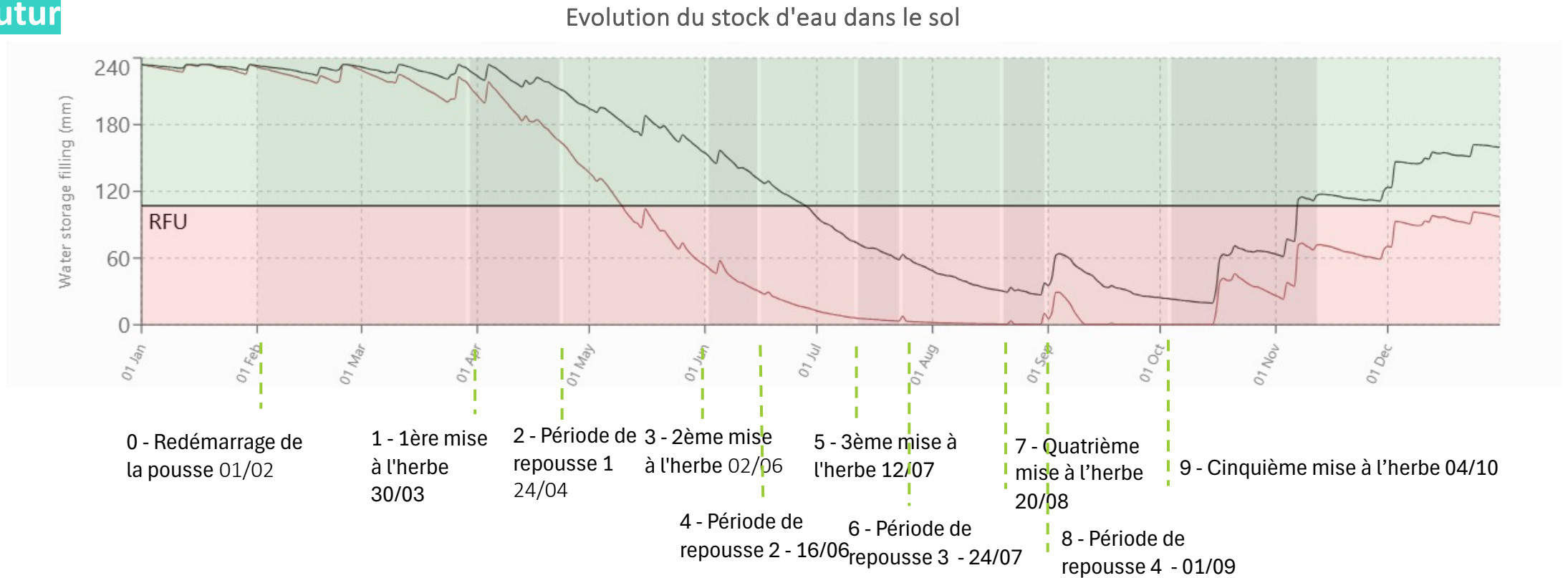
Cela se traduit principalement par une diminution du stress nul à faible et une diminution du stress fort à critique respectivement de 35 et 34%

Les structures AgriPV on un impact positif sur le stress hydrique notamment au printemps et à l'automne.



Mission 2: Bilans hydriques pour une année typique 2050 – RFU 127 mm

Scénario futur



1

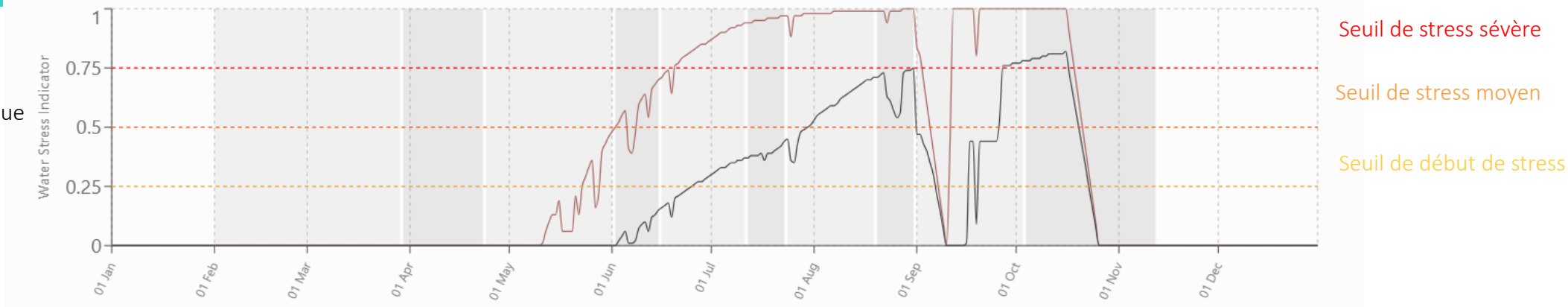
Dans le contexte climatique futur et pour une RFU de 127mm, la prairie en zone témoin est affectée par le stress hydrique dès le 09 mai pendant la première repousse de l'herbe. En zone AgriPV, ce stress printanier est évité grâce à la structure jusqu'au 28 juin. La période de repousse 1 et la deuxième mise à l'herbe sont donc protégées par les structures AgriPV.

La prairie en zone témoin reste en stress hydrique, bien que modéré, jusqu'à la fin d'année. La structure AgriPV permet une protection du stress hydrique au printemps et en automne, ainsi qu'une atténuation du niveau de stress pendant la saison estivale. La résilience du sol vis-à-vis du stress hydrique est améliorée par les structures.

Mission 2: Indicateur de stress pour une année typique 2050 – RFU 127 mm

Scénario futur

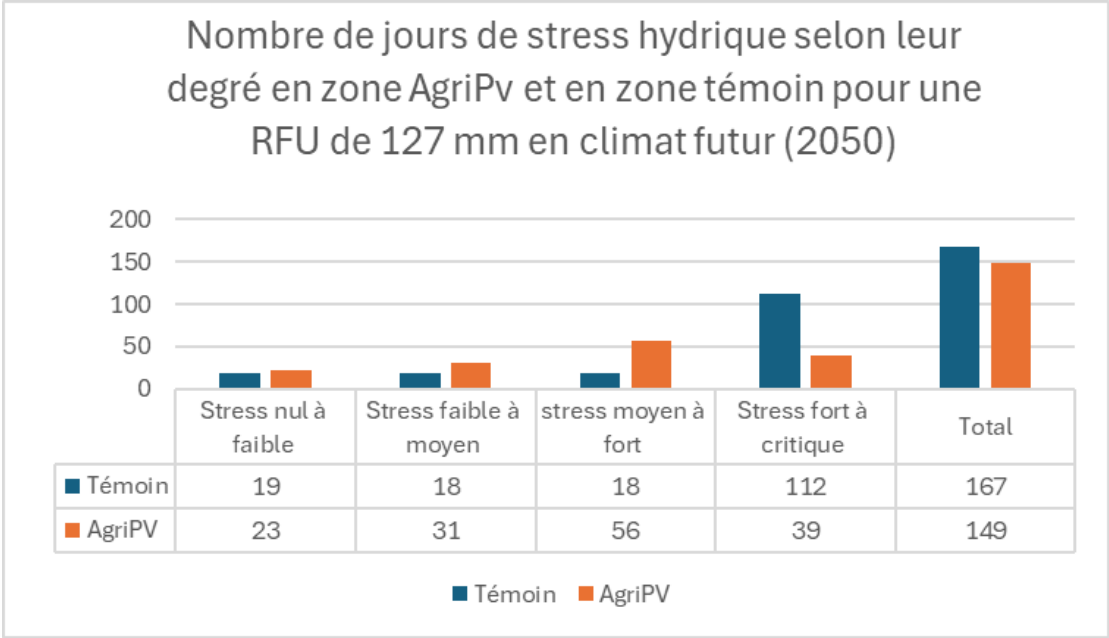
Evolution de l'indicateur de stress hydrique



On observe que la structure AgriPV apporte bien une protection sur l'ensemble du cycle de la prairie, avec d'une part un décalage du début de stress mais également par une diminution du seuil de stress.

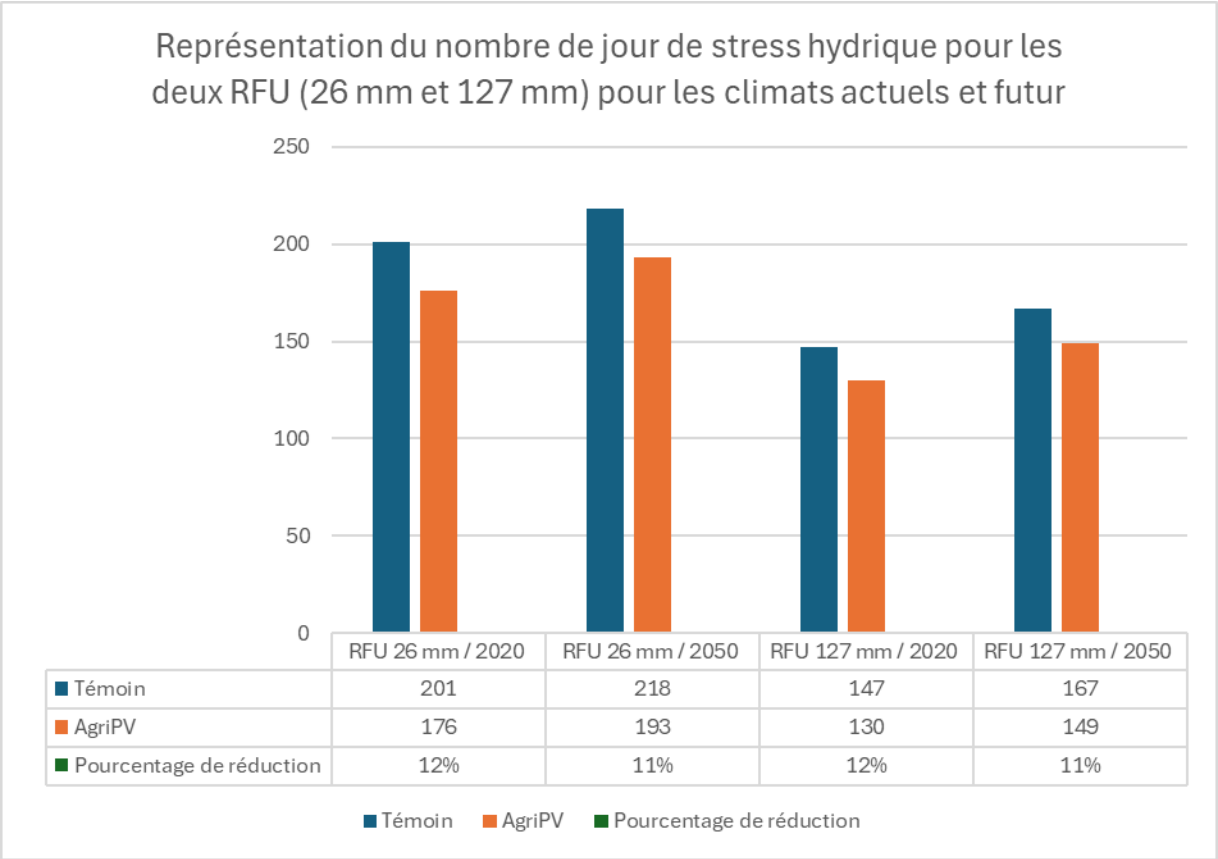
En effet le stress fort à critique est diminué de 65% grâce aux structures AgriPV en passant de 112 à 39 jours, on observe un glissement de seuil pour un stress moins important.

La structure AgriPV a donc un impact important sur le stress hydrique avec une diminution de 11% sur l'ensemble du cycle de la prairie.



Mission 2 : conclusion

- Nous avons observé que la structure atténue l'intensité du stress quelque soit la classe de sol ou l'année typique (2020 – 2050).
- Nous avons également observé une protection printanière, qui est plus importante pour la RFU 127 mn notamment sur le climat actuel.
- On observe également une augmentation du nombre de jours de stress hydrique quelque soit la RFU entre le climat actuel et futur. L'augmentation des températures et la modification de la répartition de la pluviométrie implique un stress plus important et une diminution de la protection des structures AgriPV liée à la diminution plus rapide de la réserve en eau.
- D'une manière globale on observe une diminution de la sévérité du stress hydrique grâce aux structures AgriPV.



Mission 3: Production récoltable prairiale



AGRISOLEO

Mission 3

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 la prairie, le cycle de développement simulé est un pâturage tournant simple.

Mission 3 – 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 :

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

- 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.

Mission 3 – Méthode d'évaluation du potentiel de rendement prairial

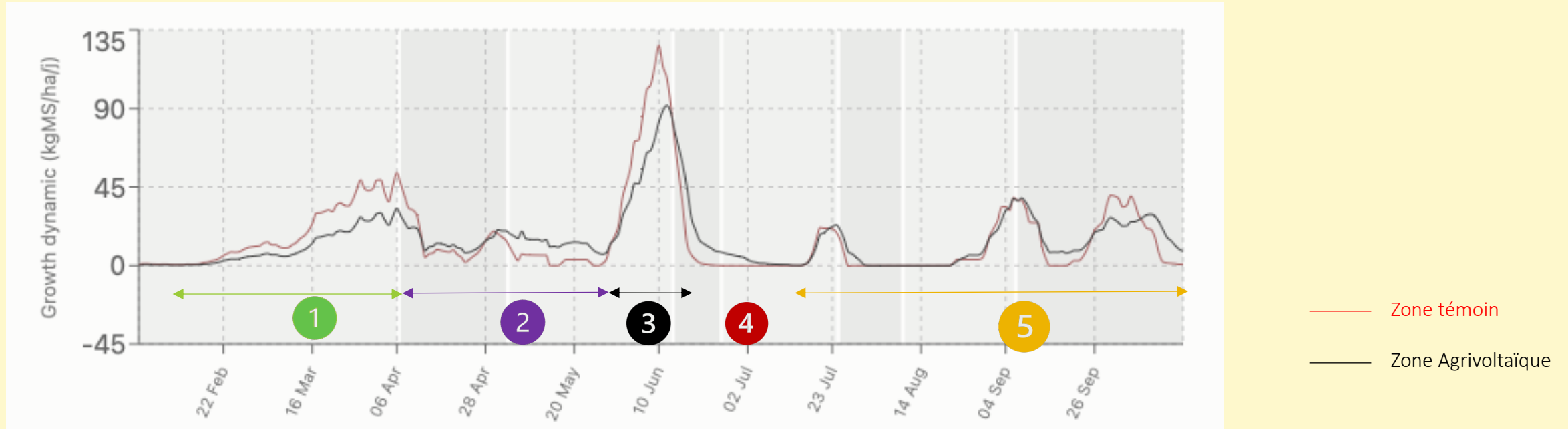
Hypothèses

- 1 Dans le cas d'un pâturage tournant, le cycle est modélisé par une alternance de cycles de pâtures et de repos, avec une réinitialisation de l'indice foliaire au début du stade de repos. 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 une prairie multi-espèce. Elle est parfaitement homogène, bien implantée et enracinée, non concurrencée par les adventices et indemne des ravageurs et des maladies.
- 3 Deux facteurs principaux de variation de la 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 → surestimation de 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 scénarii climatiques actuels et futurs.

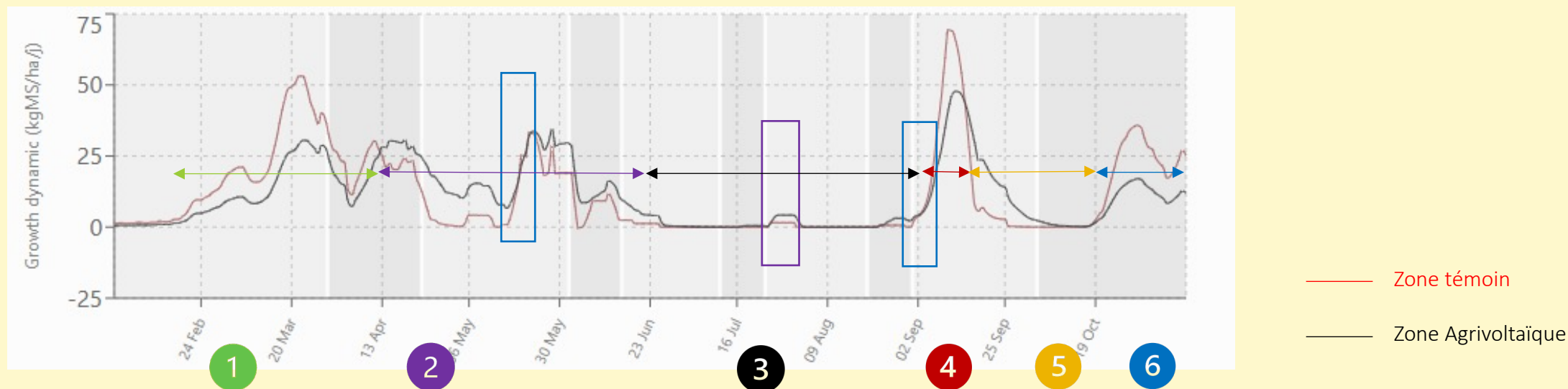
Mission 3: Dynamique de production récoltable – RFU 26 mm – Scénario actuel



1. On observe un **retard de croissance / de productivité en zone AgriPV** jusqu'au 12 avril (période de première mise à l'herbe). En effet, la dynamique de croissance de la prairie en zone témoin est nettement supérieure à celle de la prairie en zone AgriPV.
2. **A compter du 12 avril, on note un premier changement de tendance.** Entre le 7 et le 29 mai juin, on observe pour la première fois que la dynamique de croissance de la prairie en zone AgriPV est plus importante que celle en zone témoin. Cela correspond à la date à laquelle la prairie en zone témoin entre en condition de stress sévère, pénalisant ainsi sa production. A l'inverse, la prairie en zone témoin, bénéficiant de la diminution de l'évapotranspiration, n'est pas en condition de stress sévère et maintient sa production.
3. Du 29 mai au 14 juin, le potentiel de production prairial récoltable est à nouveau plus important en zone témoin, probablement lié à un épisode pluvieux, comme nous avons pu le voir dans le bilan hydrique
4. On note un point de bascule à partir du 14 juin ou le potentiel de production prairial récoltable est plus important en zone AgriPV jusqu'au 18 juillet.
5. Le potentiel de production prairial restera ensuite inférieur en zone AgriPV à l'exception de la période entre le 13 et le 25 septembre.

La chute de productivité est globalement plus importante en zone AgriPV qu'en zone témoin lors du cycle de la prairie. La structure apporte néanmoins des services lorsque les conditions sont limitantes pour la prairie en zone témoin et pas encore pour la zone AgriPV.

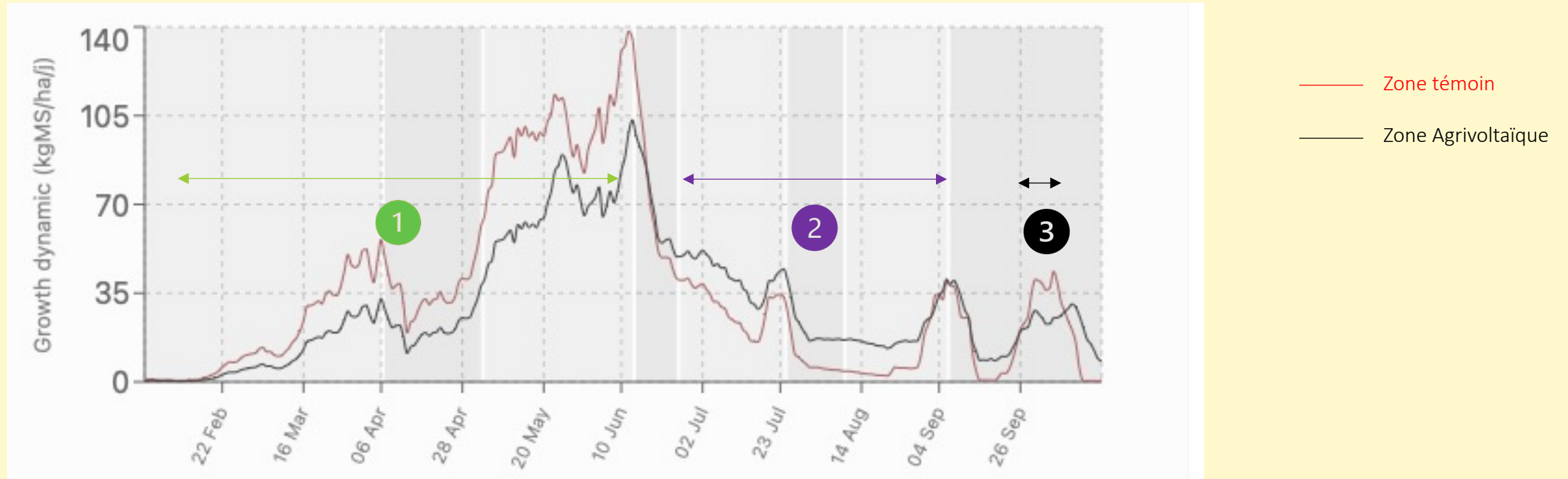
Mission 3: Dynamique de production récoltable – RFU 26 mm – Scénario futur



1. On observe un **retard de croissance / de productivité en zone AgriPV** jusqu'au 13 avril (période de première mise à l'herbe). En effet, la dynamique de croissance de la prairie en zone témoin est nettement supérieure à celle de la prairie en zone AgriPV.
2. **A partir du 13 avril, on note un premier changement de tendance.** Entre le 13 avril et le 28 juin, on observe que la dynamique de croissance de la prairie en zone AgriPV est plus importante que celle en zone témoin malgré une légère inversion de tendance autour du 21 mai. La production est donc plus importante qu'en zone témoin sur cette période.
3. Du 26 juin au 01 septembre, la production en zone témoin et en zone AgriPV est globalement similaire, à l'exception de courtes périodes au 25 Juillet et du 23 août.
4. On note qu'à la période de repousse 4 du 3 au 15 septembre, le potentiel de production en zone témoin est plus importante en zone témoin qu'en zone AgriPV.
5. Du 15 septembre au 06 octobre, du fait de la protection de la structure sur le stress hydrique, le potentiel de production prairial est supérieur en zone AgriPV.
6. A partir du 18 octobre le le potentiel de production en zone témoin est plus importante en zone témoin qu'en zone AgriPV.

On observe que pour la RFU 26 mm selon le scénario actuel, la chute de productivité est globalement plus importante en zone AgriPV qu'en zone témoin lors du cycle de la prairie.

Mission 3: Dynamique de production récoltable – RFU 127 mm – Scénario actuel



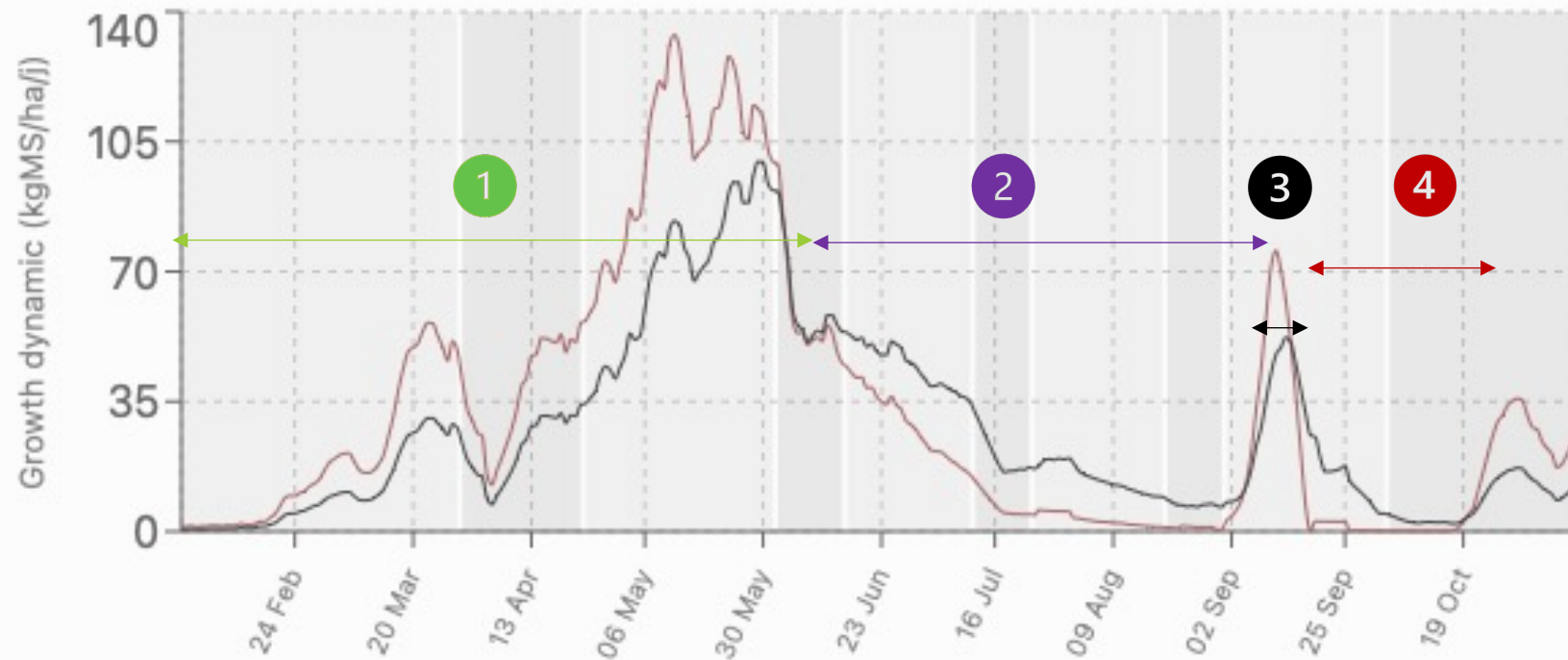
1. On observe un net **retard de croissance** jusqu'au 17 juin (deuxième mise à l'herbe). En effet, la dynamique de croissance de la prairie en zone témoin est nettement supérieure à celle de la prairie en zone AgriPV .

Cet écart important sur une période relativement longue aura un impact sur le potentiel de production total.

2. **A compter du 17 juin, on note un premier changement de tendance.** Entre le 17 août et le 25 septembre, on observe pour la première fois que la dynamique de croissance de la prairie en zone AgriPV est plus importante que celle en zone témoin.

3. Malgré une courte période du 27 septembre au 08 octobre, la prairie en zone AgriPV reste plus productive que celle en zone témoin.

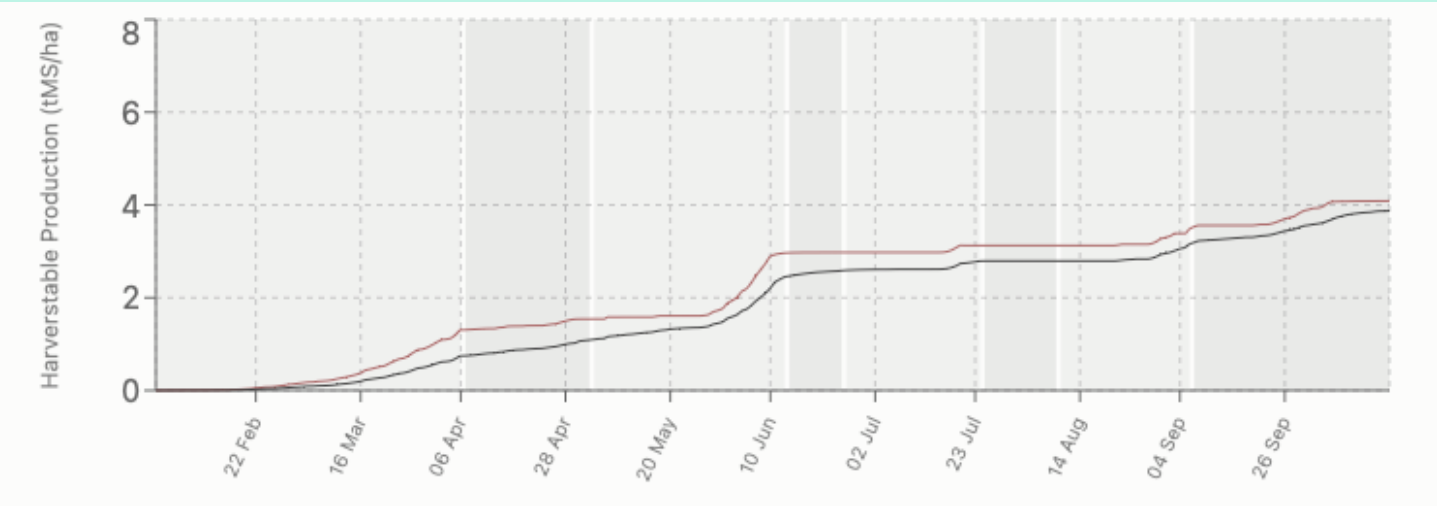
Mission 3: Dynamique de production récoltable – RFU 127 mm – Scénario 2050



— Zone témoin
— Zone Agrivoltaïque

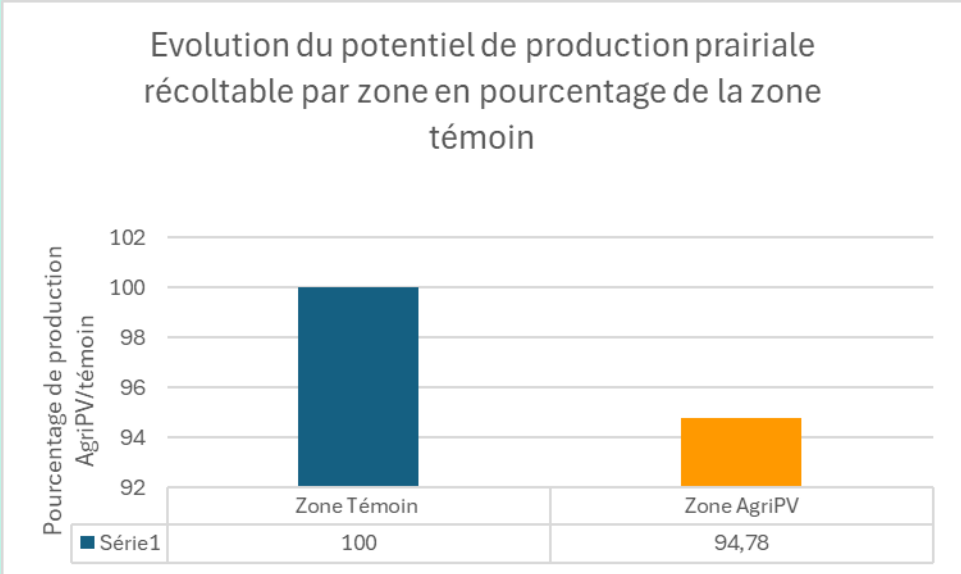
1. On observe comme pour le scénario 2020 **un retard de croissance / de productivité en zone AgriPV assez marqué jusqu'au 02 juin**, soit jusqu'à la période de deuxième mise à l'herbe. On constate un écart de dynamisme assez important quantitativement, avec un écart maximum de 50 kg de matière sèche produit par jour et par hectare le 12 mai. En effet, la zone témoin a une dynamique de 133 kg de matière sèche par jour et par hectare alors que la zone AgriPV a une dynamique de pousse de seulement 83 kg de matière sèche par jour et par hectare. La dynamique de croissance de la prairie en zone témoin est nettement supérieure à celle de la prairie en zone AgriPV.
2. Néanmoins, à partir du 02 juin, on note **un changement de tendance des courbes de croissance** de la prairie. On peut parler de **point de bascule**. La prairie sera plus productive en zone AgriPV jusqu'au 05 septembre. Toutefois les écarts de production sont moindres que ceux de la période précédente. L'impact sur le potentiel de production prairial sera significatif.
3. Dans des conditions futures, du 05 au 14 septembre la prairie en zone témoin serait plus productive qu'en zone AgriPV.
4. Puis du 14 septembre au 20 octobre, la prairie en zone AgriPV serait plus productive avec une prolongation de la pousse, avant d'être à nouveau dépassée à compter du 20 octobre.

Mission 3: Potentiel de production prairial récoltable – climat actuel – RFU 26 mm



— Zone témoin

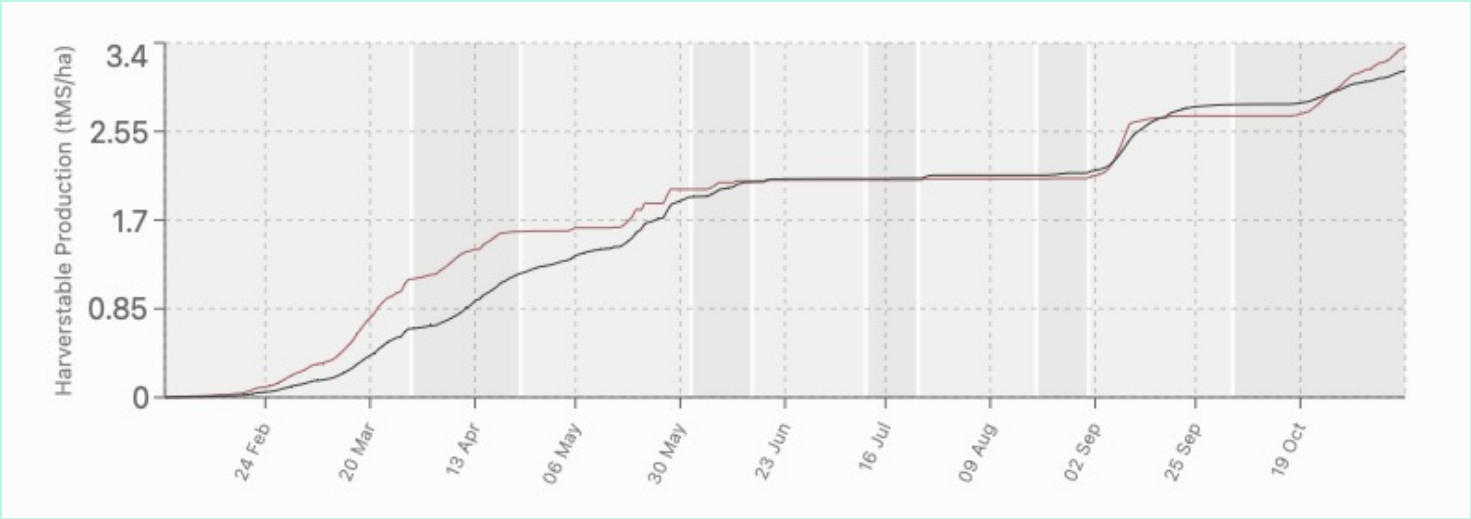
— Zone Agrivoltaïque



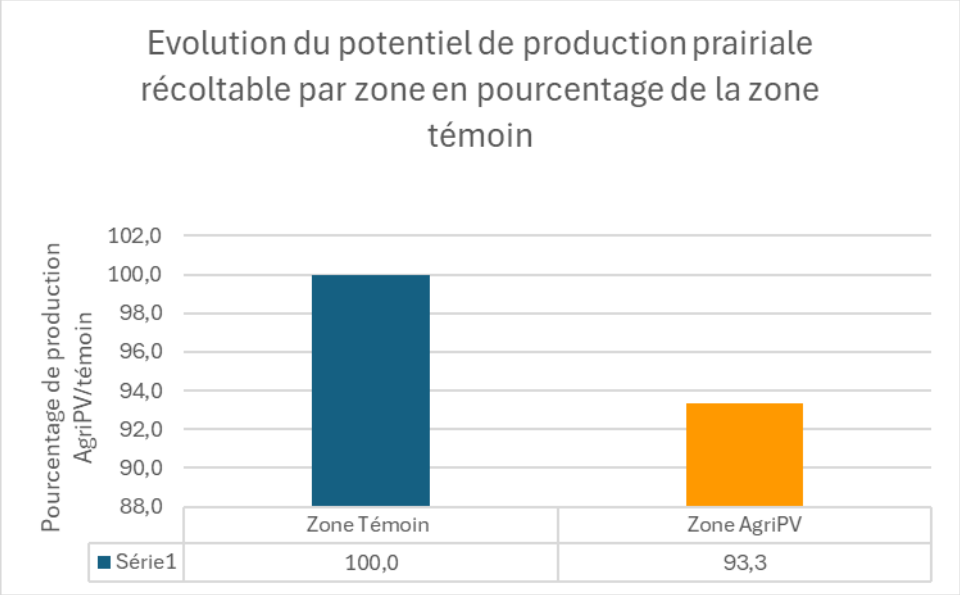
1

La structure AgriPV provoque une **baisse du potentiel de rendement** en comparaison du témoin de 5,22% pour la période actuelle avec une RFU de 26 mm. Le potentiel de rendement serait de 4,1 tMS/ha en zone témoin et de 3,88tMS/ha en zone AgriPV.

Mission 3: Potentiel de production prairial récoltable – climat futur – RFU 26 mm

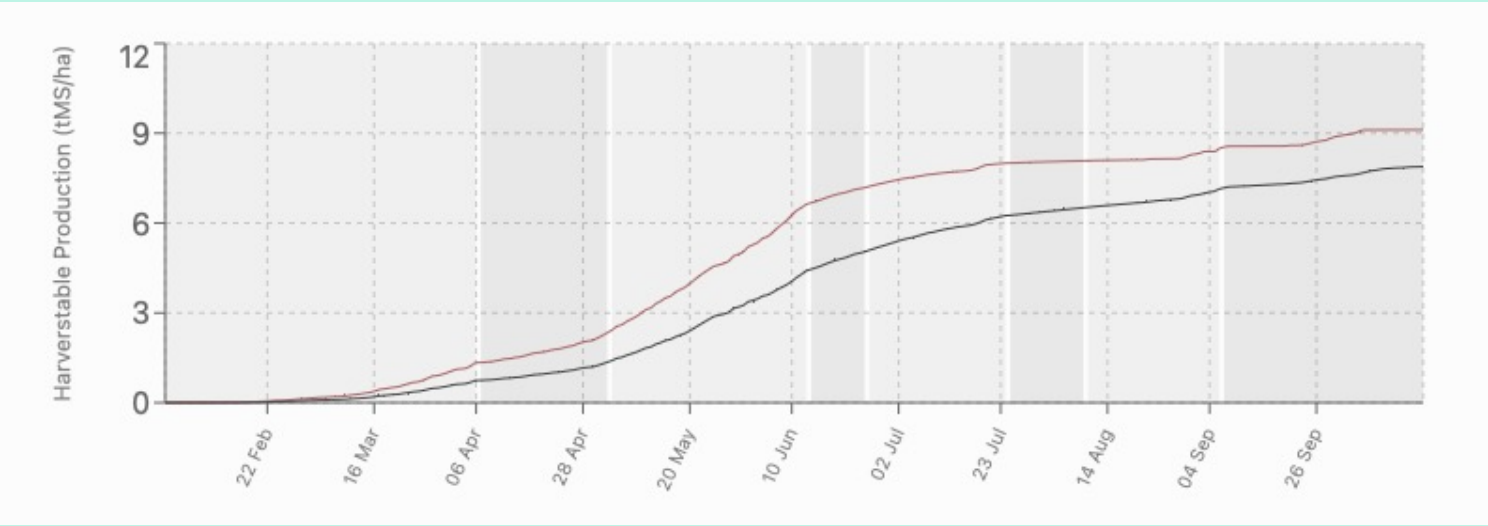


— Zone témoin
— Zone Agrivoltaïque



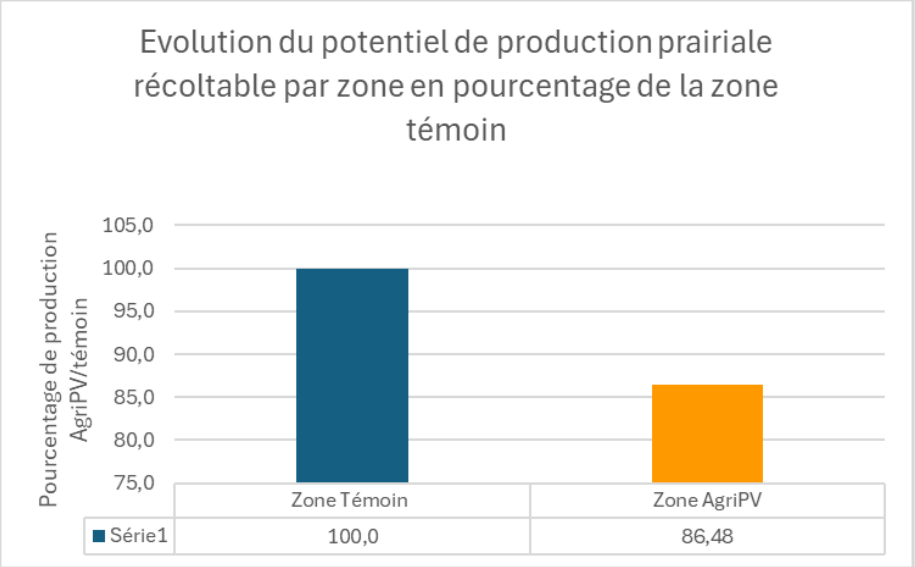
1 La structure AgriPV provoque une baisse du potentiel **de rendement** en comparaison du témoin de 7,7% pour la période future avec une RFU de 26 mm. Le potentiel de rendement serait de 3,35 tMS/ha en zone témoin et de 3,13 tMS/ha en zone AgriPV.

Mission 3: Potentiel de production prairial récoltable – climat actuel – RFU 127 mm



— Zone témoin

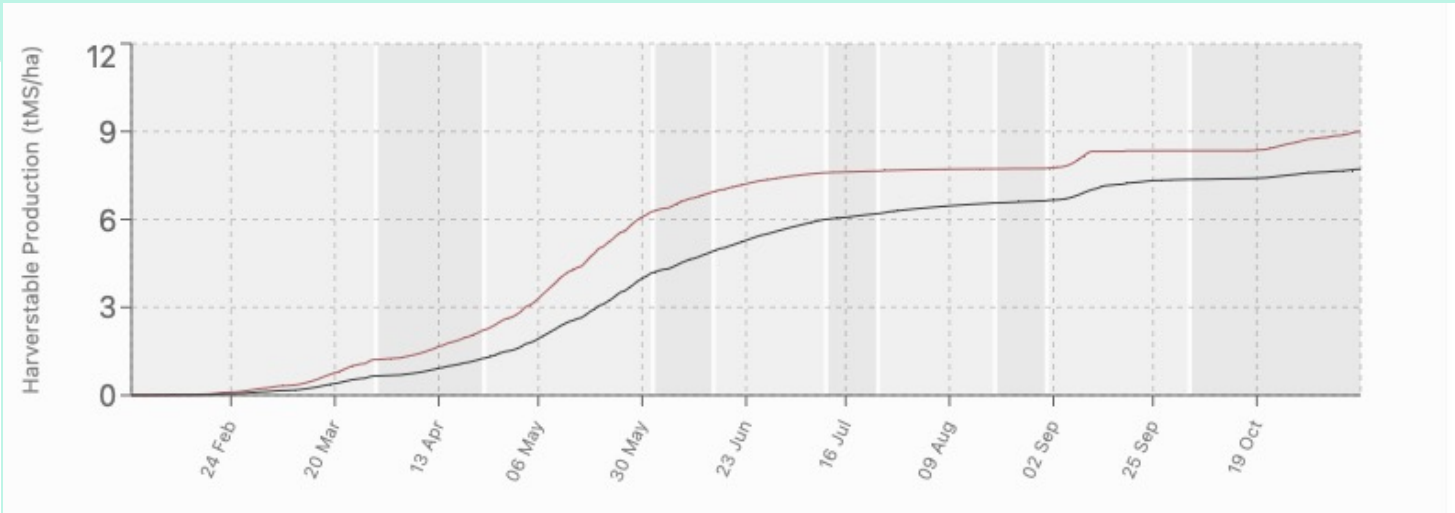
— Zone Agrivoltaïque



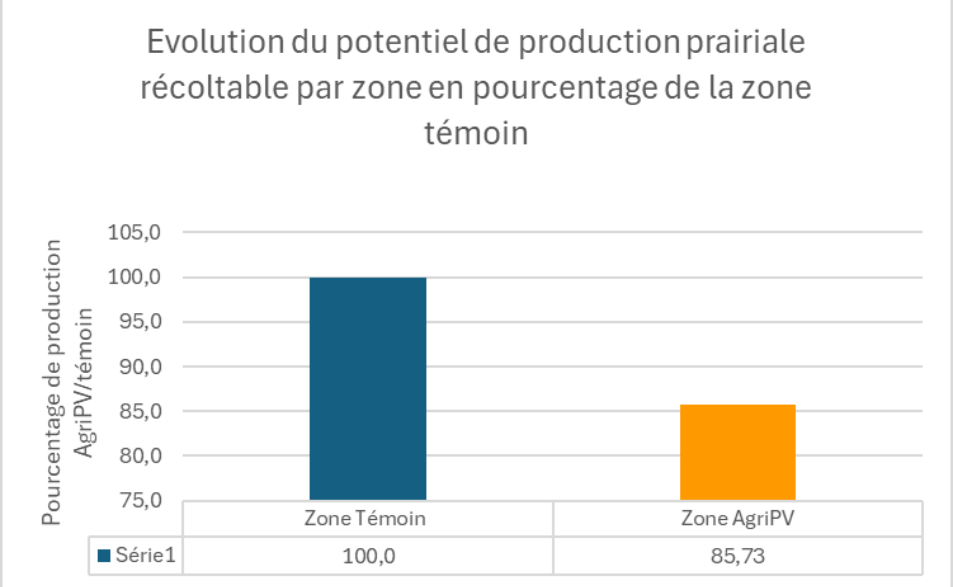
1

La structure AgriPV provoque **une baisse du potentiel de rendement** en comparaison du témoin de 13,52% pour la période actuelle avec une RFU de 126 mm. Le potentiel de rendement serait de 9,1 tMS/ha en zone témoin et de 7,8 tMS/ha en zone AgriPV.

Mission 3: Potentiel de production prairial récoltable – climat futur – RFU 127 mm

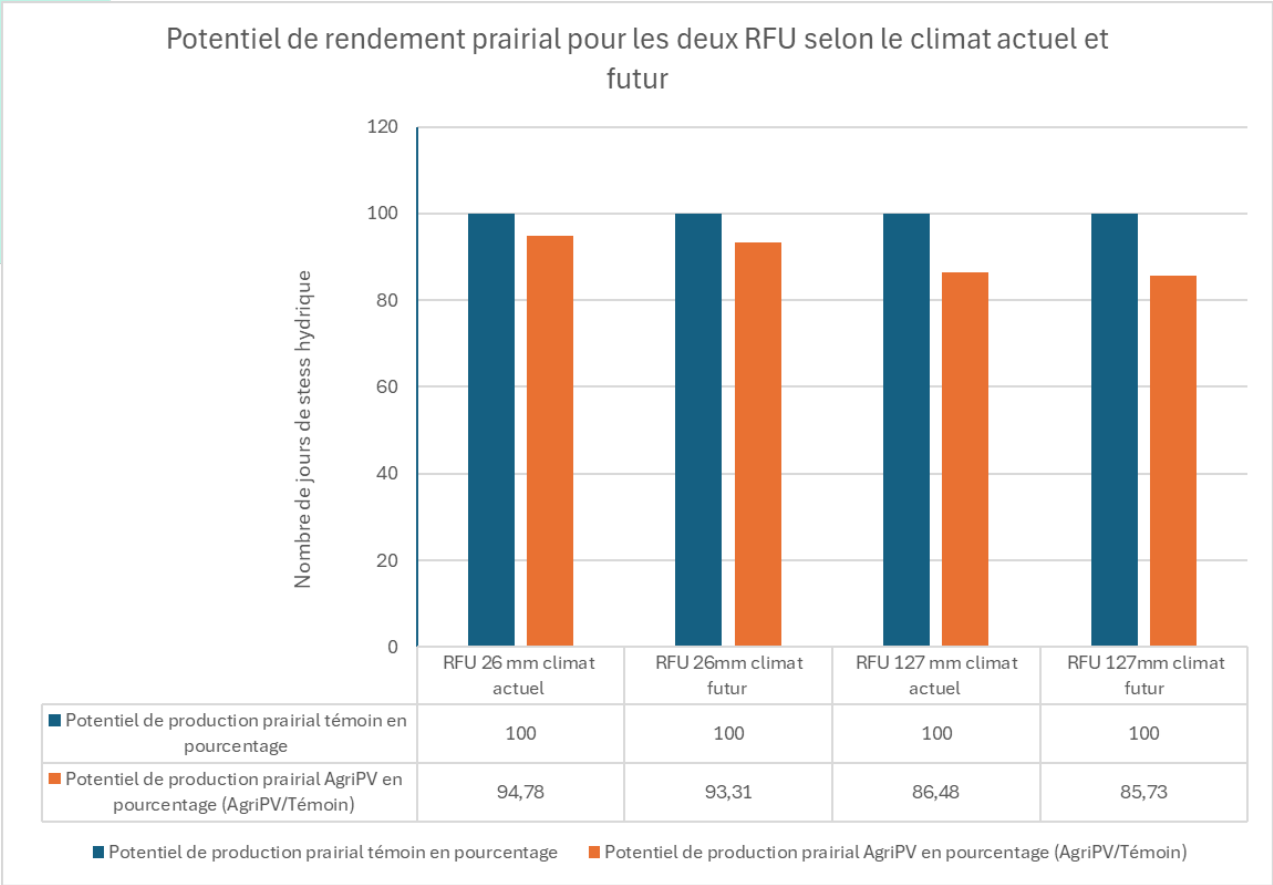


— Zone témoin
— Zone Agrivoltaïque



1 La structure AgriPV provoque une **baisse du potentiel de rendement** en comparaison du témoin de 14,27% pour la période future avec une RFU de 127 mm. Le potentiel de rendement serait de 9 tMS/ha en zone témoin et de 7,7 tMS/ha en zone AgriPV.

Mission 3 : Conclusion



	Zone témoin RFU 26 mm	Zone AgriPV RFU 26mm	Différence	Zone témoin RFU 127 mm	Zone AgriPV RFU 127mm	
Scenario climatique actuel	4,1	3,88	-5%	9,1	7,9	-13%
Scénario climatique futur	3,35	3,13	-7%	9	7,7	-14%
Différence	-18%	-19%	-	-1%	-3%	

On constate, que pour la RFU de 26 mm quelque soit le climat considéré, la diminution de rendement se limite à moins de 10%. Cependant, pour la RFU de 127 mm, la diminution de rendement est plus marquée que ce soit pour un climat actuel ou futur, avec des diminutions de -13 et – 14 % entre la zone témoin et AgriPV pour respectivement le scénario actuel et futur.

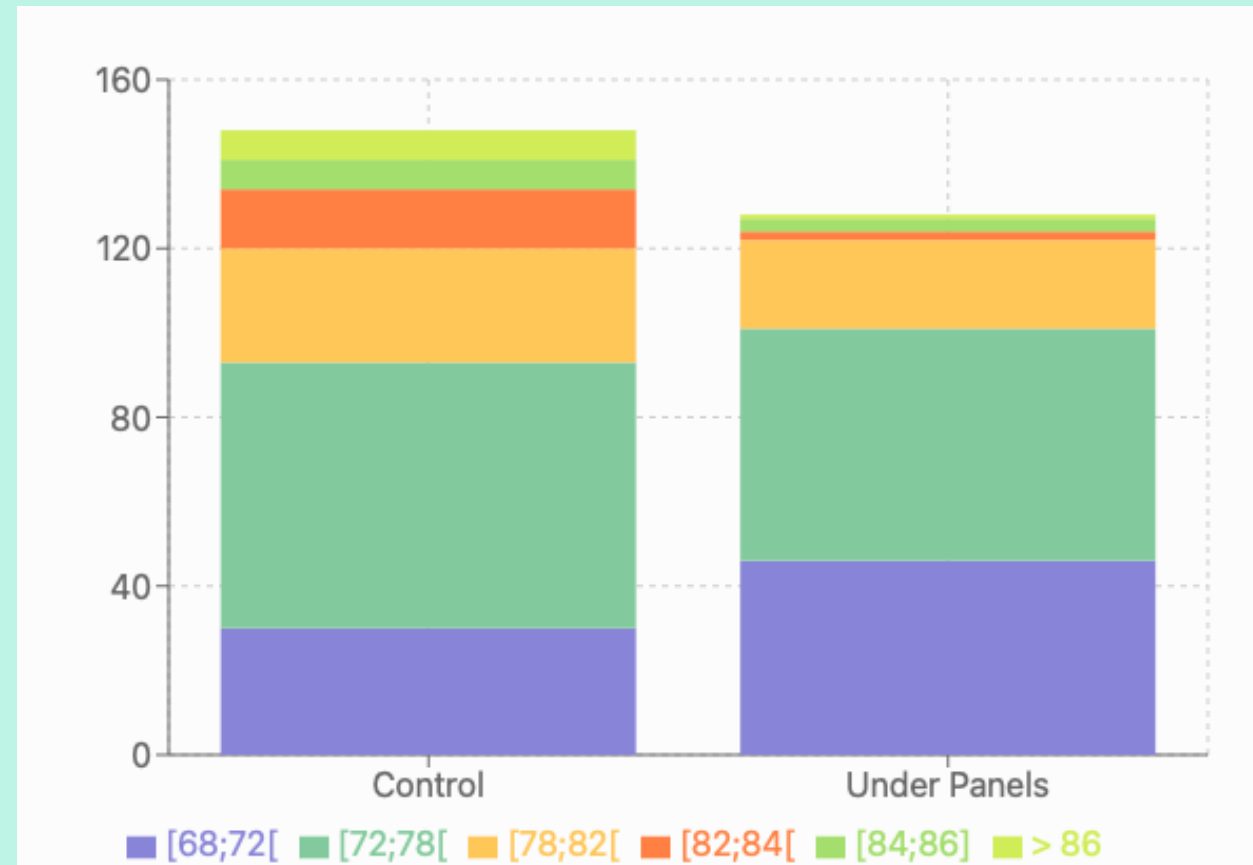
En parallèle on constat une diminution de rendement entre le climat actuel et futur quelque soit la RFU, diminution légèrement plus marquée en zone AgriPV qu’en zone témoin.

Mission 4 : Bien-être animal



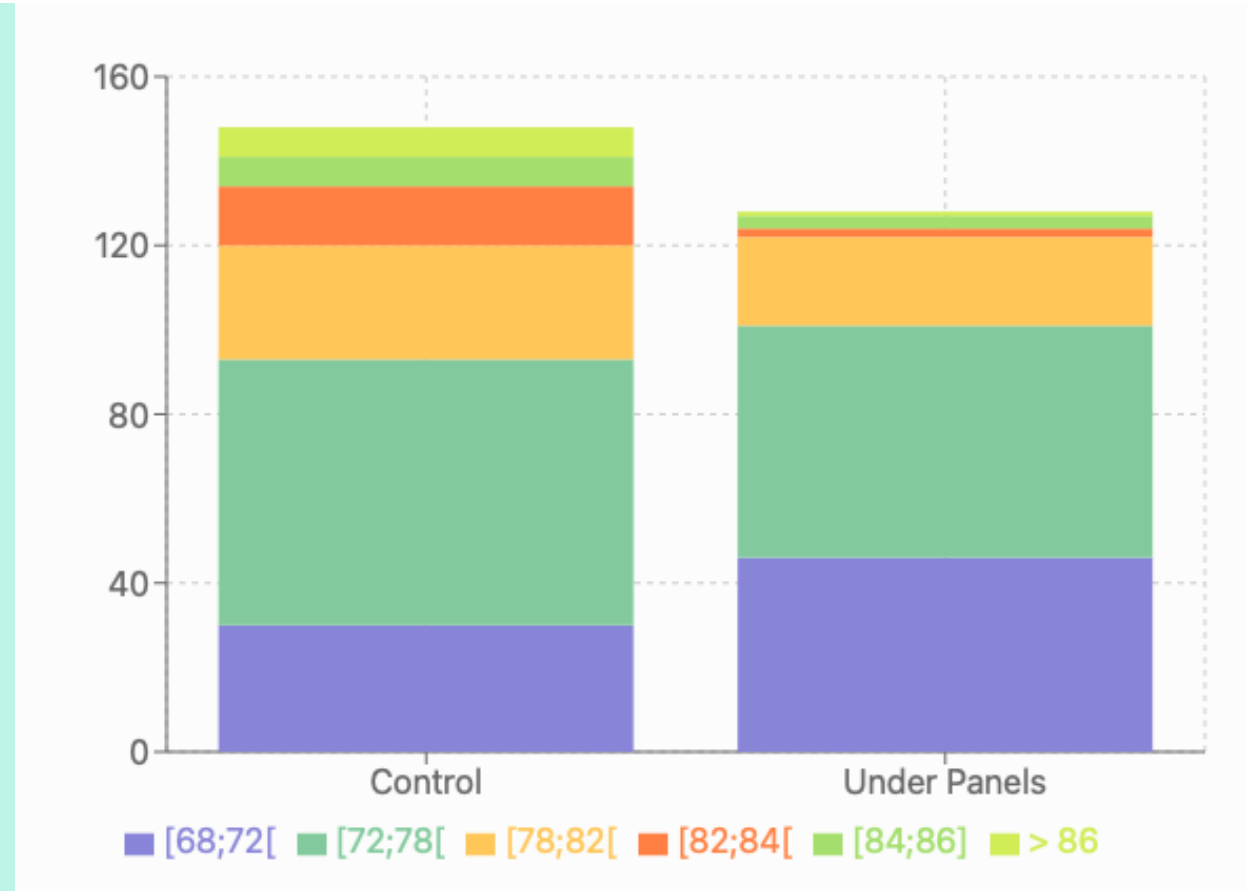
AGRISOLEO

Mission 4 : Bien être animal – climat actuel (THI en nombre de jours de stress)



On observe une **diminution du nombre de jours de stress thermique de 28% sous panneaux (-35 jours)** par rapport aux conditions en zone témoins pour les ovins. Cette diminution du stress thermique, notamment du seuil de stress majeur (THI >78) avec -77% constitue une amélioration du bien être animal.

Mission 3 : Bien être animal – climat futur (THI en nombre de jours de stress)



On observe tout d’abord une augmentation du nombre total de jours de stress thermique et du seuil de sévérité entre le climat actuel et futur (+ 25 jours). On observe également une **diminution du nombre de jours de stress thermique de 14% sous panneaux** (-20 jours) par rapport aux conditions en zone témoins pour les ovins. Cette diminution du stress thermique, notamment du seuil de stress sévère (THI > 86) avec -86% constitue une amélioration du bien être animal.

Tableaux Bilan

Mission 1:

Partage Lumineux

Irradiance	Zone témoin	Zone AgriPV
	100%	57%
étérogénéité	0%	41,5%
ETP	100%	69,3%

Missions 2 et 3:

Bilan Hydrique et Production de Biomasse

Période	Période Actuelle		Période future		Période Actuelle		Période Future	
Zone	Zone témoin	Zone AgriPV	Zone témoin	Zone AgriPV	Zone témoin	Zone AgriPV	Zone témoin	Zone AgriPV
RFU	26	26	26	26	127	127	127	127
Nombre de jour de stress hydrique	201	176	218	193	147	130	167	149
Potentiel de rendement (tMS/ha)	4,1	3,88	3,35	3,1	9,1	7,9	9,0	7,7

Mission 4 :

Stress thermique / bien être animal

	Climat actuel		Climat futur	
	Témoin	AgriPV	Témoin	AgriPV
Stress léger	48	43	30	46
Stress modéré	53	40	63	55
Stress majeur	22	5	48	26
Stress sévère	0	0	7	1
Total	123	88	148	128

Conclusion

Contexte climatique (année actuelle VS 2050)

Les données ci-dessous sont issues de l'outil climadiag*, pour le secteur de La Batie Montsaléon—scénario RCP 8.5 (le plus pessimiste). Un certain nombre d'indicateurs agroclimatiques sont présentés pour la période actuelle et future.

Ressource en eau : Le déficit hydrique de avril à fin aout passe de -246 mm à -317 mm (-28%)

Température : Le nombre de jours de stress thermique pour les végétaux passe de 64 à 87 (+35 %) et de 117 à 140 (+19 %) pour les animaux. Le 1^{er} jour de stress thermique de l'année pour les végétaux est avancé de 14 jours.

Mission 1: Résultats des simulations d'irradiance

1

La structure agrivoltaïque induit un ombrage en moyenne de **42,7%** sur la période d'étude.

2

L'hétérogénéité est de **41,5%**. Elle est variable et élevée jusqu'à 48% pendant l'été. Cela peut induire un décalage du cycle de développement de la prairie.

3

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

Mission 2 : Bilans hydriques prévisionnels

1

En 2020, le nombre de jours de stress hydrique est réduit de **27 jours** en zone AgriPV par rapport au témoin pour une RFU de 26 mm et de **17 jours** en zone AgriPV pour une RFU de 127 mm

2

En 2050, le nombre de jours de stress hydrique est réduit de **25 jours** en zone AgriPV pour une RFU de 26 mm et de **18 jours** en zone AgriPV pour une RFU de 127 mm

Mission 3: Production récoltable prairiale

1

La structure AgriPV provoque **une baisse du potentiel de rendement** en comparaison du témoin de 5 et 13% pour la période actuelle avec une RFU de 26 et 127 mm.

2

Dans le futur en 2050, la structure AgriPV ne permettra pas un potentiel de rendement supérieur à la zone témoin puisqu'elle provoquera **une baisse de -7% et -14% pour une RFU de 26 et 127 mm.**

3

La forte baisse du potentiel de rendement observée sur le témoin d'ici 2050 par rapport à la période **ne sera pas atténué** par la solution agrivoltaïque.

Mission 4 : Bien être animal

1

La structure AgriPV provoque **une amélioration du bien être animal** par une diminution du stress thermique de 35 jours pour le climat actuel.

2

En 2050, la structure AgriPV permettra une diminution du nombre de jours de stress de 20 jours et notamment **une diminution importante du nombre de jours de stress sévères**

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en avant les effets du projet agrivoltaïque sur la production agricole sur une prairie multi espèces. L'usage des parcelles est voué à une production fourragère valorisé par un cheptel ovin.

Trois types de sol pour deux classes de RFU ont été considérées dans cette étude de partage lumineux (RFU 26 mm – RFU 127 mm).

Les structures agrivoltaïques apportent une amélioration du confort hydrique par une diminution de l'évapotranspiration, une diminution significative du nombre de jours de stress hydrique ainsi qu'une diminution significative du nombre de jours de stress thermique profitable également au bien-être animal.

Toutefois la forte réduction d'irradiance (ombrage moyen de 42,7%) induit une diminution de la production prairial pour les deux classes de RFU.

Cette diminution est plus marquée où la RFU est forte (127 mm) puisque la prairie est en situation de confort hydrique et le rayonnement devient le seuil facteur limitant dans les conditions de l'étude.

Contact

Guillaume Motillon

guillaume.motillon@agrisoleo.fr

06 67 40 00 04



AGRISOLEO