

## Rapport d'étude sur le bien-être animal – Centrale solaire de CVE à Bissey-sous-Cruchaud

Véronique DEISS, Chargée de Recherches bien-être animal, INRAE



Credit photo : Jaëe RICOL

Etude menée conjointement par Statkraft, CVE et INRAE afin d'évaluer les effets de la présence de panneaux photovoltaïques sur le pâturage ovin pendant une période de deux ans (2022-2023).

# Sommaire

## • Rapport d'étude sur le bien-être animal - Centrale solaire de CVE à Bissey-sous-Cruchaud(71)

### 1. ANIMAUX, MATERIEL ET METHODE

- 1.1. Le troupeau
- 1.2. Calendrier d'acquisition des données
- 1.3. Activité des brebis et position à l'ombre ou au soleil
- 1.4. Observation santé
- 1.5. Environnement climatique
- 1.6. Environnement sonore
- 1.7. Quantité et qualité fourragère

### 2. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

- 2.1. Activité des brebis et position à l'ombre ou au soleil
- 2.2. Observation santé
- 2.3. Environnement climatique
- 2.4. Environnement sonore
- 2.5. Quantité et qualité fourragère

### 3. CONCLUSION

### 4. REFERENCES

# Rapport d'étude sur le bien-être animal - Centrale solaire de CVE à Bissey-sous-Cruchaud(71)

Par le passé, quelques études ont mis en évidence des effets bénéfiques de la présence de panneaux photovoltaïques sur la production animale, cependant elles portent sur des périodes relativement courtes de quelques semaines ou mois et n'intègrent pas simultanément tous les principes liés à l'évaluation du bien-être animal, à savoir l'alimentation, le logement, la santé et le comportement.

A titre d'exemples : une étude de 2021 (Alyssa C. Andrew, et al.) montre que le chargement en ovins est plus élevé dans les pâturages sous panneaux solaires (36,6 agneaux/ha) que dans les pâturages ouverts (30 agneaux/ha) à la fin du printemps. Les productions de poids vif entre les pâturages sous panneaux solaires (1,5 kg ha/j) et les pâturages ouverts (1,3 kg ha/d) sont comparables. Cette même étude met en évidence une économie d'eau consommée par les ovins dans les pâtures avec panneaux (- 0,72 l/tête/j d'eau comparées aux pâtures ouvertes), cependant seule une tendance a été relevée le printemps suivant. Lorsque des ovins ont le choix pour s'abriter des rayonnements solaires entre des panneaux photovoltaïques et des toiles bloquant 80% des rayonnements, il a été montré qu'en dessous d'une intensité de 800 W.m<sup>-2</sup>, ils passaient 38 % de leur temps sous les panneaux contre moins de 1 % sous toile. Lorsque les rayonnements solaires sont supérieurs à 800 W.m<sup>-2</sup>, les ovins passent plus de 70 % de leur temps sous les abris photovoltaïques (Maia et al., 2020). Chez des bovins, Sharpe et al (2020) montrent que la fréquence de respiration des vaches avec et sans ombre de panneaux est similaire le matin, mais l'après-midi, les vaches avec ombre ont des taux de respiration plus faibles (66 respirations/min) que les vaches sans ombre (78 respirations/min). L'après-midi et jusque minuit, les vaches avec ombre des panneaux ont des températures corporelles internes plus faibles que les vaches sans ombre.

**La centrale solaire CVE de Bissey-sous-Cruchaud (71) est entretenue depuis sa mise en service en 2021 par éco-pâturage. Le présent projet a pour objectif d'étudier les effets sur du moyen terme, ici 2 années successives, de la présence de panneaux photovoltaïques sur le pâturage ovin (comportement, bien-être animal, santé et production de fourrage disponible).**

## 1. ANIMAUX, MATERIEL ET METHODE

### 1.1. Le troupeau

Un troupeau de 20 brebis de race Tarasconnaise a été suivi sur une période de 2 ans (2022-2023). Les brebis en plein air intégral ont accès à une parcelle dont la couverture par des panneaux photovoltaïques est d'environ 6 hectares. L'entretien de ces brebis est assuré par l'entreprise d'éco-pâturage : Ecomouton. Le chargement (nombre de brebis/ha/jour) a été estimé par Ecomouton avec pour objectif d'entretenir la centrale sans recours à une tonte mécanique et sans nécessité d'affourager les brebis au cours de l'année.

## 1.2. Calendrier d'acquisition des données

Campagne de mesure	Date 2022	Intervention	Date 2023	Intervention
0	25-janv.-22	Etat des lieux	20-21avril-23	pose capteurs et observations
1	2-3-mars-22	pose capteurs et observations	27-avril-23	Retrait et observations
	8-9-mars-22	Retrait et observations	14-juin-23	pose capteurs et observations
2	28-29-mars-22	pose capteurs et observations	13-juillet	Retrait et pose capteurs et observations
	6-avr.-22	Retrait et observations	09-août	Retrait et pose capteurs et observations
3	10-11-mai-22	pose capteurs et observations	? Octobre (s44)	retrait
	24-mai-22	Retrait et observations Analyse fourrage		
4	20-juil.-22	pose capteurs et observations		
	28-juil.-22	Retrait et observations		
5	29-nov.-22	pose capteurs et observations		
		Retrait et observation		
Total	35 jours de données capteurs 7 jours d'observation 7 points santé		70 jours de de données capteurs 3 jours d'observation 5 points santé	

## 1.3. Activité des brebis et position à l'ombre ou au soleil

L'activité debout-couchée des brebis a été acquise en fixant un accéléromètre (Hobo Pendant G acceleration) sur une des pattes arrière de chaque brebis. L'inclinaison moyenne de la patte est enregistrée toutes les minutes. Sur toute la période de l'étude, 105 jours (24h) de données pour 15 brebis sont exploitables (perte de capteurs en cours d'acquisition). Un algorithme (macro Excel) transforme les valeurs d'inclinaison en données binaires (0 : debout, 1 : couchée) avec un seuil d'inclinaison par défaut qui a été ajusté à partir des données acquises via les observations directes.

La position des brebis à l'ombre des panneaux ou au soleil a été déterminée à partir des données acquises par des capteurs-luxmètres (Hobo MX2202) placés au-dessus des brebis entre les 2 épaules. 3 autres capteurs ont été placés en zone nue, en inter-rang et sous un rang de panneaux (voir plan). La luminosité moyenne est enregistrée toutes les minutes. Sur toute la période de l'étude, 100 jours (24h) de données pour 12 brebis sont exploitables (perte de capteurs en cours d'acquisition). Le seuil de position ombre-soleil des brebis est fixé par la différence de luminosité enregistrée sous les panneaux et en inter-rang et a été ajusté à partir des données acquises via les observations directes.

L'activité debout-couchée ainsi que la position ombre-soleil a été acquise également par des observations en direct. Sur une période de 3h, 3 brebis ont été suivies en continu et ces 2 variables ont été enregistrées. Ensuite, sur une période de 1h des scans de 5 minutes ont été réalisés sur toutes les brebis. Ces données permettent

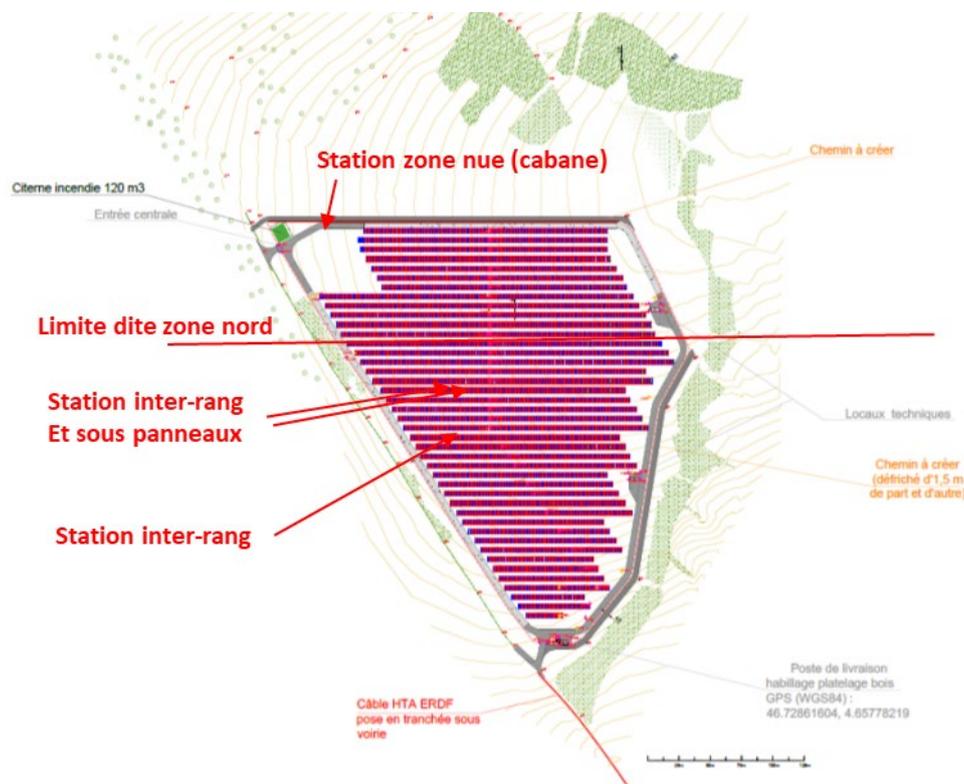
de définir les seuils utilisés dans l'analyse automatique des données acquises par les capteurs (accéléromètres et luxmètres). 10 \*4h d'observations ont été réalisées sur toute la période de l'étude.

#### 1.4. Observation santé

Des observations visuelles ont été réalisées pour détecter d'éventuels problèmes de santé. Ces observations concernaient les blessures, la propreté, la présence de parasites externes et les écoulements nasaux (d'après le protocole Awin-ovin). Sur toute la période de l'étude, ces points de santé ont été réalisés 12 fois.

#### 1.5. Environnement climatique

4 stations météorologiques (Besser), enregistrant les moyennes par heure de la température, l'hygrométrie et la vitesse du vent ont été installées dans la centrale à 1 mètre au niveau du sol. 1 station était située en zone nue, 1 sous un rang de panneaux et les 2 autres en inter-rang (voir plan ci-dessous).



*D'après schéma Statkraft-CVE*

Pour évaluer le niveau de stress thermique des brebis, l'indice de charge thermique ou le « heat load index » (HLI) a été calculé. Cet indice prend en compte non seulement la température mais également l'humidité relative ainsi que la vitesse du vent et le rayonnement solaire. Le rayonnement solaire a été acquis avec des capteurs-luxmètres (Hobo MX2202) placés à côté des stations météorologiques.

Le HLI est calculé à partir d'un autre indice appelé Tbg (Black Globe Température) ou température du globe noir. Le Tbg est calculé à partir de la formule suivante (Hahn et al. 2003) :

$$Tbg = 1,33 \times TA - 2,65 \times TA^{0,5} + 3,21 \times \log_{10} (Rad + 1) + 3,5$$

avec TA : Température Ambiante en °C et Rad : Rayonnement Solaire en W/m<sup>2</sup>.

Le HLI est ensuite calculé à partir de deux formules en fonction du seuil de Tbg.

$$HLI \text{ si } Tbg > 25^{\circ}C = 8,62 + 0,38 HR + 1,55 Tbg - 0,5 \text{ Vent} + e(2,4 - \text{Vent})$$

$$HLI \text{ si } Tbg < 25^{\circ}C = 10,66 + 0,28 HR + 1,3 Tbg - \text{Vent}$$

avec Vent : Vitesse du vent (m.s<sup>-1</sup>), R : Humidité Relative (%)

Les seuils de stress utilisés ont été fixés par Gaughan et al., (2008)  
HLI < 70 : pas de risque de stress pour les animaux  
70 < HLI < 77 : état de stress léger  
77 < HLI < 86 : état de stress modéré  
HLI > 86 : état de stress marqué

La perception d'un stress thermique perçu par les brebis a également été évalué par des observations en direct. Lors de journées chaudes (températures > 30°C) a été évaluée visuellement la fréquence respiratoire des brebis ainsi que les halètements (respiration bouche ouverte).

## 1.6. Environnement sonore

Le niveau sonore (dBa) a été enregistré en inter-rang au milieu de la centrale (sonomètre DL161S Voltsoft). 1 mesure a été acquise toutes les secondes en se déplaçant d'un pas régulier (0,8 m/s) depuis la bordure de la centrale jusque l'onduleur (voir plan). Ces mesures ont été réalisées en juin, août et octobre 2023.

## 1.7. Quantité et qualité fourragère

Pour évaluer la quantité de fourrage disponible sous les panneaux et en inter-rang des zones de défens (diamètre 110 cm) ont été mises en place. 3 zones étaient situées sous les panneaux, 3 autres en inter-rang. Les hauteurs d'herbe dans chacune des zones ont été mesurées en mai et juillet 2022.

En juin 2023, des hauteurs d'herbe ont été mesurées en zones pâturées avec un herbomètre. 100 points de mesure ont été réalisés sous les panneaux, 100 autres en inter-rang et 100 autres à 1 mètre de la partie haute des panneaux (voir schéma, partie résultats).

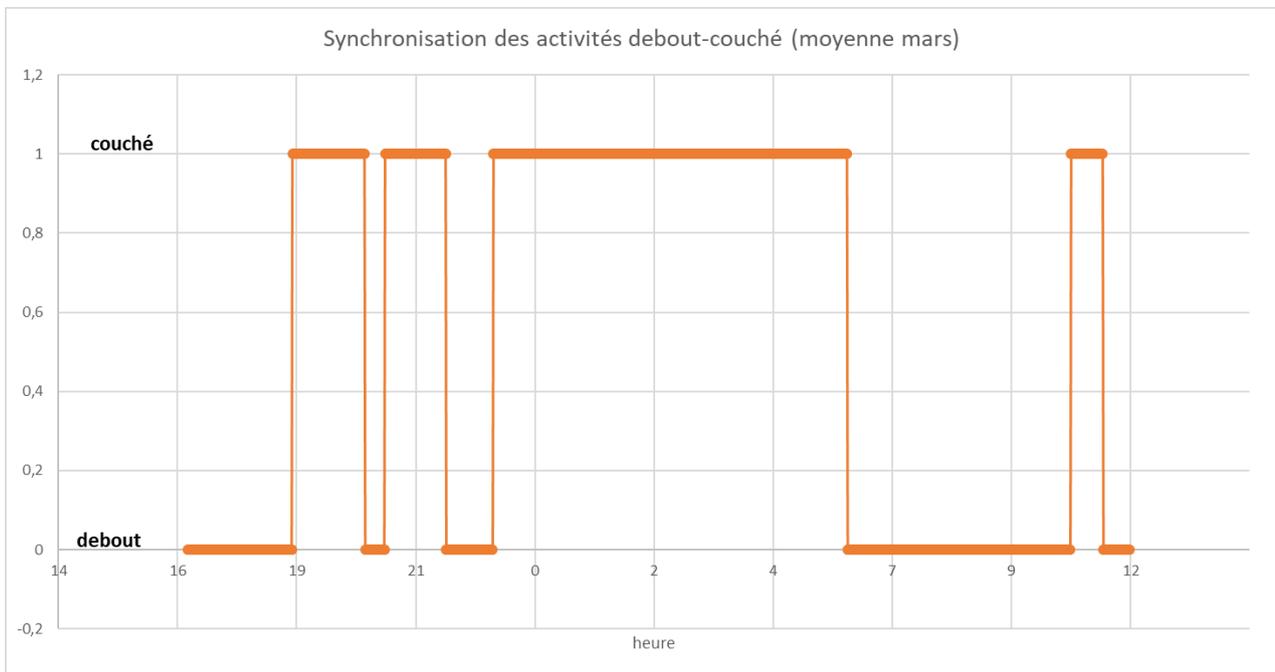
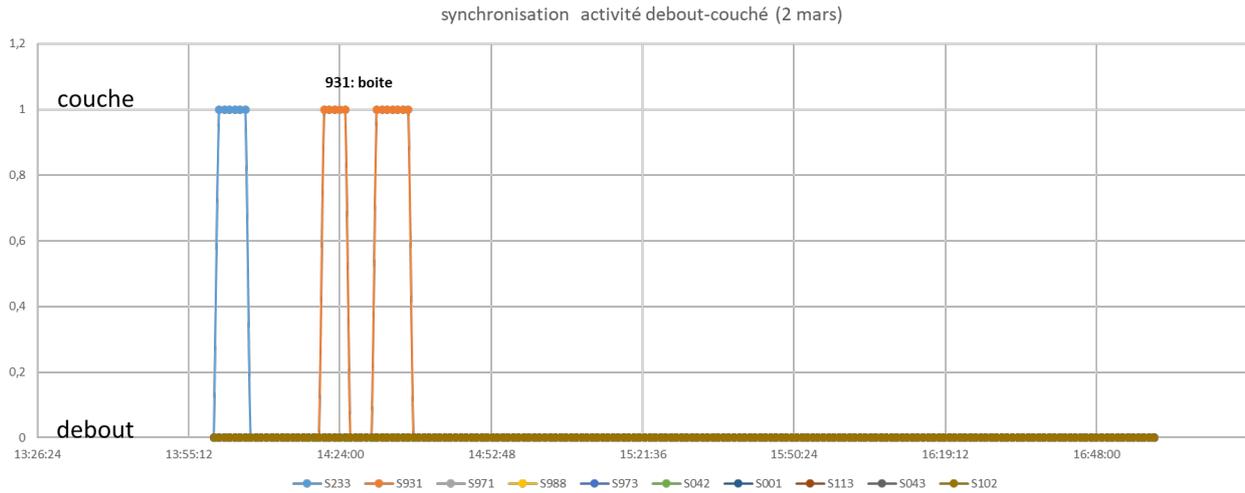
Fin mai 2022, des analyses fourragères ont été réalisées (coopérative Bourgogne du sud) à partir d'échantillons prélevés dans chacune des zones de défens.

## 2. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

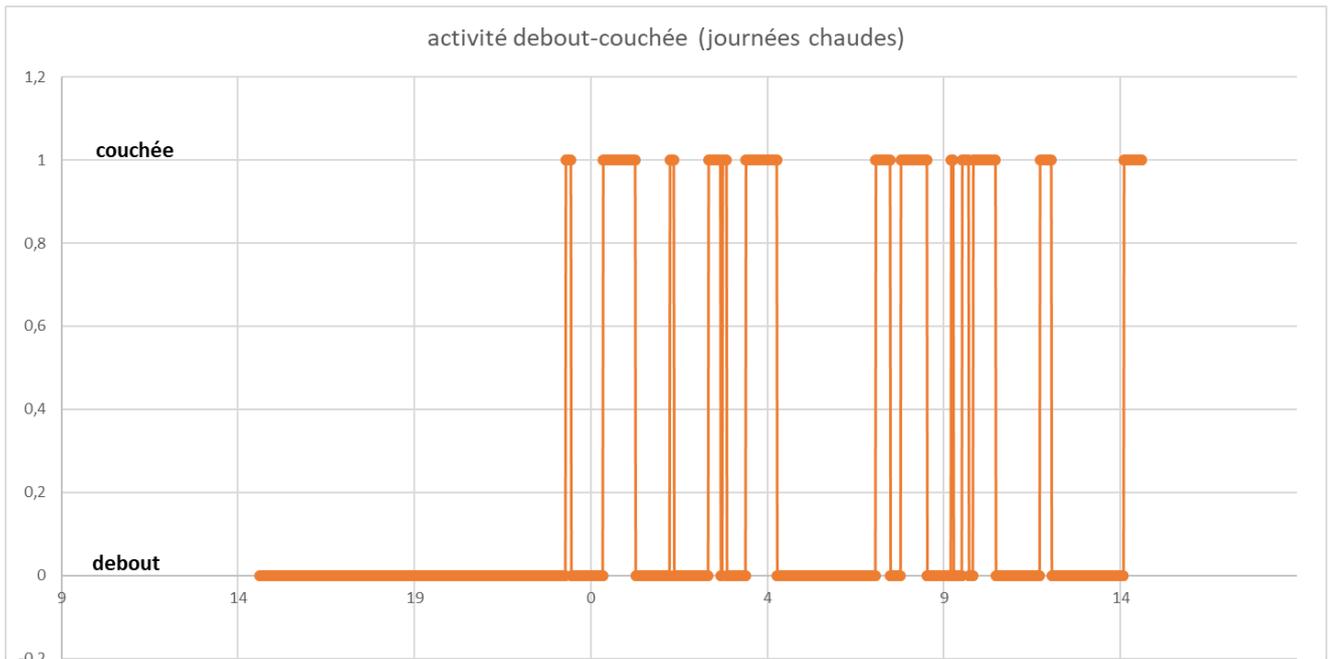
### 2.1. Activité des brebis et position à l'ombre ou au soleil

Sur toute la période de l'étude, les brebis passent en moyenne 428 min/jour en position couchée et 1012 min/jour debout. Ces données sont en accord avec le cycle circadien des 3\*8h qu'effectuent les ruminants, à savoir 8h d'ingestion (position debout), 8h de rumination (position debout et parfois couchée) et 8h de repos (position couchée et parfois debout).

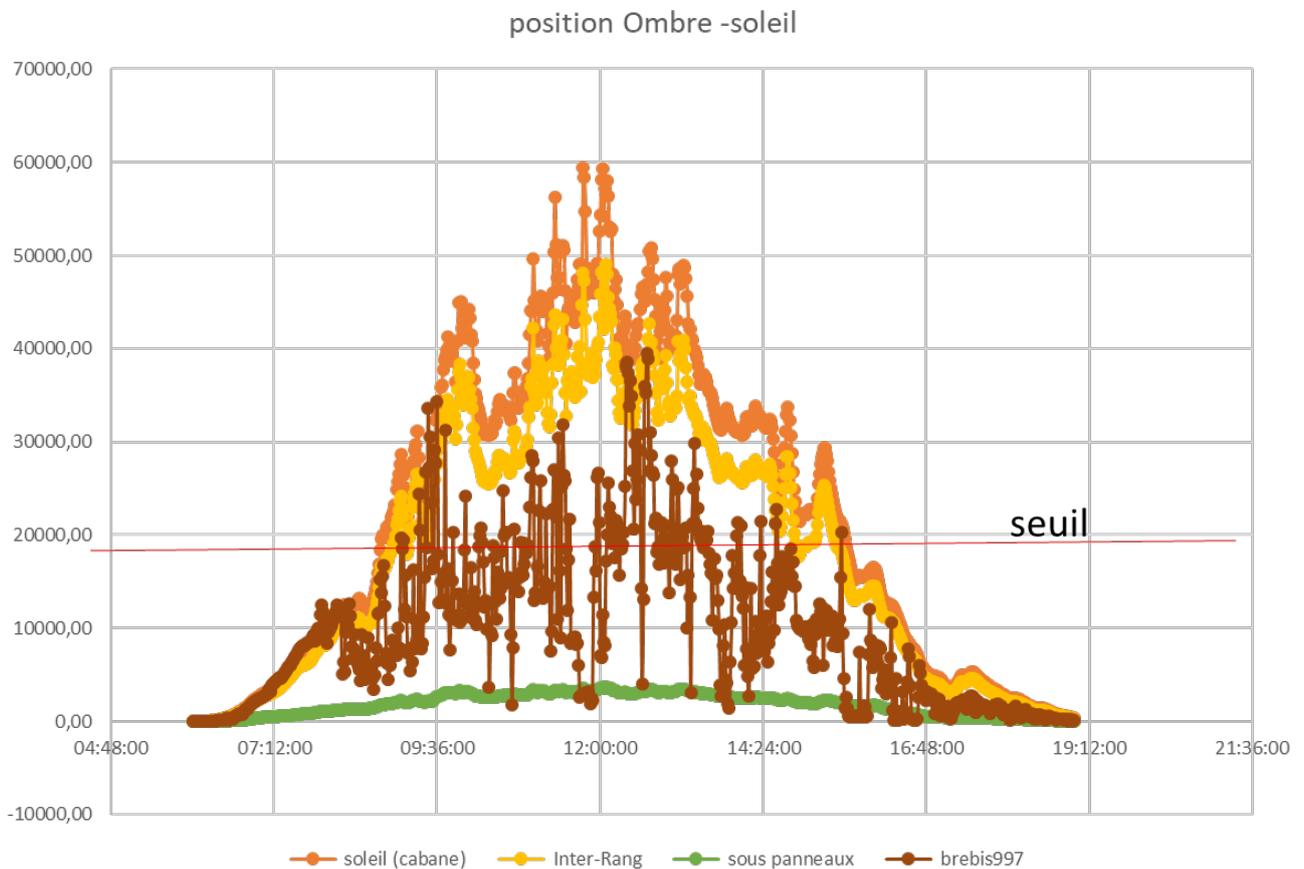
Les 2 graphiques ci-dessous montrent que l'activité (debout-couchée) est synchronisée au niveau du troupeau. Les brebis sont debout vers 6h du matin jusque 19h avec une période de repos, couchée, vers 11H. Les observations comportementales montrent que pendant cette période les brebis pâturent ou ruminent. De 23h à 6h les brebis sont couchées au repos. Seule une brebis (n° 931) est désynchronisée dans la journée par rapport au troupeau. Cette brebis présentait une boiterie, ce qui peut expliquer ce comportement. La douleur induite par une boiterie oblige l'animal à changer plus souvent de position qu'un animal sans douleur.



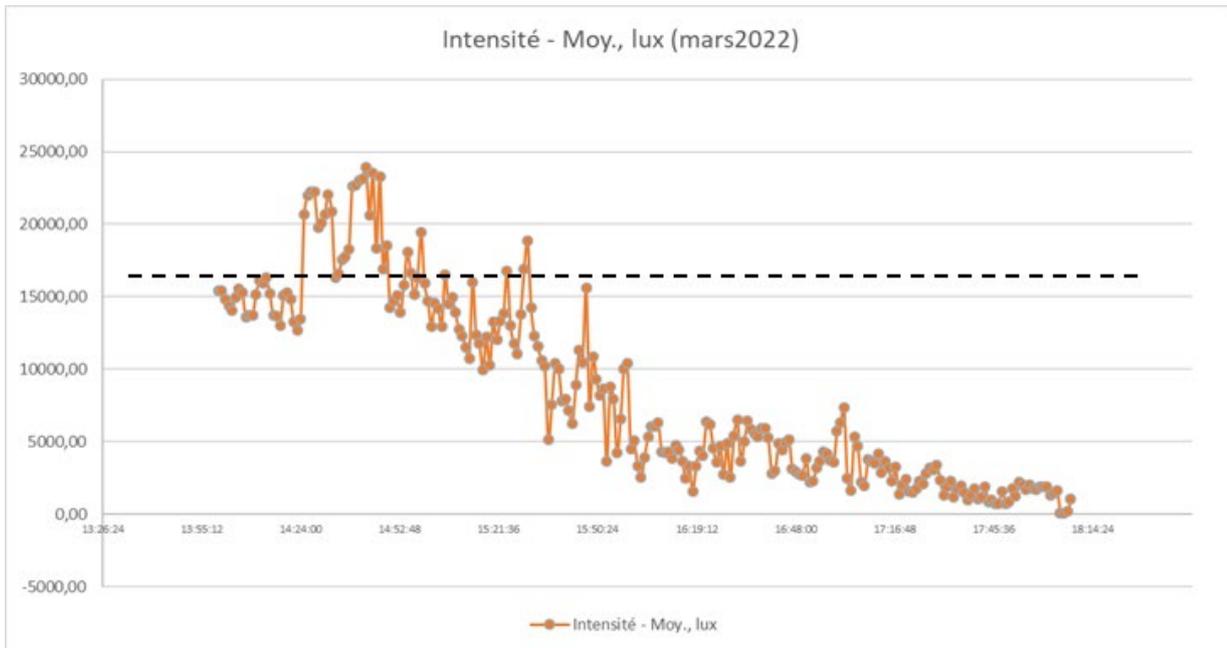
Lors des journées chaudes (ci-dessous fin mai 2022, période particulièrement chaude), les brebis sont en position debout plus tôt le matin (5h) et couchées plus tard (23h). Leur activité debout-couchée est plus alternée qu'en période moins chaude mais reste synchronisée au niveau du troupeau.



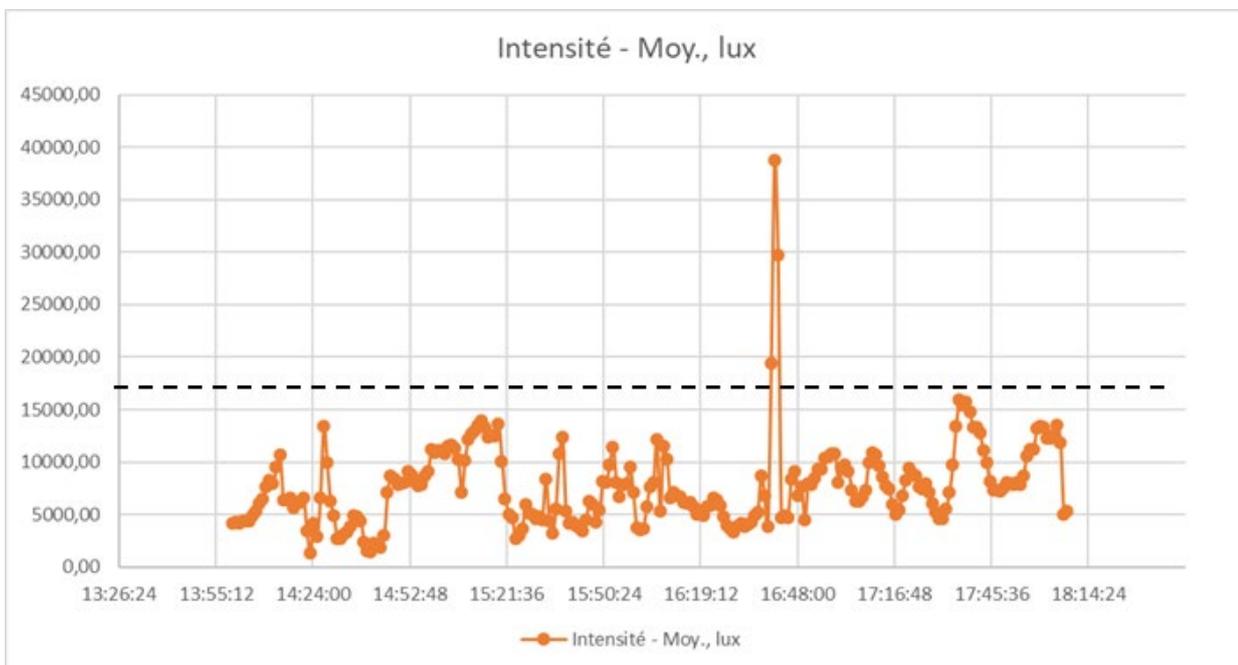
Les observations comportementales (position zone nue ou sous panneaux) ont permis de définir un seuil de luminosité enregistré par les capteurs fixés sur les brebis qui est de 17 000 lux au-dessus de la valeur enregistrée par le capteur positionné sous les panneaux. Cette différence est liée au fait que le capteur posé sur les brebis n'a pas un angle fixe, il varie avec la position des brebis contrairement au capteur positionné sous les panneaux.



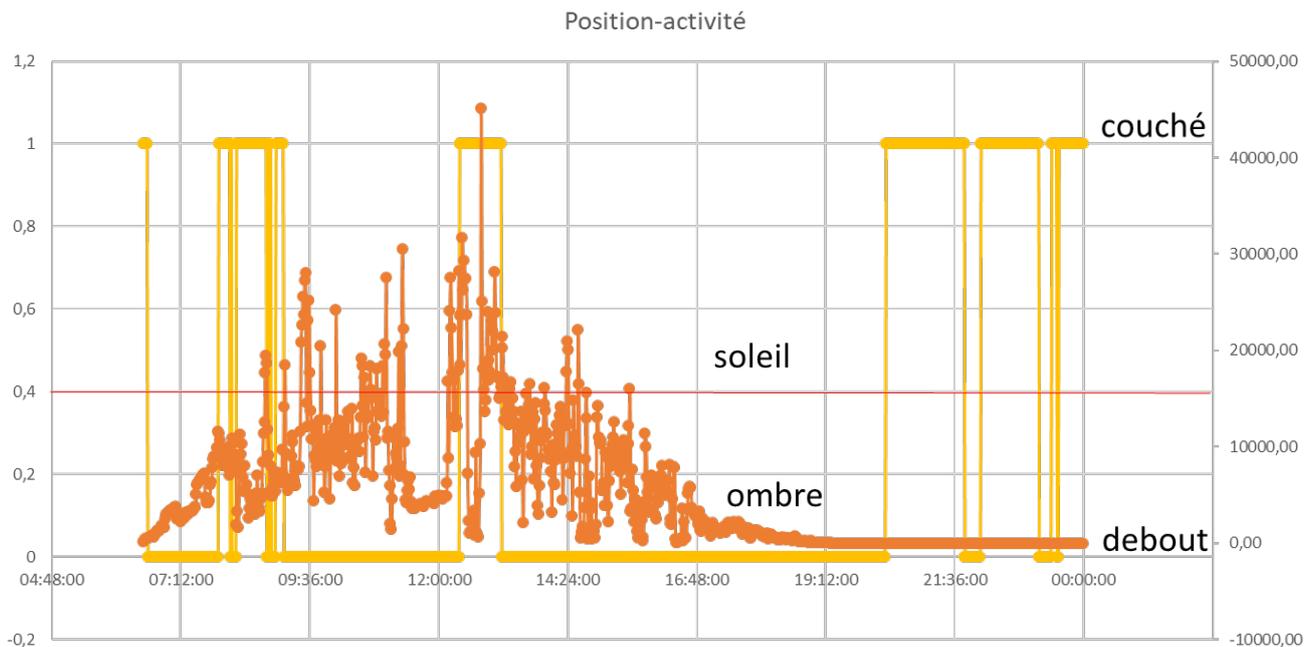
En dessous de 9 000 lux en extérieur, les capteurs de luminosité ne sont pas suffisamment précis pour déterminer la position des brebis en zone nue ou sous les panneaux, c'est-à-dire avant 9h du matin et après 16h en moyenne.



En Mars 2022 (graphique ci-dessus), les brebis dans l'après-midi sont en zone nue. En revanche, en juillet 2023 (graphique ci-dessous) elles restent l'après-midi à l'ombre sous les panneaux.



Sur 90 jours d'acquisition de données (perte de capteurs), il a été possible de coupler les données acquises par les podomètres et les luxmètres. En début de printemps et en automne, il n'y a pas d'activité debout-couchée associée à une position ombre-soleil. En revanche, en fin de printemps et en été (graphique ci-dessous) l'activité debout, incluant l'activité ingestion est associée à une position à l'ombre.



## 2.2. Observation santé



*photo AWIN*

Fin printemps 2022, lors de 2 relevés successifs, 8 brebis présentaient un écoulement nasal de niveau 2. 2 brebis lors de cette même période présentaient des boiteries avec un raccourcissement de la foulée et des hochements de tête ou coup de tête (*head flicking*) lorsque le membre (ici postérieur) atteint touchait le sol.

Aucune blessure n'a été relevée sur les brebis. Cependant en 2022, suite au regroupement du troupeau, une brebis a été gravement blessée avec déchirure de la peau et des muscles au niveau des épaules qui a nécessité l'intervention d'une vétérinaire, une anesthésie locale, une suture, un traitement antibiotique et le retrait de cette brebis de la centrale (retrait chez la bergère d'Ecomouton).

Fin printemps 2022, lors d'un relevé santé, les brebis étaient infestées par des tiques (5 à 6 /brebis). Les tiques n'étaient pas présentes lors du relevé santé suivant.

En 2022, 1 brebis a été retrouvée morte sur la centrale. La brebis n'ayant pas été autopsiée aucune explication ne peut être mise en avant.

En 2023, 2 brebis présentaient un abcès au niveau du cou dont l'origine pourrait être une coupure lors de la tonte qui a été effectuée quelques jours avant l'observation

Concernant la propreté : La salissure fécale est la présence de matières fécales sur la laine autour de l'anus, du siège, de la queue et des postérieurs. Les boudins sont des amas de matières fécales qui pendent de la laine. Elles sont associées à la diarrhée, qui peut résulter d'une infestation par des endoparasites ou d'un déséquilibre nutritionnel, et constituent un facteur de risque pour la myiase cutanée ou la maladie de la mouche.



Score 0, 1,2 (Awin)

0 : Pas de souillure fécale : la laine autour de la région du siège et sous la queue est propre.

1 : Une petite quantité de matières fécales dans la laine autour de l'anus.

2 : Quelques salissures autour de l'anus et des boudins (zones matelassées de matières fécales adhérant à la laine) dans cette zone uniquement.

Sur toute la période de l'étude, les scores observés se situaient entre 1 et 2. Aucune diarrhée n'a été observée aussi bien par l'observation de la propreté des brebis que par la consistance des fécès.

### 2.3. Environnement climatique

En fin d'hiver 2022 (mars) de 21h à 10h il n'y a pas de différence significative entre les températures enregistrées en inter-rang et en zone nue.

Au cours de la nuit (18h à 6h) les températures, en cumulé, sous panneaux sont légèrement supérieures à celles enregistrées en inter-rang et en zone nue. De 10h à 12h les températures sous panneaux sont supérieures à celles enregistrées en zone nue puis il y a une inversion en début d'après-midi.



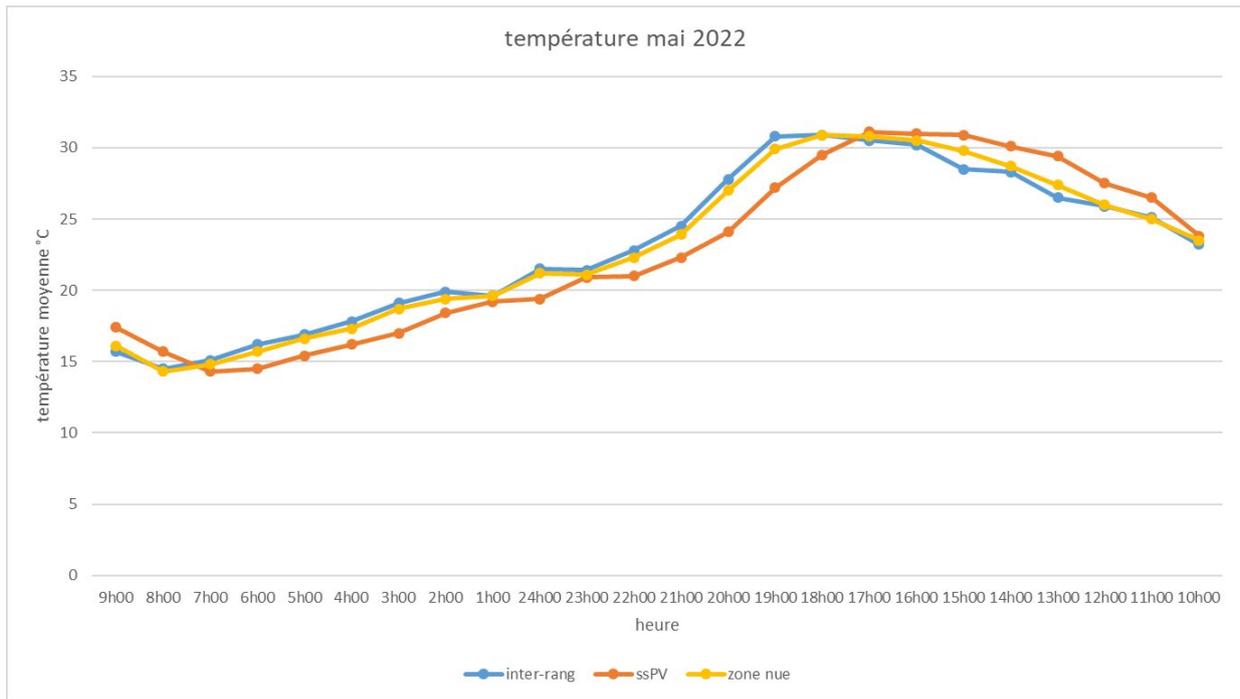
Moyenne des températures horaires sur les 10<sup>ers</sup> jours du mois de mars 2022 (Remarque : Les données enregistrées au niveau des 2 stations en inter-rang, n'étant pas significativement différentes, ont été moyennées.)

De manière ponctuelle, il a été noté qu'en fin d'hiver au matin vers 8h le sol était couvert de gelées blanches en inter-rang mais pas sous les panneaux, même s'ils étaient encore à l'ombre.



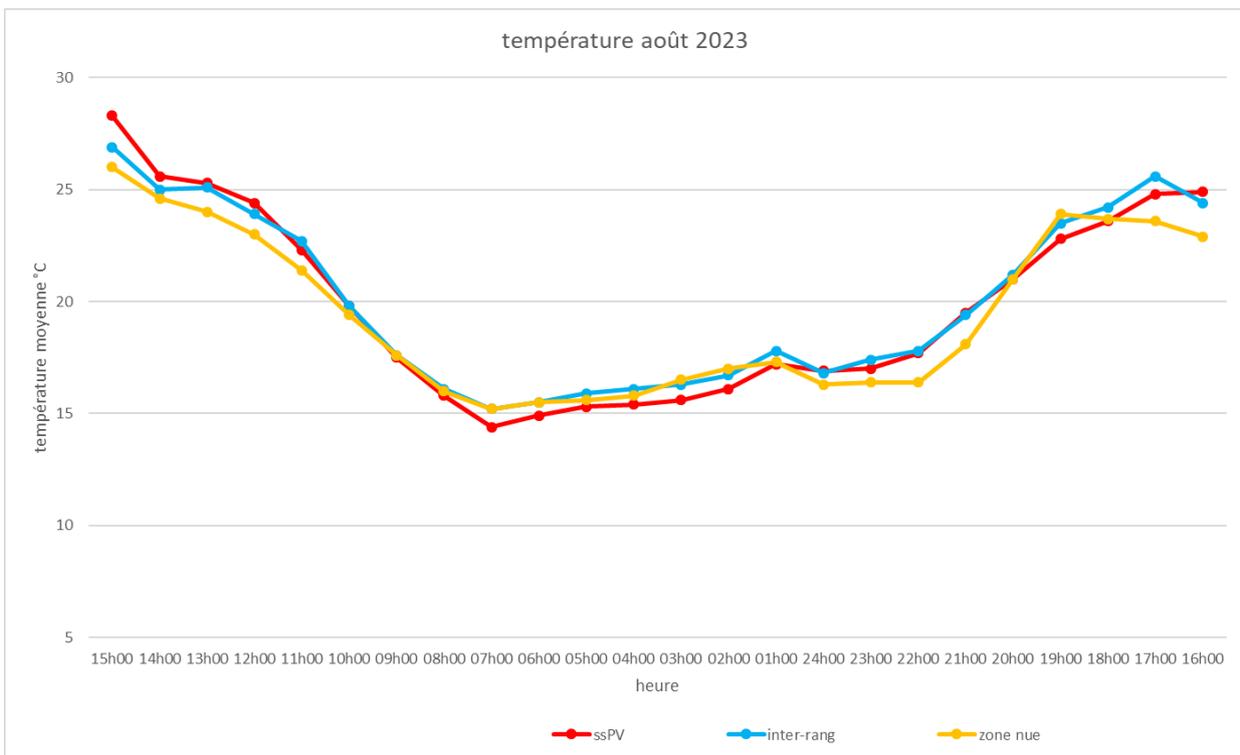
Les températures cumulées plus élevées au cours de la nuit sous les panneaux qu'en inter-rang peuvent expliquer l'absence de gelées sous les panneaux en fin d'hiver.

En mai 2022 les températures en inter-rang et en zone nue ne sont jamais significativement différentes. Au cours de la nuit, les températures sous les panneaux sont plus basses que celles en inter-rang et zone nue. Il y a une inversion entre 11h et 15h, période pendant laquelle les températures sous panneaux sont plus élevées qu'ailleurs dans la centrale.



Moyenne des températures horaires sur les 10<sup>ers</sup> jours du mois de mai 2022

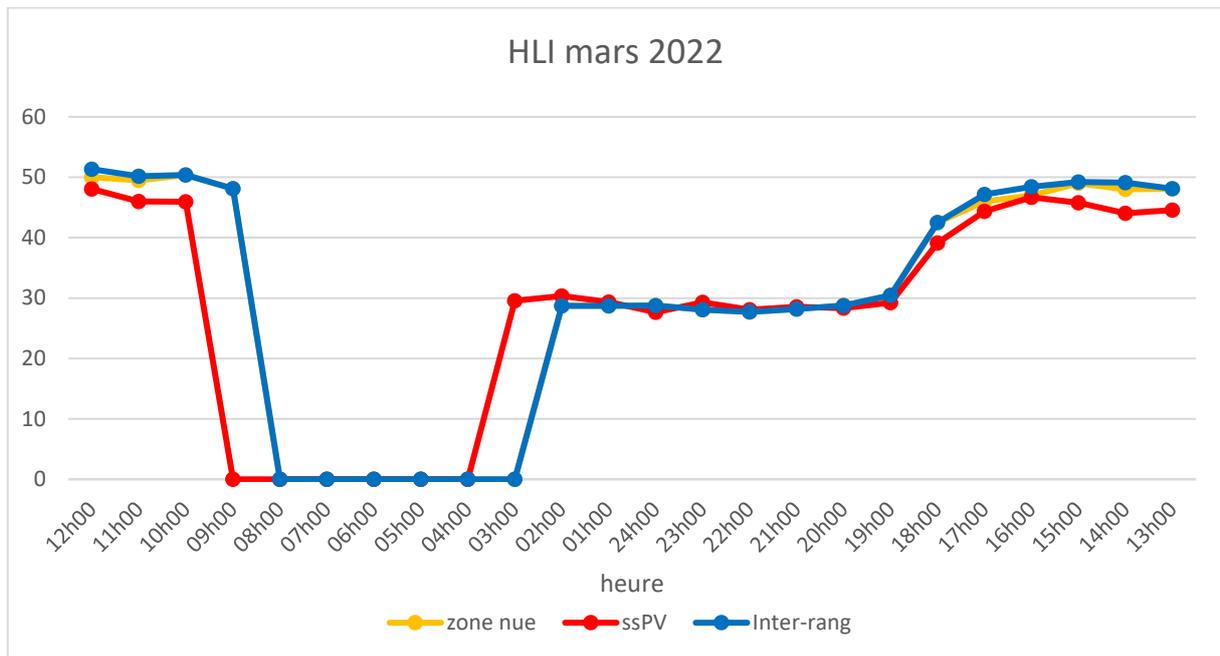
En août 2023, il n'y a pas de différence significative entre les températures sous panneaux et en inter-rang. Les températures en cumulé sont plus basses en zone nue de 11H et 23h que sous les panneaux et en inter-rang.



Moyenne des températures horaires sur les 10<sup>ers</sup> jours du mois d'août 2023

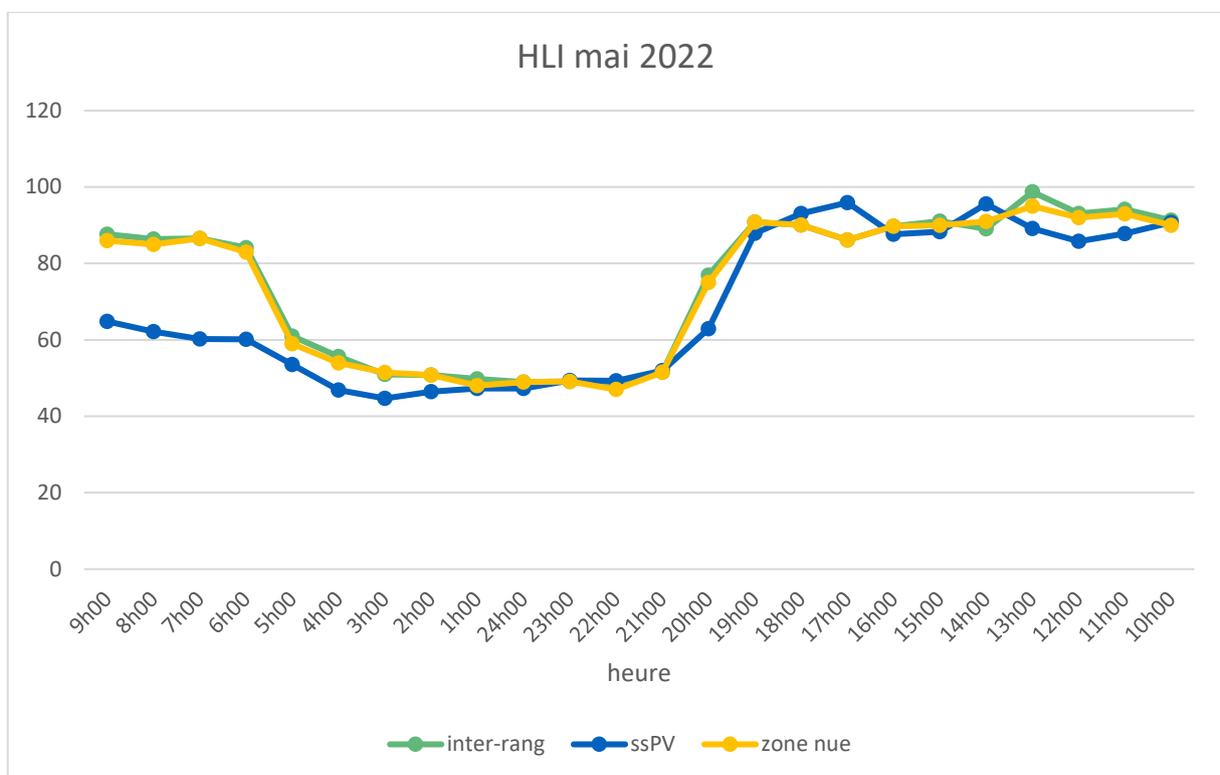
Les 3 graphiques suivants représentent le ressenti thermique perçu par les brebis (HLI). Bien que la température sous les panneaux ait été parfois plus élevée que dans les autres zones de la centrale, les HLI sous les panneaux sont eux toujours inférieurs. Les moindres niveaux de radiations solaires sous les panneaux expliquent ces plus faibles valeurs de HLI. En mai (17h), il a cependant été enregistré un HLI sous panneaux

supérieur à celui des autres zones de la centrale, ce résultat s'explique par une absence de vent sous les panneaux lors de ce point de mesure.



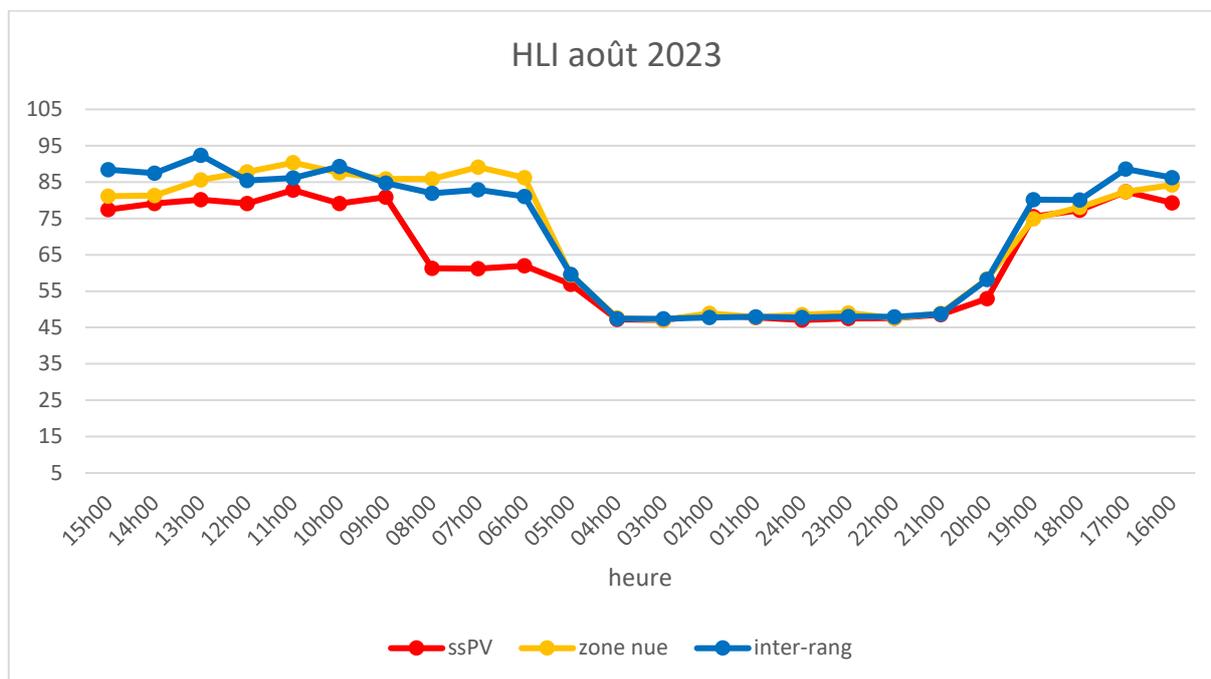
Moyenne des HLI horaires les 10<sup>ers</sup> jours du mois de mars (HLI=0 signifie que les températures étaient négatives)

En mai de 10h à 19h le HLI indique un stress marqué quel que soit le lieu de la centrale. De 6h à 9h le HLI indique une absence de stress thermique sous les panneaux alors que les autres lieux de la centrale induisent un stress modéré.



Moyenne des HLI horaires les 10<sup>ers</sup> jours du mois de mai

En août, de 10h à 17h le HLI indique un état de stress marqué en inter-rang ou en zone nue, alors que sous les panneaux le stade de stress modéré n'est jamais dépassé.



Moyenne des HLI horaires les 10<sup>ers</sup> jours du mois d'août

Lors de 4 journées chaudes (>30°C en zone nue), il a été évalué visuellement la fréquence respiratoire de 4 brebis sur un période de 2h. La moyenne était de 53 battements/minute, les brebis étaient toujours sous les panneaux. D'après les scores Awin (ci-dessous), les brebis étaient en stress thermique élevé, cependant dans une autre étude (projet Parasol, données personnelles), dans des conditions climatiques similaires les brebis en zone nue avaient des fréquences respiratoires de 70 battements/minutes. De même sur la centrale lorsque les brebis étaient dans l'abris après la pose des capteurs leurs battements étaient de 80/minutes (le stress de la contention a pu augmenter la fréquence respiratoire des brebis).



**Normal :** Les respirations se font à un rythme normal (environ 20 respirations par minute), la bouche étant fermée.



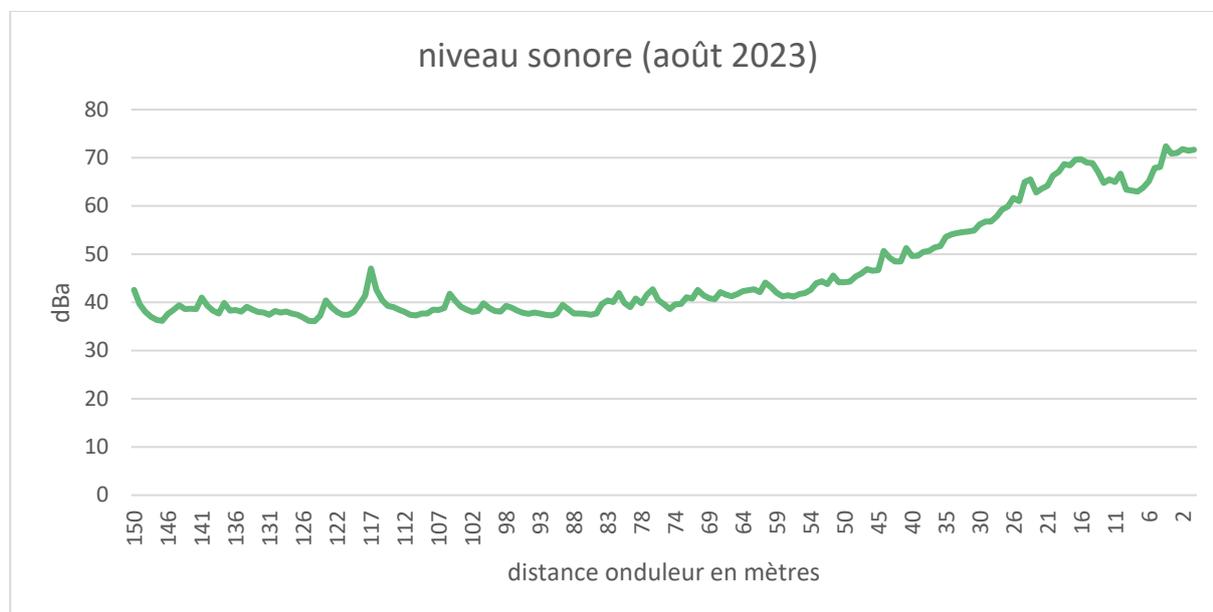
**Stress moyen :** La fréquence respiratoire est supérieure à 30 respirations par minute mais inférieure à 40 et la respiration se fait la bouche fermée.



**Halètement, stress élevé :** La fréquence respiratoire est supérieure à 40 respirations par minute et/ou se produit avec la bouche ouverte.

## 2.4. Environnement sonore

Le niveau sonore, lorsque les panneaux étaient en activité, augmentait graduellement en dBa entre la bordure de la centrale et les onduleurs situés en milieu de rang des panneaux.



Ambiance sonore enregistrée en inter-rang en août 2023 à 13h de la bordure de la centrale à l'onduleur

En juin 2023 à 13h le niveau sonore enregistré à 1 mètre de l'onduleur s'élevait à 71 dBa, en août, il était de 72,4 dBa et en octobre de 61,5 dBa.

Lors des observations comportementales, les brebis n'ont jamais été observées à proximité des onduleurs en pleine activité. Cependant les zones proches des onduleurs sont pâturées. Il est probable que ces zones soient fréquentées par les brebis pendant des périodes peu ensoleillées et de faible activité des panneaux et des onduleurs.

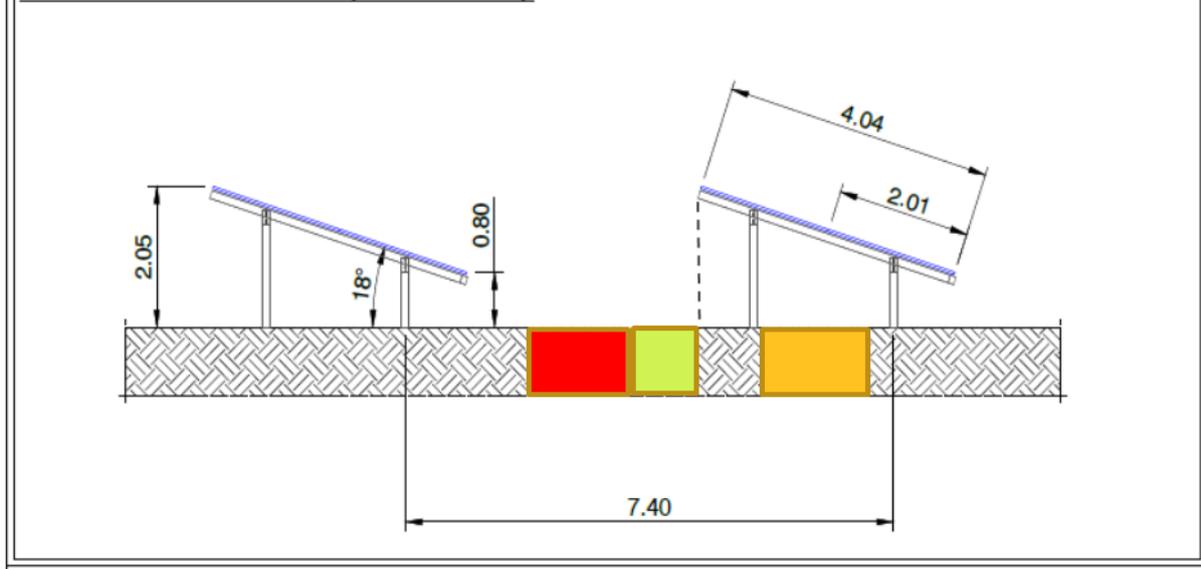
## 2.5. Quantité et qualité fourragère

Il y a une très grande variabilité dans la quantité d'herbe disponible entre le nord et le sud de la centrale. La partie nord étant moins propice à la pousse d'herbe que la partie sud, aussi bien en inter-rang que sous les panneaux. Des observations visuelles ponctuelles ont estimées dans cette zone nord des hauteurs d'herbe qui ne dépassaient pas les 5 cm de hauteur tout au long de la période de l'étude.

Les zones de défens ont été placées dans la partie sud de la centrale. La hauteur d'herbe sous panneaux est supérieure à celle en inter-rang. En mai 2022, la hauteur d'herbe moyenne dans les 2 zones de défens sous panneaux était de 12 cm contre 10 cm dans les 2 zones en inter-rang. En juillet 2022, la hauteur d'herbe moyenne dans les 2 zones de défens sous panneaux était de 6 cm contre 3 cm dans les 2 zones en inter-rang.

Les mesures de hauteur d'herbe effectuées en juin 2023 dans les zones pâturées montrent un gradient entre l'inter-rang et sous les panneaux (vois schéma ci-dessous). La moyenne des hauteurs en inter-rang était de 2cm (zone en rouge), de 3 cm sous les panneaux (zone en orange) et de 7cm à 1m de la partie haute des panneaux (zone en vert).

## Tables de modules (Ech 1:100)



(d'après schéma Statkraft-CVE)

Le tableau ci-dessous résume les données d'analyse fourragère réalisée sur des prélèvements en inter-rang et sous les panneaux. Les teneurs en matière sèche sont plus élevées en inter-rang que sous les panneaux. Cependant les valeurs de taux de cellulose, Adf et Ndf sont plus élevées dans les prélèvements en inter-rang ce qui indique un fourrage plus fibreux, moins consommé par les animaux lorsqu'ils ont le choix et avec une moins bonne digestibilité (Alimentation des ruminants INRA 2028). Les prélèvements sous panneaux sont plus riches en protéines et matière grasse azotée. Les dMO sont légèrement plus élevées dans les prélèvements effectués sous panneaux ce qui traduit une meilleure valeur alimentaire de ses fourrages.

	zone 1 interR	zone 5 interR	zone3 interR	zone2 sspanneaux	zone4 sspanneaux	zone6 sspanneaux	
Matière sèche g/KG MB	354	384	375	193	133	169	
protéines g/kg MS	108	97	86	197	173	175	
Mat grasse azotée g/kg MS	19	13	10	28	24	25	
cellulose g/kg MS	289	321	339	275	275	276	
Adf g/kg MS	319	342	373	335	335	314	
Ndf g/kg MS	600	670	695	587	600	620	moins bonne digestibilité pour valeur hte
dMO	69	65	61	67	66	70	meilleure valeur alimentaire si élevée

### 3. CONCLUSION

**Cette étude, dont l'originalité, par rapport à la bibliographie existante, est d'avoir été menée sur une période de 2 ans apporte des conclusions importantes de l'impact de la présence de panneaux photovoltaïques sur le comportement et le bien être des ovins pâturant dans une centrale photovoltaïque.**

Les données acquises par les podomètres posés sur les brebis et les observations comportementales montrent que **le pâturage sous-panneaux ne modifie pas le budget temps des brebis**, elles restent sur un temps de

partage d'activité du 3\*8 classique chez les ruminants. **Le pâturage dans cette centrale photovoltaïque ne modifie pas la synchronisation du troupeau**, les brebis sont regroupées, aucune brebis n'est isolée du troupeau et elles sont debout ou couchées aux mêmes périodes.

**La présence de panneaux, même si elle n'évite pas lors de périodes très chaudes un ressenti par les brebis d'un stress thermique, limite l'intensité ressentie de ce stress thermique.** L'indice de charge thermique (HLI) est inférieur sous les panneaux, comparé aux zones nues. Les panneaux sont des zones d'abri pour les brebis lors des périodes chaudes. Les données des luxmètres indiquent que les brebis s'abritent sous les panneaux lors de périodes chaudes et les observations comportementales montrent que sous les panneaux, les brebis ont des réactions de stress thermique (rythme respiratoire et halètement) atténuées comparées à des données obtenues en zones sans ombre.

**La santé des brebis dans cette étude concernant la présence de parasites, d'anémie ou de propreté n'est pas affectée par la présence des panneaux photovoltaïques. Un impact important de la présence des panneaux a été observé sur les blessures. Cet impact négatif peut cependant s'expliquer par une pratique en début d'étude inadaptée.** En effet en début d'étude, les brebis étaient regroupées pour effectuer des soins (parage, tonte ...) et la pose des capteurs en utilisant des chiens. Cette pratique a induit du stress chez les brebis, des comportements de fuite et occasionnée des blessures, parfois graves. A partir de fin 2022, la centrale a été divisée en plusieurs zones via du grillage et les brebis étaient regroupées en les attirant avec des compléments alimentaires, **pratique bien moins stressante pour les brebis et qui n'a induit aucune blessure.**

**L'utilisation de chien pour regrouper des brebis dans une centrale photovoltaïque n'est pas conseillée** d'après cette étude, cette pratique stresse les brebis et est un risque important de blessures sur les panneaux et de plus il semble que les chiens dans cet environnement comprenant de nombreuses structures-supports de panneaux ne sachent pas comment adapter leur comportement pour regrouper les brebis. **Il serait préférable dans les centrales de réduire le nombre de supports, de limiter les supports saillants et de prévoir une hauteur minimale de 80-90cm de haut ainsi que de diviser le parc en plusieurs zones et de prévoir une zone sans panneau en milieu de rangée.**

**Le fonctionnement des panneaux photovoltaïques induit au niveau des onduleurs des niveaux sonores (70dBa) qui pourraient induire du stress chez les brebis.** Des études bibliographiques montrent **que les ovins s'habituent à ces niveaux sonores** (Weeks 2008) mais ces études sont réalisées sur du court terme. **Dans la centrale étudiée de plus de 6 Ha, les brebis ont le choix d'éviter ces zones bruyantes** ce qui pourrait limiter le stress induit par cette ambiance sonore, cependant il pourrait être pertinent d'approfondir ces éventuels effets ou d'atténuer ce niveau sonore en isolant les onduleurs ou peut-être les placer en bout de rang.

**Cette étude montre que la quantité de fourrage disponible (hauteur d'herbe) est plus importante sous les panneaux**, et même plus importante au bord des panneaux par rapport à l'inter rang. Les taux de matières sèches sont moindres sous les panneaux. Cependant, la qualité du fourrage sous les panneaux est plus élevée qu'en inter-rang.

**La présence des panneaux semble aussi limiter l'impact des gelées tardives et donc éventuellement protéger le fourrage disponible dans ces périodes.** L'étude ici porte principalement sur l'impact de la présence de panneaux pour lutter contre le stress thermique en périodes chaudes, mais **la présence de panneaux pourrait aussi limiter le stress thermique en périodes froides, limiter les effets du vent au cours de ces périodes et ainsi allonger la durée de pâturage en améliorant le confort thermique des animaux et la disponibilité de fourrages.**

#### 4. REFERENCES

- Alyssa C. Andrew, et al. 2021. Pasture Production and Lamb Growth in Agrivoltaic System. AIP Conf. Proc. 2361, 060001.
- Awin, 2015, welfare assessment protocol for sheep
- Hahn et al. 2003. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management in Interaction between climate and animal production
- Maia et al., 2020. Photovoltaic panels as shading resources for livestock. Journal of Cleaner Production. Volume 258,
- Sharpe KT et al. 2020. Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. Journal of Dairy Science,
- Weeks 2008. A review of welfare in cattle, sheep and pig lairages, with emphasis on stocking rates, ventilation and noise. Animal welfare