

Projet solaire de Querrec

Autoconsommation collective locale



Une production d'énergie locale consommée localement.

Table des matières

Introduction	3
Fiche : Caractéristiques agrivoltaïque	3
Fiche : Exploitant	4
Fiche : Production agricole vaches allaitantes	5
Fiche : Vérification Biomasse & Taux de chargement	6
Fiche : Taux de couverture	7
Fiche : Revenu durable	8
Fiche : Analyse technico climatique	9
Fiche : Gestion et adaptation climatique	11
Fiche : Projection climatique jusqu'en 2050	15
Fiche : Recommandations de la DRAAF Bretagne (2025)	15
SOURCES OFFICIELLES	16
Fiche : Choix de la parcelle	17
Fiche : Modalité d'implantation	18
Fiche : intégration paysagère	19
Fiche : Gestion de la biodiversité	20
Fiche : Aménagement.....	21
Fichier équipement	24
Fiche : Champs électromagnétiques - HTA & onduleurs	29
Fiche : Temps de Retour Énergétique (TRE) et cycle de vie	29
Fiche : Réversibilité des structures photovoltaïques.....	30
Fiche : Exploitation et maintenance	31
Fiche : Défense incendie	32
Fiche : Phase de construction.....	33
Fiche : Signalisation et sécurité	35
Fiche : Sobriété énergétique	35

Introduction

Le lieudit Querrec est situé sur la commune de Plounévez Quintin en Haute-Cornouaille, à environ 40 kilomètres de Saint-Brieuc et de Guingamp. La commune est catégorisée bourg rural, selon la nouvelle grille communale de densité à 7, niveaux définis par l'Insee en 2022. Elle est située hors unité urbaine et hors attraction des villes. Elle fait partie de La Communauté de Communes du Kreiz Breizh (CCKB) actuellement composée de 23 communes. Avec 18563 habitants répartis sur près de 700 km², la CCKB compte moins de 27 habitants au km² ce qui la classe parmi les intercommunalités les moins denses peuplées de Bretagne.

Fiche : Caractéristiques agrivoltaïque

La parcelle de pâturage est localisée au lieu-dit Querrec à proximité de l'exploitation de Mr et Mme Burlot.

La parcelle YM 2, d'une surface de 68809 m² est divisée en deux zones distinctes.

- Zone 1 de 31.628 Ha réservée au pâturage accueillant aujourd'hui les bovins de l'exploitation.
- Zone 2 de 64 372Ha réservée à la culture
- Puissance installée : 997.92 kWc via 1386 modules solaires Trina Solar TSM-700-720-NEG21C.20 [bifacial]
- Onduleurs - 6 HUAWEI - SUN5000-150K-MG0
- Structure micro pieux mono pole
- Réduction du nombre de pieux = entretien facilité
- Plan de masse : Conçu avec selon les préconisations de l'IDEL et de l'éleveur
- 2PV en ligne mono axe mobile incliné à 30° Est/Ouest
- Hauteur minimale : 250 cm entre sol et bas du panneau incliné à 30°
- Inter-rangées de 15m de large
- Raccordement : lignes DC/AC enfouies
- Circulation libre des animaux sous et entre les tables de modules
- Allées techniques pour regroupement et observation du troupeau
- Adaptation des structures aux pratiques agricoles (hauteur, espacement, mobilité)
- Maintien de >90 % du rendement agricole sur la parcelle équipée
- Réversibilité des installations
- Site fermé par un portail de 4m à double battant et une clôture agricole
- Reserve incendie de 120m 3
- Piste et zone de retournement pour engins lourds du SDIS
- Production annuelle estimée : 1372KWh/KWc
- CO₂ évité : près de 597 tonnes par an
- Production distribuée en autoconsommation collective sur le territoire
- Mise en place d'investissement participatif et direct via notre partenaire

Zone témoin d'observation

Zone témoin attenante au sud de la parcelle : 800 m² (Non requise)

- **Indicateurs suivis** : biomasse fourragère, humidité, température, santé animale.
- **Durée d'observation** : 5 ans avec création d'une base de données régionale et comparative entre les projets similaires.

Cette zone témoin permettra une comparaison rigoureuse de l'évolution du pâturage ainsi que le comportement animal sous une zone avec panneaux solaires. L'impact global du projet et mesures proposées apparaissent cohérentes et proportionnées avec les sensibilités relevées pour un élevage de vaches allaitantes. Ces données seront partagées afin d'être analysées et contribueront à l'élaboration d'une base de données actuellement inexistante sur la Bretagne.

Fiche : Exploitant

Exploitant Propriétaire(s) et porteur de projet

Mr Mme Burlot sont agriculteurs et éleveurs de bovins à Querrec sur la commune de Plounevez Quintin dans les côtes d'Armor.

L'exploitation comporte deux entités économiques :

1. Une Sarl concernant les vaches laitières
 2. Une EI (exploitation individuelle) concerne les cultures et un poulailler.
- Dirigeants actuels : Éric et Isabelle Burlot
 - Statut : SARL
 - Siret : 792 339 269 00013 au greffe de SAINT-BRIEUC, le 19/04/2013
 - Numéro RCS : 792 339 269 R.C.S Saint Briec
 - Surface totale exploitée: 96 Ha
 - Surface pâturage : 31 Ha

Historique

- Exploitation en activité depuis le 19/04/2013
- Rotation culturale : Maïs, blé, betterave, pomme de terre ...
- Pâturage extensif sur les parcelles concernées dédiées à l'élevage de bovins.

L'alimentation du troupeau est effectuée de manière autonome. Cette dynamique est très cohérente avec les pratiques locales comme pour l'activité de vaches allaitantes.

L'exploitation de vaches laitières a été progressivement abandonnée en 2025 pour être remplacée en 2026 par des vaches allaitantes.

Cette nouvelle activité sera exploitée par Mr Pierre Burlot, fils de Mr et Mme Burlot. Ce dernier, reprendra l'exploitation de ses parents fin 2026 pour développer l'activité d'élevage de vache allaitante.

Cette adaptation de l'exploitation paraît pertinente face aux changements climatiques et incertitudes liées aux pressions sur les produits laitiers que traverse la filière.

À l'horizon 2050, la Bretagne fera face à un climat plus chaud, plus variable et marqué par des contrastes saisonniers plus forts. Les systèmes agricoles doivent s'adapter pour maintenir leur

productivité et leur résilience. L'agrivoltaïsme constitue l'un des leviers d'adaptation pertinents, en apportant ombrage, régulation microclimatique et sécurisation de la production fourragère.

Fiche : Production agricole vaches allaitantes

L'exploitation de vaches allaitantes repose sur un cycle saisonnier qui a pour vocation principale de produire des veaux destinés :

- À l'engraissement (broutards),
- A la reproduction (génisses),
- A la vente directe (viande bovine).
- Cycle vache mère : gestation → vêlage → allaitement → reproduction
- La vache allaitante allaite son veau jusqu'au sevrage, (6–9 mois) contrairement à la vache laitière.

Dans un élevage allaitant, le veau tète directement sa mère pendant plusieurs mois. Il vit donc en permanence avec elle, que ce soit :

- En prairie,
- En parcours extérieurs,
- En parcelles agrivoltaïques,
- En bâtiment l'hiver.

Une exploitation de vaches allaitantes repose sur :

- Un cycle de reproduction annuel,
- Une gestion fine des pâtures,
- Une autonomie fourragère maximale,
- Une adaptation et gestion climatique croissante,
- Une organisation du travail centrée sur les animaux.

Organisation du pâturage

L'éleveur prévoit de maintenir un pâturage tournant sous les panneaux photovoltaïques, complété par ses autres prairies pour la production de fourrage. Les vaches sont en pâturage extensif sur les parcelles concernées entre avril et mai et rentrent en bâtiment autour du mois de décembre. Cependant les bovins sont aussi rentrés pendant les fortes chaleurs de l'été et canicule de plus en plus fréquentes et intenses.

- Mise au pâturage : fin mars / début avril
- Retour au bâtiment : novembre / décembre
- La parcelle photovoltaïque permet un pâturage plus long, grâce à une pousse précoce dès février et un ombrage utile en été
- Ce système favorise la régénération de la prairie et limite le surpâturage, assurant un équilibre entre production fourragère et bien-être animal.
- Système de pâturage : Rotation – 6 jours toutes les 3 semaines par parcelle (Soit 28,57 %)

Le pâturage tournant est effectué dans le respect du bien-être animal dépendant à l'herbe naturelle. L'agrilvoltaïsme devient un levier stratégique pour sécuriser le pâturage et le bien-être animal dans un contexte où la Bretagne connaît déjà des évolutions climatiques mesurables. Les mesures et projections indiquent une intensification de ces tendances selon les scénarios climatiques utilisés par les institutions françaises (Météo-France, DRAAF, INRAE) fondés sur les travaux du GIEC.

Le cheptel 2026

Catégorie animale	Effectif	Coefficient UGB	Total UGB
Vaches allaitantes	30	0.85	25.5
Vaches laitières	0	1	0
Génisses 1-2 ans	15	0.6	9
Veaux 6- 12 mois	15	0.4	6
Veaux <6 mois	15	0.2	3
Total UGB			43.5

Surface extérieure accessible à l'élevage

Type de terrain	Surface en Ha	% Non accessible	Surface accessible
Prairie permanente	0	0%	100%
Prairie temporaire	30	0%	100%
Parcours extérieurs	0.5	0%	100%
Parcelle agrivoltaïque	1.1281	0%	100%
Total surface	31.628	0%	100%

Fiche : Vérification Biomasse & Taux de chargement

La présente note vise à démontrer la conformité du projet agrivoltaïque aux exigences du **R.314-108 du Code de l'Énergie**, en vérifiant la production de biomasse fourragère, le taux de chargement animal, et le maintien de ces indicateurs **à au moins 90 %** des valeurs de référence.

Ces éléments permettent d'attester que l'installation agrivoltaïque **ne porte pas atteinte au maintien de l'activité agricole** et contribue à la continuité de l'élevage sur la parcelle concernée.

Données agricoles de référence

Troupeau et taux de chargement

UGB présentes : **43.5 UGB**

Surface agricole utile : **31.628 ha**

Taux de chargement de référence = $43.5 / 31.628 = 1.37$ UGB/ha

Biomasse fourragère (sans agrivoltaïsme)

Surface utile de la parcelle : **1.1281 ha**

Rendement sans AV : **5.5 t MS/ha/an**

$5.5 \times 1.1281 = 6.20$ t MS/an

Biomasse fourragère avec agrivoltaïsme

Rendement avec AV : **6.0 t MS/ha/an**

$$6.0 \times 1.1281 = 6.76 \text{ t MS/an}$$

Seuils réglementaires (90 %)

Biomasse – seuil 90 %

$$6.20 \times 0.90 = 5.58 \text{ t MS/an}$$

Taux de chargement – seuil 90 %

$$1.37 \times 0.90 = 1.23 \text{ UGB/ha}$$

Vérification des valeurs “avec agrivoltaïsme”

Biomasse

Biomasse avec AV : **6.76 t MS/an**

Seuil 90 % : **5.58 t MS/an**

$6.76 \geq 5.58$ - **Biomasse - Conforme**

Taux de chargement

Aucune diminution du chargement n'est induite par le projet. Le taux de chargement reste donc :

$$\text{TCAV} = 1.37 \text{ UGB/ha}$$

Comparaison au seuil 90 %

$1.37 \geq 1.23$ **Taux de chargement – Conforme**

Tableau de synthèse et Conclusion réglementaire – R.314-108

Indicateur	Référence	Seuil 90 %	Avec AV	Conforme
Biomasse (t MS/an)	6.20	5.58	6.76	✓ Oui
Taux de chargement (UGB/ha)	1.37	1.23	1.37	✓ Oui

Les valeurs “avec agrivoltaïsme” dépassent les seuils réglementaires de 90 % pour la biomasse et le taux de chargement. La production fourragère augmente de +9 % ($6.20 \rightarrow 6.76 \text{ t MS/an}$). Le taux de chargement reste supérieur au seuil réglementaire.

Le projet agrivoltaïque maintient et améliore les conditions d'exercice de l'activité d'élevage. → Le projet est conforme aux exigences du R.314-108 du Code de l'Énergie.

Fiche : Taux de couverture

Surface PV projetée

Longueur moyenne des rangées = 229.35m

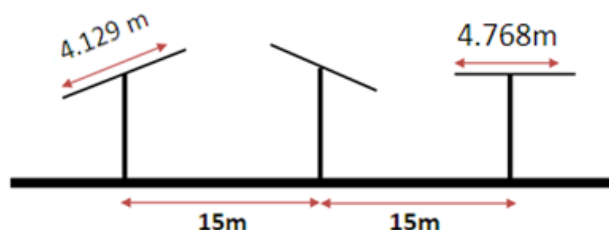
Nombre de rangées = 4

Distance entre les rangées = 15m

Inclinaison des PV = 30° E/O

Longueur des PV = $2.384 \times 2 = 4.768\text{m}$

Longueur des PV $4.768 \times \cos 30^\circ = 4.129 \text{ m}$



$$4.129 \times 229.35 \times 4 = 3791,6\text{m}^2 \text{ (Surface projeté au sol)}$$

$$= 0,336 \times 100 = \mathbf{33.6\% \text{ (taux de couverture)}}$$

$$4.129 \times 229.35 \times 4 + (15 - 4.129) \times (4-1) \times 229.35 = 11\,281.3$$

La parcelle agricole d'une surface de 1.128 Ha a été définis conformément au titre du R. 314-108 correspond à un périmètre présentant les mêmes caractéristiques agricoles, supportant le projet d'installation agrivoltaïque et déterminé par les limites physiques d'une implantation continue de panneaux photovoltaïques

Le taux de couverture est donc 33.6% de la zone photovoltaïque

Surface agricole non exploitable de la parcelle déterminée.

A noter : Les pistes, voies d'entretien et équipements nécessaires au raccordement du réseau électrique ne sont pas inclus au sein de la parcelle agricole à considérer au sens de l'article R. 314-108 du code de l'énergie.

Les 1386 modules solaires sont installés sur une structure monopole de 1 micro pieu tous les 770cm soit environ 7PV pour 1 micro pieux pour un total de 198 micro pieux pour le projet.

Les Micro pieux ont un diamètre inférieur 300mm ce qui représente 0,0707 m² par micro pieux soit 14m² pour la totalité de la structure sur la parcelle.

Shelter onduleurs = 14.884m²

Poste de livraison et transformateur = 9.6 m²

La surface totale au sol non exploitable = 14 + 14.884 + 9.6 = 38.48m²

Surface non exploitable = 38.48m² / 11281m² X 100 = 0.34%

Fiche : Revenu durable

Le projet agrivoltaïque proposé assure à l'exploitant un revenu agricole principal stabilisé, tout en introduisant des apports complémentaires issus de l'activité solaire. L'ensemble des revenus reste cohérent avec les exigences de Co-activité prévues par le décret n°2024-318 du 8 avril 2024 (Voir bilan économique en annexe).

Source de revenu	Montant annuel
Exploitation agricole (EBE au 31/03/2020)	55 442
Exploitation agricole (EBE au 31/03/2021)	110 483
Exploitation agricole (EBE au 31/03/2022)	105 468
Exploitation agricole (EBE au 31/03/2023)	170 262
Exploitation agricole (EBE au 31/03/2024)	118 649

Moyenne olympique initiale

$$(55\,442 + 110\,483 + 105\,468 + 170\,262 + 118\,649) - (170\,262 + 55\,442) / 3 = 111\,333$$

Revenu durable : 111 333 €

À noter : Le revenu durable concerne l'élevage laitier qui a été abandonné en 2025 pour être remplacé progressivement par un élevage de vache allaitante en 2026.

Le revenu agrivoltaïque, les prestations liées à l'entretien des installations, au suivi du pâturage, à la sécurisation des animaux, et à l'adaptation des pratiques ne sont pas incluses dans le revenu durable.

Fiche : Analyse technico climatique

- Les analyses climatiques utilisées dans cette étude sont fondées sur les travaux du GIEC et de l'INRAE, reconnus comme scientifiquement fiables, vérifiés et utilisés par les institutions françaises (Météo France, DRAAF, INRAE, Ministère de l'Agriculture, Chambre d'Agriculture de Bretagne, INRAE, Réseau Fourrages Bretagne)

). Leur intégration garantit la robustesse de l'analyse agrivoltaïque et la pertinence des estimations de production fourragère dans un contexte de changement climatique.

NOTE :, La Bretagne a fait face de 2015 à 2025 à un climat plus chaud, plus variable et marqué par des contrastes saisonniers plus forts.

À l'horizon 2050 les systèmes agricoles devront s'adapter pour maintenir leur productivité et leur résilience. L'agrivoltaïsme constitue l'un des leviers d'adaptation pertinents, en apportant ombrage, régulation microclimatique et sécurisation de la production fourragère.

Calcul du THI (Température Humidité Index)

Température en degrés Celsius (T) et l'humidité relative en pourcentage (HR) :

$$THI = (1,8 \times T + 32) - (0,55 - 0,0055 \times HR) \times (1,8 \times T - 26)$$

Cette formule est celle utilisée dans les calculateurs de stress thermique et de conseil élevage.

Tableau Températures Vs THI

Température (°C)	Humidité (%)	THI estimé	Alerte
20°C	80 %	~68	 Confort
22°C	85 %	~72	 Alerte faible
24°C	80 %	~74	 Stress modéré
26°C	75 %	~78	 Stress modéré
28°C	70 %	~80	 Stress sévère
30°C	65 %	~82	 Danger

Pics de chaleur- THI - 2015–2025 sur l'élevage de Plounévez Quintin

Année	T max observée (°C)	HR typique en pic (%)	THI max estimé	Niveau de stress – vaches allaitantes	Niveau de stress – veaux	Commentaire synthèse
2015	27	75–80	74–76	Stress modéré	Stress modéré à élevé	Stress modéré ponctuel
2016	26	75–80	72–74	Inconfort à stress léger	Stress léger à modéré	Stress léger
2017	27	75–85	75–77	Stress modéré	Stress modéré à élevé	Épisode chaud marqué
2018	28	70–80	76–78	Stress modéré à marqué	Stress élevé	Année chaude, stress régulier
2019	29	70–80	77–79	Stress modéré à marqué	Stress élevé	Multiplication des pics
2020	28	70–80	76–78	Stress modéré à marqué	Stress élevé	Été chaud, humidité élevée
2021	26–27	75–85	73–76	Stress modéré	Stress modéré à élevé	Moins chaud mais très humide
2022	29–30	65–75	77–80	Stress marqué	Stress élevé	Année caniculaire
2023	28	70–80	76–78	Stress modéré à marqué	Stress élevé	Été chaud mais moins extrême
2024*	27–28	70–80	75–77	Stress modéré	Stress modéré à élevé	Tendance à la hausse
2025*	27–29	70–80	75–79	Stress modéré à marqué	Stress élevé	Poursuite de la tendance

Analyse des pics de chaleur observés 2015–2025 à Plounévez-Quintin

Entre **2015 et 2025**, la Bretagne a connu environ **15 épisodes de canicule**. Les pics de température ont varié de **35 °C à 41 °C**, avec des indices THI (Température Humidité Index) allant de **72 à plus de 82**, seuils correspondant au stress thermique modéré à critique pour les animaux.

L'analyse des pics de chaleur observés sur la période 2015–2025 à Plounévez-Quintin met en évidence une élévation progressive du niveau de stress thermique ressenti par les bovins, en particulier les vaches allaitantes et leurs veaux.

Conséquences des pics de chaleur observés sur la période 2015–2025 pour l'élevage

- Production laitière : baisse de 10 à 20 % lors des épisodes sévères (2018, 2019, 2022, 2023).
- Fertilité : diminution du taux de conception en période de chaleur.
- Santé animale : halètement, déshydratation, risque de coup de chaleur en 2022.
- Alimentation : ingestion réduite, rations perturbées.
- Moins de fourrage disponible → recours accru aux concentrés,
- Hausse des coûts alimentaires.
- Baisse de productivité animale → croissance ralentie.
- Fertilité réduite, allongement des intervalles entre vêlages.
- Réduction de la fertilité et du gain moyen quotidien
- Augmentation des besoins en eau et baisse de l'ingestion alimentaire.
- Risques sanitaires accrus (hyperthermie, déshydratation
- Ralentissement du gain moyen quotidien (GMQ).

Conséquences sur les fourrages

- **Baisse des rendements** : les cultures fourragères (maïs, herbe, luzerne) produisent moins en conditions de sécheresse.
- **Qualité dégradée** : ensilages plus pauvres en énergie et protéines, ce qui affecte la ration.
- **Stock insuffisant** : multiplication des années où les réserves hivernales sont trop faibles.
- **Pression sur l'irrigation** : besoin accru d'eau pour maintenir les cultures
- **Fourrages** : déficit de biomasse en années chaudes (2018, 2019, 2022, 2023), excédent en 2024.
- **Dessèchement rapide** : les fortes températures et le manque d'eau brûlent les graminées, réduisant la biomasse disponible.
- **Perte de valeur nutritive** : les plantes stressées produisent moins de protéines et plus de fibres, ce qui diminue leur digestibilité.
- **Réduction du temps de pâturage** : les animaux cherchent l'ombre et réduisent leur ingestion en journée.
- **Risque de surpâturage** : les zones encore vertes sont sur utilisées, ce qui fragilise la régénération des prairies.
- **Cultures** : Stress hydrique plus fréquent, baisse des rendements céréaliers.

Une tendance de fréquence et intensité en hausse depuis 2018 qui s'accroît conformément aux prévisions du GIEC.

Fiche : Gestion et adaptation climatique

L'agrilvoltaïsme constitue une réponse adaptée confirmée par les recherches de nombreuses institutions telles que le DRAAF Bretagne, INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement ADEME (Agence de la transition écologique) et Chambres d'agriculture régionales (Bretagne).

THI impact sur Bovins allaitants (adultes + veaux)

Plounévez-Quintin, l'humidité élevée amplifie le THI dès 22–24°C. Les vaches allaitantes et leurs veaux entrent en stress thermique modéré à partir d'un THI de 72 et en stress sévère au-delà de 78. L'agrivoltaïsme réduit la température ressentie de 3 à 8°C, permettant de ramener un THI de 78 (stress modéré) vers une zone d'alerte faible, et d'un THI de 82 (danger) vers un stress sévère plus gérable. L'ombre photovoltaïque améliore nettement le confort des couples mères veau et sécurise la période estivale.

THI Impact sur les pâturages (INRAE)

Critère	Sans ombrières	Avec ombrières photovoltaïques	Sources
Température au sol	élevée	–3 à –6 °C	INRAE
Humidité	évaporation rapide	conservation	INRAE
Croissance	stressée	régulière	INRAE
Valeur nutritive	dégradée	préservée	INRAE
Bien-être animal	stress thermique	confort amélioré	INRAE

Biomasse (par ha utile) avec et sans ombrières

Indicateur	Sans agrivoltaïsme	Avec agrivoltaïsme	Lecture / Impact
Surface utile considérée	1,1281 ha	1,1281 ha	Comparaison équitable
Production fourragère (t MS/ha/an)	5,5 t MS	6,0 t MS	+0,5 t MS/ha/an, soit ≈ +9 %
Biomasse totale disponible	6,20 t MS	6,76 t MS	+0,56 t MS, soit ≈ +9 %
Régularité estivale	Forte baisse en sécheresse	Baisse limitée sous ombrage	AV = meilleure tenue de l'herbe en été
Qualité du couvert	Variable	Plus stable	Microclimat plus favorable sous les structures

Sur 1 ha utile à Plounévez-Quintin, l'agrivoltaïsme réduit le THI ressenti de 3 à 6 points, améliorant nettement le confort thermique des vaches allaitantes et de leurs veaux.

La production de biomasse est légèrement supérieure (5,5 t MS/ha contre 6 t MS/ha), grâce à un meilleur maintien de l'herbe en été. L'agrivoltaïsme apporte un gain significatif en bien-être animal et en résilience climatique. À taux de chargement identique (1.37 UGB/ha) l'agrivoltaïsme améliore nettement le confort thermique des couples mère veau et limite les effets du stress thermique

THI Impact des ombrières sur les pâturages

Ici, on raisonne **à surface réellement utilisée égale** : On compare deux situations techniques possibles sur la même surface pâturable.

Critère	Sans ombrières	Avec ombrières photovoltaïques
Température au sol	Forte chaleur directe, sol brûlé	Réduction de 3–6 °C sous les panneaux
Humidité du sol	Séchage rapide, déficit hydrique	Conservation de l'humidité, ralentit l'évaporation
Croissance de l'herbe	Stress, baisse de biomasse	Croissance plus régulière, meilleure régénération
Valeur nutritive	Plus de fibres, moins de protéines	Meilleure qualité fourragère, digestibilité préservée
Durée de pâturage	Réduite, animaux cherchent l'ombre ailleurs	Allongée, animaux restent actifs sous les zones ombrées
Stock de fourrage	Risque de déficit hivernal	Rendements plus stables, sécurisation des stocks
Bien-être animal	Stress thermique élevé, ingestion réduite	Confort amélioré, ingestion maintenue
Énergie produite	—	Production d'électricité renouvelable en plus

THI Impact – couples mère veau sur pâturage

THI extérieur	Situation SANS agrivoltaïsme	Situation AVEC agrivoltaïsme	Impact sur vaches	Impact sur veaux
68	Confort	Confort amélioré	Pâturage normal	Tétées normales
72	Alerte faible	Retour zone verte	Moins de halètement	Veaux plus actifs
75	Stress modéré	Alerte faible	Ingestion maintenue	Moins de fatigue
78	Stress modéré	Stress faible	Moins de regroupements	Risque déshydratation réduit
80	Stress sévère	Stress modéré	Halètement réduit	Sécurisation des veaux
82	Danger	Stress sévère	Risque collapsus limité	Risque hyperthermie réduit

Recommandations et bénéfices

Recommandations clés

- Installer des ombrières photovoltaïques
- Multiplier les points d'eau
- Adapter les horaires de pâturage
- Diversifier les espèces fourragères
- Former les éleveurs au suivi du THI

Bénéfices

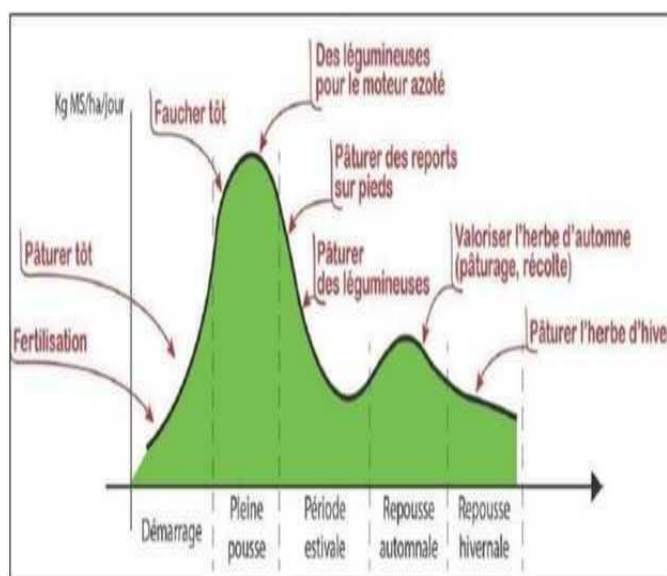
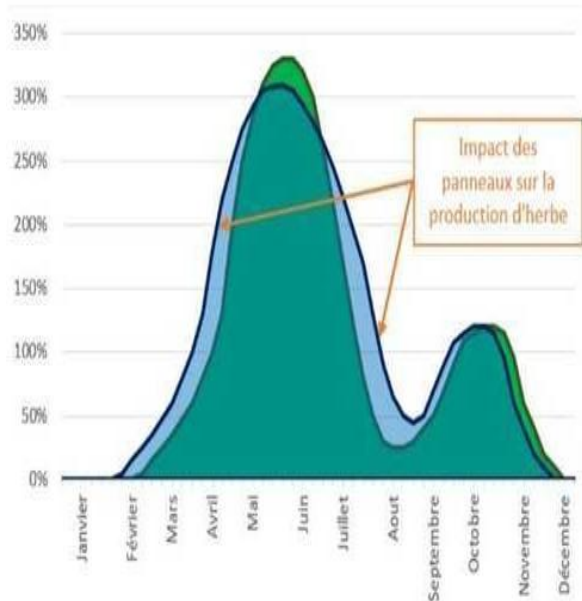
- Confort thermique amélioré
- Veaux plus actifs et moins de risques
- Biomasse plus stable
- Flexibilité de gestion
- Revenus complémentaires
- Modernisation de l'image de l'exploitation

Solutions pratiques d'adaptation climatique

- **Agrivoltaïsme** : panneaux solaires au-dessus des prairies → ombre + protection + énergie.
- **Espèces résistantes** : introduire des variétés tolérantes à la sécheresse (sorgho, fétuque, luzerne).
- **Rotation et repos** : alterner les pâtures pour éviter le surpâturage.

On observe notamment un début de la pousse de l'herbe plus tôt dans l'année, fin février début mars, grâce aux panneaux solaires qui vont garder un peu de chaleur. L'ombre générée va aussi être bénéfique en juillet/août lors des grosses chaleurs pour protéger l'herbe.

La Figure suivante rappelle les conseils à suivre pour une optimisation annuelle de l'efficacité du couple prairie agrivoltaïque/troupeau : Dans les phases où l'herbe est excédentaire (mois de mai et juin), l'herbe sera fauchée pour être récoltée, en enrubanné ou en foin, selon les conditions météo.



Fiche : Projection climatique jusqu'en 2050

- Les projections climatiques utilisées dans cette étude sont fondées sur les travaux du GIEC et de l'INRAE, reconnus comme scientifiquement fiables, vérifiés et utilisés par les institutions françaises (Météo-France, Ministère de l'Agriculture (Météo France, DRAAF, INRAE, Ministère de l'Agriculture, ADEM Chambre d'Agriculture de Bretagne, INRAE, Réseau Fourrages Bretagne)
- Leur intégration garantit la robustesse de l'analyse agrivoltaïque et la pertinence des estimations de production fourragère dans un contexte de changement climatique

Période	Nombre moyen de canicules/an	Pic probable	Sources
2026–2035 (+2 °C)	2–4	37–42 °C	GIEC, Météo-France
2036–2050 (+4 °C)	3–5	40–45 °C	GIEC, INRAE

Interprétation

- **Aujourd'hui (2015–2025)** : environ 12–15 épisodes en 10 ans, avec un record en 2022 (> 40 °C).
- **Scénario +2 °C** : la Bretagne connaîtrait **2 à 4 canicules par été**, avec des pics autour de 42 °C.
- **Scénario +4 °C** : les canicules deviendraient quasi systématiques chaque été, avec **3 à 5 épisodes** et des températures pouvant atteindre **45 °C**.
- **Conséquences** : hausse du stress thermique pour les populations et les animaux, baisse de la productivité agricole, risques sanitaires accrus.

Impact sur le Confort thermique, la biomasse et le taux de chargement

- **Avec ombrières** : double bénéfice → protection des pâturages et production d'énergie solaire.
- **Sans ombrières** : les prairies souffrent de sécheresse, les rendements baissent, les animaux réduisent leur ingestion.
-

Fiche : Recommandations de la DRAAF Bretagne (2025)

Adaptation aux canicules

- **Irrigation raisonnée** et récupération des eaux pluviales pour sécuriser les prairies.
- **Rotation des pâtures** pour éviter le surpâturage en période de stress hydrique.
- **Ombrières photovoltaïques** et haies pour limiter le stress thermique des bovins.

L'analyse du THI réalisée sur la période 2015–2025 met en évidence que les bovins présents sur la parcelle sont régulièrement exposés à des niveaux de stress thermique modéré à marqué, en raison de la combinaison de températures estivales comprises entre 26 et 29°C et d'une humidité relative élevée, caractéristique du climat de Plounévez-Quintin. Les projections climatiques permettent de s'adapter

Ces conditions climatiques dégradent le confort des vaches allaitantes et de leurs veaux, entraînant une diminution de l'ingestion, une altération du comportement alimentaire, une baisse de mobilité et une fragilisation des jeunes animaux.

L'installation agrivoltaïque projetée contribue directement à la réduction du THI ressenti, en abaissant la température sous ombrage de 3 à 6°C selon les situations, ce qui permet un retour fréquent en zone de confort ou d'alerte faible.

À ce titre, l'amélioration du confort animal apportée par l'agrivoltaïsme participe pleinement au maintien de l'activité agricole, au sens de l'article R. 314-108 du Code de l'Énergie, lequel impose que l'installation ne porte pas atteinte aux conditions d'exercice de l'élevage.

La réduction du stress thermique constitue ainsi un élément déterminant de la compatibilité du projet avec l'activité d'élevage, en cohérence avec les objectifs de maintien de la production agricole, de préservation du bien-être animal et d'adaptation aux conditions climatiques locales.

En conséquence, l'analyse du THI confirme que le projet agrivoltaïque satisfait aux exigences du R. 314-108 en matière de maintien des conditions d'élevage et de continuité de l'activité agricole.

Cette analyse met en lumière que les conditions climatiques locales exposent régulièrement les bovins à des niveaux de stress thermique non négligeables, justifiant pleinement l'intérêt d'un dispositif agrivoltaïque permettant de réduire la température ressentie et d'améliorer le confort animal, en particulier lors des épisodes chauds et humides caractéristiques du Centre Bretagne.

SOURCES OFFICIELLES

Stress thermique / THI

- Cerfrance Brocéliande
- Chambre d'Agriculture de Bretagne
- IDELE
- Agryco

Données climatiques

- Météo Bretagne
- Météo France

Biomasse / Fourrages

- Chambre d'Agriculture de Bretagne
- INRAE
- Réseau Fourrages Bretagne

Agrivoltaïsme

- INRAE
- ADEME
- Chambres d'Agriculture
- DRAAF Bretagne – Grandes cultures, fourrages, prairies
- Chambre d'agriculture Bretagne – Sécheresse : gérer au mieux la pénurie de fourrages
- Santé publique France : bulletins canicule Bretagne

- Météo-France : données climatiques et THI
- Bretagne Environnement : projections climatiques
- INRAE : recherches sur stress thermique animal
- France 3 Régions : actualités sur les vagues de chaleur

Fiche : Choix de la parcelle

L'implantation de la centrale agrivoltaïque repose sur une analyse rigoureuse de critères Techniques, environnementaux et réglementaires

La parcelle YM 2 présente :

- Un gisement solaire favorable (irradiation suffisante)
- Une topographie et une orientation dégagées sans masques (bois, relief)
- Une compatibilité réglementaire fonctionnelle avec l'accueil d'une centrale en ACC
- Un accès facilité dans une zone sans angle visuel de l'extérieur du site
- Un poste source à moins de 100m localisé sur la parcelle.

Ressource solaire

Le site présente un gisement solaire permettant une production estimée de 1 372kWh/MWc.

La zone d'étude (ZIP) est globalement dégagée de tout obstacle (relief, bois, bâti), garantissant un ensoleillement optimal.

Topographie et configuration

Un des paramètres fondamentaux est la topographie du terrain qui dispose de pentes modérées orientées Est/Ouest, propices à l'installation des structures photovoltaïques. Il ne comporte pas de fortes pentes et d'ombrages internes. D'une manière générale, il n'est pas accidenté pour permettre l'accès des engins et l'installation des tables PV. Enfin, il offre une superficie suffisamment importante pour accueillir un nombre de modules photovoltaïques permettant de réaliser des économies d'échelle.

La route communale qui longe la parcelle permet l'accès des engins agricole, de maintenance et des animaux. L'entrée du site situé en face du bâtiment d'élevage facilite l'accès des animaux et facilite le travail de l'exploitant.

Raccordement électrique

Le poste source HTA, situé sur la parcelle rend les conditions de raccordement particulièrement favorables.

Les câbles HT et BT seront enfouis.

Entretien et gestion naturelle

Prairie entretenue par pâturage, complétée par fauche selon les besoins
Aucun abattage d'arbres requis, uniquement un élagage ponctuel pour entretien

Accessibilité

L'accès est prévu via la route communale. Une porte double battant de 4 m en retrait de la voie permettra l'entrée des véhicules techniques et animaux. Une piste périphérique facilitera les interventions de sécurité, maintenance. Une clôture agricole autour du site facilitera la gestion du pâturage.

Compatibilité réglementaire

La parcelle est située hors de toute servitude d'utilité publique ou contrainte urbanistique particulière. Elle est classée comme zone agricole. Une ombrière agricole mobile à vocation de fournir de l'ombre et une protection contre les intempéries et aléas climatique afin de permettre un couplage avec les productions agricoles sous-jacentes et un accès libre aux animaux. En conséquence, une ombrière est autorisée au titre de l'article L. 111-27 si elle répond aux conditions des installations agrivoltaïques prévues par l'article L. 314-36 du code de l'énergie.

Densité d'habitat

La zone est rurale et faiblement peuplée. L'habitation voisine est la propriété de l'éleveur. Il n'y a pas d'habitation ayant une visibilité sur le site. L'angle visuel est obturé par la topographie du lieu. Ces éléments sont détaillés dans le volet spécifique du dossier.

Légitimité de l'usage

La parcelle est en prairie de pâturage propriété de l'exploitation de Mr Burlot. Le projet permet de conserver une fonction agricole active en améliorant le bien-être animal tout en répondant aux enjeux climatiques.

Territoriaux

- Promouvoir l'implication citoyenne par l'adhésion à l'autoconsommation collective Étendue.
- S'inscrire dans les dynamiques du PCAET et du CRTE
- Réduction de l'empreinte carbone
- Contribution à la transition énergétique.
- Réduction de l'empreinte carbone.
- Renforcer l'autonomie énergétique de la commune

Le projet de la centrale agri-photovoltaïque s'insère dans une démarche de développement durable et d'aménagement du territoire avec un impact positif sur l'économie de l'exploitation agricole.

Fiche : Modalité d'implantation

- Localisation : L'entrée en retrait de la route communale est fermée par une porte à double battant de 4m.
- Piste SDIS (4 m de large) concassé stabilisé, épaisseur 25–30 cm sur le pourtour du site.
- Zones techniques : stabilisées autour des shelters et du poste de livraison

- Entretien du terrain : débroussaillage, élagage léger sans abattage
- Prairie entretenue par les Bovins et fauche mécanique si nécessaire

Zone témoins

La zone témoin d'une surface d'environ 800 m² est localisée au sud de la parcelle à proximité des panneaux solaire. La zone témoin respecte le minima équivalent à 5% de la surface photovoltaïque installée. Bien qu'elle ne soit pas obligatoire sur ce projet, elle permettra de récolter et comparer les données entre les zones agrivoltaïques et non agrivoltaïques.

- Le suivi par les différents intervenants ainsi que les data recueillis sur cinq années d'observations par les capteurs de mesures et enregistreurs permettront de participer à la création d'une data base régionale sur les effets de la centrale agrivoltaïques sur les bovins et le pâturage.
- L'expérience de l'exploitant sur cette parcelle sera précieuse pour détecter au fil du temps si des changements sont observés sur le pâturage et les animaux.
- Le projet suit les recommandations de l'INRAE et du DRAAL qui ont confirmées la plus-value sur les fourrages et le bien-être animal apportée par les modules photovoltaïques.



Il n'y a pas de raisons objectives de penser à ce jour que la centrale agrivoltaïque pourrait engendrer une dégradation de cette parcelle. L'impact global du projet et mesures proposées apparaissent cohérentes et proportionnées avec les sensibilités relevées.

Fiche : intégration paysagère

La parcelle localisée en face de l'exploitation agricole est bordée d'arbres sur sa longueur le long de la route communale. Le portail sera installé en retrait de la route afin de faciliter les entrées des machines agricoles.

Le paysage local est un paysage d'habitation dispersée où l'empreinte de l'homme est peu visible. Les perceptions sont limitées par le relief et des éléments proches du paysage. Le site est sur un point bas avec un dénivelé d'environ 10 m à 400m de distance de la première maison. Les différentes rangées de haies d'arbres environnantes séparant les diverses parcelles ainsi que le relief obstruent la vue sur le site.

Aucun arbre ne sera arraché, seul un débroussaillage des talus et un élagage sera effectué conformément aux travaux d'intérêt général de prévention des risques d'incendie.

- Entretien environ deux fauchages annuels (hauteur ~15 cm)

- Maîtrise de la végétation par pâturage naturel

Entrée de la parcelle



Vue du sud



Vue du Nord



Fiche : Gestion de la biodiversité

- Pas d'éclairage nocturne, respect du rythme biologique
- Couloirs de circulation en périphérie (>5 m)
- Développement de la végétation sous panneaux via lumière diffuse
- Entretien adapté au passage des engins agricoles et troupeaux
- Aucun espace naturel protégé ou inventorié n'est concerné
- Absence d'espèces végétales protégées sur la parcelle ou son environnement
- Le projet crée un espace calme et structurant, favorable à la biodiversité locale
- Les milieux recouverts par les panneaux (prairie courante) sont communs et sans enjeux écologiques majeur

Impact des milieux naturels

La parcelle est localisée hors zone Natura 2000, hors Zone Naturelle d'Intérêt écologique, Faunistique et Floristique, hors des espaces naturels et du littoral et hors zone humide localisée sur le PLU. Aucun espace naturel protégé ou inventorié n'est impacté par le projet.

Aucune espèce végétale ou animale protégée n'est présente sur le site de faible intérêt écologique ou dans l'environnement proche de la centrale agrivoltaïque. Le projet conduira à transformer ce terrain en une zone aménagée et protégée relativement calme.

Concernant la faune locale, les impacts liés à la phase de chantier (bruits poussières, présence humaine, ...) impliqueront un déplacement temporaire des animaux durant cette période. Les populations pourront ensuite venir coloniser le site en fonction de leurs affinités avec les formations préservées (arbres, haies, graminées). Cependant, le contexte d'insertion du projet nécessite de prendre certaines précautions notamment durant la période la plus sensible pour les espèces, à savoir la période de reproduction des oiseaux et de l'ensemble de la faune terrestre en général. Les légères modifications induites par les travaux et l'emprise des installations, ne sont pas à même de perturber significativement les espèces qui fréquentent la zone habituée aux travaux et engins agricole. Les espaces de diversités sont conservés et les milieux qui seront « recouverts » par les panneaux photovoltaïques sont communs sur les parcelles voisines.

La hauteur des modules photovoltaïques limités permet de ne pas créer une zone D'effarouchement pour la faune et contribue à une intégration paysagère respectueuse qui ne sera pas éclairée la nuit. Ceci permettra de protéger les animaux d'un effet d'attraction par les sources lumineuses ou de gêne par la modification des conditions de luminosité du milieu.

Fiche : Aménagement

- Accès via route communale, portail en retrait
- Piste SDIS : gravier compacté 0/30 mm, épaisseur 25–30 cm
- Zones techniques (Shelter, PDL) stabilisées
- Enfouissement complet des câbles AC/DC
- Normes électriques respectées (NF C14-100, NF C15-100, UTE C15-712-1)
- Coupures d'urgence DC
- Cheminement périphérique de 5 m
- Coupure d'urgence DC automatique près des chaînes de modules photovoltaïque et PDL
- Positionnement des onduleurs à l'extérieur au plus près des modules.
- Moyens d'extinction pour les feux d'origine électriques

Adaptation agrivoltaïque

Dispositif	Objectif
Inter rangs 15m	Circulation des engins agricole
Hauteur minimal 2.5m	Passage libre des bovins
Enfouissement des câbles	Sécurité animal et passage engins agricole
Décentralisation des onduleurs	Réduction des nuances
Remise en état de la prairie	Maintien de la fertilité

Déroulement prévisionnel du chantier

Les travaux de cette mini centrale solaire agrivoltaïque sont prévus pour une période de trois mois hors aléas climatique. Aucune activité ne sera réalisée la nuit. Une communication et information a été établis avec les habitants à proximité du site. Un cahier de doléance à la mairie permet de maintenir un contact et de répondre aux éventuelles questions des habitants.

- Étude de sol
- Implantations par le géomètre,
- Aménagement de la piste d'intervention
- Travaux de sécurisation du site
- Installation de la clôture et portail
- Plantation paysagère
- Réalisation des ancrages,
- Creusement des tranchées,
- Pose des câbles HTA et des gaines enterrées, -
- Création des embases des postes électriques, -
- Montage des supports,
- Mise en place des modules photovoltaïques, -
- Câblage des modules, -
- Installation des postes préfabriqués, -
- Raccordement et mise en service.

Moyens mécaniques

Aménagement des plates-formes et pistes

Pelle mécanique,
niveleuse, Ancrages
Engin à chenille

Montage supports

Chariot de manutention

Déchargement et Installation poste de livraison



Implantation des micro-pieux.

Gestion des eaux pluviales

Pas de terrassement majeur, terrain en herbage conservé

Drainage naturel par pente légère

Pas de rejet en réseau, ni besoin en eau

L'enherbement, les interstices entre panneaux et la faible empreinte au sol (<0,1 %) limitent l'érosion

En cas de ravinement : ré-enherbement immédiat

L'inclinaison de 30° ainsi que l'écartement entre les PV permettent aux eaux de pluie de tomber sur l'ensemble du terrain et de ruisseler librement. Les caractéristiques du projet, essentiellement hors-sol, permettront le passage de la lumière et de l'eau qui offriront au sol des conditions environnementales proches de celles actuelles.

Au niveau des structures de panneaux, l'espace laissé en pourtour de chaque panneau et entre chaque table évite l'assèchement du sol.



Respect des flux écologiques

- Haies végétales conservées = maintien des corridors biologiques
- Gestion de la végétation mécanique et pastorale
- Zones de passage pour la faune locale

Aucun parking n'est envisagé. Le projet n'implique pas de besoin en eau, ni de rejet dans un réseau d'assainissement. L'épuration des eaux des sanitaires de chantier sera gérée de manière autonome. Durant la phase de fonctionnement aucune infrastructure ne nécessitera une alimentation en eau. Le réseau de collecte des eaux pluviales fonctionne selon les écoulements naturels et ne sera pas modifié.

La signalétique :

- Un plan schématique de l'installation est disponible à l'entrée.
- Panneaux didactiques d'information et interdiction du public
- Un marquage spécifique notifié sur les onduleurs ;
- Des signalétiques spécifiques aux organes de coupure de l'électricité sont visible à l'entrée principale
- Le poste de livraison et onduleurs sont signalés sur les plans
- Le pictogramme dédié au risque photovoltaïque est disposé de façon visible sur le poste de livraison et à l'entrée du site.
- L'accès au poste de livraison est accessible depuis la route.
- Les câbles DC sont enterrés avec un marquage visible.
- Les pictogrammes sont apposés au niveau des câbles, des coffrets, des onduleurs.
- Une coupure générale électrique unique pour l'ensemble du site visible et identifiée par la mention - coupure réseau- en lettre blanche sur fond rouge à l'entrée du site.

- Les informations et le téléphone du responsable à prévenir sera également apposées avec les éléments de sécurités réglementaires.
- Les consignes de sécurité, en lettres blanches sur fond rouge indiqueront les dangers de l'installation et le numéro de téléphone à composer en cas de danger ;
- Des extincteurs à CO2 et des extincteurs appropriés aux risques seront mis disposition sur l'ensemble du site.

Étude et ingénierie micros pieux

L'Étude de sol G2VP sera effectuée préalablement afin de confirmer le type du micro pieux utilisé pour le support des tables solaires. La fondation se doit donc d'être résistante à la pluie, aux tempêtes, au verglas, au gel et au dégel, de même qu'à la sécheresse. Les pieux vissés sont installés sous le niveau du gel et ne sont donc pas affectés par les mouvements du sol causés par ces changements climatiques. Ils assurent une stabilité inégalée pour ce type d'installation. Ces micros pieux permettent une installation simple, rapide et idéale pour l'ancrage des panneaux solaires.

En plus d'assurer la stabilité des panneaux solaires, les pieux vissés sont facilement et rapidement extractible, le tout sans causer de dommage au terrain. Un mini-tracteur est utilisé pour l'installation des pieux de manière efficace.

Des tests à l'arrachement seront effectués par une société agréée afin de certifier le bon ancrage de la structure. Une Étude Topographique pour le dimensionnement et calepinage (physique et électrique) sera conduite pour permettre une implantation conforme au dossier d'exécution. Les structure et Panneaux solaires seront ensuite installés à la main sans besoins de machine.

Fichier équipement

Portail double battant

Revêtement : Thermo laquage
vert Hauteur de porte 1.5m
Remplissage : Barreaux carrés de diamètre
25mm Espacement des barreaux : 110 mm
Largeur de passage : 3,96m Largeur hors tout
: 4,25m
Sens d'ouverture : Poussant Droit
Diamètre du cadre : 40mm



Tables photovoltaïques

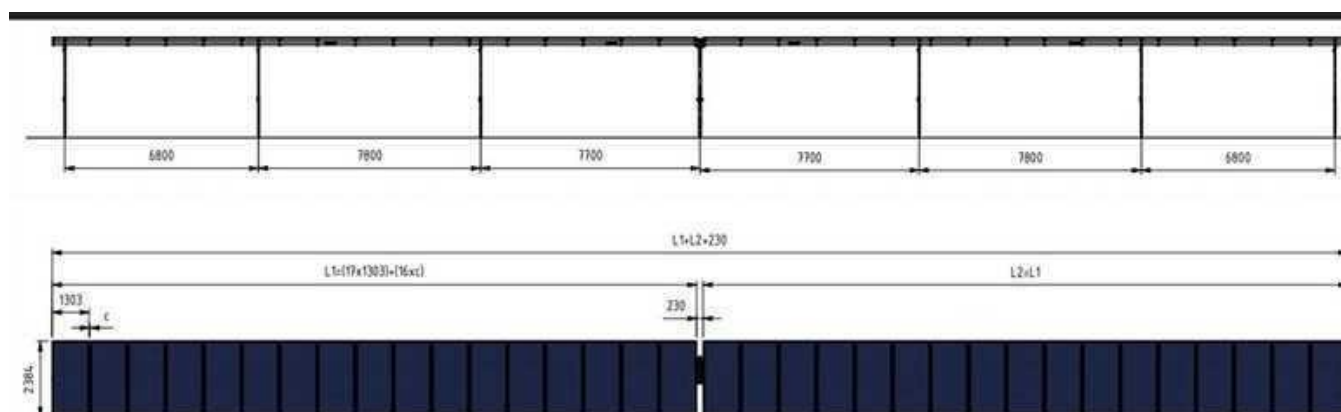
Les structures mobile porteuses des modules, aussi appelées trackers, sont composées d'un monopole en profilé acier ou aluminium avec



certificat anti-corrosion. Les tables mobiles permettent d'incliner les modules à $30^\circ (\pm 5^\circ)$ d'Est en Ouest. Dans la configuration d'étude choisie, chaque ligne de tables est composée d'un module assemblé au format portrait. Les structures sont supportées par des micro pieux de soutiens ancrés au sol. Le point bas des tables à 30° se situe à 250cm minimum du sol pour permettre le déplacement des animaux et d'assurer la présence de lumière diffuse.

La mobilité et inclinaison des PV assure une bonne circulation des eaux dans le cas de fortes pluies. Le détail des structures porteuses est illustré en plan de coupe.

Afin de réduire au minimum la projection d'ombre sur les modules par les rangées qui les précèdent, un espacement de 15 m sépare les inters rangs. Ce large espacement permet le passage de machine agricole et des bovins.



Panneaux photovoltaïques

Le module **Trina Solar Vertex N 700 Wc bifacial** (référence TSM-NEG21C.20) utilise la technologie **TOPCon N-type** et affiche une efficacité allant jusqu'à **22,5 %**. Concernant son **empreinte carbone**, Trina Solar a annoncé en novembre 2024 que **tous ses modules sont désormais certifiés à moins de 400 kg CO₂eq/kWc**, conformément aux exigences françaises les plus strictes.

Ce type de module est pressenti pour la mise en œuvre et correspond au module usuellement disponible chez la plupart des fabricants. Ces panneaux ont des dimensions de 238 (± 20) cm x 130 (± 20) cm pour 33 (± 5) mm d'épaisseur

Ainsi, 1386 panneaux photovoltaïques sont prévus pour obtenir une puissance de 998 KWc pour l'ensemble du parc photovoltaïque.

Toutefois, le choix définitif du module se fera ultérieurement et selon l'évolution du marché des fournisseurs de panneaux solaires. La puissance effective et les caractéristiques géométriques du parc photovoltaïque ne seront pas modifiées. Les modules choisis seront conformes aux normes NF EN 61215 et 61730 permettant de s'assurer de la bonne qualification de conception et d'homologation des composants.

Onduleurs

Une centrale photovoltaïque est une installation inerte, inodore, sans éclairage sans impact électromagnétique et dont les nuisances sonores sont du fait de leurs ingénieries et location inaudible. Issue de l'énergie solaire, l'électricité produite est sans danger pour l'homme.

L'installation est non soumise au régime des installations classées pour l'environnement (ICPE). Les onduleurs seront décentralisés à plus de 400m des premières habitations.

L'onduleur Huawei SUN5000-150 K-MGO 400V utilise un système de refroidissement par convection naturelle, ce qui le rend agréablement silencieux. Les onduleurs seront placés dans un Shelter.



Les onduleurs sont éloignés des habitations afin d'assurer qu'aucune nuisance soit perceptible par le voisinage. La nuit les onduleurs ne fonctionnent pas, il n'y aura donc aucune nuisance sonore la nuit comme de jour. Le niveau sonore du Huawei SUN5000 150 K-MGO est inférieur à 63 décibels (dB) ce qui le rend assez discret pour une utilisation dans des environnements résidentiels et commerciaux.

Nuisances sonores

Si nous supposons que la distance initiale est de 1 mètre (niveau sonore mesuré à 1 mètre de la source), et utilisons la formule de Zouboff pour estimer l'atténuation sonore à 200m de distance :

Elle s'écrit généralement ainsi :

- **L** : Niveau sonore à une distance donnée (en décibels, dB).
- **L_A** : Niveau sonore initial (en décibels, dB), ici **63 dB**.
- **dob** : Distance à laquelle on mesure le niveau sonore, ici **200 m**.
- **doa** : Distance de référence initiale (souvent 1 m).

Formule de Zouboff Pour une source ponctuelle, la formule est :

$$L_B = L_A - 23 \log_1 \left(\frac{D_{OB}}{D_{OA}} \right)$$

L_A : Niveau sonore à la distance de référence (en dB)

D_(OA) : Distance de référence (souvent 1 m)

D_(OB) : Distance à laquelle on veut estimer le niveau sonore

L_B : Niveau sonore estimé à la distance D_(OB)

Table niveau sonore

En général, le niveau sonore naturel en milieu rural ou en campagne est assez bas, souvent autour de 30 à 40 dB, ce qui est supérieur au niveau sonore de l'onduleur.

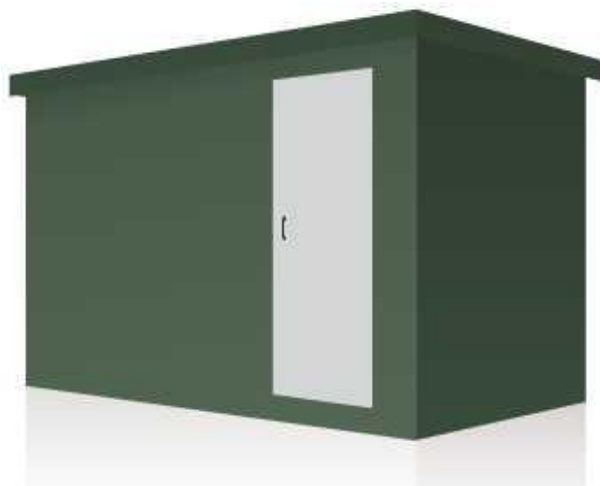
Ce niveau sonore conforme à l'article R. 1336-6, du code de la santé publique ne va pas engendrer de nuisance aux riverains du site. À noter que les onduleurs ne fonctionnent pas la nuit et donc n'émettent aucun son.

Distance (m)	Niveau sonore (dB)
1	63,0
50	40,0
100	36,6
150	34,3
200	32,6
250	31,2
300	30,0

Les onduleurs utilisés dans la centrale agrivoltaïque, notamment les onduleurs SUN5000- 150KTL-M0, sont conformes aux normes internationales de sécurité électromagnétique, et spécialement conçus pour limiter les interférences. Ils intègrent des technologies comme la puce MBUS, développée par Huawei, assurant une communication fluide et une excellente résistance aux perturbations électromagnétiques.

Poste de livraison

L'ensemble des cheminements de câbles seront réalisés en tranchées. Les câbles DC seront placés dans des fourreaux de diamètres adaptés. La mise en œuvre de sable et d'un grillage avertisseur avec un minimum de couverture de 50 cm au-dessus des réseaux sera prévue.



Le poste de livraison sera implanté en limite de propriété afin de conserver un accès permanent depuis la voie d'exploitation au gestionnaire de réseau, à la maintenance et l'entretien. Le poste de livraison est en retrait de 5 mètres par rapport à la bordure du chemin d'accès.

Le raccordement du projet au réseau public va s'effectuer sur le poste source HTA positionné à 100m de distance déterminée par la simulation ENEDIS. Les connexions des câbles du Poste HTA au PDL sera effectuée par ENEDIS. Le transformateur dans le poste de livraison permet d'élever la tension en sortie de centrale au niveau de celle du poste HTA.

Ce poste de livraison est composé d'un transformateur HTA-HTB, d'éléments de protections, de mesures, et d'une protection contrôle-commande. Par ailleurs, le poste de livraison constitue l'interface physique et « juridique » entre l'installation et le réseau public de distribution de l'électricité. Il n'émet aucune nuisance sonore.

C'est dans ce local que l'on trouve la protection de découplage permettant de séparer l'installation du réseau électrique public, ainsi que le comptage de la production de l'électricité. Il n'émet pas de substances nocives, ne nécessite pas d'alimentation en eau ou en hydrocarbures. Il ne produit pas de déchets et ne rejette pas d'eau.

Cet ouvrage fera l'objet d'une demande d'autorisation de raccordement selon la procédure définie par l'Article 50 du Décret n°75/781 du 14 août 1975. Cette autorisation sera demandée au Gestionnaire du Réseau de Distribution qui réalisera les travaux de raccordement du parc photovoltaïque. Le financement de ces travaux reste à la charge du maître d'ouvrage de la centrale solaire.

Protection électrique (inter-sectionneurs et disjoncteurs)

Une protection contre la foudre adaptée sera mise en œuvre. Des parafoudres et paratonnerres seront installés selon le guide UTE 15-443 et les normes NF-EN 61643-11 et NF C 17-100 et 17-102.

C'est au niveau de ce poste qu'est réalisé le comptage de la production d'électricité afin de répondre aux exigences en matière d'échange d'informations, de protection du réseau et de gestion des puissances actives et réactives. Un poste de livraison est entre autres équipé du matériel suivant :

- Cellules HTA (arrivée réseau, comptage, protection, transformateur) ;
 - Relais de protection (découplage, ampérométrie, watt métrique) ;
 - Transformateur élévateur immergé BT/HTA ;
 - Tableau général basse-tension (TGBT)
 - Compteur électrique pour suivre la production photovoltaïque ;
 - Dispositif d'Échange d'Informations d'Exploitation (DEIE) entre le système de conduite centralisé du RPD HTA et l'Installation de Production.
-
- Système de supervision type (SCADA)
 - Protection générale contre les surintensités et les courants de défaut à la terre conforme à la réglementation en vigueur (protection dite C13-100) ;
 - Équipements de sécurité obligatoire (tabouret isolant, perche, inter verrouillage, extincteurs...)
- Enfin, le poste de livraison est doté d'un dispositif de suivi et de contrôle. Ainsi, plusieurs paramètres électriques sont mesurés, ce qui permet des reports d'alarmes en cas de défaut de fonctionnement.

Ce local étant relié au réseau téléphonique et à internet permet d'envoyer les informations vers les services de maintenance. Une visite du bureau de contrôle (Consuel) avec mise en service et paramétrage sera effectuée.

Mesures de protection

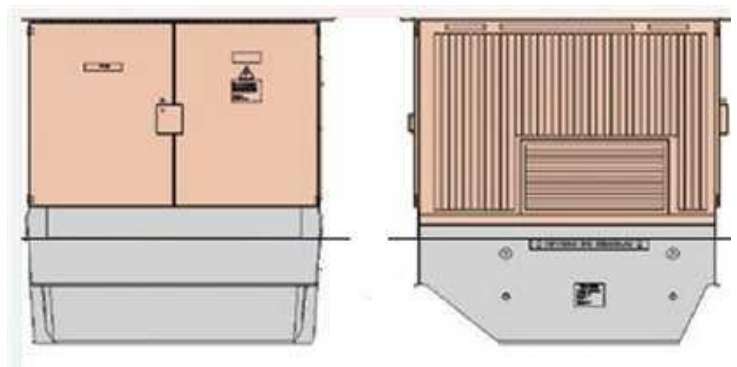
Le poste de livraison sera posé sur une couche de sable et empierré pour stabiliser le terrain. Après avoir réalisé la pénétration des câbles enterrés dans le poste de livraison par les réservations du vide technique, le pourtour du bâtiment sera remblayé avec des déblais sélectionnés provenant de la fouille. Afin d'empêcher toute pollution des sols par une fuite des transformateurs à huile, les postes de transformation sont munis de bacs de rétention. Les terrassements intègrent des mesures de protection des sols vis à vis de l'implantation des équipements techniques.

Emplacement du poste source

La simulation de raccordement ENEDIS situe le poste source à 100m du poste de livraison. Le tracé définitif du câble de raccordement ne sera connu qu'une fois l'étude ENEDIS sera réalisée. Ainsi, les résultats de cette étude définiront de manière précise la solution et les modalités de raccordement de la centrale.

ENEDIS est le maître d'œuvre des travaux à réaliser pour relier le PDL au poste source. Ci-dessous le chemin d'exploitation à partir du post HTA.

Le raccordement final est sous la responsabilité d'ENEDIS. La procédure en vigueur prévoit l'étude détaillée par le Gestionnaire du Réseau de Distribution du raccordement du parc



photovoltaïque uniquement après avoir obtenu la déclaration préalable de la DDTM

Enfin, le poste de livraison est doté d'un dispositif de suivi et de contrôle. Ainsi, plusieurs paramètres électriques sont mesurés, ce qui permet des reports d'alarmes en cas de défaut de fonctionnement.

Ce local étant relié au réseau téléphonique et à internet permet d'envoyer les informations vers les services de maintenance. Une visite du bureau de contrôle (Censuel) avec mise en service et paramétrage sera effectuée.

Fiche : Champs électromagnétiques - HTA & onduleurs

L'installation solaire prévoit des lignes de raccordement enterrées entre le poste de livraison (PDL) et le poste source HTA situé sur le site. Ces câbles enterrés sont identiques à ceux utilisés sur le réseau public haute tension et respectent la distance minimale d'approche (DMA) réglementaire de 60 cm.

Valeurs de référence

- Le champ magnétique est mesuré en micro-tesla (μT)
- Ligne HTA aérienne à 20 000 V : $\approx 6 \mu T$
- Seuil sanitaire recommandé par l'OMS : 100 μT

Les valeurs mesurées sur les lignes HTA enterrées sont nettement inférieures, car le sol agit comme un blindage naturel atténuant la propagation.

Consensus scientifique

- Selon le rapport OMS n°322 (juin 2007) et la réglementation française et européenne
- Aucun danger avéré pour la santé en-deçà des seuils
- Les champs générés par l'installation sont faibles, localisés et temporaires.
- Les onduleurs (L'onduleur Huawei SUN5000-150 K-MG0 respectent les normes CEI, NF et UTE en matière d'émission électromagnétique ;

En l'absence d'ensoleillement, l'installation ne génère aucune production électrique : seuls les équipements de veille restent alimentés à très faible intensité

Fiche : Temps de Retour Énergétique (TRE) et cycle de vie

L'installation agrivoltaïque repose sur la technologie photovoltaïque, une source d'énergie renouvelable, silencieuse et non polluante. Son temps de retour énergétique (TRE) – c'est-à-dire le temps nécessaire pour qu'un module produise autant d'énergie que celle utilisée lors de sa fabrication, son transport, son installation et son recyclage – est estimé entre 1 et 3 ans, selon l'ensoleillement et la technologie employée.

Performance environnementale du module utilisé

Le projet prévoit l'utilisation de modules bifaciaux Trina Solar Vertex N 700 Wc (réf. TSM-NEG21C.20) :

- Technologie : TOPCon N-type, efficacité jusqu'à 22,5 %
- Certifiés à <400 kg CO3eq/kWc, conforme aux exigences françaises
- Normes environnementales :
- ISO 14025 & EN 15804 (EPD)
- ISO 14067 / ISO 14064-3 (émissions de GES)
- Certifications : Certisolis, TÜV Rheinland, LCA pour la durabilité
- Conforme aux directives WEEE pour la recyclabilité

TRE et cycle de vie

- Durée de vie moyenne : 25 à 35 ans
- Production d'énergie sur le cycle de vie : 17 à 35 fois supérieure à l'énergie consommée pour fabriquer et installer le module
- À 30 ans, les modules garantissent 80 % de leur puissance initiale, sans obligation de démontage
- Fin de vie adaptable selon les besoins du producteur

Conclusion : Le projet présente un impact énergétique positif sur l'ensemble de son cycle de vie. Grâce à un TRE court, une recyclabilité élevée, et des certifications environnementales exigeantes, il participe activement à la transition énergétique durable du territoire et répond aux objectifs du Plan Climat et du PCAET.

L'ensemble des composants de la centrale photovoltaïque est démontable, interchangeable et recyclable, conformément aux normes et réglementations en vigueur sur la réversibilité des installations.

Fiche : Réversibilité des structures photovoltaïques

Conception sans impact irréversible

- Aucune structure permanente
- Structures métalliques fixées sur micros-pieux vissés, retirables sans endommager le sol
- Matériel modulaire installé par visserie : dévissable à l'identique

Équipements techniques

- Poste de livraison, onduleurs : containers préfabriqués posés au sol
- Câbles enterrés : retirables sans terrassement supplémentaire
- Tous les éléments techniques sont extractibles et recyclables

Démantèlement - Fin de vie de l'installation

En fin d'exploitation, l'intégralité du parc sera **démontée et évacuée**, avec réhabilitation du terrain.

Modalités de traitement

Composants	Filière de recyclage
Modules photovoltaïques	Collecte via SOREN , recyclage > 90 %
Onduleurs, transformateurs	Directive DEEE , recyclage par fabricant
Structures et câblage	Filières locales de métaux / plastiques
Équipements informatiques	Déchets électroniques (EEE)

Éco-organisme agréé

- SOREN (ex-PV Cycle France), éco-organisme agréé en France
- Agrément renouvelé jusqu'au 31 décembre 2027 (arrêté du 4 mars 2022)
- Acceptation toutes marques et technologies
- Opération sous le principe de responsabilité élargie des producteurs (REP)

Les modules pris en charge par First Solar, après collecte par SOREN, affichent un taux de recyclage de 90 %, avec valorisation dans de nouveaux équipements solaires.

Conclusion : La réversibilité du projet est intégrale et garantie, tant au niveau technique qu'environnemental. À l'issue de la période d'exploitation, le site pourra être entièrement restauré dans son état initial de prairie pastorale, sans impact sur le sol ni sur les ressources naturelles

Fiche : Exploitation et maintenance

L'exploitation de la centrale agrivoltaïque repose sur un modèle de gestion simple, efficace et environnementale responsable. Elle se distingue par une supervision continue, des opérations limitées sur site, et une maintenance rigoureusement encadrée.

Supervision et opérations courantes

- **Surveillance à distance en continu** via un système type SCADA
- Analyse des données de production et alertes automatiques
- **Maintenance préventive** planifiée (vérifications, nettoyages)
- **Maintenance corrective** rapide en cas d'anomalie technique

Nettoyage des panneaux solaire

Interdits : eau calcaire, eau de javel, haute pression (Kärcher), vapeur chaude

Préservation des ressources : aucun rejet dans les cours d'eau

Type d'entretien	Fréquence	Méthode recommandée
Superficiel (préventif)	1 à 2 fois/an	Eau osmosée, chiffon doux, brumisateur, carbonate de sodium
Ciblé (curatif)	Selon besoin	Nettoyage manuel sur taches / dépôts visibles

Fiche : Défense incendie

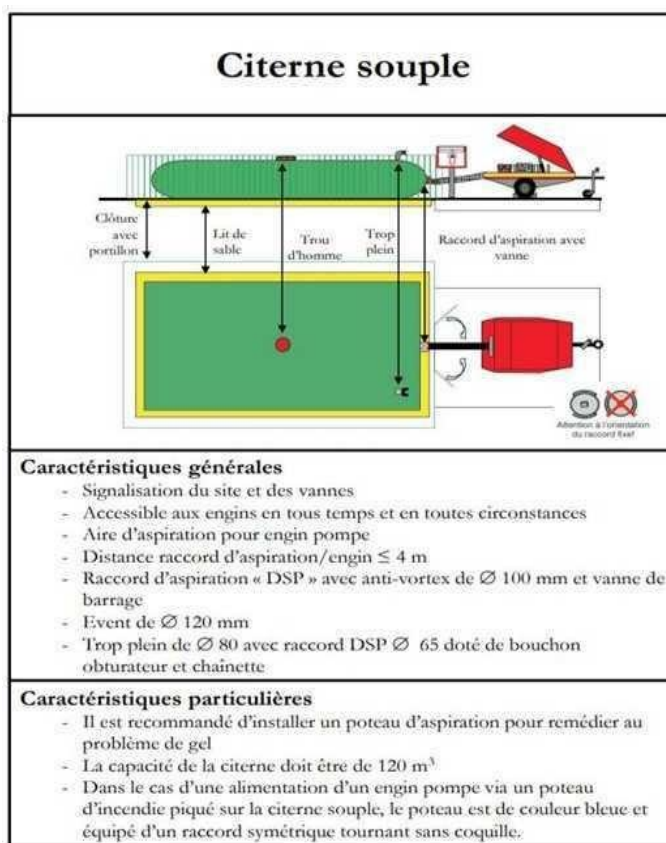
Un espace de retournement à l'entrée du site sera créé pour faciliter l'accès à la réserve d'eau et à la piste sur le pourtour de la zone photovoltaïque. Le revêtement granulat concassé stabilisé et compacté à base de gravier 0/30 mm avec une Épaisseur minimale de 25 à 30 cm de grave compactée en plusieurs couches pour supporter des véhicules lourds (jusqu'à 16 tonnes), conforme aux préconisations du SDIS. Le dénivelé de la parcelle permet un drainage naturel du système d'évacuation.

Réserve souple de 120m³

L'emploi d'une réserve souple de 120m³ (11.7 X 8.88 X 1.6m) installée sur le site a été décidé lors de rencontre sécuritaire du site. La localisation de cette réserve à l'entrée de la parcelle facilite l'accès aux services d'interventions. La Localisation de cette réserve permet une facilité d'intervention du SDIS que ce soit au Nord ou au Sud du site.

Une convention entre la commune et Pan Énergie sera également établis afin de mettre à disposition la DECI pour les besoins de la commune.

Cette réserve de 120 m³ permet d'obtenir un débit de 60 m³/h pendant 2 heures sous pression minimale de 1 bar. L'équipement respecte les caractéristiques techniques précisées dans le Règlement Départemental de Défense Extérieure Contre l'Incendie approuvé par arrêté préfectoral



Équipements techniques

- Modules solaires : aucun fluide ni produit polluant
- Seul le transformateur contient de l'huile, sous bac de rétention
- Engins limités et interventions avec véhicule léger

Mesures préventives

- Bac étanche mobile pour ravitaillement des engins
- **En cas de déversement :**
- Enlèvement immédiat des matériaux souillés
- Traitement par entreprise agréée
- Zones compactées remises en état et aérées

Aménagements techniques et accès SDIS

- Mise en œuvre **d'une piste d'intervention SDIS** de 4 mètres de large, en gravier 0/30 mm compacté sur 25 à 30 cm d'épaisseur
- Piste permettant une circulation complète autour du parc pour les services d'urgence
- Zones techniques (Shelter onduleur, poste de livraison) également empierrées pour stabiliser les containers
- Débroussaillage et élagage dans un rayon de 5 mètres autour des équipements pour garantir accessibilité et sécurité incendie. Respect de l'arrêté préfectoral du 26 septembre 2019 sur le débroussaillage préventif des forêts

Impact résiduel

- Zone d'accès empierrée pour circulation des engins lourds
- En dehors d'éventuels accidents maîtrisables, le chantier n'engendre aucun impact négatif durable sur les sols ni sur la qualité des eaux
- Pas de mesure compensatoire nécessaire, fonctionnement conforme aux bonnes pratiques environnementales

Consignes de sécurité et environnement chantier

La phase travaux du projet agrivoltaïque à Langoëlan respecte des consignes strictes visant à limiter les nuisances, protéger les milieux et garantir un chantier propre, conforme à la réglementation.

Organisation générale du chantier

- Machines limitées et polyvalentes : engins compacts interchangeables
- Cahier des charges "chantier propre" remis à chaque entreprise

- Schéma d'intervention en cas de pollution accidentelle (curage, absorbants, évacuation)
- Approvisionnement en eau potable : citerne, aucun forage réalisé
- Évacuation eaux sanitaires : WC chimiques, respect de la réglementation

Sécurité environnementale

- Surveillance météo active pour anticiper les pluies fortes
- Nettoyage régulier des zones de passage
- Zones de lavage limitées et encadrées

Risque identifié	Mesure préventive mise en œuvre
Pollution accidentelle	Kits absorbants, bac étanche, évacuation immédiate
Stockage de produits dangereux	Local sécurisé, bidons sur rétention
Maintenance utilisant des huiles	Interdite sur site
Approvisionnement en fluides	Préavis au maître d'œuvre, extincteurs & kits sur véhicules
Déversement ou rejet	Strictement interdit

Nuisances sonores et qualité de l'air

- Travaux réalisés uniquement en horaires diurnes
- Machines conformes aux normes acoustiques et soumises à entretien
- Sirènes, avertisseurs, haut-parleurs proscrits sauf cas d'urgence
- Interdiction de laisser les véhicules à l'arrêt moteur allumé
- Limitation des émissions : optimisation des flux logistiques
- En période sèche, arrosage préventif en cas d'envol de poussières

Gestion des déchets

Bennes adaptées installées dès le début du chantier, affichage clair pour le tri. L'entreprise doit fournir les documents suivants : BSD, registre déchets, agréments.

Type de déchet	Filière recommandée
Emballages plastiques	Valorisation énergétique ou matière
Huiles usagées	Valorisation obligatoire
Déchets verts	Valorisation énergétique ou matière
Déchets inertes	Recyclage local ou chez agriculteurs
Déchets dangereux	Valorisation privilégiée, autorisation requise pour élimination

Fiche : Signalisation et sécurité

- Panneautage chantier en amont, accès contrôlé
- Panneaux “chantier interdit au public” posés à l’entrée
- État des lieux des routes effectué avant les travaux
- Nettoyage des voiries en cas de salissures
- Remise en état des voiries à l’issue du chantier si nécessaire

Sécurité, signalisation et information des riverains

- Signalétique définie en concertation avec la mairie pour sécuriser les abords du chantier
- Panneaux “chantier interdit au public”, balisage de l’emprise dès le début des travaux
- Clôture périphérique installée dès les premiers jours pour limiter les accès
- État des lieux des routes avant chantier ; nettoyage et réfection si nécessaire
- Itinéraires de desserte conçus pour éviter les traversées de bourgs
- Signalisation temporaire en amont pour avertir des sorties de camions
- Plan schématique Pictogrammes visibles sur les coffrets, câbles, onduleurs
- Mention “Coupure Réseau ” en blanc sur fond rouge
- Marquage clair et détectable des câbles enterrés
- Coupure générale
- Extincteurs CO2 et eau, répartis sur l’ensemble du site
- Contact sécurité

Fiche : Sobriété énergétique

L’installation agrivoltaïque en autoconsommation collective étendue (ACC) contribue directement aux objectifs climatiques nationaux et internationaux, notamment :

- PCAET et Plan Climat
- Neutralité carbone 2050
- Aucun rejet de CO₂ ou gaz à effet de serre lors de l’utilisation
- Moins de pertes énergétiques grâce à la proximité de production
- Réduction de la dépendance aux énergies fossiles
- Optimisation de la consommation sur le réseau
- Atouts sociaux et économiques

Objectif

Protection climatique
Maîtrise des factures
Cohésion locale
Sécurité énergétique
Création d’emplois
Éducation énergétique

Impact attendu

Énergie renouvelable locale
Tarifs plus stables, pouvoir d’achat renforcé
Project collectif fédérateur
Protection contre les hausses tarifaires
Maintenance, suivi, sous-traitance locale
Compréhension des consommations, sobriété collective

Quels bénéfices ?

- Démarche de transition énergétique ✓
- Réduction de la facture énergétique ✓
- Lutte contre la précarité énergétique ✓
- Création de nouveaux liens sociaux ✓
- Démarche fondamentalement inclusive ✓



Cette section démontre que le projet ne se limite pas à la production d'énergie : il renforce les dispositifs de sécurité, protège l'environnement, et crée un modèle participatif durable.

Par les caractéristiques techniques d'un parc solaire (fonctionnement naturel sous la seule action du rayonnement lumineux), est générateur d'emploi directement lié à celui-ci.

De fait, par la construction d'unités de production décentralisées de faible puissance, le développement de construction et d'exploitation des énergies renouvelables photovoltaïques sont les filières énergétiques les plus créatrices d'emplois par unité de production électrique. Ce parc solaire permettra de maintenir des emplois notamment en phase de maintenance pendant toute sa durée de vie.

Plus ponctuellement, la construction du parc solaire s'étalera sur une durée de 3 mois et mobilisera sur site une dizaine de personnes pour l'installation des équipements. Un chantier de cette ampleur permet d'avoir une incidence positive sur le bassin économique local : emplois directs, sous-traitant local (génie civil, génie électrique), hébergement et restauration.

Réduction des coûts énergétiques

- Les participants à l'ACC bénéficient d'une électricité moins chère que celle du réseau classique
- Moins de dépendance aux fluctuations des prix de l'énergie.

Valorisation des énergies renouvelables

- Favorise l'utilisation de sources locales et renouvelables.
- Contribue à la transition énergétique et à la réduction des émissions de CO₂.
- Sécurisation de l'approvisionnement
- Moins de risques liés aux coupures de réseau.
- Une meilleure résilience énergétique pour les collectivités et entreprises.
-

Dynamisation des territoires

- Encourage les projets locaux et la coopération entre habitants, entreprises et collectivités.
- Peut être intégré dans des éco quartiers ou des zones rurales pour une autonomie énergétique accrue.

Flexibilité et optimisation de la consommation

Permet une meilleure gestion de l'énergie en fonction des besoins réels. Un logiciel en ligne mesure les consommations électriques de chaque adhérent à l'autoconsommation collective pour un suivi des consommations personnalisés et ainsi contribuer à lutter contre le changement climatique en réduisant les GES.

Revenus pour les collectivités locales

L'accueil d'une installation de production d'électricité photovoltaïque sur la commune permettra l'implantation sur le territoire d'une activité industrielle propre et non polluante.

Cette installation s'accompagnera de retombées financières directes et indirectes pour la collectivité, sa population, et les riverains du site. Le développement du projet donnera lieu au versement de la Contribution Économique Territoriale, taxe d'aménagement à la construction et de l'IFER (l'imposition forfaitaire des entreprises de réseau) sur toute la durée de vie de l'installation.

La commune contribuant avec ce projet, à l'atteinte des objectifs nationaux, régionaux et locaux en termes de production d'énergies renouvelables et de la réduction de l'empreinte carbone sur le territoire.

Dans cet objectif, l'aménagement définitif du parc solaire par l'obtention d'une autorisation s'établira dans le respect de la réglementation en vigueur, et par une intégration environnementale adaptée aux enjeux spécifiques de l'aire d'étude.

Suivi et gestion d'exploitation



Fonctionnalités avancées

- Autoconsommation individuelle
- Visualisation à J+2
- API
- PMO Déléguée

La Plateforme

Pour la PMO

- Suivi de l'opération
- Gestion du périmètre
- Facturation des participants et du surplus
- Répartition personnalisée
- Gestion des documents de l'opération
- Suivi financier

Pour les Participants

- Accès individuels web et mobile
- Conseils en maîtrise de l'énergie
- Contrôle de sa facture fournisseur
- Communication
- Accès aux documents partagés