

DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE

Projet :

Parc agrivoltaïque de Goussancourt (02)

Maître d'Ouvrage :

EE AGRISOLAIRE 07
70 avenue de Clichy
75017 PARIS

PIÈCE PC n°4

date de création : 24 octobre 2023
modification n°1 :
modification n°2 :
modification n°3 :
modification n°4 :
modification n°5 :



SARL ATELIER R2
24, rue de Poitiers
86130 JAUNAY-MARIGNY
Tél : 06 88 60 66 28
Mail : jrocher1@hotmail.fr

SARL au capital de 10000€ - SIREN 539 733 774 - RCS POITIERS
n° ordre régional POI S01202

A-r2

SARL ATELIER r2
ATELIER D'ARCHITECTURE
24 Rue de Poitiers - 86130 Jaunay-Marigny
jrocher1@hotmail.fr - 09 83 23 19 05 - 06 88 60 66 28
RCS Poitiers 539 733 774
Numéro d'inscription à l'ordre régional POI S01202

Maître d'Ouvrage

EE AGRISOLAIRE 07

70 avenue de Clichy

75017 PARIS

Une filiale de :



Assistance à maîtrise d'ouvrage

Actif Solaire

3, rue des Coulots 21110 BRETENIERES



ACTIF SOLAIRE

L'EXPERTISE AGRI-VOLTAÏQUE

Sommaire

A. Introduction	3
B. Compatibilité du projet avec l'Article L 314-36 du code de l'Energie	4
B.1 Critères énoncés à l'article L 314-36 du code de l'énergie	5
B.2 Services	8
C. Présentation et composition d'un parc agrivoltaïque	11
D. Examen des contraintes d'implantation	12
D.1 Urbanisme	12
D.2 Raccordement au réseau	12
E. Description du projet	13
E.1 Principe d'aménagement	13
E.2 Les panneaux photovoltaïques	14
E.3 Les structures porteuses	14
E.4 Les ancrages	16
E.5 Les locaux techniques	16
E.6 Les pistes et chemin d'accès	18
E.7 Les clôtures, accès et dispositifs de surveillance	18
E.8 Autres aménagements	20
E.9 La gestion des eaux pluviales	21
E.10 Le devenir des aménagements en fin d'exploitation	22

A. Introduction

Le projet de parc agrivoltaïque se trouve localisé sur la commune de Goussancourt, dans le département de l’Aisne (02), au sein de la région Haut-de-France.

La zone d’implantation potentielle se situe dans la commune de Goussancourt, à 1,3 kilomètres au Nord-Est du bourg de Nesles et à 2,6 kilomètres à l’Est du bourg de Coulonges-Cohan.

La zone d’implantation du parc prend place dans un contexte agricole et boisé. Elle n’est globalement pas visible depuis les bourgs (et plus particulièrement depuis Goussancourt) et les axes de communication, mais reste perceptible depuis la D2 et la Ferme de Morfontaine.

Le projet de Goussancourt génère ainsi une sensibilité globalement nulle à l’échelle des aires d’étude. Les enjeux liés à son implantation sont ainsi limités.

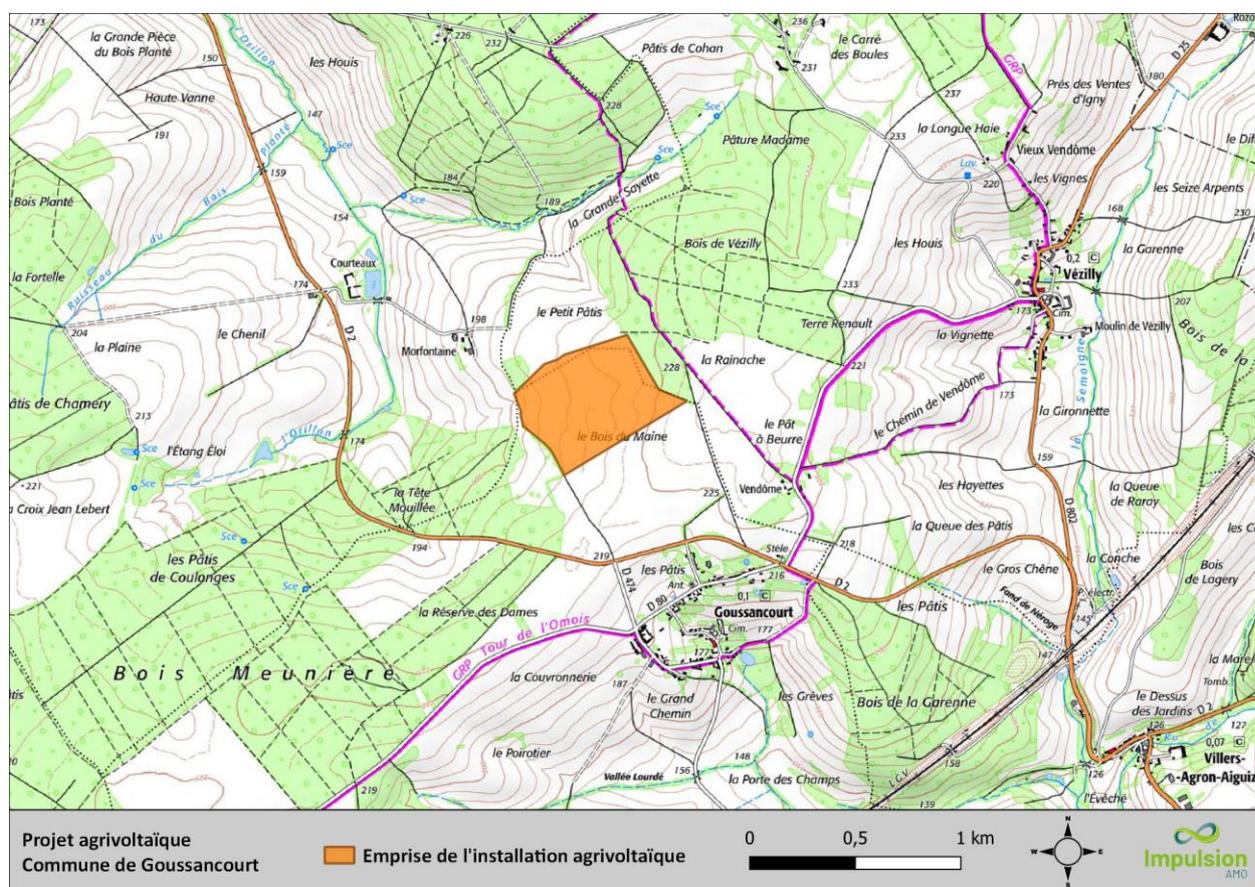


Figure 1 - situation du projet

B. Compatibilité du projet avec l'Article L 314-36 du code de l'Énergie

Le caractère agrivoltaïque du projet de Goussancourt est construit sur la base des critères du label AFNOR « Projet agrivoltaïque classe A ». Le Maître d'Ouvrage a pris le parti de se conformer à ce label car **il permet de disposer de l'expertise d'un tiers de confiance reconnu** sur le caractère agrivoltaïque de ses projets.

EE Agrisolaire 05 (filiale de European Energy)² a déjà obtenu le label AFNOR « Projet Agrivoltaïque – classe A » pour un projet dans l'Aisne (parc agrivoltaïque sur la commune de Coulonges-Cohan). **Le projet de Goussancourt a été construit en concertation avec l'exploitant agricole dans la même démarche.**

Le label AFNOR « Projet Agrivoltaïque – classe A » permet de certifier qu'un projet agrivoltaïque favorise la production agricole et améliore durablement la performance des parcelles et de l'exploitation. Le label mesure la priorité et la qualité agricole du projet et valide les leviers et les moyens nécessaires dès la phase de développement.

Le référentiel AFNOR agrivoltaïque « production végétale » établit un nombre important d'exigences permettant de garantir et de pérenniser la synergie de l'activité agricole et photovoltaïque. Le projet est analysé dans sa globalité par l'application de plus d'une quarantaine de critères portant notamment sur :

- l'implication équilibrée des porteurs du projet ;
- la priorité de la production agricole ;
- la justification d'un équilibre entre les deux productions ;
- l'intérêt agronomique du projet ;
- l'accompagnement et la formation de l'exploitant ;
- les engagements d'exploiter et d'entretenir la parcelle ;
- le service rendu par l'activité photovoltaïque à l'agriculture ;
- la limitation des impacts sur le sol ;
- l'intégration des mesures de biodiversité et d'intégration paysagère ;
- la mise en place d'une zone témoin ;
- les engagements contractuels réciproques ;
- la mise en place d'une comitologie de projet ;
- la réversibilité de l'installation agrivoltaïque ;
- l'identification des risques (dont la transmission de l'outil agricole) et leur prise en compte.

Le label AFNOR évalue le projet selon des normes qui vont bien au-delà des critères législatifs de définition de l'agrivoltaïsme, prévus à l'article L 314-36 du code de l'énergie. Pour le volet développement, les exigences du label impliquent de justifier les choix et les motivations des porteurs du projet et de démontrer la co-construction du projet avec l'exploitant agricole.

Vous trouverez ci-dessous des extraits de la pièce PC11g détaillant les justifications de l'ensemble des **critères énoncés à l'article L 314-36 du code de l'énergie.**

² maison mère de la société de projet EE Agrisolaire 07, maître d'ouvrage du présent projet

B.1 Critères énoncés à l’article L 314-36 du code de l’énergie

Critère 1 - Contribuer durablement à l’installation ou au maintien ou au développement de la production agricole

Oui, l’activité agricole va se diversifier grâce à une nouvelle production : le fourrage de haute qualité

Cf. PC11g – Annexe 1 « le projet agrivoltaïque répond à des problématiques agro-climatiques »

La mise en place de ce projet agricole permet une diversification des cultures présentes sur l’exploitation.

Le projet s’inscrit totalement dans la stratégie de l’exploitant, qui est de diversifier ses cultures par l’installation de prairies et de valoriser au mieux celles-ci. De plus, la réalisation de ce projet répond à la politique nationale qui a pour objectif d’atteindre une souveraineté alimentaire en protéines végétales. Le projet répond aux objectifs du Plan Protéine du Ministère de l’Agriculture.

Critère 2 - Garantir une activité agricole à titre principal

Oui, l’activité agricole est maintenue sur environ 92 % de la surface concernée par les aménagements agrivoltaïques situés sur la commune de Goussancourt (25,9 ha de culture sur 28,3 ha). Vis-à-vis de la SAU de 545 ha, la perte de surface agricole (2,3 ha) représente moins de 0,5 %.

Les différentes emprises sont présentées dans la carte ci-dessous :

- Emprise clôturée totale (incluant la zone témoin agricole) : 35,3 ha,
- Emprise uniquement sur Goussancourt (partiellement clôturée) : 28,3 ha,
- Zone témoin agricole : 6,4 ha (18% de l’emprise totale).



Figure 2 - les différents types de surface du projet

Cf. PC11g – Annexe 5 - L'engagement contractuel à prioriser la production des cultures par rapport à la production photovoltaïque

Le projet est conçu selon un principe de synergie entre la production d'énergie et la production agricole, comprenant une stricte priorisation de cette dernière.

Les parties s'engagent formellement, dans le cadre d'une convention agrivoltaïque, à ce que « dans tous les cas, le parc agrivoltaïque permet le maintien d'une activité agricole prépondérante sur les parcelles d'implantation du projet. ».

Critère 3 - Garantir une production agricole significative

Oui, la conception permet la conduite des itinéraires techniques requis pour une production fourragère de haute qualité. Un suivi agronomique sera mis en place avec l'INRAE de Lusignan dans le cadre du Pôle National de Recherche sur l'agrivoltaïsme.

Cf. PC11g – Annexe 2 - Description du projet agricole : justification du choix des cultures

Le choix des cultures a été réalisé conjointement avec l'agriculteur afin que la densité de plantation du projet agrivoltaïque soit cohérente avec les référentiels de la culture en question et du territoire d'implantation. Le projet justifie un équilibre entre les deux productions, photovoltaïque et agricole. La production agricole reste prioritaire.

Cf. PC11g – Annexe 5 - La gouvernance partagée, mesurant l'impact des décisions sur les deux productions, l'enregistrement des données agronomiques permettant une optimisation de la conduite de l'exploitation

La convention agrivoltaïque instaure un comité de pilotage qui se tiendra semestriellement. Ce comité a notamment pour mission de « contrôler le bon déroulement du projet », « d'adapter les modalités d'exécution du projet » et « de prendre en compte les recommandations de ou des organismes indépendants en charge du suivi ». Ainsi, les parties pourront suivre et mesurer l'impact des deux productions à intervalles réguliers.

Il est prévu contractuellement que l'exploitant agricole détermine un itinéraire technique, d'adapter le contrôle de l'équipement photovoltaïque en conséquence (1) et de mettre en place un mode de conduite des trackers optimisé pour la production agricole (2).

- 1) L'implantation des structures, qui a été étudiée et déterminée conjointement avec l'exploitant afin de répondre à ses attentes et d'éviter toutes les contraintes pouvant être rencontrées lors de l'itinéraire cultural, l'orientation des panneaux sera adaptée à un itinéraire technique afin de pouvoir effectuer les manœuvres nécessaires dans la conduite de sa culture (amendements, fauchage, sursemis...). A la demande de l'exploitant les panneaux seront mis en position horizontale selon cet itinéraire technique.
- 2) L'énergéticien assurera un pilotage des panneaux solaires permettant d'améliorer le rayonnement perçu par les plantes et le passage des engins aux périodes stratégiques pour l'activité agricole. Ce pilotage a été déterminé à partir des données disponibles sur le suivi de la pousse de l'herbe, communiquée par la chambre d'agriculture de l'Aisne. Pendant cette période d'un mois, de mars à avril, les panneaux seront orientés en position parallèle aux rayons du soleil, permettant la minimisation de l'ombrage pendant la période plus favorable à la croissance de la plante. Une simulation de l'effacement des panneaux a été réalisée permettant de déterminer la perte sur la production électrique globale annuelle. La perte a été jugée acceptable par l'énergéticien.

Le pilotage du parc agrivoltaïque assure des services à la conduite agricole de la parcelle.**Cf. PC11g – Annexe 5 - L'engagement contractuel d'exploiter et d'entretenir la parcelle agricole**

L'exploitant encourt la résiliation en cas de cessation et/ou de modification de l'activité agricole ne permettant pas de justifier d'une activité agricole significative sur le site ; il en découle un engagement d'exploiter, condition essentielle du projet.

Critère 4 - Garantir un revenu durable

Oui, maintien et diversification de l'activité agricole et rémunération complémentaire à l'exploitant dans le cadre d'une prestation de service annuelle et récurrente

Cf. PC11g – Annexe 3 - Revenus de l'exploitation pour la vente du fourrage

Le projet d'installation agrivoltaïque sur le site est appuyé sur un projet agricole économiquement réfléchi et travaillé.

Le projet étant calibré pour une durée d'environ 25 ans, le chiffre d'affaires peut être évalué ainsi :

≈ (46 000 €/an X 25 ans) – (33 000 €/an X 25 ans)

≈ 1 150 000 € - 825 000 €

≈ 325 000 € pour 25 ans (soit ≈ 13 000 €/an).

Cf. PC11g – Annexes 5 et 6 - Dispositif contractuel du projet

Pour la phase de développement, l'exploitant agricole, aussi propriétaire foncier, et l'énergéticien ont conclu une promesse de bail. Les parties s'y engagent à conclure un contrat d'exploitation agrivoltaïque (aussi appelé "convention agrivoltaïque"). Cette convention a vocation à recueillir les engagements des porteurs du projet, afin de garantir le maintien des conditions et des objectifs agrivoltaïques lors de la phase d'exploitation. En effet, cette convention prévoit les conditions essentielles des futurs contrats de la phase d'exploitation, dont une rémunération annuelle pour toute la durée du projet.

Cf. PC11g – Annexe 6 – Possibilité donnée au propriétaire foncier ou à l'exploitant agricole d'investir dans le projet agrivoltaïque

La possibilité d'investir dans le projet agrivoltaïque a été donnée à l'exploitant, aussi propriétaire foncier, au stade de conception du projet. Toutefois, celui-ci n'a pas manifesté le souhait d'investir.

En effet, le modèle économique retenu associe l'exploitant agricole sur le volet foncier et agricole. Il ne prévoit pas d'investissement dans l'installation agrivoltaïque au regard de ses capacités financières.

En cas de cession de l'exploitant, la promesse de bail organise une répartition équitable de la valeur entre le propriétaire et l'exploitant. En effet, la promesse de bail prévoit une rémunération distincte pour le propriétaire foncier et pour l'exploitant.

Néanmoins, les capacités d'investissement de l'exploitant, aussi propriétaire, seront accrues puisqu'il va bénéficier de nouveaux moyens de financement, notamment via la perception de loyers en contrepartie de la mise à disposition du terrain. Par ailleurs, la promesse de bail prévoit qu'il « garde le bénéfice de la vente des fourrages produits » et dispose de « la pleine propriété du séchoir thermovoltaïque » permettant d'améliorer les rendements de sa production agricole.

Critère 5 - Être réversible

Oui, les trackers sont sur des pieux battus, les pistes lourdes sont facilement réversibles (pas de béton) et les bâtiments préfabriqués peuvent être grutés et évacués par camion (pas de démolition)

L'installation est conçue afin de pouvoir être démantelée entièrement lorsque que le parc sera arrivé en fin de vie. Les pieux battus seront extraits du sol, les Postes de transformation et le Poste de Livraison seront évacués, les pistes et plateformes lourdes seront décapées et le terrain remis en état de culture. Au choix de l'exploitant, la clôture pourra être conservée.

Cf. PC11g – Annexe 6 – Fin du projet

Contractuellement, la promesse de bail organise la réversibilité, sur le plan technique et financier, permettant un retour à l'état initial du bien loué. En effet, il est stipulé qu'« au terme de la période d'exploitation (...) le bien sera remis en état par le bénéficiaire tel que constaté dans le procès-verbal d'état des lieux d'entrée ». Par ailleurs, il est prévu qu'une convention de séquestre soit établie afin de garantir une réserve financière de démantèlement, versée quelle que soit la cause de la fin du bail.

Le projet doit par ailleurs apporter au moins un des services décrits ci-après.

B.2 Services

Préambule

Couplage et synergies

Il est précisé que la présence des panneaux photovoltaïques permet de sécuriser la production fourragère de manière optimale, notamment dans un contexte de réchauffement climatique ayant pour effet d'augmenter la fréquence de périodes de sécheresse.

Le projet a été coconstruit par les porteurs du projet afin de déterminer comment l'activité de production d'énergie pouvait rendre des services à la production agricole et permettre de faire naître de véritables synergies.

Cf. PC11g – Annexe 4 et 5 - Les organismes et objectifs du suivi agronomique et scientifique

Le suivi agronomique sera supervisé par Impulsion AMO, société spécialisée dans le développement et le suivi de projet agrivoltaïque.

Il comprendra en plus d'un suivi quantitatif et qualitatif de la production de fourrage, un volet portant sur l'effet des panneaux photovoltaïques (propriétés du sol, émission de GES, création de microclimat), afin de comprendre au mieux l'impact de la production d'énergie renouvelable sur une surface exploitée, ainsi qu'un retour d'expérience de l'exploitant agricole.

Par ailleurs, ce suivi sera partagé et validé par un organisme public indépendant dans le cadre d'un consortium agrivoltaïsme porté par l'INRAe (Programme National de Recherche agrivoltaïque - PNR AgriPV). La Chambre d'Agriculture de l'Aisne pourra participer au suivi agronomique du projet en phase d'exploitation.

Zone témoin agricole

Afin de pouvoir suivre et étudier l'effet de l'agrivoltaïsme sur la culture, une zone témoin d'environ 6 ha (~18% de l'emprise totale ; cf. Figure 2 page 5) a été retenue au Nord de la zone d'implantation agrivoltaïque. Elle respecte au mieux la similitude pédologique avec la parcelle agrivoltaïque :

- *Nature du sol (granulométrie) ;*
- *Présence ou non d'un système de drainage ;*
- *Conditions physico-chimiques du sol.*

La densité de plantation de la zone témoin (kg de semence par espèce et par hectare) est identique à celle de la plantation de référence.

La zone témoin ne sera l'objet d'aucun aménagement particulier pouvant interférer dans la comparaison avec les parcelles agrivoltaïques (remlais etc.).

Enfin, la convention agrivoltaïque prévoit que « les parties s'engagent à mettre en place une zone témoin, en même temps et dans les mêmes conditions que la surface agrivoltaïque, avec une rotation identique à celle réalisée sur le parc agrivoltaïque ».

Les modalités de suivi seront définies à l'issue des différentes études agricoles et agronomiques, en concertation avec l'agriculteur, l'Energéticien et au moins un organisme spécialisé (Bureau d'Etudes, Institut spécialisé...).

Le suivi de la zone témoin est réalisé à compter de la première récolte (n+1), en n+3 et en n+5.

L'exploitant et l'organisme en charge du suivi communiquent en temps utiles les informations nécessaires à la conduite de la culture et au suivi, afin de faciliter leur organisation respective.

Un bilan annuel présentant notamment le traitement des données est présenté au comité de pilotage.

Service 1 - Amélioration du potentiel et de l'impact agronomiques

Oui, l'implantation de panneaux solaires sur la parcelle permet une diminution des besoins d'irrigation et limite également l'effet de la dessiccation/sécheresse du sol. La mise en position horizontale des panneaux durant les périodes nocturnes permet de limiter le refroidissement du sol ainsi que les écarts de température de celui-ci entre le jour et la nuit.

Cf. PC11g – Annexe 1 - le projet agrivoltaïque répond à des problématiques agro-climatiques

Un certain nombre d'études ont d'ores et déjà été menées sur l'impact que peuvent avoir les panneaux photovoltaïques sur la production de fourrages. Un grand nombre de caractères spécifiques à chaque structure développée doit cependant être prises en compte afin de déterminer l'impact précis de ceux-ci. Nous retrouvons parmi ces caractéristiques :

L'écartement entre les rangs de panneaux (taille de l'inter-rang) ;

Hauteur minimale du panneau, même si dans le cas de structures mobiles, cette caractéristique a un effet plus limité ;

La situation géographique de l'étude.

Ces différents éléments auront pour effet de créer un microclimat plus ou moins important au sein de la parcelle cultivée. Nous pouvons, dans le cadre de ce projet agrivoltaïque, prévoir les avantages agronomiques suivants :

- *Amélioration de la résistance aux stress hydriques provoquant une trêve estivale dans la production de fourrage avec une diminution de l'évapotranspiration de plus de moitié (Marrou et al., 2013) ;*

- *Une meilleure croissance de la végétation expliquée par une plus grande réserve en eau (Arsenault, 2010 ; Adeg et al., 2018) ;*
- *Meilleure gestion de l'impact des adventices moins compétitives en raison de la diminution de la luminosité (Armstrong et al. 2016 ; Montag et al., 2016 ; Adeg et al., 2018).*

Les résultats d'une étude récente (Struchio et al. 2022) portant sur l'étude de l'effet des trackers sur la production fourragère montre des résultats prometteurs, dans l'hypothèse d'un écartement entre les panneaux suffisamment important.

Service 2 - Adaptation au changement climatique

Oui, meilleure résistance au stress hydrique. Cf. points ci-dessus.

Service 3 - Protection contre les aléas

Oui, protection solaire l'été et abris contre les intempéries (grêle).

Service 4 - Amélioration du bien-être animal

Service non applicable à la production végétale

Ne pas porter d'atteinte substantielle à 1 service OU une atteinte limitée à 2 services

Oui, aucune atteinte.

C. Présentation et composition d'un parc agrivoltaïque

Un parc agrivoltaïque est conçu pour permettre la conduite des itinéraires techniques liés à la production agricole retenue pour la ou les parcelles dans lesquelles il s'implante.

Il est classiquement composé :

- de voies d'accès,
- d'aires d'évolution des engins de montage et de maintenance,
- des modules photovoltaïques,
- de structures porteuses ; dans le cas présent, il s'agit de tables trackers (structure en aluminium et acier galvanisé),
- d'ancrages ; dans le cas présent, ce sont des pieux battus (choix technique confirmé et précisé après une étude géotechnique préalable à la phase de construction),
- d'un réseau d'évacuation de l'électricité,
- d'un poste de livraison pour une surface plancher de 19,5 m² (emprise de 21,6 m²), implanté au sein du parc agrivoltaïque,
- de deux postes de transformation pour une surface plancher de 26,6m² au total (emprise de 2x15 m²), localisés au sein du parc agrivoltaïque,
- d'un dispositif d'Echange d'Informations d'Exploitation (DEIE),
- d'un système de supervision (SCADA),
- d'équipements réglementaires de sécurité,
- d'auxiliaires du poste, etc...

D. Examen des contraintes d'implantation

D.1 Urbanisme

La commune de Goussancourt est régie par le RNU³. Une des principales dispositions du RNU est la règle dite de la constructibilité limitée, prescrite par l'article L.111-1-2 du Code de l'urbanisme. Le projet de parc agrivoltaïque entre dans ce cadre et respectera les dispositions du RNU.

D.2 Raccordement au réseau

Le Maître d'Ouvrage a décidé de construire un Poste client HTB afin d'accueillir le projet de Goussancourt. En conséquence, la procédure classique de raccordement électrique qui prévoit l'étude détaillée par le Gestionnaire du Réseau de Distribution du raccordement du parc photovoltaïque, une fois le permis de construire obtenu, par l'intermédiaire d'une Proposition Technique et Financière (PTF) n'est pas applicable pour ce dossier.

Un tracé préliminaire de raccordement privé a donc été étudié afin de relier par une liaison souterraine le parc de Goussancourt au Poste client HTB.

L'installation sera raccordée en liaison souterraine HTA en 33 kV pour réduire les pertes électriques. Le point de raccordement correspond à un Poste client HTB lui-même raccordé au Poste HTB de Vézilly appartenant à RTE.

Le tracé correspondant est présenté ci-après et détaillé dans l'Etude d'Impact.

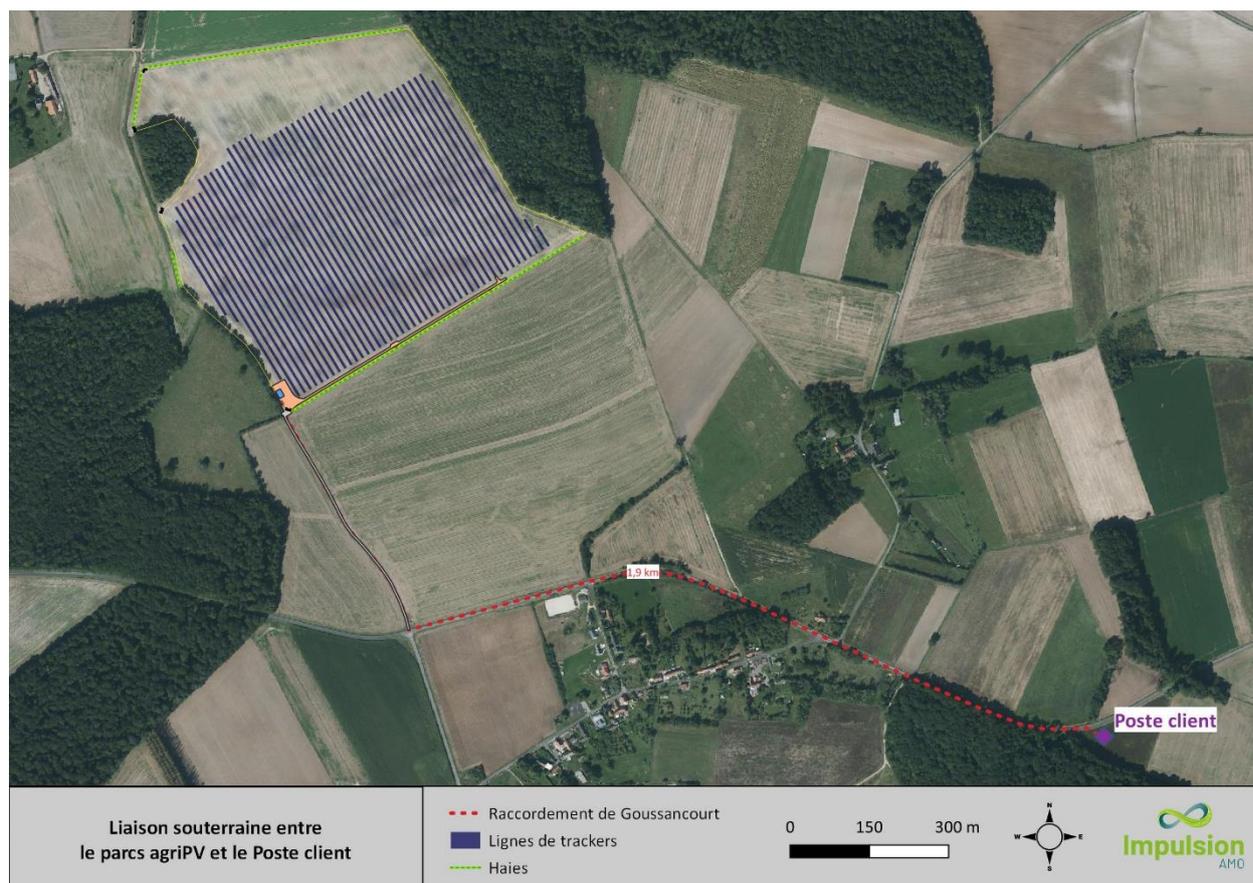


Figure 3 - tracé de raccordement

³ Règlement National d'Urbanisme

E. Description du projet

E.1 Principe d'aménagement

Les principes d'aménagement du parc agrivoltaïque :

- Implantation photovoltaïque éloignée des zones sensibles écologiquement ;
- Minimisation de l'artificialisation des sols ;
- Maintien du système de drainage en place ;
- Espacement de 7,85 m entre les modules (bord à bord à l'horizontal) pour la circulation des engins agricoles ;
- Aménagement d'une clôture en périphérie du parc agrivoltaïque pour protéger l'accès, avec une distance minimale entre la clôture et les modules d'au moins 10 m ;
- l'ensemble de l'espace est entretenu soit par l'exploitation agricole (production de fourrage de haute qualité) soit par un entretien spécifique au pied des structures porteuses et le long des clôtures.

La parcelle concernée par l'installation du parc agrivoltaïque au sol est indiquée sur la carte ci-dessous (ZC1 sur la commune de Goussancourt).

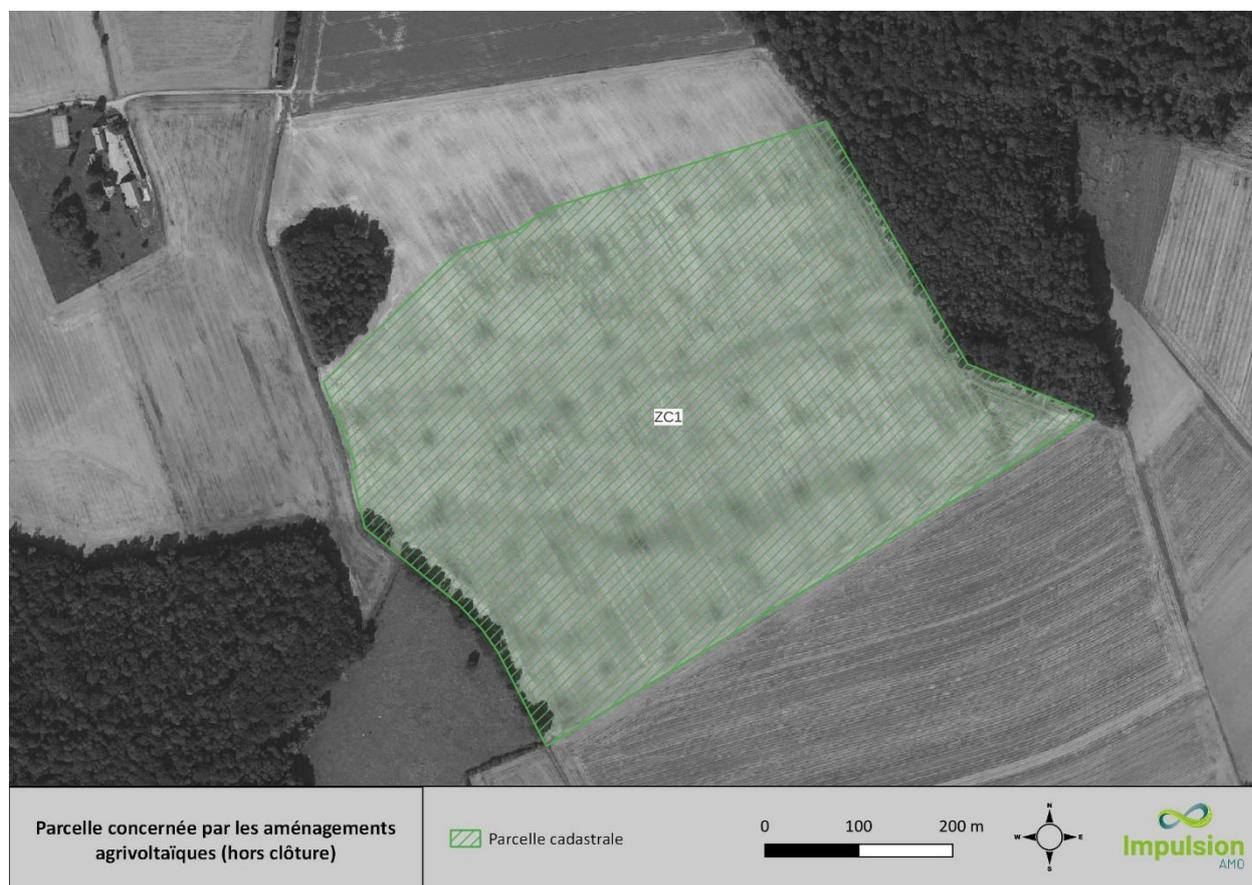


Figure 4 - parcelle concernée par les aménagements agrivoltaïques

E.2 Les panneaux photovoltaïques

Pour ce projet, le choix du maître d'ouvrage s'est porté sur la technologie silicium cristallin bifacial. Cette technologie assure un fort rendement et présente un bon retour d'expérience puisqu'elle existe depuis très longtemps.

Les modules sont constitués :

- de cellules photovoltaïques à base de silicium cristallin, interconnectées en série,
- d'une couche en verre trempé sur la face avant et arrière, protégeant les cellules des intempéries,
- un cadre en aluminium qui maintient l'ensemble.

Les panneaux auront les caractéristiques suivantes :

Puissance unitaire des modules : 605 Wc

Puissance crête installée : 16,5 MWc

Surface : 2,83 m² (1,303x2,172)

Type de cellule : Monocristallin

Rendement du panneau : 21%

Exemple de modules (LONGI solar)

Orientation : Est à Ouest

Aspect : Face bleu nuit à noir profond et cadre aluminium

Nombre total de modules photovoltaïques (PV) : 27 328

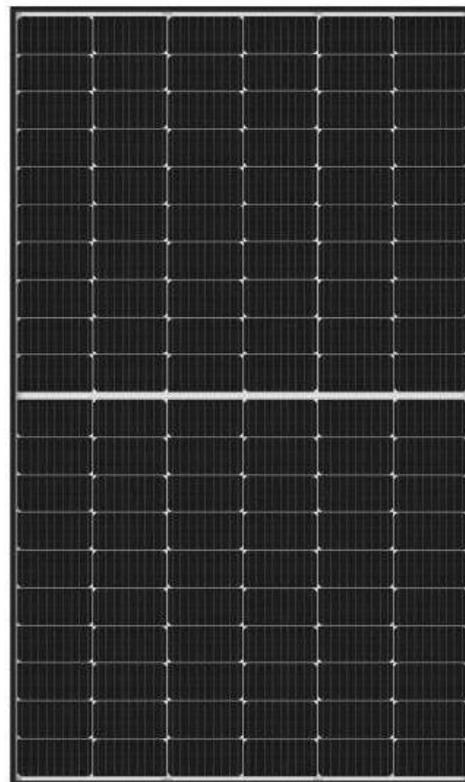


Figure 5 - exemple de module (Longi Solar)

E.3 Les structures porteuses

Les modules photovoltaïques seront implantés au sol sur une structure porteuse constituée de profilés métalliques en acier formant ainsi des tables.

Les structures retenues pour le site ont été déterminées en fonction des critères suivants :

- Facilité de pose et de maintenance ;
- Adaptabilité au terrain difficile ;
- Optimisation de la structure permettant de maximiser le nombre de modules photovoltaïques ;
- Respect des contraintes liées au site (éviter des réseaux enterrés).

Les structures envisagées sont des modèles suiveurs (tracker), alignées Nord/Sud, et, inclinés de -55° jusqu'à 55° en fonction de la position du soleil optimisant la production électrique.

Ce choix permet également l'ajustement de la partie la plus basse des panneaux par rapport au sol. La hauteur minimale sous panneaux sera d'environ 1,1 m.

Les tables suivront le soleil d'est en ouest à une hauteur comprise entre 3,36 m et 5,43 m.

La distance inter-tables sera au minimum de 7,85 m (bord à bord des panneaux lorsqu'ils sont à l'horizontal) et au moins 10 m vis-à-vis de la clôture pour permettre la manœuvre des engins.

Le choix des structures tient compte également de la constitution des chaînes de modules photovoltaïques, qui doivent être adaptées à la plage de tension d'entrée des onduleurs. Les structures ont ainsi été choisies afin de minimiser les liaisons DC d'une structure.

Les structures seront conçues pour résister aux charges de vents et de neige ainsi qu'à la corrosion conformément aux EUROCODES.

Les caractéristiques techniques des structures porteuses retenues pour le projet sont précisées dans le tableau suivant :

Pose des modules	Pose en portrait – Structures 2V16
Type de structure	Mono-pieux
Hauteur	1,1 minimum entre sol et le bas des panneaux
Largeur	5 m environ
Longueur	22,3 m environ
Inclinaison	Environ -55° à +55° (E-O) – inclinaison maximale (matin et le soir)

- Nombre total de trackers : 854
- 32 modules par table soit 27 328 modules
- Dimension du module : 1 303 mm x 2 172 mm x 35 mm

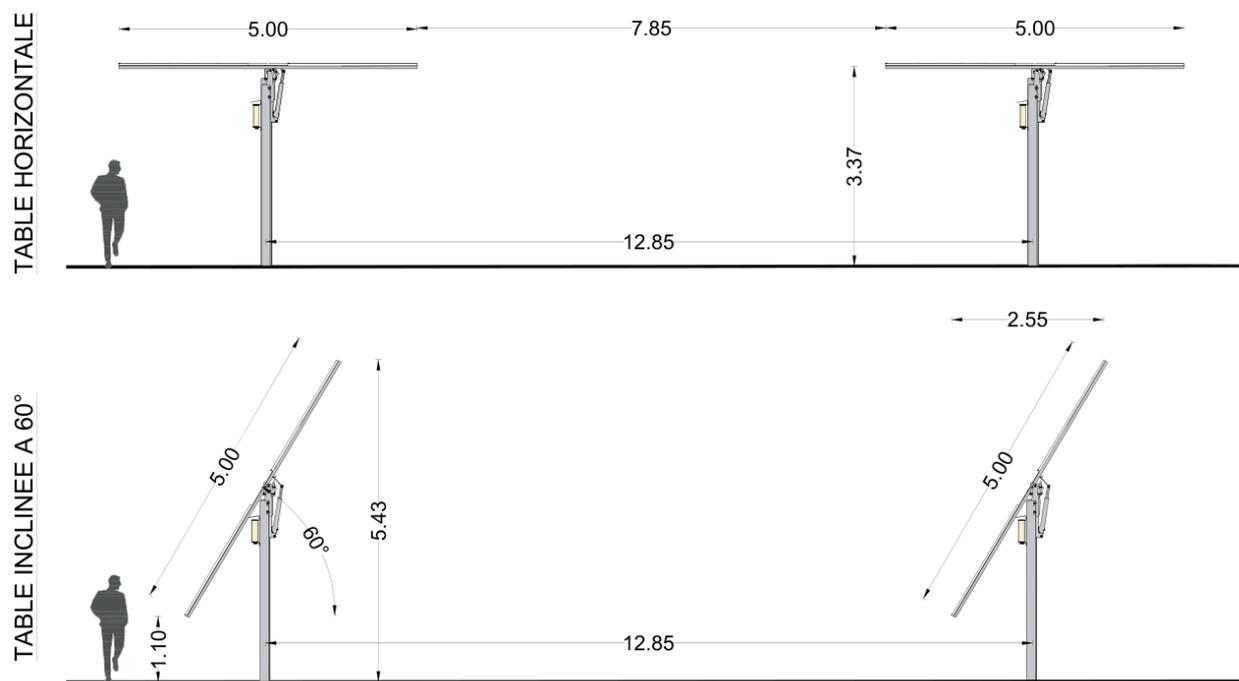


Figure 6 - coupe des structures tracker (SOG Solar)

E.4 Les ancrages

Pour le projet de parc agrivoltaïque, une étude de sol de type G1 ou G2AVP sera réalisée pour préciser le type d'ancrage au sol des tables photovoltaïques.

A ce stade, après étude des couches géologiques supérieures et de l'adaptabilité au profil, la technologie pressentie pour les ancrages est l'utilisation de pieux en acier battus ou vissés dans le sol.

Les fondations type pieux :

Les pieux ou poteaux servant de support sont enfoncés dans le sol sur plusieurs dizaines de centimètres puis recouverts de béton ou non.

Dans le cas de pieux vissés, il n'y a pas de fondations en béton et il est plus aisé d'ajuster l'horizontalité des structures. Facile à mettre en œuvre, ce type de fondation minimise les impacts environnementaux et facilite le démantèlement en fin d'exploitation.



Figure 7 : ancrage par pieux battus

Cette technique permettra aussi de limiter l'impact des installations sur le terrain, le taux d'imperméabilisation engendré par un parc solaire agrivoltaïque est alors inférieur à 2% et est déterminé presque exclusivement par la surface au sol des locaux techniques.

E.5 Les locaux techniques

E.5.1 Postes de transformation

Trois postes de transformation seront implantés sur site, de façon à :

- Limiter les impacts paysagers ;
- Limiter les sections et longueurs de câbles AC en rapprochant le poste des onduleurs et des panneaux ;
- Note concernant le Poste de transformation n°1 : il sera mutualisé avec le Poste de Livraison (un seul bâtiment pour les deux fonctions).

Le poste de transformation est un local spécifique où sera installé les onduleurs, les transformateurs à bain d'huile, les cellules de protection, ...

La fonction des transformateurs est de convertir une tension alternative d'une valeur donnée en une tension d'une valeur différente. Cette opération est indispensable pour que l'énergie soit injectable sur le réseau.

La partie transformation accueillera :

- Un transformateur Élévateur BT/HTA type « Shelter » de 2 000 à 4 000 kVA triphasé immergé ;
- Une cellule HTA par poste de transformation regroupant dans un ensemble compact toutes les fonctions moyenne tension de branchement, d'alimentation et de protections du transformateur.

L'emplacement des trois postes de transformation sera positionné en bordure de la voirie créée sur le site. Il sera intégré au mieux dans l'environnement. Leur façade sera rapprochée du Vert mousse (RAL 6005) ou Vert Réséda (RAL 6011).

La mise en place de chacun de ces postes nécessitera l'utilisation d'un support béton (plots ou longrines) après grattage de la couche végétale. Le poste de transformation occupera une surface d'environ 15 m² au sol (30 m² au total pour les deux postes de transformation).



Poste de transformation	
Longueur	6 000 mm
Largeur	2 500 mm
Hauteur hors sol	2 590 mm

Figure 8 - Exemple de poste de transformation (Source : Cahors)

Le poste de livraison est le point de raccordement entre le Poste client HTA/HTB et le parc agrivoltaïque. Il sera implanté à l'entrée du parc agrivoltaïque en limite de propriété. Il est mutualisé avec le Poste de transformation n°1 (un seul bâtiment pour les deux fonctions et une surface de 21,6 m²). Il assure le suivi du comptage de la production injectée dans le réseau. Le poste de livraison est le lien final entre les postes transformateurs et la ligne privée HTA. Il sera également l'organe principal de sécurité contre les surintensités et fera office d'interrupteur fusible.

Poste de transformation & livraison	
Longueur	8 000 mm
Largeur	2 700 mm
Hauteur hors sol	2 700 mm



Figure 9 - emplacements des postes électriques

E.6 Les pistes et chemin d'accès

Afin de permettre l'accès des véhicules de chantier et d'exploitation aux panneaux photovoltaïques, des pistes composées en concassés de graves et GNT recyclés de 3 m de large seront créées sur le site. Concernant les chemins d'accès (pistes enherbées), ils auront comme caractéristiques :

- 10 à 15 m entre les clôtures et les rangées de panneaux
- 7,85 m entre les rangées de panneaux (bord à bord)

Ces pistes et chemins permettront l'intervention des services de secours et de lutte contre l'incendie sur l'intégralité du site ainsi que l'accès aux différents locaux techniques (postes de transformation, poste de livraison), aux tables photovoltaïques et leur maintenance. Ces pistes et chemins permettront d'accéder aux différents locaux techniques.

L'ensemble des pistes représente un linéaire d'environ 500 mL (voirie en grave) pour une surface totale de voie de circulation créée d'environ 3 534 m² en incluant les plateformes de retournement et de pompage.

Pour permettre la circulation des engins de chantier durant les phases de construction et de démantèlement et pour faciliter l'accès aux équipes de maintenance durant la phase d'exploitation,

Un plan de circulation sera défini et indiquera l'emplacement des voies à emprunter par les engins les plus lourds. Cette mesure a pour objectif d'éviter les débordements de circulation sur le reste des terrains, qui engendreraient des tassements supplémentaires et la création d'ornières.

E.7 Les clôtures, accès et dispositifs de surveillance

Le site sera entièrement clôturé et accessible par des portails composés de 2 vantaux et mesurant 8 m de large pour 2 m de haut. L'accès principal au site sera possible par le portail situé au SUD.

Les caractéristiques de la clôture et du portail sont présentées dans le tableau suivant :

Caractéristiques	
Clôture	Grillage de type soudé maille 10 cm x 10 cm ; Hauteur = 2 m ; Couleur gris métallique/bois ; Poteaux bois
Portail	Portail battant 2 vantaux 8 m de large ; Hauteur = 2 m ; Couleur de type Agricole (bois et métal)

Figure 10 : caractéristiques de la clôture et du portail



Figure 11 : Exemple de grillage et portail d'accès (Source : Actif Solaire)

Une clôture grillagée de 2 m de hauteur sera établie sur tout le pourtour du parc, soit un linéaire de 2 576 ml. Un projet de cette dimension nécessite une sécurisation des accès de manière à empêcher toute intrusion à vocation malveillante sur le site ou tout accident qui pourrait se produire de par la présence

d'un tiers non autorisé. Bien que les installations (panneaux, locaux, câblages notamment) soient conçues de telle sorte qu'un contact direct avec une des parties apparentes ne puisse causer d'électrisation, il faut néanmoins prendre toutes les précautions.

Les portails et les grillage de la clôture seront en acier galvanisé afin d'intégrer au mieux la clôture dans l'environnement. Les piquets de fixation de la clôture bois seront solidement ancrés dans le sol.

L'accès aux installations électriques sera limité au personnel habilité intervenant sur le site d'exploitation.

Accès et dispositifs de surveillance

Le fonctionnement du parc agrivoltaïque sera surveillé en permanence par un système de supervision et un système de téléalarme, relié aux services de maintenance, où un personnel d'astreinte sera toujours présent.

Eclairage

Le parc n'aura pas de dispositif d'éclairage extérieur. Seuls les locaux techniques disposeront d'un éclairage à l'intérieur.



Figure 12 - Localisation des portails

E.8 Autres aménagements

Protection contre la foudre et sécurité électrique

L'accès aux installations électriques sera limité au personnel habilité intervenant sur le site.

Protection foudre :

Une protection contre la foudre adaptée sera mise en œuvre. Les installations seront dotées d'un système de protection contre la foudre et les surtensions conforme à la norme internationale IEC 61024 faisant référence en la matière au niveau international.

Protection poste de livraison/transformation :

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, les informations seront renvoyées vers les services de maintenance et le personnel d'astreinte. Un système de coupure générale et de découplage sera mis en place.

Défense incendie

Les pistes internes permettront la desserte de tous les postes de transformation.

Une bande de 5 m sera entretenue entre la clôture et le bois de Vézilly à l'Est du site et les aménagements agrivoltaïques seront à au moins 20 m de la lisière forestière.

Circulation interne :

Accès sur zone agricole libre de passage sur l'ensemble du site :

- 10 à 15 m entre les clôtures et les rangées de panneaux,
- 7,85 m entre les rangées de panneaux (bord à bord à midi).

Besoins en eaux contre l'incendie :

Une réserve de lutte contre l'incendie de 120 m³ sera aménagée à l'entrée du parc à proximité et sera accessibles aux services de défense incendie.

Des extincteurs à poudre seront mis en place au niveau des postes de transformation et du poste de livraison. Les dispositifs de lutte contre l'incendie présents sur le site seront conformes aux prescriptions du SDIS 02.



Figure 13 : exemple de réserve incendie

Aménagement paysager

Des compléments de haie arbustive, pour un linéaire total d'environ 1 250 m, seront implantées afin de favoriser d'intégration paysagère du parc. Cette haie sera composée d'essences arbustives et buissonnantes locales.



Figure 14 : localisation de la haie à planter

E.9 La gestion des eaux pluviales

La parcelle à l'état final sera enherbée y compris sous les panneaux et entre chaque rangée de panneaux (production de fourrage de haute qualité). Les eaux pluviales seront infiltrées en surface sur l'assise du terrain.

Les eaux pluviales pourront s'y infiltrer en surface. Les surfaces imperméabilisées correspondront au poste de livraison/transformation (21,6 m²), aux deux postes de transformation (30 m² au total) et à la réserve incendie (100 m³). Les ancrages en pieux battus, de par leur profil métallique en tôle fine (environ 5-10 mm) constitueront une faible surface imperméabilisée. En effet, les sections et espacements d'environ 5 à 7 m entre pieux rendent négligeable leur impact sur la surface occupée au sol.

Au vu des faibles surfaces de chacun des bâtiments concernés ainsi que leur répartition, les eaux de toiture de ces postes pourront directement s'infiltrer au pied des bâtiments.

Au niveau des structures de panneaux, un espace de quelques cm est laissé en pourtour de chaque panneau photovoltaïque. La pluie tombant sur les panneaux s'écoulera au sol, au pied des panneaux et s'infiltrera dans le sol (par ailleurs, les structures porteuses étant des trackers, l'inclinaison des modules n'est pas fixe).

Le projet de parc agrivoltaïque ne nécessite pas la mise en place d'autres ouvrages de rétention ou d'infiltration des eaux pluviales et ne modifiera pas le mode de gestion des eaux pluviales pratiqué actuellement.

E.10 Le devenir des aménagements en fin d'exploitation

A l'issue de la durée de vie du parc agrivoltaïque, il sera démantelé selon les conditions réglementaires en vigueur à la date d'autorisation. Le démantèlement durera de l'ordre de 6 mois environ et les techniques de démantèlement seront adaptées à chaque sous-ensemble :

- Les postes de transformation et de livraison : chaque bâtiment sera déconnecté des câbles, levé par une grue et transporté hors site pour traitement et recyclage,
- Déconnexion et enlèvement des câbles : dans la mesure où la réouverture des tranchées apparaîtrait plus pénalisante pour l'environnement que l'abandon en terre du réseau de câbles enfoui, celui-ci pourrait être laissé enterré,
- Les modules : ils seront évacués par camions et recyclés selon une procédure spécifique (recyclage du silicium, du verre, des conducteurs et des autres composants électriques),
- Structures métalliques : il sera procédé à leur enlèvement du sol puis leur évacuation du site par camions.

Modalité de recyclage

Le taux moyen de recyclage/réutilisation pour les panneaux photovoltaïques en 2020 est de 94%.

Une fois les câblages et le cadre enlevés, les modules sont broyés. Ce broyat est alors soumis à des traitements successifs (dissolutions chimiques, séparation mécanique et séparation par électrodéposition) afin d'extraire le verre et certains composés (on estime récupérer ainsi environ 80% des matériaux semi-conducteurs). Enfin, le mélange final, est revendu à des entreprises métallurgiques où il sera refondu et raffiné. Les différents métaux (cadmium, aluminium, cuivre, nickel, etc.) seront récupérés puis réutilisés.

Les matériaux contenus dans les modules photovoltaïques peuvent être récupérés et réutilisés soit en produisant de nouveaux modules, soit en récupérant de nouveaux produits comme le verre ou les matériaux semi-conducteurs. Le recyclage des modules photovoltaïques est assuré par SOREN, anciennement PV Cycle. SOREN dispose d'un réseau de plus de 5 sites de traitements et applique le principe de proximité afin de traiter les panneaux solaires photovoltaïques usagés au point plus proche.

Concernant les autres équipements comme notamment les onduleurs, la directive européenne n°2002/96/CE (DEEE ou D3E) portant sur les déchets d'équipements électriques et électroniques, a été adoptée au sein de l'union européenne en 2002. Elle oblige depuis 2005, les fabricants d'appareils électroniques, et donc les fabricants d'onduleurs, à réaliser à leurs frais la collecte et le recyclage de leurs produits.

Dans le cas d'un démantèlement, l'ensemble du matériel sera démonté et évacué de façon à restituer le terrain dans son état d'origine. Les modules démantelés seront recyclés, grâce au programme PV cycle ou au programme de recyclage spécifiques des fabricants de panneaux. SOREN est le seul organisme agréé DEEE pour la gestion des panneaux photovoltaïques usagés. L'association a en effet obtenu l'agrément des pouvoirs publics afin d'assurer la collecte et le traitement des panneaux photovoltaïques en France dans le cadre de la réglementation DEEE. Depuis le 24 décembre 2014, SOREN est le seul système collectif légalement autorisé à fournir des services de mise en conformité DEEE et de gestion des déchets pour la catégorie 11 des équipements électriques et électroniques en France.

La transposition en droit français de la réglementation DEEE en août 2014 a fait de la gestion des déchets issus de panneaux photovoltaïques une obligation juridique pour tout importateur ou fabricant (voire producteur) basé en France. Ayant été fondé en février 2014 afin d'offrir des services dédiés de mise en conformité légale et de gestion des déchets, SOREN a su convaincre les pouvoirs publics et la filière photovoltaïque française grâce à son avance en matière de gestion des déchets photovoltaïques. Avec plus de 10 000 tonnes de panneaux photovoltaïques traitées, et un réseau de collecte étendu, SOREN est le seul système collectif dédié aux panneaux photovoltaïques en Europe à opérer à l'échelle industrielle (plus de détails : www.soren.eco).