

## **4. ESQUISSE DES PRINCIPALES SOLUTIONS DE SUBSTITUTION ET PRESENTATION DU PROJET RETENU**

## 4.1. PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET DE RACCORDEMENT DES INSTALLATIONS

### 4.1.1. PRODUIRE DE L'ELECTRICITE GRACE A L'ENERGIE SOLAIRE

Un parc photovoltaïque est classiquement composé :

- des voies d'accès,
- des aires d'évolution des engins de montage et de maintenance,
- des modules photovoltaïques
- des tables (structure en aluminium et acier galvanisé)
- d'un réseau d'évacuation de l'électricité,
- d'un ou plusieurs postes de livraison (local technique).

Les composants seront présentés plus en détail dans les paragraphes suivants.

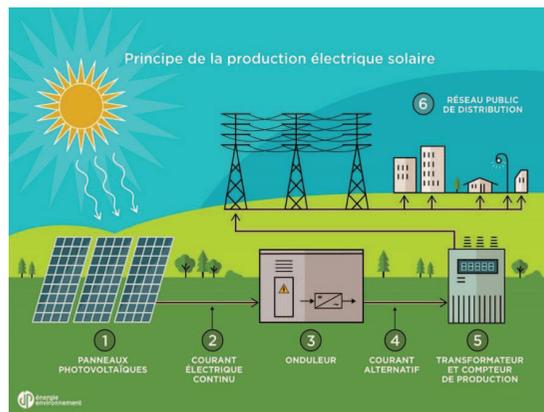


Figure 56 : Les composants d'un parc photovoltaïque

Le rayonnement du soleil sur les panneaux est transformé en **courant électrique continu** par les **matériaux semi-conducteurs** qui composent les cellules photovoltaïques. L'**onduleur** convertit cette électricité en **courant alternatif compatible avec le réseau**. Un compteur permet de mesurer la production de la centrale tandis qu'un transformateur élève la tension avant l'injection de l'électricité par câble sur le réseau EDF.

D'une manière générale, en suivant le circuit électrique depuis les différentes zones d'implantation des modules, on trouve les composants et fonctions suivantes :

- **Les modules photovoltaïques** qui transforment la lumière solaire en courant continu,
- **Les protections contre les surtensions et les surintensités** (à positionner et dimensionner selon projet)
- **Les boîtes de jonction** qui regroupent les modules en série et/ou parallèle pour obtenir les tensions nécessaires aux onduleurs (éventuellement)
- **Les onduleurs**, composants essentiels qui transforment le courant continu en courant alternatif, identique à celui du réseau, et synchronisé avec ce dernier,
- **Les sécurités de découplage**, réglementaires, qui doivent isoler les onduleurs du réseau dès la moindre anomalie (dérive en tension ou fréquence). Ces sécurités sont incluses dans les onduleurs en basse tension ou dans le poste de livraison en haute tension,

- **Le DEIE<sup>5</sup>**, qui sert d'interface entre le producteur et le gestionnaire chargé de l'exploitation du réseau. Cet équipement permet à l'exploitant du réseau de gérer les puissances maximales (actives et réactives) susceptible d'être injectée sur le réseau par le producteur.
- **Les compteurs**, que l'on peut trouver à deux niveaux :
  - général, dans le poste de livraison. Ce compteur sera relevé par le gestionnaire du réseau,
  - individuel, après chaque onduleur ou groupe d'onduleurs. Il permet une surveillance de la production, du bon fonctionnement de chaque appareil (par comparaison) et peut être relié à un panneau d'affichage public.

Dans le cas d'un raccordement en haute tension, il faut ajouter

- **Un transformateur élévateur**, qui transforme le courant alternatif BT en courant alternatif 20 000V afin de pouvoir l'injecter sur le réseau HTA (obligatoire à partir de 250 kVA).
- **Un poste de livraison**, qui contient les organes de sécurité et de découplage et le comptage



Figure 57 : Produire de l'électricité grâce à l'énergie solaire

### 4.1.2. REGLES DE RACCORDEMENT AU RESEAU PUBLIC DE DISTRIBUTION

Le coût du raccordement ne peut être précisé qu'ultérieurement via une demande d'étude de raccordement ou une demande de proposition de raccordement auprès des services d'Enedis.

La puissance totale du site à raccorder étant supérieure à 250 kW le raccordement devra se faire en Haute Tension (HTA), via l'installation d'un poste de livraison (PDL) financé par le porteur du projet.

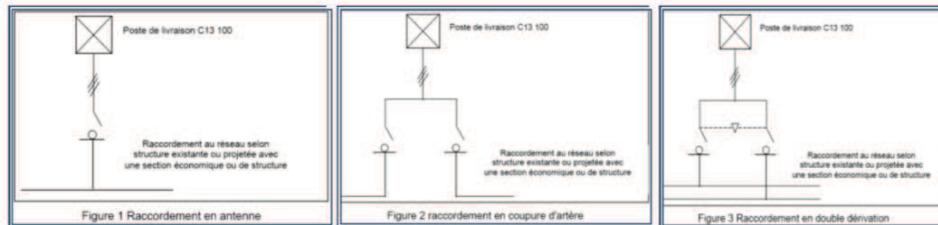
Un poste de livraison HTA est généralement équipé du matériel suivant :

- Cellules HTA (arrivée réseau, comptage, protection, transformateur),
- Relais de protection (découplage, ampèremétrique, wattmétrique)

<sup>5</sup> DEIE : Dispositif d'Echange d'Informations d'Exploitation

- Transformateur élévateur immergé BT/HTA,
- Tableau général basse-tension,
- Table de comptage,
- Dispositif d'Echange d'Informations d'Exploitation (DEIE),
- Système de supervision (SCADA),
- Equipements réglementaires de sécurité,
- Auxiliaires du poste, ...

Le nouveau poste de livraison (PDL) sera raccordé sur le réseau HTA à proximité (plusieurs départs aériens et/ou enterrés sur le site), via un raccordement en coupure d'artère (cas le plus courant), un raccordement en antenne ou un raccordement en double dérivation. La solution à mettre en œuvre sera imposée par Enedis dans la proposition de raccordement (PDR) selon les disponibilités du réseau public.



Dans tous les cas, une tranchée de raccordement jusqu'au réseau existant reliera le PDL au réseau HTA existant. La partie en domaine public sera réalisée par Enedis, la partie en domaine privée sera réalisée dans le cadre du projet.

**La solution de raccordement ne sera toutefois définitivement connue qu'au moment de la proposition technique et financière, dont le permis de construire est un préalable (nécessité d'obtenir le PC avant d'avoir une vision certaine sur le raccordement).**

## 4.2. EXAMEN DES CONTRAINTES D'IMPLANTATION

### 4.2.1. EXAMEN DES CONTRAINTES LIEES A L'URBANISME ET AU CLASSEMENT

#### 4.2.1.1. URBANISME

Au regard de la puissance du projet, ce dernier est soumis aux démarches d'urbanisme suivantes :

- **Permis de Construire (PC)**
- **Étude d'impact** : nécessaire au dépôt de la demande de PC, et soumis à l'autorité environnementale qui se prononce sur ce seul dossier (2 mois d'instruction)
- **Enquête publique** : le PC ne peut être délivré que lorsque la procédure d'enquête publique est terminée,

Le projet est situé sur la commune de Melle, qui est dotée d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU).

Le PLU classe en zone A (agricole) le site du projet. Toutefois, le règlement de la zone A autorise les constructions et installations, affouillements et exhaussements du sol, nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif.

L'évolution de la jurisprudence (Conseil d'Etat du 13 juillet 2012 communes de Francouville (28) et Châteauneuf Val Saint Donat (04)) a confirmé le caractère d'équipement collectif public pour deux projets de parc éolien au motif « que de tels projets présentent un intérêt tiré de leur contribution à la satisfaction d'un besoin collectif par la production d'électricité vendue au public ». La transposition de cet arrêt aux parcs photovoltaïques est immédiate du fait de l'objet même de ces équipements qui visent tous deux et identiquement la production électrique d'origine renouvelable.

Par ailleurs, le site du projet n'est plus compatible avec l'activité agricole, étant donné l'usage passé de stockage de déchets. L'accueil d'installations solaires au sol peut donc être envisagée sur ce terrain qui, bien que situé en zone non constructible :

- n'a pas fait l'objet d'un usage agricole dans une période récente ;
- accueillera des équipements à caractère collectif public.

Dans ces conditions de caractérisation nouvelle d'équipement collectif public, l'installation de tels projets photovoltaïques au sol peut donc être autorisée en secteur classé A dans le plan de zonage du PLU de Melle.

#### 4.2.1.2. CLASSEMENT DU SITE

Le site n'est pas répertorié dans la base de données BASOL qui recense les sites et sols pollués.

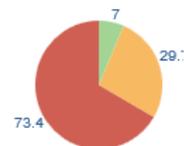
### 4.2.2. EXAMEN DES CONTRAINTES DE RACCORDEMENT AU RESEAU

Selon la puissance du projet, le raccordement au réseau électrique pourra s'effectuer soit par piquage sur une ligne HTA existante (cas le plus probable), soit par création d'un nouveau départ depuis un poste source. Dans les deux cas, les câbles électriques issus de la centrale seront enterrés.

Ces travaux de raccordement sont financés par le maître d'ouvrage de la centrale solaire (JPÉE) mais réalisés sous maîtrise d'ouvrage d'ENEDIS.

En cas d'un raccordement direct à un poste source, il est probable que celui-ci s'effectue au niveau du poste de Melle, qui se situe le long de la RD 950 à environ 1 km du site projet.

#### SUIVI DES ENR :



- Puissance EnR déjà raccordée : 73.4 MW
- Puissance des projets EnR en file d'attente : 29.7 MW
- Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter : 7.0 MW

Capacité réservée aux ENR au titre du S3REnR	7.0 MW
Quote-Part unitaire actualisée applicable au 01/02/2016	41.98 kEuro/MW

mis à jour le 07/09/2016

#### CAPACITÉ D'ACCUEIL DU RÉSEAU PUBLIC DE TRANSPORT :



##### Données pour le raccordement dans le cadre du S3REnR :

- ① Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR, disponible vue du réseau public de transport : 7.0 MW

##### Données pour le raccordement en dehors du S3REnR :

- ① Capacité d'accueil en HTB1

mis à jour le 07/09/2016

#### CAPACITÉ D'ACCUEIL DU RÉSEAU PUBLIC DE DISTRIBUTION :



##### Données pour le raccordement dans le cadre du S3REnR :

- ① Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR, restante sans travaux sur le poste source : 1.0 MW

##### Données pour le raccordement en dehors du S3REnR :

- ① Puissance en file d'attente hors S3REnR majorée de la capacité réservée du S3REnR : 1.0 MW
- ① Capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution : 35.3 MW

mis à jour le 22/08/2016

#### CAPACITÉ D'ACCUEIL DU RÉSEAU PUBLIC DE DISTRIBUTION :



##### Données pour le raccordement dans le cadre du S3REnR :

- ① Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR, restante sans travaux sur le poste source : 6.0 MW

##### Données pour le raccordement en dehors du S3REnR :

- ① Puissance en file d'attente hors S3REnR majorée de la capacité réservée du S3REnR : 6.0 MW
- ① Capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution : 5.0 MW

mis à jour le 15/06/2016

Figure 58 : Fiche du poste de Melle – HTB1/HTA  
Source : capareseau.fr / mis à jour le 22/08/2016

### 4.3. VARIANTES DE PROJET

La configuration du site n'est pas de nature à envisager plusieurs variantes d'implantation : les panneaux seront implantés sur la couverture de l'ancienne zone de stockage, en préservant l'ensemble des éléments périphériques : haies, talus, fossés...

### 4.4. DESCRIPTION DU PROJET RETENU

#### 4.4.1. LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Les modules photovoltaïques seront de type cristallin ou couche mince :



##### → Les panneaux en couches minces

Cette catégorie utilise un matériau semi-conducteur chimique, différent du silicium, projeté sur un support de verre sous forme liquide puis séché. Le terme de « couche mince » provient du fait que l'épaisseur de la couche de semi-conducteur est 100 fois moins importante que dans les panneaux en silicium, pour lesquels la découpe mécanique par sciage des lingots conduit à des épaisseurs de semi-conducteur d'une épaisseur de l'ordre de 200 micromètres.

Il s'agit d'une technologie désormais parfaitement maîtrisée qui a fait ses preuves en termes de qualité, rendement et durée de vie. Elle offre un bon compromis entre les rendements de production et les rendements économiques (rendements moins élevés que du cristallin mais coûts moindres).

Par ailleurs, la fabrication des panneaux en couches minces est moins coûteuse en matière et nécessite une consommation d'énergie réduite par rapport à des panneaux de type monocristallins ou polycristallins. L'impact environnemental s'en trouve réduit.

##### → Les panneaux en silicium poly-cristallins ou mono-cristallins

Cette catégorie de panneaux possède de meilleurs rendements dans de fortes conditions d'ensoleillement mais a un comportement moins bon sous rayonnement diffus (journées nuageuses). Ce type de panneau permet de maximiser la puissance du parc par unité de surface. La technologie poly-cristalline est mature et reste à ce jour la plus utilisée dans le monde (environ 93 % du marché en 2015).



L'avantage de la **technologie cristalline** réside dans son rendement surfacique, plus élevé que chez les autres technologies. La puissance d'une centrale de même taille est donc plus importante. Les **modules à couche mince**, ont un rendement surfacique plus faible, mais assurent une meilleure conversion de l'énergie lumineuse notamment pour les rayonnements diffus (lumière rasante ou ciel couvert). Pour une surface donnée, et malgré une puissance installée inférieure, ils permettent une production électrique comparable aux panneaux cristallins.

Le choix définitif de la technologie de panneaux sera conditionné par le contenu des appels d'offres de la CRE et une analyse technico-économique réalisée juste avant la construction. Les évolutions sont en effet très rapides à la fois en terme de performance et de coûts et figer une technologie à ce stade n'est pas pertinent.

Concernant la qualité du matériel, JPEE, en tant qu'investisseur et donc porteur exclusif des risques liés à ce projet, s'assurera de la **qualité des modules photovoltaïques** et de leurs **certifications** auprès des principaux organismes de contrôle.

**Les modules seront recyclés** à l'issue de leur exploitation, soit par l'intermédiaire du programme PV Cycle (cf. annexe 8.4 page 170) soit directement par le fabricant.

#### 4.4.2. LES STRUCTURES PORTEUSES

##### □ Variante « structures fixes »

Cette variante prévoit l'installation de structures porteuses de panneaux photovoltaïques sous forme de « tables inclinées ».

Les rangées sont alignées d'Est en Ouest de manière à ce que les panneaux soient face au sud et profitent d'une exposition au soleil maximale. Les panneaux sont orientés de 10 à 30°.

Les structures sont des travées fixes orientées plein Sud de manière à ce que les panneaux puissent capter un maximum d'ondes lumineuses pendant toute la journée. Ces structures sont constituées de support-rails métalliques, robustes et résistants dans le temps aux variations de conditions climatiques (norme NV 65 ou Eurocodes).



Photo 18 : Exemple de centrale solaire implantable sur le site de Melle

Source : JPEE

Les tables support seront soutenues par un ou deux poteaux dans le sens de la largeur. Ces poteaux seront fixés aux systèmes de fondation (voir partie fondation). Les espaces inter-rangées seront d'une largeur minimale de 2,10 m, et pourront aller jusqu'à 5 m, afin d'être accessibles aux engins d'exploitation du parc et aux engins de secours (sol compacté et végétalisé), et de limiter les conditions d'ombrage d'une rangée à l'autre.



Photo 19 : Exemple de châssis fixes orientés sud

Source : JPEE

Chaque rangée aura une hauteur maximale de 3,20 m. Cette hauteur, délibérément faible, a été volontairement choisie pour :

- ne pas donner un impact visuel trop important au parc photovoltaïque ;
- faciliter l'entretien et la maintenance des installations ;
- limiter la descente de charge sur les fondations qui sont ainsi plus petites.

La hauteur des tables en partie basse sera au minimum de 40 cm afin de faciliter l'entretien et de permettre la circulation de la faune sous les modules.

Les structures porteuses vont accueillir une superposition horizontale de rangées de modules séparées par un espace d'environ 2 cm entre chaque panneau et dans chaque direction. Cette disposition permet aux eaux de pluie tombées sur les panneaux, de pénétrer dans le sol de manière plus uniforme et diminue grandement le risque de création de zones préférentielles soumises à l'érosion (cf. figure ci-dessous).

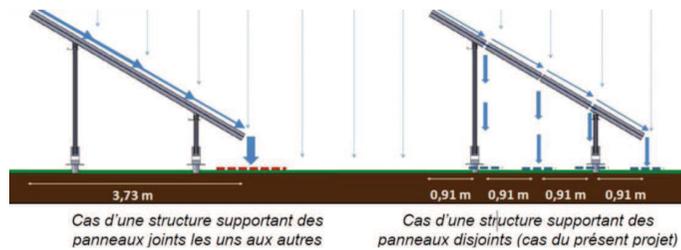


Figure 59 : Comportement de l'eau de pluie en fonction de la disposition des modules



Photo 20 : Exemples de structures porteuses  
Source : JPEE

□ Variante « structures mobiles »

Dans cette variante, les panneaux photovoltaïques sont disposés sur des structures mobiles, alignées selon un axe Nord-Sud, et qui s'inclinent tout au long de la journée pour suivre la course du soleil. Ils sont ainsi orientés à l'Est le matin à une inclinaison de 50° par rapport à l'horizontale, positionnés à l'horizontale à midi, et inclinés à l'Ouest à 50° le soir.

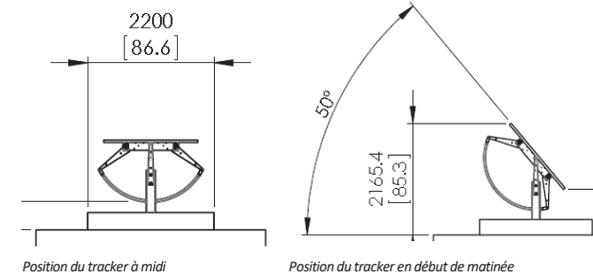


Figure 60 : Alignement des trackers mono-axe en fonction de la période de la journée  
Source : EXOSUN

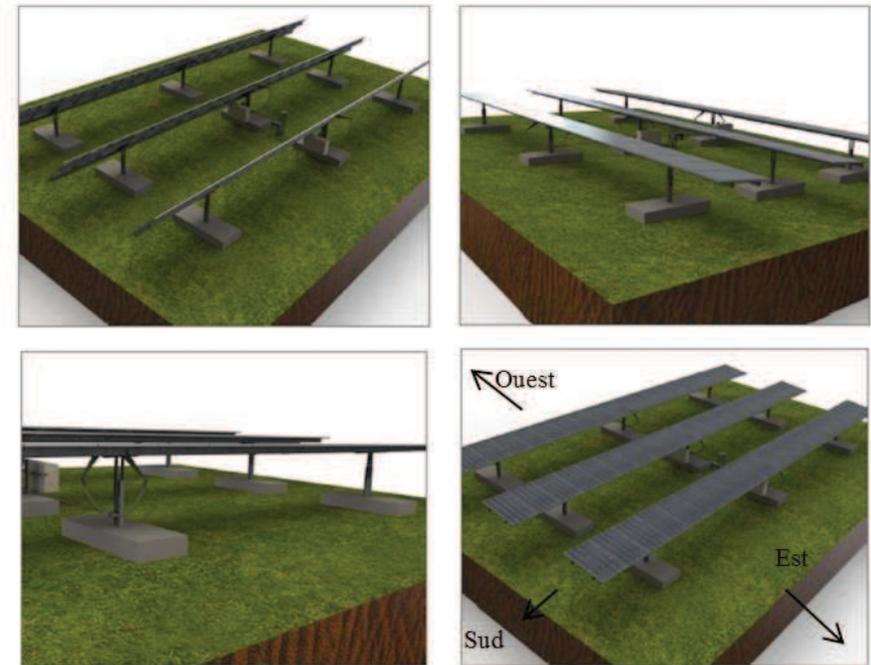


Figure 61 : Modélisation des trackers mono-axe  
Source : EXOSUN

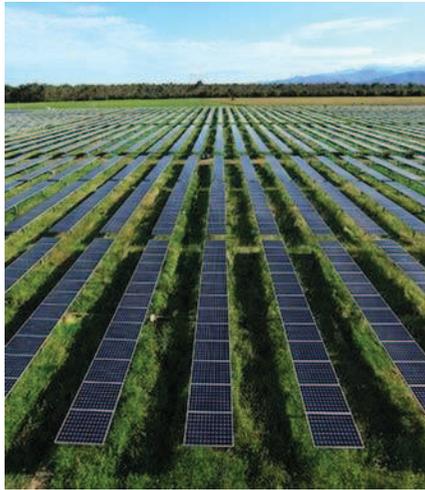


Photo 21 : Exemples de trackers mono-axe

Source : EXOSUN

□ **Variante retenue**

Parmi ces deux variantes, **c'est la variante avec les structures fixes qui a été retenue**. Ce choix est basé sur des critères économiques et de retours d'expérience.

Cependant, en fonction des évolutions technologiques et opportunités apportées par les prochains appels d'offres, le recours à la technologie trackers mono-axe n'est pas exclu.

#### 4.4.3. LES FONDATIONS

Les fondations classiques sont de type pieux battus ou vis (possibles sur des terrains naturels). Mais pour le projet de Melle, étant donné qu'il s'agit d'un ancien centre d'enfouissement technique, les fondations seront de type gabions ou longrines béton, afin de ne pas endommager la couverture imperméable mise en place au-dessus des déchets.

Les fondations seront de type « non-intrusif ». Les gabions ou longrines en béton seront soit déposés sur la couverture existante soit légèrement enterrés dans le sol (léger décaissement nécessaire).



Photo 22 : Exemples de fondations de type « gabions » utilisées pour supporter les structures porteuses

Source : JPEE

Pour compenser d'éventuels mouvements latéraux, les tables composant les rangées seront toutes disjointes d'une vingtaine de centimètres. Cette disposition permettra également à la structure porteuse de supporter d'hypothétiques tassements différentiels liés à la présence de déchets et à la mise en place d'une couverture sur le dôme.



Photo 23 : Exemples de fondations de type « longrines » utilisées pour supporter les structures porteuses  
Sources : JPEE

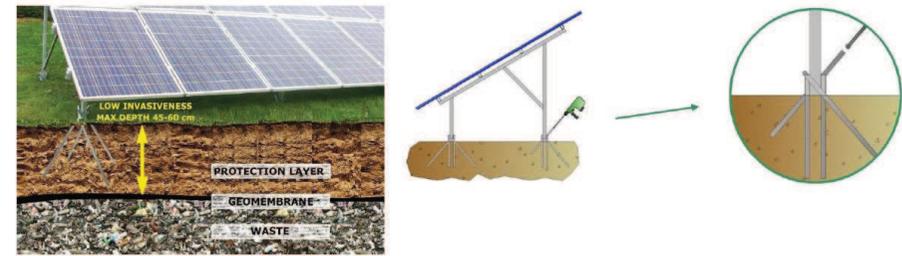


Photo 24 : Fondations semi-enterrées  
Source : TreeSystem

#### 4.4.4. LES CABLES

Sur le parc, différents types de câbles électriques sont disposés pour récupérer et transporter l'énergie électrique produite par les panneaux. Ils peuvent être soit aériens, soit enterrés :

##### → Les câbles solaires à l'air libre :

Les câbles solaires, non enterrés, sont ceux qui relient les panneaux les uns aux autres et qui acheminent l'électricité jusqu'aux boîtes de jonctions. Situés sous les rangées de panneaux, ils restent à l'air libre et ne sont pas susceptibles d'abîmer la couverture de terre végétale.



Photo 25 : Exemple d'un câble solaire et de son connecteur



Figure 62 : Exemple de positionnement de longrine en béton par décaissement  
Source : JPEE

Un autre type de fondation est possible, il s'agit de fondations semi enterrées non-intrusives développées spécifiquement pour les anciennes décharges avec membrane. Le système d'ancrage oblique permet d'éviter de percer la géomembrane posée sur les déchets. Cette solution sera envisagée suivant les résultats de l'étude géotechnique.

##### → Les câbles cheminant entre les boîtes de jonctions et les onduleurs

Ces câbles permettent d'acheminer le courant électrique des boîtes de jonction vers les onduleurs.

##### → Les câbles cheminant entre les onduleurs, les transformateurs et le poste de livraison

Les liaisons électriques entre les postes de la centrale, et la liaison avec le réseau électrique public sont enterrées dans des tranchées (profondeur variant entre 20 et 80 cm).

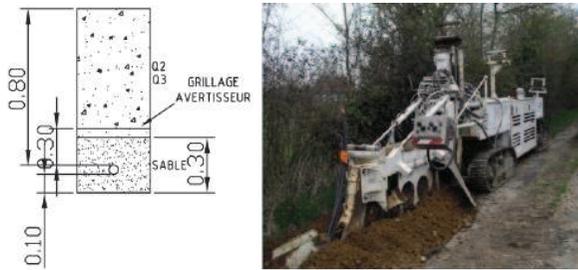


Figure 63 : Vue en coupe d'une tranchée et exemple de réalisation d'une tranchée de câbles  
Source : JPEE



Photo 27 : Exemples de postes de transformation en « container » ou « outdoor »  
Source : SMA

#### 4.4.5. LES LOCAUX TECHNIQUES

Les locaux techniques abritent le matériel électrique destiné à concentrer l'électricité (boîtiers de regroupements, TGBT) et à rendre ses caractéristiques compatibles avec les exigences du gestionnaire de réseau (élévation de la tension).



Photo 26 : Exemples de postes de transformation en préfabriqué  
Source : JPEE

Les locaux techniques sont soit des petits bâtiments préfabriqués ou maçonnés soit de simple container. Ils sont munis de systèmes d'aération et de ventilation très performants et garantissent une isolation du matériel électrique du milieu extérieur.

Les locaux sont fermés à clef et des affiches et équipements de secours (extincteur à poudre, gants isolants, perche etc.) sont disponibles à l'intérieur.

Les locaux abritent les équipements suivants :

- **Les onduleurs** : ils transforment le courant continu produit par les panneaux photovoltaïques en courant alternatif sinusoïdal synchronisé avec le réseau électrique public. Les onduleurs surveillent le réseau et se déconnectent en cas de problème. Ils surveillent également toutes les caractéristiques du courant avant et après transformation et transmettent ces informations au système de supervision du parc.
- **Le tableau général basse tension** : il met en parallèle toutes les sorties en courant alternatif des onduleurs. Un interrupteur sectionneur général est placé en aval des disjoncteurs divisionnaires qui protègent chaque onduleur.
- **Le transformateur** : il élève la tension de sortie des onduleurs à la tension du réseau de distribution. Il est séparé des onduleurs par une paroi, conformément à la réglementation. Des cellules HTA assurent sa protection électrique.

D'autres types de postes de transformation sont envisagés, il s'agit de postes « containers » (tout le matériel est inclus dans un container métallique) ou « outdoor » (matériel sur semelle de béton, sans cloison supplémentaire). Ils permettent de simplifier l'installation.

#### 4.4.6. LES POSTES DE LIVRAISON

Le poste de livraison est le bâtiment qui abrite les dispositifs de comptage de l'électricité produite et les protections électriques entre le réseau public et la centrale. C'est la limite de propriété entre l'exploitant de la centrale et le réseau public ENEDIS. C'est dans ce poste que se fait le raccordement avec le réseau public de distribution et donc la séparation du domaine public et du domaine privé.

Il s'agit également d'un local, disposé en limite de propriété et qui doit être accessible 24h/24 aux agents ENEDIS.

Le poste de livraison est un poste normalisé qui comprend des aérateurs, un cuvelage enterré avec entrées de câbles, et des équipements réglementaires en ce qui concerne l'éclairage, les accessoires de sécurité, les protections et masses.

La fondation du poste est intégrée au bâtiment, en soubassement, ce qui le rend amovible. Le poste sera posé sur une assise stabilisée et aplanie, décaissée de par rapport au terrain naturel. Un remblai de terre, disposé tout autour du poste, permettra par la suite de rehausser le niveau du sol au niveau du plancher du poste et d'enterrer le vide technique.

**Pour le projet de Melle, il est prévu l'implantation d'un poste de livraison près de l'accès nord, en limite de la déchetterie.**



Photo 28 : Exemple de poste de livraison  
Source : JPEE

#### 4.4.7. LES PISTES ET CHEMINS D'ACCES

A l'intérieur de l'enceinte du parc, deux types de pistes existent déjà ou seront aménagés :

- **des pistes « lourdes »** d'une largeur d'environ 5 m, dimensionnées pour accueillir la circulation des véhicules lourds,
- **Plusieurs chemins** dimensionnés pour la circulation des véhicules légers amenés à intervenir sur le site (voitures, 4x4, quad,...) et des engins d'intervention des secours.

#### 4.4.8. LES CLOTURES, ACCES ET DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE

Un dispositif de détection des intrusions est mis en place en périphérie du site et au niveau des locaux techniques. Ce dispositif permet de donner l'alerte à l'exploitant et à une société de gardiennage en cas de tentative d'intrusion. Plusieurs dispositifs existent, les principaux étant les barrières infrarouge, les câbles choc et les caméras infrarouge.

Des caméras de lever de doute permettent de réaliser un premier diagnostic à distance lors du déclenchement d'alarme.

Les clôtures mises en place sont en général en treillis soudé (grillage souple plastifié) de couleur verte, et d'une hauteur de 2 m. La maille de la clôture est telle qu'elle permet d'éviter toute intrusion humaine ou animale (animaux de grandes tailles de type sangliers, chevreuils, etc. la faune de petite et moyenne taille conservant un accès au site). La clôture existante sera réutilisée dans la mesure du possible.

L'accès au site se fera au niveau du portail existant au nord-ouest du site.



Photo 29 : Exemples de clôtures de sites photovoltaïques

Source : JPEE



Photo 30 : Exemples de portails d'accès aux sites photovoltaïques et

Source : JPEE



Photo 31 : Exemples de portails d'accès aux sites photovoltaïques et

Source : JPEE

#### 4.4.9. DEVENIR DES INSTALLATIONS EN FIN D'EXPLOITATION

A l'issue de la durée initiale, le bail peut être prorogé en cas de volonté de reconduire l'exploitation de la centrale ou de la rénover (changement de matériel).

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 programmes de recyclage spécifiques des fabricants de panneaux (voir ci-dessous et en annexe 8.4 page 170).

PV CYCLE France 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<sup>6</sup>, PV CYCLE France SAS 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, PV CYCLE France 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, PV CYCLE est seul système collectif dédié aux panneaux photovoltaïques en Europe à opérer à l'échelle industrielle.

La collecte et le recyclage des panneaux via PV Cycle est financé par une éco taxe sur les panneaux, payée lors de l'achat.

PV Cycle est déjà présent en Allemagne, en Italie, en Espagne et au Royaume-Uni. En février 2013, l'entreprise avait à son compteur 6.000 tonnes de panneaux récupérés et traités. Elle mise sur un volume de 130.000 tonnes en 2030. 90 à 97% des constituants des panneaux peuvent être recyclés, suivant les technologies utilisées.

<sup>6</sup> Arrêté du 24 décembre 2014 portant agrément de l'organisme PV CYCLE en tant qu'éco- organisme pour la filière des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers en application des articles R. 543-189 et R. 543-190 du code de l'environnement



## 4.5. DESCRIPTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DU PROJET

La phase de construction d'une centrale photovoltaïque est en général assez courte. En effet, les dispositifs tarifaires actuels des appels d'offres CRE, impliquent que la centrale soit terminée dans les 24 mois suivant la date de désignation formulée par le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Ces dispositions viennent s'ajouter aux dispositions existantes de validité des permis de construire (2 ans + prorogations qui peuvent être multiples, jusqu'à 10 ans) et ne prennent pas en compte les délais nécessaires au raccordement au réseau électrique. Il est donc fréquent de voir les chantiers se réaliser dans des délais extrêmement courts, avec une multiplication des équipes qui travaillent en parallèle, rendue possible par la surface importante des terrains concernés.

A titre d'exemple, les projets photovoltaïques de Casteljaloux (4,5 MWc) et Carcen Ponson (8,3 MWc), portés tous deux par JPEE, ont été construits en 4 mois.

### 4.5.1. PREPARATION DU SITE, CONSTRUCTION ET INSTALLATION DE LA CENTRALE

La construction de l'installation photovoltaïque, dès lors que toutes les approbations et permis auront été obtenus, se déroulera en deux phases : la préparation du site, puis la construction et l'installation des modules solaires et des composants électriques.

Les engins de chantier nécessaires à la construction de l'installation photovoltaïque sont les suivants : des manuscopiques, des grues mobiles et automotrices, des niveleuses, des bulldozers, des tombereaux, des pelles mécaniques, des tracteurs et des tarières pour forer les trous, des petites pelles équipées d'un marteau pilon, des chargeuses, des manitous.

#### □ **Préparation du site**

La préparation du site concerne les travaux de mise en place des accès et plates-formes, de préparation des fondations pour l'ancrage des structures. La base de vie sera installée pendant toute la durée du chantier pour accueillir les différentes équipes travaillant sur le chantier. Ces travaux préparatifs du terrain sont très limités compte tenu de la configuration du site et des nombreux aménagements existants (en particulier pistes et zones stabilisées). Il n'y a donc aucune préparation du sol à prévoir pour les fondations, simplement des piquetages pour repérer les emplacements des tables et fondations.

La base de chantier sera équipée d'un dispositif de récupération des effluents.

#### □ **Construction et installation des modules solaires et des composants électriques**

Les travaux d'installation des modules solaires seront réalisés selon l'enchaînement des opérations suivantes :

- Approvisionnement en pièces.
- Montage des structures
- Pose des modules
- Ensuite commenceront les travaux du réseau de câbles enfouis, spécifique au parc photovoltaïque. Ce réseau comprend les câbles électriques de puissance et les câbles de communication (dispositifs de télésurveillance, etc. ...).

Les travaux comprennent aussi :

- Le raccordement du parc (câblage électrique et téléphonique)
- La réalisation des accès VRD
- La mise en place des clôtures
- Les relevés de niveaux
- L'installation du poste de livraison
- La mise en place des équipements annexes (vidéosurveillance)

La phase d'installation des postes de transformation et de livraison comprendra le creusement des tranchées et la mise en place de fourreaux devant accueillir les câbles électriques. Les postes techniques seront acheminés sur le site par convoi et installés sur les fondations prévues à cet effet.

#### □ **Tests et mise en service**

Avant la mise en service de la centrale photovoltaïque, des tests préalables seront réalisés. La durée prévisionnelle de cette phase est de 4 semaines.

#### □ **Remise en état du site en fin de chantier**

En fin de chantier, les aménagements temporaires (zone de stockage...) éventuellement créés seront supprimés et le sol sera remis en état.

### 4.5.2. LES MODALITES D'EXPLOITATION DU PARC PHOTOVOLTAÏQUE

La centrale photovoltaïque sera exploitée sur une durée minimum de 20 ans, avec possibilité de prolongement. En dehors des opérations de maintenance exceptionnelles (remplacement de panneaux, d'onduleurs...), une maintenance courante aura lieu pour :

- **Vérification périodique des installations** : vérification régulière du bon fonctionnement des installations électriques du site (vidéosurveillance, moteurs, onduleurs, ...),
- **Remplacement ponctuel des éléments électriques** à mesure de leur vieillissement,
- **Entretien des éléments mécaniques de la centrale** : Quelques-uns des panneaux devront être remplacés tout au long de la vie de la centrale. En effet des panneaux pourront présenter des dysfonctionnements du fait d'un choc thermique, d'un choc mécanique ou d'une anomalie de fabrication. Les dispositifs de sécurité c'est-à-dire de détection d'intrusion et de protection incendie seront régulièrement contrôlés et maintenus en bon état de marche.
- **Nettoyage des modules et inspection visuelle** : si de manière générale le nettoyage des panneaux s'effectuera «naturellement» grâce à l'action des précipitations, il pourra être complété en cas de besoin ponctuel par une intervention consistant en un lavage à l'eau claire n'utilisant aucun produit nocif pour l'environnement et agréé comme tel.
- **Entretien de la végétation du site.**

## 4.6. OUTILS DE SUIVI ET D'EXPLOITATION

### 4.6.1. TELESUIVI PHOTOVOLTAÏQUE

Un automate de télésuivi devra être installé pour suivre le fonctionnement du générateur solaire photovoltaïque. Le but de cet outil est de détecter au plus tôt les dysfonctionnements de l'installation pour pouvoir, via une société de maintenance ou directement par le Maître d'Ouvrage, faire corriger les problèmes.

Le système de télésuivi doit permettre de contacter la société de maintenance ainsi que le maître d'ouvrage immédiatement après la détection de défaut, par envoi de SMS, courriel ou fax.

Les données mesurées de production et de puissance de la centrale seront comparées aux données théoriques de fonctionnement, recalculées en fonction des caractéristiques de la centrale et en fonction des données d'ensoleillement et de température mesurées sur site, garantissant ainsi un fonctionnement optimal. Des alarmes sont générées automatiquement en cas d'anomalie et vérifiées par un ingénieur avant d'être envoyées au Maître d'ouvrage et à l'entreprise en charge de la maintenance pour intervention si nécessaire (au plus tard sous 48h).

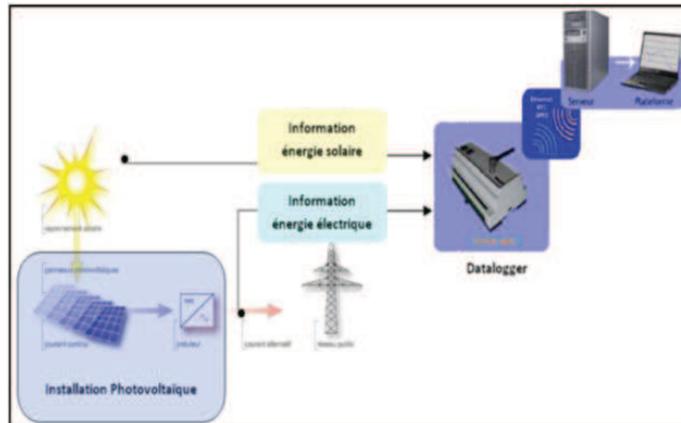


Figure 65 : Principe de fonctionnement du télésuivi photovoltaïque

Le Maître d'ouvrage ainsi que l'entreprise désignée pour la maintenance auront leur propre accès sur le portail de télésuivi pour suivre les courbes de fonctionnement de la centrale, y enregistrer l'ensemble des événements et interventions qui s'y rattachent, créer des graphes personnalisés, éditer les rapports de fonctionnement mensuels et annuels, et éditer les factures.

### 4.6.2. L'EXPLOITATION : LE SCADA

En complément du télésuivi photovoltaïque la centrale devra être équipée d'un automate de télégestion synchrone. Cet automate peut être le même que celui décrit dans la partie précédente et intégrer les fonctions de pilotage des onduleurs.

Les objectifs minimaux d'un système de télégestion SCADA sont les suivants :

- Concentrer les données mesurées dans le poste de livraison, déporter et centraliser le pilotage du procédé,
- Apporter une vision temps réel (synoptique synchrone) des états du poste de livraison et des postes de transformation, de l'état du DEIE, permettant aux opérateurs de réagir et de décider rapidement (synoptique dynamique des installations, ...),

- Apporter les premiers outils d'analyses nécessaires aux contrôles des équipements concernés (historiques, courbes, alarmes, login).

### 4.6.3. TELECOMMUNICATION ET RESEAU INFORMATIQUE

Pour les besoins de suivi et d'exploitation de la centrale, le site devra être raccordé au réseau de télécommunication :

Pour ENEDIS :

- 1 ligne téléphonique dédiée à la télé-relève du compteur Enedis situé dans le PDL (rétrocédée à Enedis),
- 1 ligne téléphonique dédiée à la conduite du réseau via le DEIE (rétrocédée à ENEDIS),

Pour le suivi et l'exploitation de la centrale. :

- 1 ligne téléphonique privée et 1 modem ADSL ou 1 modem GSM,
- 1 routeur industriel (réseau informatique interne).

Le coût de raccordement de lignes téléphoniques est à la charge du Maître d'ouvrage.

## 4.7. BILAN ECONOMIQUE

Le coût d'investissement d'une centrale photovoltaïque au sol sur structure fixe -hors raccordement au réseau électrique et frais de financement-, est d'environ 1€/Wc. L'investissement pour le projet de centrale solaire imaginé serait de l'ordre de **2 M€**. Ces couts d'investissements différent selon la technologie retenue et évoluent rapidement dans le temps. Ainsi, entre 2008 et 2014, le coût d'investissement a été divisé par 5, principalement du fait d'une diminution très importante du prix des panneaux photovoltaïques.

Le coût d'un générateur photovoltaïque comprend les éléments suivants :

### → Coût des travaux :

- Fourniture et pose des structures, des fondations,
- Fourniture et pose des modules photovoltaïques,
- Raccordements, incluant boîtes de jonction, chemins de câbles, câbles et connexions.
- Coffrets électriques de protection,
- Onduleurs, transformateur et cellules HTA,
- Locaux techniques, à construire ou préfabriqués,
- Appareils de mesure et système de suivi,
- Main d'œuvre,

### → Coût d'ingénierie :

- Dossier de réponse à l'AO CRE
- Maitrise d'œuvre (BE, Architecte, OPC)
- CSPS, bureau de contrôle

### → Coût supplémentaires d'investissement :

- Aléas et travaux divers,
- Assurances (Responsabilité Civile Chantier)
- Taxe d'aménagement : généralement 2% à 4% de l'assiette pour les centrales au sol,
- Coût des travaux de raccordement au réseau public de distribution (évalué par ENEDIS après demande de raccordement ou étude de faisabilité du raccordement au réseau public de distribution, dont 20€/kW selon le S3REnR).

A ces coûts d'investissement à engager au début du projet doivent s'ajouter les charges annuelles d'exploitation de la centrale.

### → Charges annuelles :

- Location du compteur ENEDIS : ~2 500 € pour les installations supérieures à 250 kW.
- Exploitation et maintenance,
- Télésuivi de l'installation,
- Assurances RC et pertes d'exploitation,
- Frais de gestion (facturation)

### → Taxes :

- Impôt sur les sociétés,
- Taxes Foncières sur les Propriétés Bâties (TFPB),
- Contribution Économies Territoriales (CET) :
  - Cotisation Foncière des Entreprises (CFE),
  - Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises (CVAE),
  - Impôts Forfaitaire sur les Entreprises réseaux (IFER).