



Centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg

Note en réponse à l'avis formulé le 08/07/2025 par la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MRAE) du Grand Est

31/07/2025

Maître d'ouvrage : **SAS Centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg**

Le contenu de ce rapport ne pourra pas être utilisé par un tiers en tant que document contractuel. Il ne peut être utilisé de façon partielle, en isolant telle ou telle partie de son contenu.

Le présent rapport est protégé par la législation sur le droit d'auteur et sur la propriété intellectuelle. Aucune publication, mention ou reproduction, même partielle, du rapport et de son contenu ne pourra être faite sans accord écrit préalable du Maître d'ouvrage.

Dossier suivi par : Delphine COLIN - Directrice d'agence
Email : delphine.colin@edf-power.com
Tél : 06 34 99 45 53
EDF power solutions
Agence de Strasbourg
8 rue Gustave Adolphe Hirn
67000 STRASBOURG

N'imprimer ce document que si vous en avez l'utilité.

Table des matières

1.	Préambule.....	3
2.	Raccordement au réseau	3
3.	Recherche de sites alternatifs	4
4.	Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la lutte contre le réchauffement climatique.....	10
5.	Les milieux naturels	13
6.	La ressource en eau	14

1. Préambule

L'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement désignée par la réglementation, dite « Mission Régionale d'Autorité Environnementale » (MRAE) a émis un avis le 08 juillet 2025 (n°MRAE 2025APGE69) portant sur les demandes de permis de construire et d'autorisation environnementale de la centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg.

La note suivante est une réponse à cet avis, dans laquelle chaque remarque de l'avis détaillé de l'Autorité Environnementale est reprise, traitée et étayée avec un complément d'information si nécessaire, afin que le dossier présenté à l'enquête publique soit le plus complet possible et réponde à l'ensemble des interrogations soulevées par l'administration.

Le porteur de projet s'est appuyé sur l'expertise et les études techniques des différents bureaux d'études (ORA environnement, Ecosphère, Ingetec, Antea, Pink Strategy, Solaïs), ayant contribué à l'étude d'impact environnementale et à l'autorisation environnementale du projet et/ou aux compléments apportés depuis.

Dans la présente, les extraits de l'avis de la MRAE sont encadrés en noir, suivis des éléments de réponses du pétitionnaire.

Enfin, pour information : à compter du 17 juin 2025, EDF Renouvelables et la Direction Internationale d'EDF deviennent EDF power solutions. Le maître d'ouvrage, à savoir la SAS centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg, est inchangé.

2. Raccordement au réseau

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p7-8) :

Raccordement au réseau

Selon le dossier, le raccordement au réseau électrique se fera sur le poste source d'Altorf distant de 4,4 km.

L'Ae rappelle que les travaux de raccordement font partie intégrante du projet (article L.122-1 III du code de l'environnement⁵) et que, si ces derniers ont un impact notable sur l'environnement, ils devront faire l'objet d'un complément à l'étude d'impact évaluant les impacts et proposant des mesures d'évitement, de réduction et le cas échéant de compensation de ceux-ci. Ce complément éventuel devra être transmis à l'Ae pour avis préalablement à la réalisation des travaux de raccordement (article L.122-1-1 III du code de l'environnement⁶) et doit intégrer dans l'étude d'impact le tracé du raccordement définitif, même si celui-ci devait être différent de celui prévu actuellement.

Le dossier ne mentionne pas la cohérence de ce raccordement avec le Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR) de la région Grand Est approuvé par la Préfète de région le 1^{er} décembre 2022.

L'Ae recommande au pétitionnaire de vérifier la compatibilité du raccordement envisagé avec le Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR) de la région Grand Est.

Eléments de réponse :

Au stade de l'instruction de la demande de permis de construire, il est impossible de connaître avec certitude la solution et le tracé de raccordement définitif qui sera mis en place in fine par Strasbourg Electricité Réseaux.

En effet, conformément à la procédure de traitement des demandes de raccordement¹, la copie de l'arrêté de permis de construire est une des pièces constitutives et donc un pré-requis à une Demande Complète de Raccordement (DCR). En outre, seule la complétude d'une DCR permet de réserver les capacités d'accueil d'un poste source et donc de figer la solution de raccordement d'une installation.

Par conséquent, tant que le permis de construire n'est pas délivré, la DCR jugée complète, et la Proposition Technique et Financière (PTF) reçue en retour signée, la solution de raccordement peut évoluer.

En revanche, suite à la signature de la PTF, le gestionnaire de réseaux réalisera une étude de réalisation et consultation en vue de définir notamment le tracé de raccordement définitif entre le poste source et les postes de livraison de la centrale solaire. Le raccordement « externe » de la centrale sera alors réalisé sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire de réseaux local Strasbourg Electricité Réseaux et fera l'objet d'une instruction séparée conformément à l'article R 323-25 du code de l'Energie. Cette instruction recueillera l'ensemble des avis émis par les services consultés pour le tracé définitif et la mise en œuvre du raccordement.

Par rapport à la compatibilité du raccordement envisagé avec le S3REnR, celui-ci est développé en fonction des gisements mais ne constitue pas un plan de développement des projets. Aussi, les capacités attribuées lors de son élaboration sont susceptibles d'être réattribuées en fonction des projets autorisés.

Néanmoins, une Proposition Technique et Financière Avant Complétude (PTFAC) établie par Strasbourg Electricité Réseaux en février 2025 propose bien une solution de raccordement au poste source d'Altorf, et indique que celle-ci s'inscrit dans le S3REnR de la région Grand Est validé le 01/12/2022.

En conclusion, bien que la solution de raccordement définitif ne puisse être déterminée qu'après l'obtention du permis de construire et la validation de la Demande Complète de Raccordement, la Proposition Technique et Financière Avant Complétude fournie par Strasbourg Electricité Réseaux en février 2025 indique que le raccordement du projet au poste source d'Altorf est possible et compatible avec le S3REnR de la région Grand Est en vigueur. De plus les travaux liés au raccordement externe de la centrale seront réalisés sous la maîtrise d'ouvrage de Strasbourg Electricité Réseaux et feront l'objet d'une instruction séparée qui recueillera l'ensemble des avis émis par les services consultés pour le tracé définitif et la mise en œuvre du raccordement.

3. Recherche de sites alternatifs

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p8) :

Recherche des sites alternatifs

Le dossier indique que le pétitionnaire a engagé une démarche amont de prospection dans le but d'identifier des terrains sur d'autres sites adaptés à la construction de centrales photovoltaïques. L'examen du secteur a permis d'identifier 9 sites potentiels au niveau de l'Eurométropole de Strasbourg. À l'issue de cette prospection, le site retenu est apparu comme étant le plus

¹ Cf. § 6.1.2. Contenu de la demande de raccordement de la procédure de traitement des demandes de raccordement disponible via ce lien : <https://www.enedis.fr/media/2173/download> qui précise :

« La demande de raccordement doit comprendre la ou les fiches de collectes nécessaires au raccordement de l'Installation ainsi que l'ensemble des documents et informations listés dans celles-ci. De plus, Enedis requiert la transmission de l'un des documents administratifs suivants qui est spécifique à chaque type d'Installation :

— pour les installations soumises à permis de construire : **une copie de la décision accordant le permis de construire en cours de validité** (notamment pour les installations photovoltaïques au sol, de puissance-crête supérieure à 250 kWc, projets éoliens de hauteur supérieure à 12 mètres...), tel que mentionné à l'article R. 424-10 du Code de l'urbanisme, ou du certificat prévu par l'article R. 424-13 du même code ; [...] »

favorable pour un projet photovoltaïque, les 8 autres sites ont été rejetés en raison de leur taille jugée trop petite ou de leur caractère agricole. Le pétitionnaire développe quatre scénarios d'implantation sur le même site en concluant que la solution retenue est celle qui préserve au mieux l'environnement et qui est compatible avec la navigation aérienne. Selon le dossier elle évite en partie la zone humide de 0,49 ha localisée au sud de la ZIP.

L'Ae s'est fortement interrogée sur le choix du pétitionnaire d'installer des panneaux solaires sur un site situé sur des espaces semi-naturels riches en biodiversité alors qu'il existe dans l'enceinte de l'aéroport d'importantes surfaces de parking sans ombrières photovoltaïques.

L'Ae recommande au pétitionnaire de :

- **détailler, pour le choix du site, son périmètre de recherche de surfaces artificialisées pour installer son projet de centrale photovoltaïque, dans l'esprit de la règle n°5 du SRADDET d'implantation prioritaire sur des sites dégradés, et non au détriment des fonctions écosystémiques des espaces naturels, agricoles ou forestiers ;**
- **puis analyser et comparer les différents sites possibles (y compris les surfaces de parking sans ombrières photovoltaïques disponibles dans l'enceinte de l'aéroport), en application de l'article R.122-5 II 7° du code de l'environnement, sur la base d'une comparaison multi-critères permettant de démontrer que le site retenu est celui de moindre impact environnemental.**

Eléments de réponse :

• **Rappel du contexte particulier de ce projet :**

Pour lutter contre le réchauffement climatique, le développement des énergies renouvelables est crucial. C'est pourquoi, dans un souci de promouvoir l'emploi, la souveraineté énergétique et la cohésion des territoires, le gouvernement a lancé en 2018 la démarche « Place au soleil » pour accélérer le développement du solaire en France. Cette initiative a mobilisé les détenteurs de grands fonciers artificialisés inutilisés, comme le ministère des Armées, afin de produire de l'énergie solaire. Ce dernier s'est engagé à mettre à disposition plus de 2 000 hectares de terrains avant 2025 pour le développement de projets photovoltaïques, concrétisé par des Appels à Manifestation d'Intérêt lancés au niveau national.

C'est dans ce cadre qu'EDF Renouvelables (devenu EDF power solutions) a été désigné lauréat en avril 2021 par le ministère des Armées pour développer, construire et exploiter un projet photovoltaïque sur le site de la zone de desserrement de Strasbourg, adjacent aux terrains de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

En d'autres termes, **c'est sur l'impulsion du gouvernement que ce site a été libéré par le ministère des Armées, spécifiquement pour y développer une centrale solaire au sol.**

• **Concernant la règle n°5 du SRADDET du Grand Est :**

Celle-ci donne les préconisations suivantes pour ce qui concerne le solaire photovoltaïque : « Mobiliser toutes les surfaces potentiellement favorables au développement du PV en privilégiant et en facilitant l'installation sur les surfaces bâties (grandes toitures, bâtiments résidentiels, tertiaires, agricoles, industriels, etc.), et, pour les centrales au sol, les parking (ombrières) et les sites dits « dégradés* », dans le respect des servitudes de protection du patrimoine. Considérant l'importance du potentiel d'installation des panneaux photovoltaïques sur les espaces artificialisés ou sites dits dégradés, l'implantation de centrales au sol sur des espaces agricoles, naturels ou forestiers doit être exceptionnelle ou ne devra pas concurrencer ou se faire au détriment des usages agricoles et des fonctions écosystémiques des espaces forestiers, naturels et agricoles : Trame verte et bleue, prairies permanentes, espaces de respiration, etc. ; »

L'étude prospective de sites alternatifs est présentée en p13 du dossier de demande de dérogation au titre de la législation sur les espèces animales protégées. Celle-ci précise bien le périmètre de recherche utilisé, à savoir dans un rayon de 5km (à vol d'oiseau) autour du poste source d'Altorf, qui s'étend en partie sur les territoires de l'Eurométropole de Strasbourg, et des communautés de communes de la région de Molsheim-Mutzig, des portes de Rosheim et du Pays de Sainte-Odile.

De plus, cette recherche a été réalisée conformément aux préconisations de la règle n°5 du SRADDET, puisque :

- Elle a bien été effectuée en priorisant les sites dits « dégradés ». Ainsi, 158 sites ont ainsi été identifiés dans ce périmètre (répertoriés SIS, BASIAS, BASOL, friche ADEME, anciens sites militaires ou délaissé autoroutier).
- Parmi les 9 sites de plus d'un hectare qui n'abritent aucune activité industrielle, les sites n°2,3,5,6,7, et 8 ayant retrouvés un usage agricole ont néanmoins été écarté, afin de ne pas « *concurrencer ou se faire au détriment des usages agricoles* »
- Parmi 3 sites restants :
 - o Le n°1 a été écarté du fait de sa taille réduite (~1ha avec des bâtiments industriels) et de sa distance au poste source (6km en passant par la route) qui ne permet pas la réalisation d'un projet viable économiquement.
 - o Le site n° 8 est d'ores et déjà occupé par des ouvrages hydrauliques et semble pour les parties restantes reprendre un usage de culture agricole et n'a donc pas été retenu.
 - o Le site n°9, correspondant à la zone du projet a été retenu, car répondant à nombre de critères favorables pour l'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol. En effet, il s'agit bien d'un site dégradé, artificialisé sur une bonne partie de sa surface, bien situé par rapport aux possibilités de raccordement, d'une taille suffisante pour qu'un projet photovoltaïque soit viable, et qui plus est sur un site sans activité agricole et en zone urbanisée donc en dehors d'espaces naturels et forestiers.

Ainsi le site du projet retenu remplit l'ensemble des préconisations de la règle n°5 du SRADDET.

• **Concernant les surfaces de parking sans ombrières photovoltaïques de l'Aéroport de Strasbourg :**

Au sein du groupe EDF, le déploiement de projets photovoltaïques sur toiture ou ombrière ne relève pas des missions d'EDF power solutions, mais de celles d'Électricité de Strasbourg (ES) dans cette zone géographique.

Néanmoins, EDF power solutions (alors EDF Renouvelables) et Électricité de Strasbourg ont pris contact dès 2020 (avant le développement du projet de la zone de desserrement de Strasbourg) avec les services de l'aéroport pour envisager le déploiement de projets photovoltaïques (sol, toiture et/ou ombrière). Plusieurs réunions ont eu lieu, mais à ce jour, l'aéroport de Strasbourg n'a pas donné son accord pour le développement de tels projets, qui nécessiteraient en outre un investissement important de la part de l'aéroport.

Aussi, il est à noter que la puissance surfacique d'un projet photovoltaïque au sol diffère de celle d'une installation d'ombrières photovoltaïques. A titre d'exemple, le projet photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg affiche une puissance surfacique de 129 Wc/m² ², contre 105 Wc/m² en moyenne pour une ombrière de parking³. Ainsi, il faudrait environ 26 hectares de parkings pour atteindre une puissance équivalente. Or, les parkings de l'aéroport occupent une surface de l'ordre de 4,7 hectares, ce qui permettrait d'installer environ 4,9 MWc, soit 5,6 fois moins que la centrale au sol projetée. De plus, la présence de parkings souterrains dans certains secteurs pourrait rendre l'installation d'ombrières incompatible, car ces structures n'ont pas été conçues pour supporter le poids supplémentaire des installations photovoltaïques.

Par conséquent, **s'il est bien sûr pertinent d'équiper également les surfaces de parking disponibles de l'aéroport de Strasbourg, cela nécessite au préalable l'accord et l'investissement de l'aéroport pour l'envisager, conditions qui n'étaient pas réunies lors du démarrage du projet photovoltaïques de la zone de desserrement de Strasbourg. En tous les cas, cela ne remet pas en cause le choix du site de la zone de desserrement de Strasbourg pour y implanter une centrale photovoltaïque au sol.**

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p8) :

Par ailleurs, dans l'étude des alternatives, la technologie des panneaux photovoltaïques et leur système de fondation constituent également un choix devant être accompagné d'une analyse comparative des possibilités existantes de façon à démontrer que les panneaux eux-mêmes (mono-face/biface, monocristallins/cristallins multicouches, capacité à être recyclés facilement,

² Puissance surfacique de la centrale au sol = Puissance crête installée / surface clôturée soit 27 440 000 Wc / 212 500 m² = 129 Wc/m²

³ Source : Photovoltaïque.info - Estimer la puissance photovoltaïque

présence ou non de cadmium...) ou leur système de fondation (sur pieux, sur longrines, massifs ou plots en béton...) constituent un choix de moindre impact environnemental au regard des milieux environnants et de la présence d'une nappe d'eau souterraine à préserver.

L'Ae recommande au pétitionnaire de comparer les alternatives possibles pour les choix technologiques (choix des fondations pour les tables supports, choix des panneaux : la technologie des panneaux photovoltaïques à installer au regard du risque de pollution et par optimisation du rendement, et des possibilités de recyclage...) de façon à démontrer que l'aménagement du site et les choix technologiques, après une analyse multi-critères, sont de moindre impact environnemental.

Eléments de réponse :

- **Choix des panneaux photovoltaïques :**

Deux technologies, le silicium cristallin et les cellules à couche mince, dominent actuellement le marché.

Les cellules en silicium cristallin :

Ce type de cellule est constitué de fines plaques de silicium, un élément chimique très abondant et qui s'extraient notamment du sable ou du quartz. Le silicium est obtenu à partir d'un seul cristal ou de plusieurs cristaux : on parle alors de cellules monocristallines ou multi cristallines. Les cellules en silicium cristallin sont d'un bon rendement (de 14 à 15% pour le multi cristallin et de près de 16 à 19% pour le monocristallin). Elles représentent un peu moins de 90% du marché actuel.

Les cellules en couches minces :

Les cellules en couches minces sont fabriquées en déposant une ou plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support de verre, de plastique, d'acier... Cette technologie permet de diminuer le coût de fabrication, mais son rendement est inférieur à celui des cellules en silicium cristallin (il est de l'ordre de 5 à 13%). Les technologies les plus courantes produites industriellement sont :

- Le Silicium polycristallin en couche mince : constitué de minuscules grains de silicium polycristallin formant des cellules de 1 à 10 µm d'épaisseur pouvant être déposées en flux continu sur des substrats souples.
- Le Silicium micromorphe : cellule tandem de silicium amorphe et de silicium microcristallin obtenue par dépôt chimique en phase gazeuse de SiH₄ et H₂ activé par plasma, de rendement module 7 à 12 %.
- le Tellurure de Cadmium (CdTe), qui présente l'avantage d'une très grande stabilité dans le temps et d'un coût modéré ;
- le Cuivre/Indium/Sélénium (CIS), le Cuivre/Indium/Gallium/Sélénium (CIGS) et le Cuivre/Indium/Gallium/Disélenide/Disulphide (CIGSS), qui présentent les rendements les plus élevés parmi les couches minces mais à un coût plus élevé ;
- l'Arséniure de Gallium (Ga-As) dont le haut rendement et le coût très élevé conduisent à en réserver l'usage essentiellement au domaine spatial.

La technologie des cellules en couches minces connaît actuellement un fort développement, sa part de marché étant passée de 2%, il y a quelques années, à plus de 10% aujourd'hui.

De plus, il existe des panneaux photovoltaïques dits « bifaces », composés de cellules photovoltaïques qui captent l'ensoleillement sur les deux faces. Ces panneaux « recto-verso » augmentent la quantité d'énergie produite par panneau. Cette conception permet une production d'électricité 5 à 15 % supérieure à un panneau solaire classique.

Choix du pétitionnaire pour la centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg : **modules photovoltaïques bifaces monocristallin**, plus performants.

- **Capacités des panneaux photovoltaïques à être recyclés :**

Il est à noter que **le recyclage en fin de vie des panneaux photovoltaïques est obligatoire en France depuis août 2014**. La Directive Européenne sur les DEEE impose depuis 2018 un taux de collecte de 85% minimum et un taux de recyclage de 80% minimum. En France, l'organisme SOREN (ex PV cycle) gère la collecte, le transport des panneaux

photovoltaïques en fin de vie vers les usines spécialisées dans la déconstruction et la réutilisation de ceux-ci.

Aujourd'hui, le taux moyen de valorisation des panneaux solaires est de 94%⁴.

Pour cela, il existe plusieurs méthodes de recyclage des panneaux usagés, en fonction de leur technologie et de leur état.

Un panneau photovoltaïque cristallin (mono ou poly) est composé d'un élément chimique : le silicium cristallin. Pour le recycler, il existe deux méthodes de traitement : le broyage et la délamination.

Le recyclage des panneaux solaires photovoltaïques par broyage :

La première méthode de recyclage des panneaux photovoltaïques cristallins est le broyage. Cette technique intervient notamment sur des panneaux photovoltaïques trop usagés (par exemple ayant une vitre de verre cassée). **Cette méthode est à date la plus utilisée en France et vise à fragmenter le panneau pour faciliter la séparation des composants hétérogènes** grâce à différentes étapes.

Après la réception et la dépalettisation des panneaux sur le centre de traitement, le pré-démantèlement est opéré. Les câbles, boîtiers de jonction et cadre d'aluminium sont retirés. Les boîtiers de jonction sont recyclés et utilisés pour de petits appareils ménagers tandis que le cadre d'aluminium part en fonderie.

Les plaques laminées isolées, la phase de broyage débute fragmentant les particules de différentes tailles (criblage). Le tri progressif permet ensuite de séparer chaque fraction tout au long de la chaîne de recyclage.

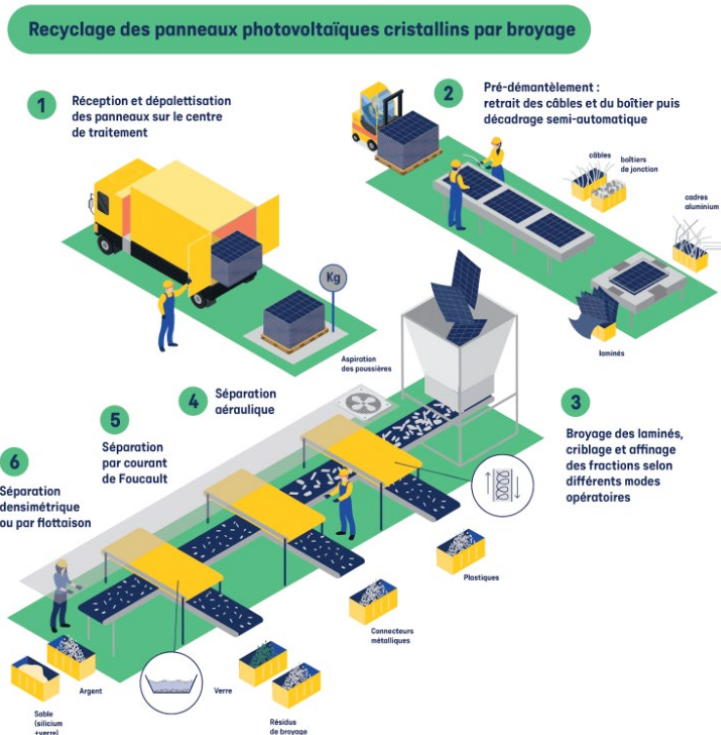
L'aéraulique est la première séparation. Celle-ci permet le tri des déchets en fonction de leur masse. Les particules fines sont alors aspirées et séparées du reste des composants. La séparation suivante, nommée densimétrique ou par flottaison, trie les déchets en fonction de leur densité à l'aide d'un fluide transporteur. Une opération isole le plastique, le cuivre étamé et les feuilles métallisées (contenant de l'argent). La dernière séparation s'effectue par courant de Foucault pour séparer les éléments métalliques non-ferromagnétiques. Le cuivre étamé et les résidus d'aluminium sont alors récupérés de même que le verre.

À la fin de ce processus de broyage, des fractions de matières séparées sont obtenues. Celles-ci sont maintenant prêtes à être réintégrées comme matières premières secondaires dans la fabrication de nouveaux matériaux.

Une vidéo présentant ce procédé est disponible via ce lien : <https://youtu.be/6oLdXVjf-3U>

Le recyclage des panneaux solaires photovoltaïques par délamination :

La seconde technique de recyclage est la délamination. **Cette technique rend possible un recyclage des panneaux photovoltaïques à très haute valeur ajoutée en récupérant un maximum de composants.** C'est une innovation majeure puisque la France est le premier pays au monde à pouvoir recycler des panneaux solaires photovoltaïques avec la technique de délamination par lame chaude de manière industrielle.



⁴ Source : <https://www.soren.eco/mieux-connaître-la-filière/comment-les-panneaux-solaires-photovoltaïques-sont-ils-recycles/>

Cette méthode novatrice de recyclage consiste à séparer (dans la longueur) la plaque de verre des cellules photovoltaïques (multi-couches qui produisent l'électricité) grâce à une lame chauffée à 300°.

Cette séparation permet de récupérer les plaques de verre intactes et sans impuretés. Celles-ci sont réemployées pour produire notamment des vérandas, verres plats, fenêtres... Du côté des cellules photovoltaïques, elles subissent un procédé thermique (traitement à hautes températures) pour isoler les métaux. Puis s'enchaîne le traitement des particules par chimie douce permettant la séparation et récupération des fractions d'argent, de silicium et de cuivre tout en préservant leur pureté. Ces métaux caractérisés par une forte demande sont réintégrés comme matières premières secondaires dans la fabrication de nouveaux matériaux. Par exemple, le cuivre peut être employé dans des équipements électriques, le silicium dans des moteurs de voiture ou encore l'argent dans des semi-conducteurs.

Cette technique unique de valorisation est une véritable avancée dans le traitement circulaire des panneaux solaires.

De manière globale, grâce à ces deux techniques de recyclage des panneaux photovoltaïques, des matières sont réinjectées dans le circuit productif pour créer une véritable économie circulaire.

Une vidéo présentant ce procédé est disponible via ce lien : <https://youtu.be/dd03HNAkAcQ>

En outre, le §9.3.2 en p 53 de l'étude d'impact détaille les modalités de recyclage des différents composants de la centrale photovoltaïque.

• Choix des fondations :

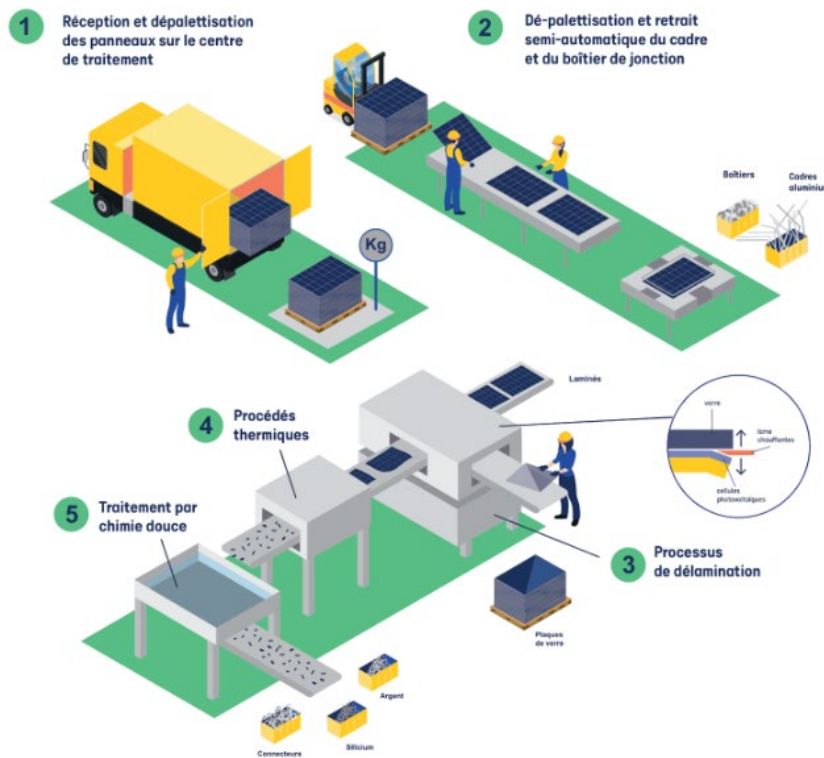
Les choix techniques relatifs aux fondations sont présentés en p38 de l'étude d'impact environnementale.

Le choix du type de fondation dépend des caractéristiques du site. Selon la qualité géotechnique des terrains ou encore les sensibilités environnementales du site, des fondations enterrées (pieux en acier battus, micropieux ou vissés dans le sol) ou superficielles (longrines en béton ou gabions) sont mises en place.

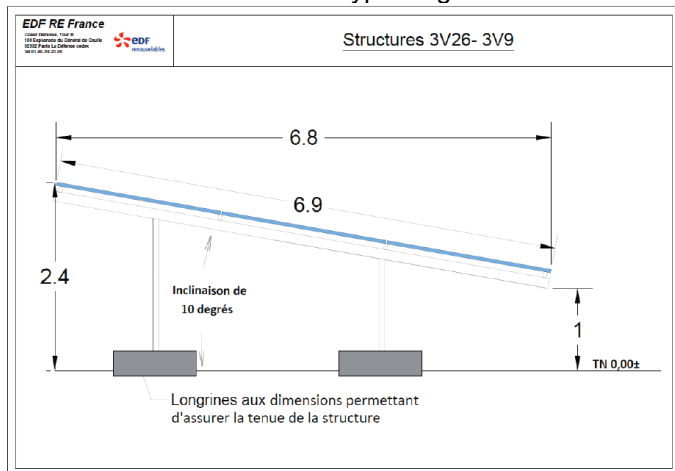
Pour le projet de la zone de desserrement de Strasbourg, le choix des solutions techniques retenues pour ancrer les structures au sol doit être adapté à la diversité des sols. Ainsi, à ce stade du projet, et sans étude géotechnique plus poussée, le type de fondation n'est pas totalement arrêté.

Les schémas ci-dessous représentent les plans en coupe des différents types de fondation envisageables :

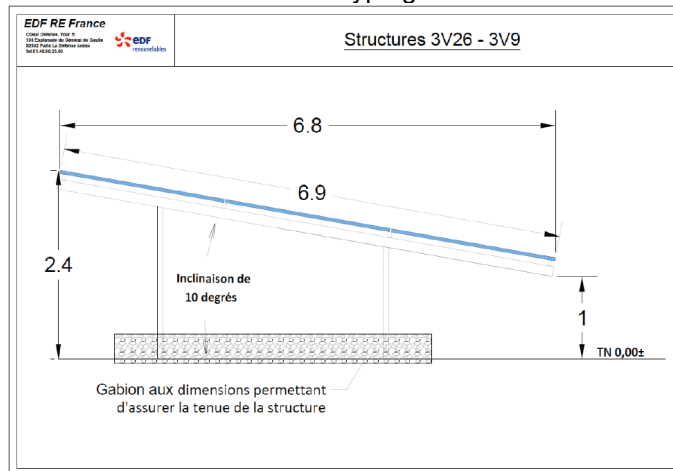
Recyclage des panneaux photovoltaïques cristallins par délamination



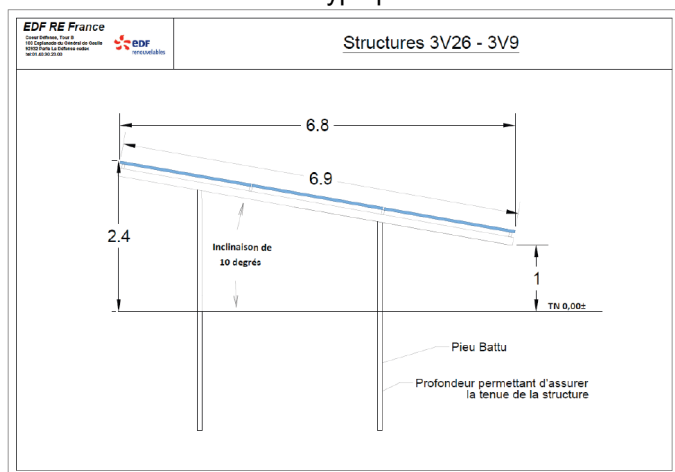
Fondations de type longrine :



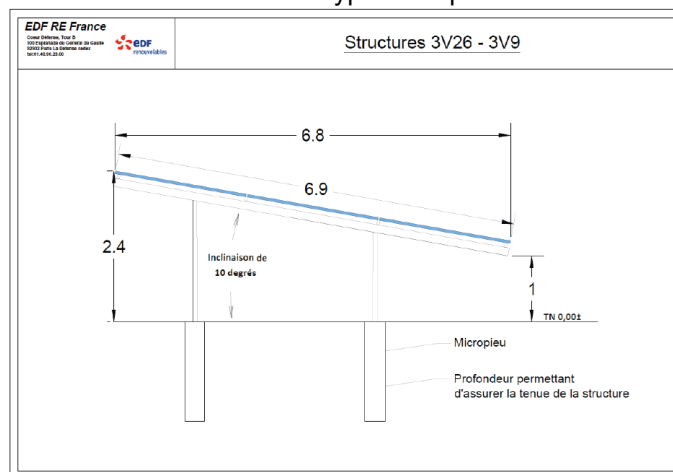
Fondations de type gabions :



Fondations de type pieux battus :



Fondations de type micropieux :



4. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la lutte contre le réchauffement climatique

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p8-9) :

La puissance crête délivrée par la centrale photovoltaïque est de 27,44 MWc⁷ (mégawatt crête) pour une production d'énergie annuelle de 30,4 GWh/an.

L'Ae signale au pétitionnaire qu'au regard des données du SRADDET (en consommation électrique du secteur résidentiel du Grand Est de 13 385 GWh en 2021) et de l'INSEE en 2020 (2 515 408 ménages en Grand Est), on peut considérer que la consommation électrique d'un foyer en Grand Est est de l'ordre de 5,3 MWh⁸ par an, donnée représentative du profil de consommation moyen des ménages en Grand Est (avec ou sans chauffage électrique). C'est sur cette base que la production d'énergie et le nombre de ménages concernés doivent être estimés.

Ce chiffre conduit à une équivalence « brute » pour le projet d'une consommation électrique de l'ordre de 5 736 foyers⁵.

L'Ae recommande au pétitionnaire de compléter son dossier avec ces données d'équivalence de consommation électrique par foyer.

Éléments de réponse :

Le projet de centrale solaire de la zone de desserrement de Strasbourg a une puissance de 27,44 MWc, avec une production estimée à 30,4 MWh par an. L'étude d'impact mentionne que cette production est équivalente à la consommation électrique de 13540 habitants. Il s'agit d'une estimation basée sur des données nationales, et non départementales, et elle se réfère à une consommation par habitant plutôt que par foyer.

Elle a été établie à partir des chiffres suivants :

- Consommation électrique résidentielle annuelle française : 150.74TWh⁵ soit 150 740 000 000 kWh
- Population française : 67 064 000 habitants⁶
- Soit une consommation électrique résidentielle annuelle moyenne par habitant de 2 248 kWh/hab (= 150 740 000 000 / 67 064 000)
- Production de la centrale solaire de la zone de desserrement de Strasbourg : 30 437 920 kWh/an
- Soit l'équivalent de la consommation électrique de 13 540 habitants (=30437920 / 2248)

Cette équivalence a pour but de donner un ordre de grandeur, afin de permettre à chacun de mieux se représenter l'ampleur de cette production d'électricité renouvelable.

Néanmoins, le nombre moyen de foyers, la taille des foyers, la population ainsi que les données de consommation électrique dans le secteur résidentiel variant d'une année à l'autre, tant au niveau national qu'au niveau départemental. Cela explique les différences d'estimation en fonction des données utilisées.

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p9) :

Le pétitionnaire estime également le gain annuel attendu en termes d'émissions de gaz à effet de serre (GES) à 1 911 tonnes de CO₂¹⁰ sur la durée de vie de la centrale (30 ans).

L'Ae rappelle que, d'après les données de l'ADEME, le taux d'émission qui caractérise la production d'électricité d'origine photovoltaïque est de l'ordre de 43,9 g de CO₂/kWh si les panneaux proviennent de Chine, 32,3 g de CO₂/kWh s'ils proviennent d'Europe et 25,2 g de CO₂/kWh s'ils proviennent de France. Ce taux lié à l'ensemble du cycle de vie d'un projet est à comparer au taux d'émission moyen du mix français qui s'élève à environ 55 g de CO₂/kWh d'après les données RTE sur l'année 2022¹¹. Le gain sur les émissions de GES dépend donc de la provenance des panneaux. En retenant les ratios les plus favorables, soit celui de panneaux fabriqués en France, l'Ae évalue le gain en émissions de CO₂ pour la centrale photovoltaïque à une valeur de 995 tonnes équivalent CO₂ par an¹², soit 29 850 tonnes équivalent CO₂ pour une durée d'exploitation de 30 ans au lieu des 57 330 tonnes annoncées par le pétitionnaire. Ainsi, concernant le bilan des émissions des gaz à effet de serre (GES) du projet de centrale photovoltaïque présenté dans l'étude d'impact, l'Ae relève que l'économie en émissions de CO₂ est largement surestimée par le pétitionnaire : presque le double de l'estimation de l'Ae si les panneaux proviennent de France, et près de 5 fois supérieure s'ils proviennent de Chine.

L'Ae recommande au pétitionnaire de :

⁵ Source : [tableau de données "Séries longues annuelles du bilan énergétique de la France en 2023 – données définitives" \(nouvel onglet\)](#) via la page [Bilan énergétique de la France en 2023 – Synthèse \(nouvel onglet\)](#), Ministère de l'aménagement du territoire et de la transition écologique, consulté le 14/02/25

⁶ Source : [Bilan démographique 2019 - Insee Première - 1789](#)

- **préciser la provenance des panneaux photovoltaïques, et présenter le gain final obtenu en matière d'émissions de gaz à effet de serre (GES) ;**
- **préciser le temps de retour énergétique de sa propre installation, en prenant en compte l'énergie utilisée pour le cycle de vie des installations et des équipements (extraction des matières premières, fabrication, installation, démantèlement, recyclage) ainsi que celle produite par l'installation et selon la même méthode, le temps de retour relatif aux émissions de GES.**

Eléments de réponse :

Une étude détaillée a été menée à ce sujet par le bureau d'étude Pink Strategy en 2021 dans le cadre de la candidature d'EDF Renouvelables à l'AMI du ministère de la Défense. Cette étude, présentée en annexe 8 de l'étude d'impact environnementale, a été réalisée en respectant le cahier des charges imposé par le ministère de la Défense, et présente, pour le projet photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg, alors envisagé avec une puissance installée de 30 650 kWc :

- Le bilan carbone de l'installation ;
- Une évaluation des impacts environnementaux par la méthode d'Analyse du Cycle de vie (ACV), suivant le référentiel ADEME (Catégorie d'impact changement climatique, en kg CO₂eq et kg CO₂eq/kWh) ;
- Une évaluation du carbone évité par le fonctionnement de la centrale, en Teq/CO₂/an, calculé avec un coefficient d'émission de CO₂ pour l'électricité du réseau de 64 geqC/kWh PCI (arrêté tertiaire 3 mai 2020).

La méthodologie décrite dans le document *Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie – ADEME – 2013* (Catégorie 3.b) a été appliquée pour cette étude. Elle détaille toutes les hypothèses prises en compte, notamment l'Evaluation Carbone Simplifiée des panneaux photovoltaïques provenant de Chine de la marque Jinko⁷, et intègre les ACV des modules photovoltaïques, des onduleurs, des transformateurs, des connexions électriques, des supports, des locaux techniques, de la voirie, des clôtures, de l'installation et enfin du démantèlement de la centrale photovoltaïque.

Pink Stratégie relève l'écart entre ses calculs et les valeurs par défaut de l'ADEME, et l'explique ainsi :

« le résultat du bilan carbone de la centrale calculé par nos soins est nettement inférieur au bilan fait avec les valeurs par défaut de l'ADEME. Cette différence est principalement due à l'utilisation des panneaux à faible empreinte carbone, comme l'atteste l'ECS joint à ce rapport. De plus, la valeur par défaut du référentiel ADEME datant de 2012 et le domaine du photovoltaïque faisant constamment l'objet d'innovations technologiques et d'améliorations industrielles, il est logique que l'empreinte carbone des panneaux ait considérablement baissé lors de la dernière décennie.

En complément, l'optimisation des quantités utilisées au niveau des connexions électriques et des supports permettent l'atteinte d'une empreinte carbone environ 2 fois plus faible que la valeur par défaut.

Enfin, la mise en place de voiries plus légères que celles définies par défaut permettent encore de baisser le bilan carbone global de l'installation. »

Les résultats présentés en p56 de l'étude d'impact environnementale sont donc issus de l'analyse de Pink Strategy, préalablement mis à jour en actualisant les valeurs par rapport à la puissance et la production finale du projet photovoltaïque qui ont évoluées depuis l'AMI. Ceux-ci prennent bien en compte des modules photovoltaïques provenant de Chine et font état, pour une puissance installée de 27,44MWc :

- D'un gain final obtenu en matière d'émission de gaz à effet de serre estimé à 30 215 tonnes CO₂eq
- D'un temps de retour énergétique de l'installation estimé à 11ans.

⁷ En tant que filiale d'une société dont le capital social appartient à l'Etat Français (EDF SA) et intervenant dans le secteur de la production d'électricité, EDF Power solutions (ex EDF Renouvelables) est une entité adjudicatrice.

A ce titre, elle doit garantir le respect des principes d'égalité de traitement, de non-discrimination et de transparence lors de ses commandes de travaux, fournitures et services. Elle est actuellement soumise à la directive européenne 2014/25/UE. Ainsi, le fournisseur final des modules ne sera déterminé qu'en phase de pré-construction, lors de la mise en concurrence officielle des acteurs du secteur. Cependant, pour l'évaluation du bilan carbone de la centrale solaire, EDF Renouvelables a fait l'hypothèse que les panneaux proviendraient de Chine, afin de garantir l'objectivité des résultats à ce stade.

5. Les milieux naturels

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p10) :

Inventaire des habitats biologiques et de la flore sur le site

[...]

L'Ae rappelle qu'en application de la loi pour la reconquête de la biodiversité du 8 août 2016 (article L.411-1A du code de l'environnement) les maîtres d'ouvrage, publics ou privés, doivent contribuer à l'inventaire du patrimoine naturel par la saisie ou, à défaut, par le versement de données brutes de biodiversité (recueillies par observation directe sur site, par bibliographie ou acquises auprès d'organismes officiels et reconnus) sur la plateforme DEPOBIO¹⁶ qui recense l'ensemble des ressources liées au processus de versement des données. L'objectif de ce dispositif est l'enrichissement de la connaissance en vue d'une meilleure protection du patrimoine naturel de la France. Le téléversement sur ce site génère un certificat de téléversement, document obligatoire et préalable à la tenue de l'enquête publique.

Comme rappelé dans l'avis MRAE ci-dessus, le dépôt des données naturalistes sur la plateforme est obligatoire. Cette mission est bien prévue par le bureau d'étude Ecosphère. La preuve de dépôt sera transmise dans les plus brefs délais aux services instructeurs en amont de l'enquête publique.

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p11-13) :

Inventaire de la biodiversité faunistique et impacts du projet sur les espèces protégées

[...]

L'Ae recommande principalement au pétitionnaire de se rapprocher du service SEBP de la DREAL afin de s'assurer qu'il n'y a pas lieu d'étendre à toutes les espèces la demande de dérogation au titre des espèces protégées et si cela est nécessaire, de faire la demande de dérogation pour toutes les espèces ayant fait l'objet d'une mesure de compensation.

L'Ae recommande par ailleurs au pétitionnaire de recourir, en lien avec le propriétaire des terrains, au dispositif de l'obligation réelle environnementale (ORE)¹⁸ pour la mise en place des haies, des boisements, des milieux ouverts herbacés, de milieux semi ouverts.

Le service SEBP de la DREAL a été rencontré à plusieurs reprises pour ce projet. Un premier échange a eu lieu avant le dépôt de l'autorisation environnementale, le 8 septembre 2022, pour échanger sur la qualité du dossier. Le sujet de la dérogation espèce protégée (DEP) a été abordé lors de cette réunion avec notamment la prise en compte ou non du Crapaud vert et des reptiles. Concernant le Crapaud vert, il était attendu des précisions concernant les sites d'hivernages et les mesures mises en place en phase chantier.

La demande de compléments en date du 08/08/2023 a donné lieu à un nouvel échange. Il a permis d'aborder les éléments qu'EDF power solutions en lien avec le bureau d'études Ecosphère, souhaitent apporter dans le cadre de la réponse à cette demande de compléments. Les points soulevés concernaient notamment les chiroptères et le crapaud vert. **Les différents éléments de réponses ont permis de répondre aux interrogations du service SEBP concernant les espèces ciblées par la DEP ce sujet n'ayant pas été repris dans la deuxième demande de compléments en date du 16/01/2025.**

Pour rappel, concernant les chiroptères il est bien spécifié dans le dossier de demande de dérogation que les arbres gîtes potentiels avec cavités, recensés dans les secteurs de chênaie-frênaie mature au nord, sont tous évités par le projet (page 42 du dossier de dérogation). Les arbres potentiels concernés par le projet (2 ou 3) sont des arbres de gros diamètre sans cavités apparentes. Les bâtiments ne sont pas favorables d'une manière générale aux chiroptères et en particulier pour leur hivernage : hangars (un seul accessible) en tôle, bâtiments ouverts avec quasi aucune anfractuosité.

Au sujet du Crapaud vert, à moins de capturer et d'équiper des individus (technique invasive), il n'est pas possible de démontrer strictement l'habitat d'hivernage de l'espèce. Néanmoins, le bureau d'études Ecosphère rappelle les éléments suivants :

- Il est possible d'affirmer suite aux inventaires qu'aucun site de reproduction n'est présent sur la zone d'étude.
- Aucun individu n'a été repéré en migration prénuptiale partant du site pour rejoindre des sites de reproduction extérieurs. Un seul individu a été observé de manière furtive en transit fin juin.
- Que suite à l'observation de l'individu en transit, il a été réalisé le 06 juillet 2022 une prospection au niveau du site potentiel de reproduction le plus proche (bassin situé à 200 m du sud-ouest du projet) où l'espèce n'a pas été repérée (passage un peu tardif il est vrai en saison).
- Que les secteurs impactés par le projet sont occupés principalement par des dalles bétonnées ou des sols compactés, qui ne se prêtent pas à l'enfouissement, mais aussi par des merlons de terre végétale très recouverts de végétation, qui d'après l'étude sur l'écologie spatiale et la sélection de l'habitat terrestre chez le Crapaud vert présentée lors de la 5ème édition des Rencontres Herpétologiques du Grand Est en novembre 2022 (Poupin M. & al., 2022), recourent deux caractéristiques non appréciées par l'espèce.
- Dans le chapitre sur l'habitat et l'écologie du Crapaud vert de l'Atlas des amphibiens et des reptiles d'Alsace (Michel, V. & Didier, S. 2010 - Le Crapaud vert. In Thiriet, J. & Vacher, J.-P. (coord.) 2010), il est également bien précisé qu'en phase terrestre, le Crapaud vert fréquente des terrains peu végétalisés.
- Que les espaces qui pourraient être éventuellement les moins défavorables à l'espèce en hivernage sont ceux situés les plus proches du bassin inspecté (merlons au sud-ouest de la base militaire un peu plus recouverts de friches herbeuses sur le dessus) et que ces derniers ne sont pas du tout impactés par le projet.
- C'est pourquoi, il peut être conclu que le projet n'impacte pas de milieux d'hivernage de l'espèce et donc de ne pas la considérer dans la demande de dérogation.
- Une recherche complémentaire de site de reproduction ne peut se faire qu'à partir de fin avril – début mai 2024, hors délai donné par la DREAL pour la recevabilité du dossier.

Enfin, concernant la mise en place d'Obligations Réelles Environnementales, celles-ci ne peuvent être mises en place sur les terrains relevant du domaine public de l'Etat, comme ceux qui accueillent la centrale photovoltaïque, qui appartiennent au ministère des Armées. En effet, le domaine public est inaliénable. Aussi, en vertu des textes en vigueur et de la jurisprudence actuelle, il n'est pas possible d'établir des droits réels sur ce domaine, tels que des servitudes, des baux emphytéotiques, qui représentent des démembrements du droit de propriété, ou encore des Obligations Réelles Environnementales (ORE).

6. La ressource en eau

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p13) :

Impact du futur projet sur les zones humides

Suite aux investigations de terrain, une zone humide (saulaie inondée et aulnaie-frênaie-saulaie) de 0,49 ha¹⁶ a été identifiée au sud de la zone d'implantation potentielle du projet.

L'Ae recommande au pétitionnaire de recourir au dispositif de l'obligation réelle environnementale (ORE)²⁰ pour la protection de cette zone humide.

Eléments de réponse :

Les investigations de terrains ont relevé deux zones humides, d'une surface totale de 0,49ha, situées au nord du périmètre d'étude (et non au sud), cf. carte ci-dessous (p125 de l'étude d'impact) :



Les terrains concernés par ces zones humides appartiennent au ministère des Armées et relèvent donc du domaine public de l'État. Or, il est important de noter que le domaine public est inaliénable. Aussi, en vertu des textes en vigueur et de la jurisprudence actuelle, il n'est pas possible d'établir des droits réels sur ce domaine, tels que des servitudes, des baux emphytéotiques, qui représentent des démembrements du droit de propriété, ou encore des Obligations Réelles Environnementales (ORE).

Néanmoins, le pétitionnaire s'est attaché à éviter ces zones humides identifiées sur le terrain, ce qui a fait l'objet de la mesure d'évitement ME02 - Evitement des zones humides et milieux associés (E1.1c) (cf. p265-266 de l'étude d'impact environnementale).

De plus, d'autres mesures sont prises en parallèle sur ces milieux liés à des pollutions des eaux et des sols (ME07 absence totale d'utilisation de produits chimiques en phase exploitation, MR07 Limiter les risques de pollutions accidentelles en phase chantier).

Extrait de l'avis MRAE Grand Est (p13-14) :

Impacts du projet sur les eaux souterraines

La masse d'eau souterraine affleurante concernée par la zone d'implantation potentielle du projet est la nappe d'Alsace. Selon le dossier, cet aquifère est vulnérable aux pollutions de surface, en raison de la faible profondeur de la nappe et de la nature perméable des sols (la profondeur de la nappe au droit de la ZIP est comprise entre 1 et 5 m). La ZIP est située en dehors de tout

périmètre de protection de captage d'eau destinée à la consommation humaine.

L'Ae s'interroge dans ce contexte sur l'opportunité de l'usage de fondations sur pieux qui seraient nombreux (probablement plusieurs milliers) et pourraient poser difficulté notamment en cas d'incendie de la centrale du fait de la percolation des eaux d'extinction d'un incendie dans le sol le long des nombreux pieux projetés. La nappe d'eau souterraine pourrait être également polluée par dissolution par les eaux de pluie du zinc composant les tables galvanisées supportant les panneaux ou par contamination à la suite d'un incendie, les nombreux pieux facilitant l'infiltration des eaux polluées vers la nappe d'eau souterraine.

L'Ae recommande au pétitionnaire de :

- ***expliquer ses choix techniques pour l'ancrage (nombre de pieux, profondeur des pieux, matériaux utilisés et résistance à la corrosion...) ;***
- ***comparer l'impact environnemental des différentes technologies de fondations pour les tables photovoltaïques et choisir celle qui présente la meilleure protection de la ressource en eau souterraine au regard des risques de pollution ;***
- ***dans l'hypothèse où la solution sur pieux serait choisie, mettre en place un système de surveillance et de suivi régulier de la qualité des eaux souterraines, en amont et à l'aval de la centrale, qui permettra de capitaliser la connaissance de l'impact des pieux sur l'eau de la nappe et de transmettre ce suivi à l'Agence Régionale de Santé (ARS) et à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.***

Eléments de réponse :

Les choix techniques relatifs aux fondations sont présentés en p38 de l'étude d'impact environnementale.

Le choix du type de fondation dépend des caractéristiques du site. Selon la qualité géotechnique des terrains ou encore les sensibilités environnementales du site, des fondations enterrées (pieux en acier battus, micropieux ou vissés dans le sol) ou superficielles (longrines en béton ou gabions) sont mises en place, cf. schémas des différents types de fondations présentés au § 3 p9-10 du présent document.

Pour le projet de la zone de desserrement de Strasbourg, le choix des solutions techniques retenues pour ancrer les structures au sol doit être adapté à la diversité des sols.

Les fondations privilégiées seront enterrées de type pieux en acier battus ou micropieux. Les pieux en acier seront mis en place dans le terrain par battage mécanique jusqu'à la profondeur nécessaire pour résister aux efforts appliqués à la structure. Selon notre expérience sur ce type de terrain, l'enfouissement des pieux sera d'environ 2 m de profondeur en moyenne (maximum 3,5 m). En fonction de la nature du sol, un préforage, ou un renforcement de la base des pieux par un plot de béton (micropieux) pourra être nécessaire. La profondeur sera validée par le bureau d'étude technique et l'entreprise suivant les préconisations de l'étude de sol qui sera réalisée avant les travaux.

Le §3.3 p41 de l'étude d'impact environnementale précise par ailleurs : « La fixation des supports se fera de deux manières différentes : par longrines sur les dalles béton et par pieux battus pour les autres espaces. »

Ainsi, à ce stade du projet, et sans étude géotechnique plus poussée, le type de fondation n'est pas totalement arrêté.

Dans tous les cas, il est important de rappeler que la « durée de contact » de l'eau de pluie avec les structures est court, limitant considérablement l'entraînement d'éléments métalliques tels que le zinc vers la nappe phréatique.

La couche de zinc qui protège les fondations est très mince (environ 70µm), soit uniquement sur la « peau » des structures, et que la vitesse de dégradation est de l'ordre de quelques µm par an et bien en deçà des limites de concentration préconisées. La corrosion, de manière générale, est un phénomène très long et très lent.

De plus, il faut noter que l'usage de la galvanisation est extrêmement répandu et que ses applications sont omniprésentes dans l'environnement humain au travers de structures métalliques telles que ponts, éléments de couverture, glissières de sécurité, éclairage urbain, pylônes, clôtures, conduites d'eau, etc.

Le zinc joue un rôle important dans la santé humaine et la santé des écosystèmes car il constitue un élément essentiel pour le bon fonctionnement du métabolisme des organismes vivants. Il est par contre toxique à forte dose, et peut conduire à des pathologies liées à la solubilité de ses sels (notamment chlorure ou sulfate) ou par inhalation lors du travail des métaux (fonderie ou soudage).

Aujourd'hui, il est utilisé en revêtement anti-corrosion sur l'acier et dans des conditions habituelles il est considéré comme inerte et sans risque particulier pour la santé humaine.

A l'heure actuelle la législation française (arrêté du 11 janvier 2017) ne fixe plus de limite de qualité pour le zinc. Auparavant (décret du 3 janvier 1989) la limite était de 5 mg/L (5000 µg/L). Pour sa part, l'OMS fixe la concentration acceptable à 3 mg/L pour l'eau de boisson.

Ces valeurs sont nettement supérieures aux limites admises pour d'autres métaux, notamment le cadmium (5 µg/L) ou le plomb (10 µg/L) qui ne concernent en aucun cas les structures prochainement installées, et sont citées ici uniquement à titre de comparaison.

Par conséquent, **bien que le risque d'impact puisse être considéré comme très faible (voire non décelable), il sera mis en œuvre une surveillance des eaux souterraines au moyen de deux piézomètres, un en limite aval du projet et un en limite amont.** Des analyses périodiques (avant travaux, après travaux, puis à n+5 n+10, n+20 et n+30 suivant la mise en service) seront réalisées pour vérifier l'absence d'anomalie de la teneur en zinc à minima. Celles-ci seront transmises à l'agence de l'eau et à l'ARS.