

Demande de permis de construire pour la construction d'une centrale solaire photovoltaïque au sol

Réponse à l'avis de la Mission Régionale de l'Autorité Environnementale

Centrale solaire photovoltaïque au sol, commune d'Argentré

Au lieu-dit « La Hardière »

Département de la Mayenne (53)

Le présent mémoire répond aux commentaires formulés par la Mission de l'Autorité Environnementale (MRAE) dans son avis du 16 mai 2023. Dans ce document, les commentaires et demandes de la MRAE sont insérés dans des rectangles noirs. Les extraits du dossier de permis de construire d'IEL Exploitation 86 ou liens divers sont encadrés en orange.

A Saint-Brieuc, le 3 août 2023
Ronan Moalic
Gérant de IEL Exploitation 86

TABLE DES MATIERES

I.	Justification des projets pris en compte pour l'analyse des effets cumulés	2
III.	Analyse des conséquences d'un incendie sur les infrastructures LGV et A81	3
IV.	Analyse des incidences du raccordement du projet au poste source	5
V.	Compensation du jeune boisement	7
VI.	Mesure de suivi zone humide	13
VIII.	Eaux d'extinction d'incendie incidences et mesures possibles	16
IX.	Bilan carbone	16
	Méthode employée	17
	Bilan carbone de la centrale	18
	Bilan carbone du projet lié au déboisement	21
	Conclusion	21
X.	Conclusion	23



Ce mémoire apporte des éléments de réponse aux sujets soulevés par la MRAE dans son avis.

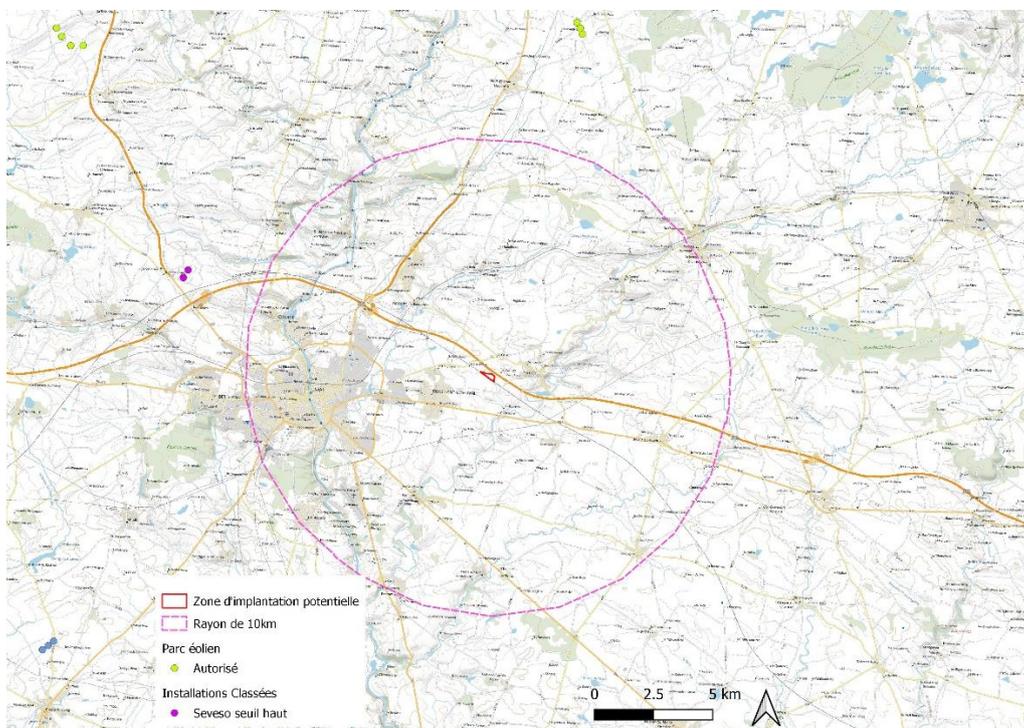
I. Justification des projets pris en compte pour l'analyse des effets cumulés

L'analyse des incidences avec d'autres projets a pris en compte un périmètre de projets issus d'une version obsolète de l'article R122-5 du code de l'environnement. De ce fait, l'analyse omet de prendre en compte les projets qualifiés aujourd'hui « d'existants »⁷ et « d'approuvés »⁸. Elle se limite à la recherche d'avis d'autorités environnementales sur les territoires autour du site et présente un caractère sans doute incomplet et essentiellement formel.

L'étude d'impact environnementale a été transmise en février 2023 à la MRAE.

Les avis émis par la MRAE ont été pris en compte pour l'analyse des effets cumulés et ainsi que les projets existants notamment dans l'état initial. Les installations ayant potentiellement des effets cumulés avec le projet photovoltaïque sont :

- les parcs éoliens par leur nature (hauteur) et aussi par leur capacité à produire de l'électricité ; on recense 1 parc éolien, dans le périmètre 15km
- les sites SEVESO par leur risque. Le site SEVESO le plus proche (seveso seuil haut) est situé à plus de 10 km du projet photovoltaïque. Le plan des préventions des risques est limité au pourtour du site SEVESO. Il n'y a donc pas d'interaction possible avec la centrale photovoltaïque.
- Les autres dossiers ICPE sous le régime de l'enregistrement qui concernent les élevages agricoles. Ici, ce sont les aspects paysagers des bâtiments qui seront pris en compte dans l'état initial.
- La nouvelle ligne à très grande vitesse, déjà en service lors de la réalisation des inventaires de terrain ; cette dernière a été prise en compte notamment dans l'analyse d'éblouissement.



Carte 1 : localisation du parc éolien et du site SEVESO les plus proches

L'étude d'impact a donc bien tenu compte de l'ensemble des projets existants étant donné qu'ils sont présents dans l'état initial.



II. Analyse des conséquences d'un incendie sur les infrastructures LGV et A81

Le dossier gagnerait à compléter son analyse sur les conséquences possibles d'un incendie de l'installation du fait de sa proximité avec la LGV et l'autoroute A81.

Au préalable, on rappelle que la zone projet n'est pas concernée par le risque de feu de forêt. Par ailleurs, le projet a tenu compte des préconisations du Service Départemental d'Incendie et de Secours 53 (SDIS 53).

Au sein d'une installation du type centrale photovoltaïque au sol, les différentes sources de départ de feu possibles concernent principalement les unités de transformation de l'électricité : les onduleurs, convertissant le courant continu produit par les modules en courant alternatif, et le poste de livraison, qui évacue l'électricité produite vers le réseau de distribution d'électricité. Le risque d'incendie est maîtrisé à plusieurs niveaux :

- Les équipements électriques respectent des normes techniques strictes permettant de limiter la probabilité de départ d'incendie d'origine électrique. Des parafoudres seront notamment installés sur le site ainsi que des systèmes de coupures « coups de poing » sur le tableau général afin de permettre, si besoin, d'arrêter la circulation du courant en cas d'intervention des pompiers par exemple.
- Le poste de livraison est équipé d'un arrêt d'urgence général permettant une coupure générale du site alors que les postes électriques sont équipés de détecteurs de fumée et de sondes de température.
- Les postes onduleurs sont également équipés d'arrêt d'urgence. Des systèmes d'extinction sont disponibles à proximité de chaque local électrique. De plus, les boîtes de jonction et l'ensemble des câbles utilisés sont non propagateurs de flammes.
- Le réseau de câbles électriques étant enfoui, les risques liés ainsi que les défauts qui pourraient survenir en sont fortement diminués.

Les risques d'incendie au niveau d'une centrale photovoltaïque **sont très faibles**. Ce risque est encore fortement diminué par la surveillance effectuée. En outre le parc photovoltaïque est systématiquement équipé d'extincteurs de classe B ou ABC au niveau des locaux onduleurs et du poste de livraison.

Les risques d'incendie dans un parc photovoltaïque sont très faibles. Ces risques sont limités par une maintenance préventive. Comme indiqué par l'étude d'impact, IEL Exploitation dispose des caméras autour de la centrale qui permettent de suivre à distance la centrale photovoltaïque. Ainsi si un capteur de fumées était activé, il est possible de localiser le départ de feux et d'orienter au mieux le Service Départemental d'Incendie et de Secours. **Le centre de pompier le plus proche est situé à Argentré, à environ 4 km de la centrale photovoltaïque.**

Au sein même de la centrale, la propagation d'un incendie serait lente en raison de la prédominance de matériaux non combustibles (acier, aluminium, verre). Les matériaux constitutifs des panneaux présentent un faible pouvoir calorifique qui engendre un faible flux radiatif thermique en cas de combustion (faible potentiel de propagation d'un incendie par rayonnement thermique). Enfin, la propagation aux infrastructures routières et ferroviaires sera limitée par

- L'éloignement entre les panneaux et ces infrastructures
- La présence de la voie périphérique d'une largeur de 5 mètres, avec matériau inerte





Figure 1 : Distance entre les panneaux et les infrastructures et voie périphérique



III. Analyse des incidences du raccordement du projet au poste source

– Le raccordement entre le poste de livraison et le poste source n’est pas évoqué de manière précise dans la mesure où le choix du site de raccordement n’a pas encore été décidé. Deux hypothèses de raccordement sont envisagées : raccordement au poste de source de Changé ou raccordement au poste de source de Thévalles. Les solutions de raccordement et leurs impacts respectifs appellent ainsi à être précisées.

La MRAe rappelle la définition de la notion de « projet » entendue au sens de l’article L.122-1 du code de l’environnement : *« Lorsqu’un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l’espace et en cas de multiplicité de maîtres d’ouvrage, afin que ses incidences sur l’environnement soient évaluées dans leur globalité. »*

Le raccordement du poste de livraison au poste source est de la responsabilité du gestionnaire du réseau public de transport d’électricité. L’étude d’impact précise à la page 37 que le raccordement pressenti est sur le poste de Changé.

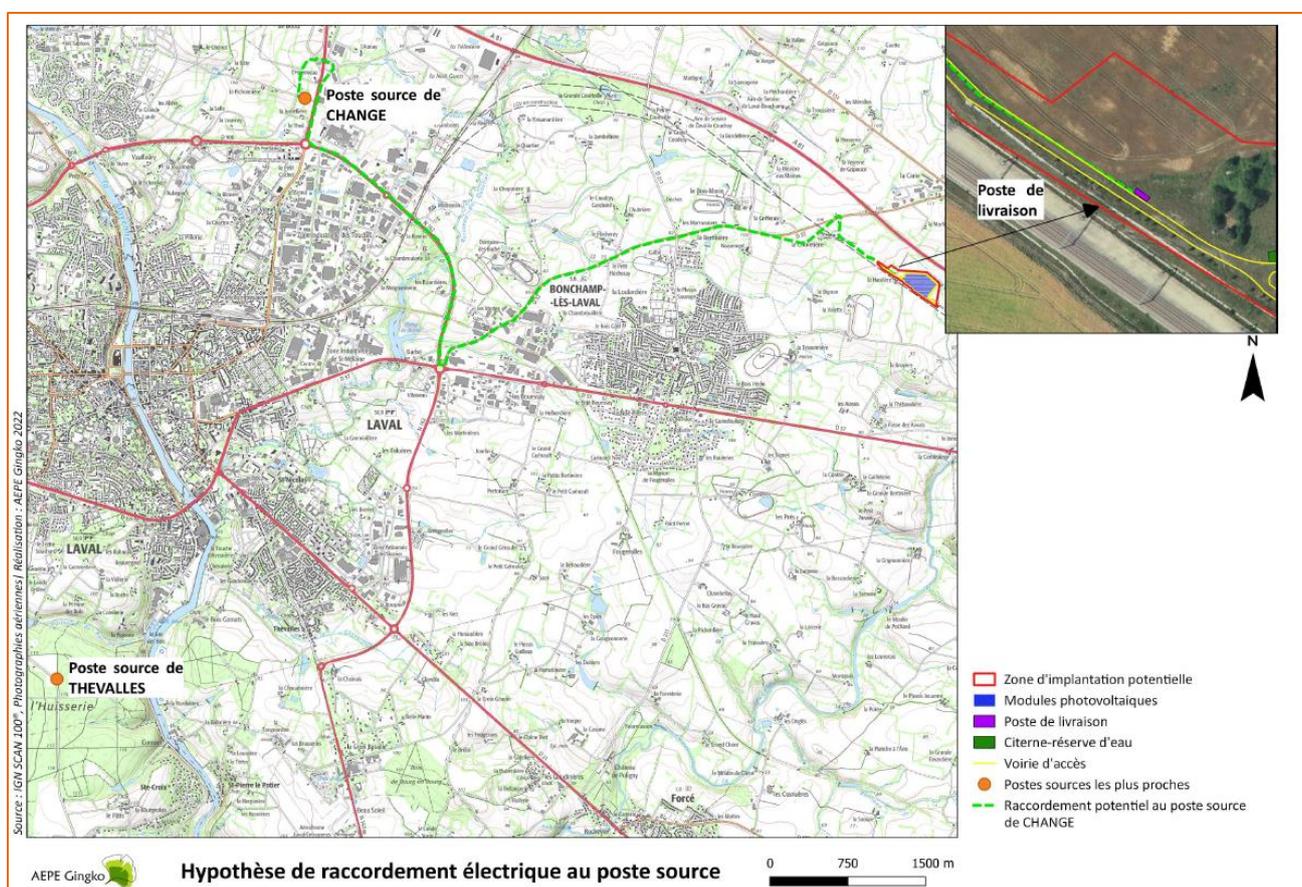


Figure 2 : extrait de la page 52 de l’étude d’impact

Le choix du type de raccordement, le tracé, les moyens mis en œuvre et l’évaluation des impacts du chantier de raccordement reviennent à ENEDIS, gestionnaire du réseau et seul organisme en mesure de définir le tracé exact du raccordement. Néanmoins, on note que les impacts du raccordement sur les milieux naturels sont limités car

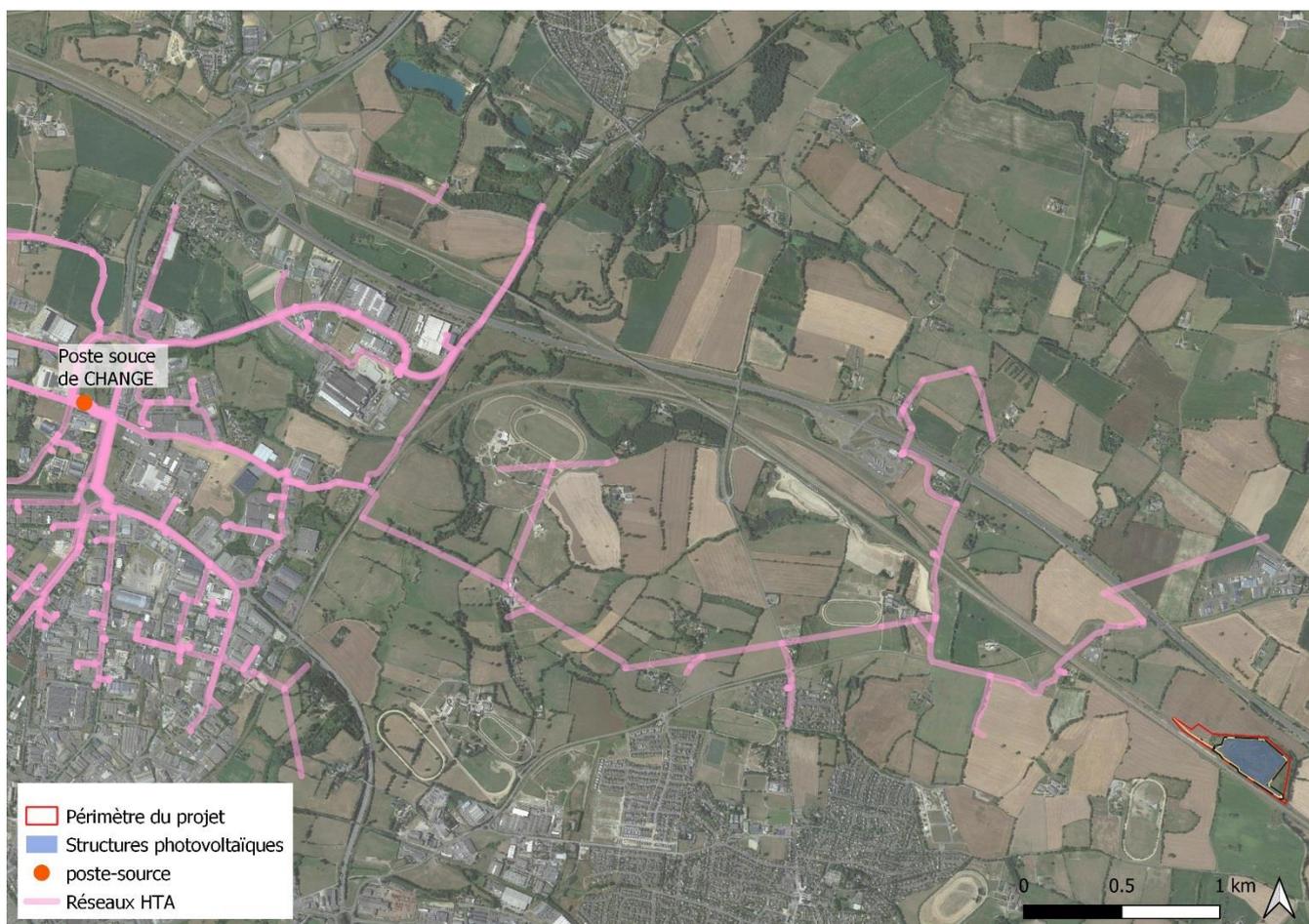


- Les tranchées pour le raccordement électrique sont réalisées aux abords du réseau routier **donc des milieux fortement anthropisés**.
- Il **n’y a pas de zones protégées inventoriées** à proximité immédiate du fuseau de raccordement. Si le tracé de raccordement définitif choisi et réalisé par ENEDIS venait à s’approcher ou à traverser une zone protégée il conviendrait alors que le gestionnaire du réseau ENEDIS se conforme à la réglementation en vigueur concernant les études d’incidences. Dans ce contexte et en connaissance des enjeux, ENEDIS devra s’engager à privilégier l’enfouissement des câblages sous les accotements opposés aux enjeux et se cantonner aux chaussées et accotements.



Carte 2 : Hypothèse du raccordement et les inventaires ZNIEFF et Natura 2000

- Un **raccordement en piquage**, en coupure d’artère, directement sur une ligne HTA 20 000 V sera également étudiée par Enedis, limitant alors limitant les impacts potentiels sur les milieux naturels. Cette solution de raccordement est la moins onéreuse.



Carte 3 : localisation du réseau HTA, en départ direct depuis le poste source

Le raccordement de la centrale photovoltaïque présente peu d'enjeux sur le milieu naturel étant donné les milieux qui seront traversés.

IV. Compensation du jeune boisement

- *que les impacts sur le jeune boisement soient compensés sur une surface d'au moins 5 600 m² au lieu des 4 700 m² prévus ;*

L'étude environnementale a été réalisée par le bureau d'étude indépendant ATLAM spécialisé dans l'évaluation de la sensibilité des sites naturels. Le projet assure la conservation de tous les habitats, hormis une partie du jeune boisement (5 600 m² impactés). Cet habitat ne présente pas d'intérêt floristique et sa conservation ne revêt pas d'enjeu particulier (page 76).



4.3.3 – Enjeux du site vis-à-vis des habitats et de la flore

Aucun habitat présent sur le site du projet ne présente un intérêt floristique, et toutes les espèces floristiques relevées appartiennent au cortège classique du bocage de l'ouest de la France. Aucune espèce ne possède un statut de conservation particulier. Ainsi, la conservation des habitats et de la flore du site ne revêt pas d'enjeu particulier.

Figure 3 : extrait de la page 45 du volet environnemental

Atlam propose la plantation de 4 700 m², du boisement en bordure du projet à proximité du site initial, afin de retrouver un habitat aux fonctionnalités similaires.

7.3 – Description des mesures d'accompagnement

7.3.1 - Création de boisements sur le site du projet

Des boisements seront créés au sein du site du projet, sur une surface d'environ 4 700 m², correspondant, sur les espaces libres en bordure du site. Contrairement à la plantation existante, ceux-ci feront l'objet d'un suivi régulier, d'un entretien et d'un regarnissage si besoin. Ils viennent en remplacement de la partie du boisement impacté qui restait encore peu développé, et constitueront à moyen terme un lieu d'alimentation ou de reproduction pour plusieurs taxons, principalement des oiseaux (notamment la linotte, le chardonneret et le tairier pâtre) mais aussi des reptiles. En effet, la création de boisement d'une surface de 4700m² est suffisante. On considère que l'habitat recréé par le biais de cette mesure permet de fournir aux espèces impactées par le projet des habitats de report tout à fait satisfaisants.

Figure 4 : extrait de la page 93 du volet environnemental

De plus, dans le cadre de l'analyse des perceptions en direction du site, une plantation d'environ 400 m² au sud-est sera réalisée en continuité de la haie existante (voir carte ci-dessous). Les nouveaux boisements respecteront l'emploi d'essences locales, à caractère champêtre, respectant à la fois les caractéristiques biologiques et structurelles des haies du secteur.





Figure 5 : Localisation de la plantation envisagée dans le cadre de l'étude paysagère

Ce sont près de 5 100 m² seront replantés. Enfin, nous proposons la mise en place de mesures paysagères et environnementales à destination des habitants de la commune, sur la base du volontariat. **Un budget de 20 000 €** ; à raison d'un coût de réalisation de 20€ par mètre linéaire, cela représente au total environ 1000 mètres linéaires, soit environ 3000m².

Afin de mettre en place cette mesure, nous proposons la démarche méthodologique suivante, qui a été appliquée dans le cadre d'un projet éolien : Pour les hameaux qui ne bénéficient pas de masques végétaux notamment supprimés lors du remembrement agricole, il est proposé, en partenariat avec les riverains, de replanter quelques haies bocagères au plus proche de leurs habitations. Cette mesure visant à replanter des haies seront en priorité proposées aux riverains habitants aux hameaux ciblés par le bureau d'études paysagistes.

Une 1^{ière} réunion d'information sur cette mesure permettra d'expliquer le processus et de recenser les personnes intéressées. Ensuite le paysagiste réalisera un travail de terrain afin de rencontrer les personnes intéressées et privilégier les lieux les plus pertinents. Une 2^{ième} réunion sera alors programmée à destination des personnes dont leur habitation aura été retenue. Un contrat sera alors établi entre ces riverains et l'exploitant du parc éolien dont la finalité est la pérennisation de ces espaces.



1. PROJET DE LA SOCIETE

La SOCIETE a construit et exploite un parc éolien sur la commune de NIEUL-SUR-L'AUTISE.

Dans le cadre des mesures environnementales, la SOCIETE a prévu de compléter le maillage de haies sur le territoire.

La présente convention résulte d'une libre discussion entre les PARTIES, exprimant leur consentement sain, éclairé et sans contrainte.

2. OBJET

La SOCIETE s'engage à planter une haie sur les parcelles cadastrées section **YA** numéros **37** et **44** situées au lieu-dit La Monnoise sur la commune de NIEUL-SUR-L'AUTISE.

3. MODALITES

Les nouvelles plantations couvriront une longueur de 350 ml.

La haie sera composée d'essences locales.

Le PROPRIETAIRE s'engage à ne pas arracher la haie durant toute la vie du projet de parc éolien.

Les plantations seront la propriété du PROPRIETAIRE.

4. TRAVAUX

La SOCIETE procèdera aux travaux de plantation à ses frais.

Le PROPRIETAIRE autorise la SOCIETE et ses sous-contractants à intervenir dans les parcelles cadastrées section **YA** numéros **37** et **44**.

Pendant ces travaux de plantation, le PROPRIETAIRE laisse les accès et espaces nécessaires sur les parcelles d'implantation de la haie.

Néanmoins, en cas de détériorations anormales de la parcelle, la SOCIETE remettra la parcelle en état.

Pour information, le PROPRIETAIRE déclare qu'il n'a pas connaissance de la présence d'installations, notamment de drainage ou de réseau (eau, gaz, électricité...), dans le sous-sol de la parcelle cadastrée citée en OBJET sans garantir cependant qu'il n'en existerait aucune.

5. ASSURANCE

En cas de travaux, la SOCIETE s'oblige à vérifier que les entrepreneurs auxquels il recourt sont assurés et par des polices couvrant les garanties légales qui leur incombent, ainsi que leur responsabilité délictuelle.

La SOCIETE s'oblige aussi à être assuré auprès d'une société d'assurances notoirement solvable, pour toute la durée du chantier de plantation, pour sa responsabilité civile et à se tenir à jour du paiement des primes.

6. ANNEXE

Plan de localisation des haies

Sur QUATRE (4) pages, hors annexe.



Figure 6 : Extrait d'une convention pour la mise en place d'une haie



Figure 7 : proposition de haie sur vue aérienne réalisée lors du 1^{er} RDV



Figure 8 : création d'une haie chez un riverain (gîte)





Figure 9 : Création d'une haie chez riverain – parc éolien de Xanton-Chassenon

Ces plantations permettront de créer des milieux favorables pour la nidification des oiseaux et l'activité de chasse des chiroptères, ainsi aux reptiles et amphibiens. Ces haies présenteront de multiples rôles écologiques :

- Aire d'alimentation et de refuge pour la faune
- Site de nidification pour les oiseaux
- Corridor écologique

Pour atteindre ces objectifs :

- Des essences d'arbres et d'arbustes **d'essence locales et fruitières** sont à **privilégier** (aubépine monogyne, églantier, nerprun purgatif, prunellier, noisetier, houx, charme commun, chêne, frêne,...)
- La haie devra être composée **d'arbustes et d'arbres de haut jet**
- La plantation sera réalisée hors période de gel, **fin novembre à fin février**. Des plantations d'une hauteur de 1 à 1.5m seront préférées.

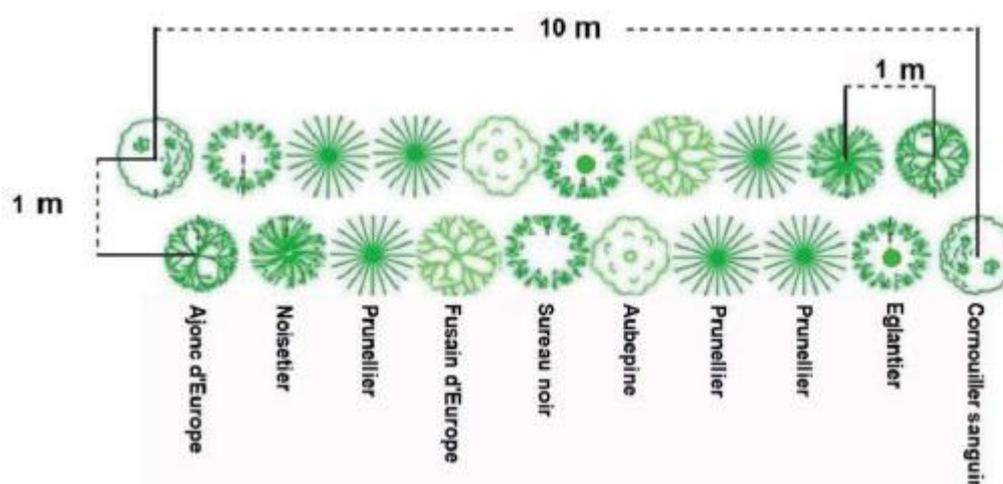


Figure 10 : séquence de plantation

Ainsi le projet photovoltaïque contribuera à la création de plus de 8000 m² de boisement (4700 + 400 + 3000).



V. Mesure de suivi zone humide

- *que des mesures de suivi des fonctionnalités de la zone humide à proximité du projet, connectée à un plan d'eau et à un cours d'eau temporaire, soient mises en œuvre afin de s'assurer de l'absence d'impact de l'implantation de la centrale photovoltaïque sur les espaces périphériques ;*

Le projet photovoltaïque envisage la mise en place de mesures de suivis, notamment de la plantation.

7.3.3 – Mesures de suivi

Malgré les impacts négligeables à faibles sur les espèces, IEL a décidé de mettre en place un suivi standardisé durant la phase d'exploitation pour évaluer l'efficacité des mesures mises en place. Ce suivi sera effectué en N+1 à N+30 (suivis proposés à N+1, N+3, N+5, N+10, N+20 et N+30). Le coût estimatif de suivi de mesure est estimé à environ 2000 euros / année de suivi.

Figure 11 : extrait de la page 48 du volet environnemental – Atlam

Le suivi sera réalisé sur l'ensemble du périmètre et non pas cantonnée au projet photovoltaïque.



Figure 12 : Localisation de la zone faisant l'objet du suivi



Comme préconisé par la MRAe, l'état de fonctionnalité des zones humides situées aux abords des structures photovoltaïques sera intégré au suivi déjà envisagé. Ainsi il sera composé

- D'un passage lors du printemps pour l'inventaire floristique caractéristique des zones humides
- D'un passage en période hivernale pour évaluer les écoulements des eaux et le niveau de mare

Le suivi devra tenir compte également de l'influence de la LGV, de l'autorité et de l'évolution des précipitations d'un contexte de raréfaction de la ressource en eau. Cela permettra d'avoir un suivi de long terme sur 3 décennies.

Comme indiqué précédemment, lors de la conception du projet, les zones à enjeux notamment la mare, le ruisseau et la zone humide ont fait d'une démarche d'évitement ; Pour prévenir tout débordement des engins de chantier et des équipes intervenantes, ce qui pourrait induire des impacts non prévus, **une mise en défend de la zone humide, la mare et le ruisseau sera réalisée lors de la phase de travaux préparatoires. Ces mises en défend seront conservés également lors de la phase d'exploitation.**



Figure 13 : exemples de mis en défens

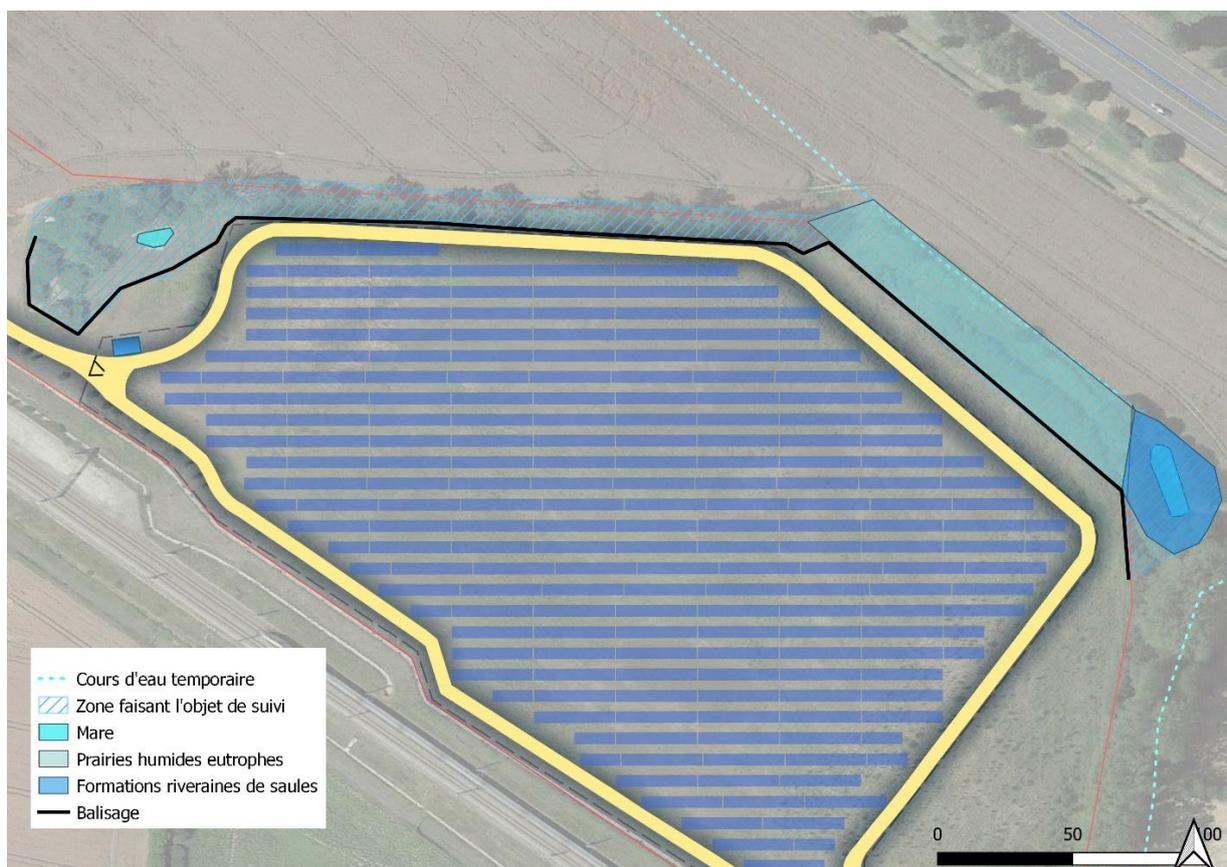


Figure 14: Localisation des zones de mises en défend (balisage)



VII. Eaux d'extinction d'incendie incidences et mesures possibles

- *que les incidences sur les milieux naturels d'un rejet des eaux d'extinction d'incendie soient détaillées et que les mesures d'évitement et de réduction soient développées en conséquence ;*

Un dossier de prévention est remis aux SDIS et pompiers locaux et comprend notamment :

- un plan d'ensemble mentionnant l'emplacement de la défense extérieure contre l'incendie
- un plan du site faisant apparaître la sectorisation de l'exploitation, les voies externes avec leur identification, les constructions avec mention des locaux les plus vulnérables et des locaux à risques particuliers.
- les coordonnées des techniciens qualifiés chargés de rejoindre le site dans les meilleurs délais en cas d'intervention des secours publics
- les procédures d'intervention et les règles de sécurité préconisées qui doivent être appliquées par les moyens de secours publics à l'intérieur du site.
- **un plan indiquant les milieux naturels les plus vulnérables.**

Concernant plus particulièrement l'impact sur le milieu naturel de l'utilisation d'eau par les pompiers, **le SDIS 53 confirme que la citerne**

- **contient de l'eau sans adjuvant, sans ajout de matières chimiques**
- **n'est pas utilisée pour « attaquer » le départ de feu situé au sein de la centrale mais pour des feux tiers.**

En cas d'incendie, une analyse des sols et de l'eau de la mare sera effectuée avant la reconstruction de la centrale. **Ces analyses permettront alors de mettre en œuvre un procédé adapté pour extraire et/ou traiter la partie de terre ou l'eau de la mare, qui serait souillée par une pollution éventuelle liée à un incendie.**

Enfin, on rappelle que

- le projet n'est pas situé sur un périmètre de captage d'alimentation en eau potable ;
- que les milieux naturels font l'objet d'un suivi écologique qui établira un étalon en cas de pollution suite à un incendie.

Par conséquent, le risque sanitaire ou environnemental que représente l'utilisation de l'eau suite à un incendie est quasi-nul.

VIII. Bilan carbone

- *de présenter un bilan « gaz à effet de serre » du projet, en intégrant l'incidence des déboisements ainsi que des choix retenus concernant notamment la fabrication des panneaux et le démantèlement de la centrale.*

Toute activité humaine engendre directement ou indirectement une dépense énergétique et des émissions de gaz à effet de serre. Les énergies renouvelables, dont le photovoltaïque, sont aujourd'hui en pleine expansion. L'énergie photovoltaïque, énergie inépuisable, répond aux contraintes actuelles et participe à l'atténuation de la dérive de l'effet de serre, essentiellement dû à l'utilisation d'énergie fossile.



Rappelons que pendant la phase d'utilisation des panneaux photovoltaïques, l'énergie produite est une énergie verte sans aucun rejet de CO². Cependant du CO² est « *dégagé* » lors de la fabrication des différents composants et de l'installation du système. C'est dans ce contexte que l'établissement du bilan carbone d'un projet photovoltaïque s'avère important, pour légitimer le développement de cette source d'énergie.

Le bilan gaz à effet de serre tient compte de l'analyse du cycle de vie et est disponible en page 154 à 156, de l'étude d'impact.

3.1.2. ANALYSE DU CYCLE DE VIE

Le projet INCER-ACV (2021), financé par l'ADEME en partenariat avec ENGIE, ARMINES et le centre OIE de Mines ParisTech, vise à calculer les impacts environnementaux de la filière photovoltaïque ainsi que les marges d'incertitude associées à ces calculs.

L'empreinte carbone d'un module photovoltaïque dépend de plusieurs facteurs :

- le productible annuel de l'installation photovoltaïque ;
- la durée de vie des modules (de 25 à 35 ans) ;
- la durée de vie des onduleurs (de 10 à 30 ans) ;

Figure 15 : extrait de la page 154 de l'étude d'impact

Le facteur non technologique sur lequel il est possible de faire évoluer l'empreinte carbone du photovoltaïque est le mix électrique utilisé pour la production du module. Ainsi, pour un mix électrique chinois, l'empreinte carbone du photovoltaïque est de 43,9 gCO₂eq/kWh, pour un mix électrique européen 32,3 gCO₂eq/kWh et 25,2 gCO₂eq/kWh pour un mix électrique de fabrication français. La majorité des panneaux installés en France provenant d'usine de fabrication en Chine, la valeur par défaut est 43,9 gCO₂eq/kWh.

Figure 16 : extrait de la page 155 de l'étude d'impact

Méthode employée

Le principe du bilan carbone est d'analyser l'impact carbone du projet sur son cycle de vie, de sa fabrication à son démantèlement et recyclage. Pour ce faire, nous pouvons diviser ce cycle de vie en 7 étapes comme représenté ci-après :



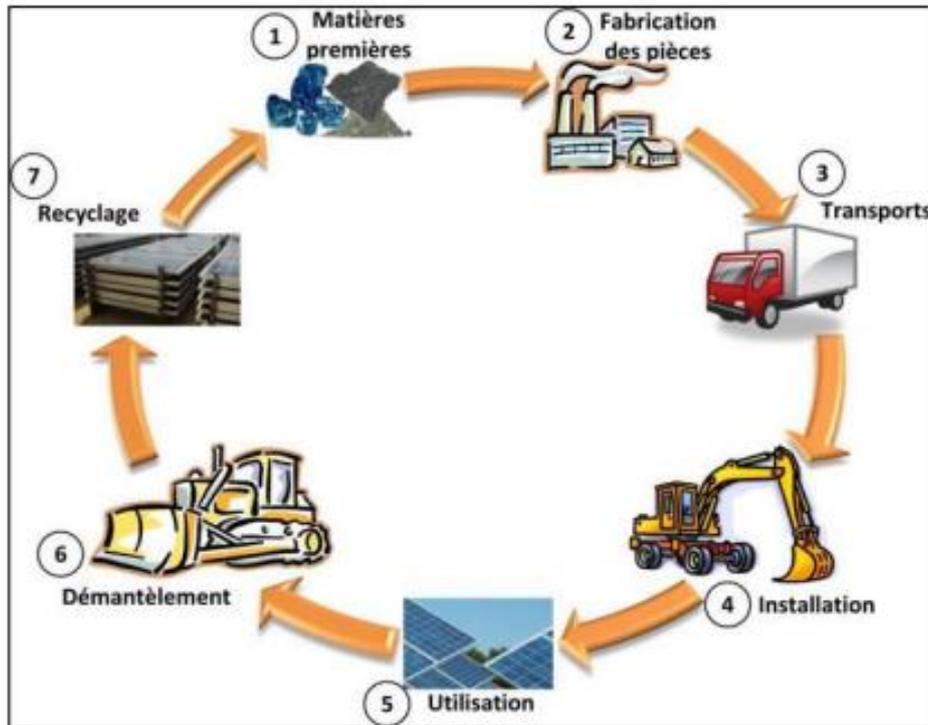


Figure 17 : Analyse du Cycle de Vie d'une centrale photovoltaïque

- 1 et 2 : l'extraction des matières premières et la fabrication prennent en compte les pièces des structures, des modules photovoltaïques et du matériel électrique ;
- 3 : le transport est calculé depuis les fournisseurs jusqu'au chantier ;
- 4 : l'installation prend en compte les transports sur chantier, l'énergie consommée, la gestion des déchets et l'implantation des fondations ;
- 5 : l'utilisation prend en compte la maintenance préventive, curative et l'entretien régulier ;
- 6 et 7 : le démantèlement et le recyclage sont calculés pour l'ensemble des composants et des modules photovoltaïques.

Le bilan carbone a été calculé sur le cycle de vie de la centrale photovoltaïque en utilisant le « *Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'Analyse du Cycle de Vie* », édité par l'ADEME. La démarche étant basée sur des facteurs d'émissions moyens, elle a pour vocation première de fournir des ordres de grandeur.

Bilan carbone de la centrale

Les valeurs prises en compte sont spécifiées au sein de ce document (cf. tableau en page 54 du rapport de l'ADEME). Dans le cas d'éléments pour lesquels la provenance est aujourd'hui inconnue, la valeur majorée a été considérée. Ces valeurs prennent en compte la fabrication, le remplacement (le cas échéant) et le traitement en fin de vie des éléments. Les valeurs indiquées par le Guide sont fonction d'une durée de vie de 30 ans du système photovoltaïque.

Concernant plus spécifiquement le bilan carbone du panneau (module) photovoltaïque, nous avons retenu le chiffre maximal imposé par la Commission de Régulation de l'Energie dans le cadre des appels d'offre, soit **550 CO₂ / kwc**.





Figure 18 : Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes PV par l'analyse du cycle de vie – ADEME

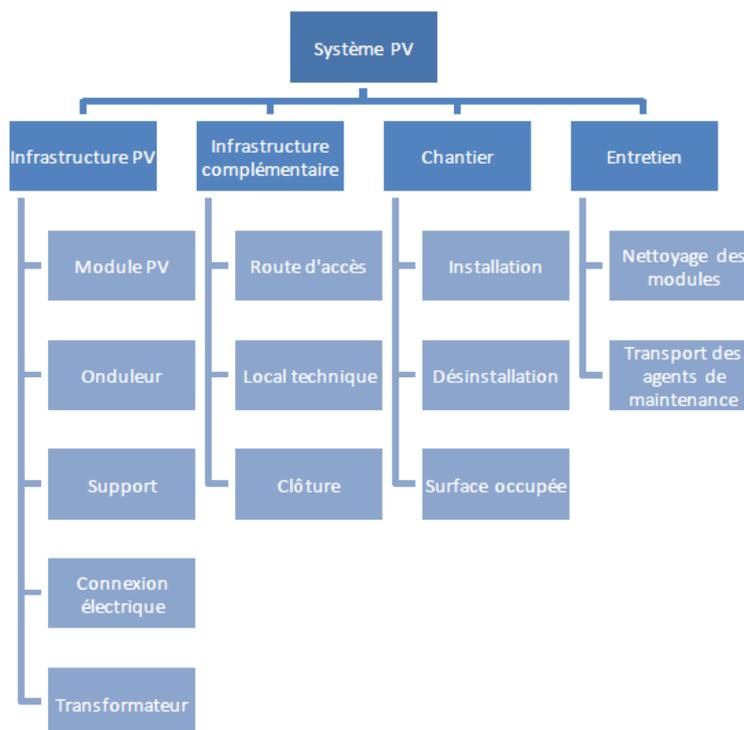


Figure 19 : Extrait page 53 du référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode ACV



Puissance kWc	kWc	5600
Puissance kVa - ratio 120%	kVa	4 480
Production annuelle	kWh	7000000
Nombre de modules - puissance 550	u	10182
Nombre de modules - 2,3m ² /u	m ²	23 418
Longueur chemin d'accès	en km	0,5
Longueur de la clôture	en m	1300
Distance entre agence de maintenance et centrale	en km	200

Tableau 1 : principales caractéristiques de la centrale

Phase chantier	Module PV	Emissions en kg CO ₂ eq / kWc	550	3080000	kg CO ₂
	Onduleur	Emissions en kg CO ₂ eq / kVa	141	631680	kg CO ₂
	Support	Emissions en kg CO ₂ eq / m ² de module	40,2	409309,0909	kg CO ₂
	Connexion électrique	Emissions en kg CO ₂ eq / kWc	70,1	392560	kg CO ₂
	Transformateur	Emissions en kg CO ₂ eq / kVa	10,9	48832	kg CO ₂
	Route d'accès	Emissions en kg CO ₂ eq / km	305000	152500	kg CO ₂
	Local technique	Emissions en kg CO ₂ eq / kWc	7,25	40600	kg CO ₂
	Clôture	Emissions en kg CO ₂ eq / m de clôture	41,8	54340	kg CO ₂
Phase démantèlement	Installation	Emissions en kg CO ₂ eq / kWc	4,71	26376	kg CO ₂
	Désinstallation	Emissions en kg CO ₂ eq / kWc	4,71	26376	kg CO ₂
Phase exploitation	Nettoyage des modules	Emissions en kg CO ₂ eq / m ² de module	19	444945,4545	kg CO ₂
	Transport des engins de maintenance	Emissions en kg CO ₂ eq / km	28,3	5660	kg CO ₂
Total en kg				5313179	kg
Total en tonne				5313	tonne
Total en gramme				5313178545	grammes
Total en g CO ₂ /kWh sur 30 ans				25	CO ₂ eq/kWh

Ainsi, en suivant la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) avec les valeurs d'émissions en kg CO₂ eq définies dans le document « *Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode ACV* » publié par l'ADEME et en prenant en compte l'impact du défrichage, la centrale photovoltaïque au sol générera l'émission de **5313 tonnes d'équivalent CO₂** (calcul sur une durée de vie de 30 ans), soit à **25 g de CO₂ eq/kWh**.

Ce chiffre est en deça est des 43 gCO₂eq/kWh. En effet, d'après une étude récente scientifique par Énergie Commune et Becquerel Institute¹, réalisée en 2021 établit ainsi les émissions du solaire photovoltaïque à **23 gCO₂eq/kWh** pour les panneaux monocristallins et à **25 gCO₂eq/kWh** pour les panneaux polycristallins. Un score appelé à diminuer davantage à l'avenir avec le développement de procédés de fabrication encore plus précis et l'augmentation des rendements des panneaux.

¹ Updated sustainability status of crystalline silicon-based photovoltaic systems: Life-cycle energy and environmental impact reduction trends



Bilan carbone du projet lié au déboisement

Le déboisement aura également un faible impact sur le bilan des émissions de GES du projet car

- La surface est limitée à 5600 m²
- la quantité de CO₂ absorbée par un arbre dépend des essences d'arbres, l'âge des arbres, du climat, de la latitude, des sols, etc. Or le boisement est une formation boisée de qualité plutôt faible et jeune et présente une faible capacité d'absorption en CO₂. Un hectare de forêt peut absorber entre 6 à 16 tonnes de CO₂ par an, en fonction des essences, du climat, des sols...
- Le déboisement est compensé par une surface d'environ 8000m²

Le déboisement par la mise en place de mesures compensatoires fortes permet d'accroître le stockage de CO₂.

Conclusion

Ensuite, il convient de déterminer si ce bilan carbone est positif, soit de déterminer si l'évitement du CO₂ qui aurait été émis par le mix énergétique français (ou européen) est supérieur au bilan carbone de la centrale photovoltaïque au sol de Argentré.

La production d'un kWh d'électricité engendre des émissions de GES plus ou moins importantes dans les différents pays selon le poids respectif des différentes énergies (charbon, pétrole, gaz) dans le mix énergétique national. **Ainsi en France, la production d'un kWh représente l'émission de 85g de CO₂.** Ces chiffres ne prennent en compte que les émissions liées à la combustion et non pas à la construction de la centrale (à la différence de l'analyse de cycle de vie employée).

Production d'énergie par :	Charbon	Pétrole	Gaz	Mix Energétique français	Mix Energétique Européen ²	Centrale photovoltaïque d'Argentré
Taux moyen d'émission en g CO ₂ eq / kWh	950g/kWh	800g/kWh	454g/kWh	85g/kWh	550g/kWh	25g/kWh

On note ainsi que la production électrique par la centrale photovoltaïque est la **moins carbonée par rapport aux filières classiques**. Ainsi chaque année la production de la centrale se substituera à la production d'électricité à partir de filières conventionnelles fortement émettrices de CO₂.

Par ailleurs, l'ADEME a estimé les impacts sur les émissions de gaz à effet de serre liés à la diminution des importations de combustibles fossiles et fissiles entre 2000 et 2019, grâce au développement des énergies renouvelables. Il ressort clairement que le développement des énergies renouvelables se substitue à l'utilisation du **charbon et du gaz en France** mais également à l'importation de **Kwh Européen fortement carboné**.

² D'après l'étude de l'ADEME « Etude sur la filière éolienne française, bilan, prospective, stratégie » de septembre 2017. Ainsi, « une analyse des données historiques disponibles montre que l'électricité éolienne se substitue à la production des centrales nucléaires et au gaz, charbon ou fioul, (...) chaque kWh éolien produit a permis d'éviter de l'ordre de 500 à 600 gCO₂éq. On utilisera alors la valeur médiane de 550 gCO₂éq.



En ce qui concerne le secteur électrique, l'analyse des mix horaires montre que le développement des EnR&R électriques sur la période, porté en particulier par l'éolien et le solaire, s'est fait principalement en réduisant la production du parc de centrales thermiques fossiles et des imports nets en France, sans effet notable sur la production nucléaire. Le développement des EnR&R électriques est complémentaire à la production nucléaire sur la période historique.

Figure 20 : Extrait de la page 5 de la synthèse de l'Etude des bénéfices liés au développement des énergies renouvelables et de récupération en France

Concernant le secteur électrique, les résultats confirment que le déploiement de l'éolien et du photovoltaïque a permis d'éviter de recourir aux moyens de production thermiques. En effet, ces capacités renouvelables se sont développées de manière additionnelle aux capacités nucléaires disponibles (en diminution structurelle ces dernières années) et hydraulique. Ces résultats confirment les analyses réalisées par RTE, dans sa note relative aux bilans CO₂¹³.

Figure 21 : extrait de la page 7 de la synthèse de l'Etude des bénéfices liés au développement des énergies renouvelables et de récupération en France

Ainsi, il est raisonnable de comparer le bilan carbone éolien avec celui du mixte Electrique Européen. Par ailleurs, cette tendance est également confirmée jusqu'en 2028 par cette même étude (voir extrait ci-après).

Une analyse de sensibilité montre que même en considérant un verdissement du système électrique européen, d'ici à 2028, les EnR électriques françaises remplaceraient toujours principalement (52 % au lieu de 70 %) la production de centrales thermiques fossiles à l'étranger en Europe donc principalement de l'électricité carbonée.

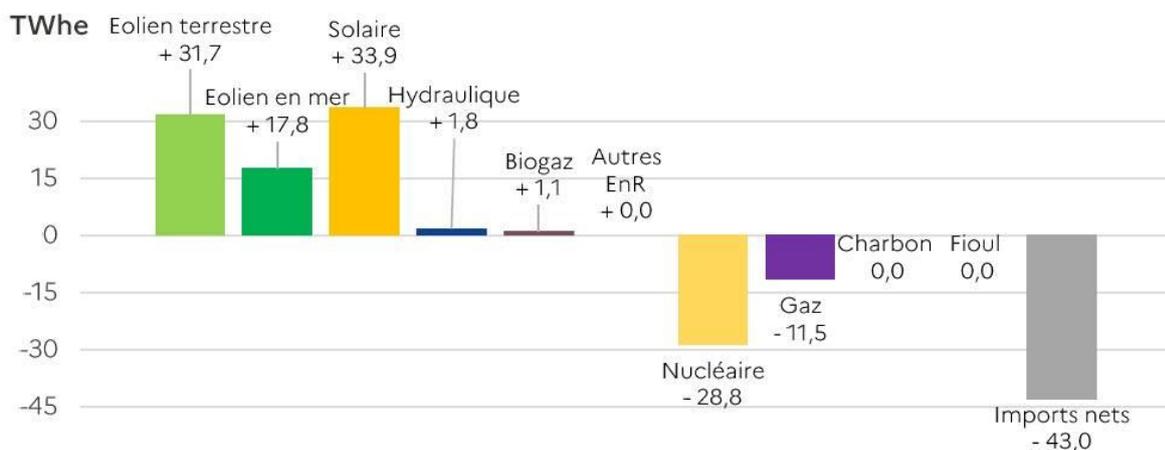


Figure 12 – Substitution par filière de production électrique en France pour l'année 2028

Figure 22 : Extrait de la page 16 de la synthèse de l'Etude des bénéfices liés au développement des énergies renouvelables et de récupération en France

Ainsi chaque année, la centrale permettra d'éviter l'émission de **3 832 tonnes CO₂** [7 000 000 * (550-25)].



IX. Conclusion

La **séquence Eviter – Réduire – Compenser** a permis de proposer un projet cohérent sur l'ensemble des volets paysagers, environnementaux, patrimoniaux.

Le projet photovoltaïque permettra de produire environ **7 millions de kilowattheures par an** soit la consommation électrique de 3 500 personnes (chauffages inclus). Avec ce nouveau projet, le taux de couverture de la consommation électrique de Laval Agglomération (tout secteur confondu), sera **de 7.5%**. Ce projet contribuera également à des retombés économiques de l'ordre de **25 000 € par an pour l'ensemble des collectivités territoriales**.

