
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Assistante de chargé de projets éoliens et photovoltaïques

Initiatives & Energies Locales - IEL Développement
41 boulevard Carnot, 22 000 Saint-Brieuc



Tuteur entreprise :

Jean Coadalan

Chargé de projets éoliens et photovoltaïques

Tuteur académique :

Éric Thomas

Alice Moura

UIT

2018-2019

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Jean Coadalan, mon tuteur de stage durant ces 4 mois, qui a su me conseiller et prendre du temps pour me former. Je le remercie également pour l'aide qu'il m'a apportée dans la rédaction de mon rapport. Cela a été un réel plaisir de travailler avec lui.

Je remercie l'équipe du bureau Développement avec qui j'ai travaillé durant toute ma période de stage ainsi que l'ensemble du personnel de la société IEL pour leur accueil remarquable.

Mes remerciements s'adressent à Loïc Picot et Ronan Moalic, respectivement président et directeur général du groupe IEL, mais aussi à Florent Epiard, responsable du pôle développement, pour m'avoir donnée l'opportunité d'intégrer leurs locaux au sein de l'entité Développement.

Enfin, je remercie Eric Thomas, Maître de Conférences en Aménagement et Urbanisme et professeur à Polytech Tours au département Aménagement et Environnement, de s'être assuré du bon déroulement du stage et de s'être montré toujours disponible.

Table des matières

Remerciements	1
Table des annexes	3
Table des tableaux.....	3
Table des figures.....	4
Lexique	5
Unités de mesure de l'énergie	6
Introduction.....	7
1. Une entreprise multi-activité	8
1.1 Présentation générale	8
1.2 Activité de l'entreprise	9
1.2.1 L'éolien	9
1.2.2 Le solaire photovoltaïque.....	10
1.3 Les valeurs de l'entreprise.....	11
2. Généralités sur le contexte énergétique.....	11
2.1 Le contexte énergétique actuel.....	11
2.2.1 Au niveau international.....	11
2.2.2 Au niveau Européen	11
2.2.3 Au niveau national.....	11
2.2 L'énergie solaire photovoltaïque.....	12
2.2.1 Origine	12
2.2.2 Principe.....	12
2.2.3 Le marché mondial du solaire photovoltaïque :.....	15
2.2.4 Les perspectives de croissance en Europe	16
2.2.5 La situation en France et les perspectives de croissance :.....	16
2.3 Le cadre juridique français	16
2.3.1 Demande de permis de construire.....	16
2.3.2 L'étude d'impact sur l'environnement et la santé	17
2.3.3 L'enquête publique.....	17
2.4 Les étapes de développement de projet de centrale solaire photovoltaïque au sol.....	18
3. Présentation du stage.....	20
3.1 Ma mission	20
3.2 Matériels et Méthode	21
3.2.1 Matériels.....	21

3.2.2	Méthode	21
4.	Mes missions sur le développement de projets solaires	21
4.1	La prospection	21
4.2	L'étude d'impacts sur l'environnement et la santé.....	23
4.2.1	Etude de cas d'Aubigné-Racan	23
4.3	Autres missions	37
4.4	Conclusion	39
5.	Une mission secondaire sur le développement de projets éoliens	40
	Conclusion	43
	Bibliographie.....	44
	Annexes	45
	Abstract	51

Table des annexes

Annexe 1 : Représentations des zones A, B et C pour les installations de panneaux photovoltaïques sur un aérodromes (Source : DGAC)	45
Annexe 2 : Analyse multicritère (Source : IEL)	46
Annexe 3 : Tableau de synthèse de la valeur écologique des habitats en fonction de la note globale obtenue (valeur propre + sensibilité) (Source : Franck Noël Expertise Environnementale).....	47
Annexe 4 : Récapitulatif des retombées économiques fiscales estimées du projet de centrale photovoltaïque d'Aubigné-Racan (Source : IEL)	48
Annexe 5 : Affiche de la Charte "Chantier Vert" (source : ADEME)	49
Annexe 6 : Panneau d'information de Crozon	50

Table des tableaux

Tableau 1: Présentation des impacts et de leur gravité sur la santé, le climat et la qualité de l'air.....	34
Tableau 2 : Présentation des impacts et de leur gravité sur les biens et les personnes.....	36

Table des figures

Figure 1 : Organigramme du groupe IEL (source : IEL)	8
Figure 2 : Implantations et références du groupe IEL (source : IEL)	9
Figure 3 : Parc éolien de Pléchâtel (35) mis en service en 2008 (source : IEL).....	9
Figure 4 : Centrale solaire au sol de Machecoul (44) (source : IEL)	10
Figure 5 : Schématisation de l'effet photovoltaïque (source : http://www.ecabinet.be/bureco/).....	13
Figure 6 : Schéma de principe d'un parc photovoltaïque (source : IEL).....	13
Figure 7 : Evolution des prix de vente moyens de panneaux multicristallins (source : Eurobserv'er) .	15
Figure 8 : Perspectives d'évolution du photovoltaïque dans le monde (source : EPIA).....	15
Figure 9 : Production énergétique en France en 2018 (source : RTE).....	16
Figure 10 : Historique des tarifs d'achats (Source : photovoltaïque.info)	20
Figure 11 : Productible donné par PVGIS (Source : PVGIS)	22
Figure 12 : Localisation du site d'implantation de la ferme solaire au sol sur le domaine du Syndicat Mixte du Val de Loir (Source : Géoportail)	24
Figure 13 : Localisation et identification du projet (source : IEL)	24
Figure 14 : Illustration des distances entre les structures et le chemin périphérique (Source : IEL)	26
Figure 15 : Illustrations 3D d'une structure support avec pieux hybrides (Source : IEL)	26
Figure 16 : Lestage des structures par pieux hybrides (Source : IEL)	27
Figure 17 : Plan d'implantation général définitif (Source : IEL)	28
Figure 18 : Localisation des ZNIEFF de type 2 dans un rayon de 10 km autour du projet (Source : Franck Noël).....	30
Figure 19 : Localisation des ZNIEFF de type 1 dans un rayon de.....	30
Figure 20 : Sensibilité écologique (potentielle et avérée) de la zone d'étude : carte de synthèse (Source : Franck Noël Expertise Environnementale).....	31
Figure 21 : Carte des contraintes patrimoniales autour du site d'implantation de la ferme solaire d'Aubigné-Racan (Source : IEL).....	32
Figure 22 : Localisation des points de vue extérieur dirigés vers le site d'Aubigné-Racan (Source : IEL)	33
Figure 23 : Photomontage de la vue n°1 du site d'Aubigné-Racan (Source : IEL)	33
Figure 24 : Schématisation de la réflexion partielle des rayons du soleil (Source IEL)	34
Figure 25 : Illustration de l'effet de poinçonnement avec longrines béton(Source : IEL).....	36
Figure 26 : Panneau de permis de construire pour le projet de centrale photovoltaïque au sol de Crozon	39
Figure 27: Vue aérienne de la centrale solaire de Surdon (61) (Source : IEL)	40
Figure 28 : Cartographie du secteur choisi pour le porte-à-porte (Source : QGIS, IEL)	41

Lexique

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (*« participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. »*)

ARS : Agence Régionale de Santé (*« Elles sont chargées du pilotage régional du système de santé. Elles définissent et mettent en œuvre la politique de santé en région, au plus près des besoins de la population ».*)

CET : Centre d'Enfouissement Technique

CFE : Cotisation Foncière des Entreprises

CRE : Commission de Régulation de l'Energie (*« veille au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz en France, au bénéfice des consommateurs finals et en cohérence avec les objectifs de la politique énergétique »*)

CVAE : Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises

DDT : Direction Départementale des Territoires (*« met en œuvre dans le département les politiques relatives à la promotion du développement durable, au développement et à l'équilibre des territoires urbains et ruraux grâce aux politiques agricole, d'urbanisme, de logement, de construction et de transports, à la prévention des risques naturels, aux déplacements et aux transports »*)

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

IEL : Initiatives & Energies Locales

IFER : Impôt Forfaitaire sur les Entreprises de Réseaux

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

PC : Permis de Construire

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PPE : Programmation Pluriannuelle de l'Energie (*« outils de pilotage de la politique énergétique ont été créés par la loi de transition énergétique pour la croissance verte. »*)

PPRI : Plan de Prévention des Risques d'Inondation

PPRMT : Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain

PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques

SDE : Syndicat Départemental d'Energie

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

TFPB : Taxe Foncière sur les Propriétés Bâties

UDAP : Unité Départementale de l'Architecture et du Patrimoine

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

Unités de mesure de l'énergie

Watt (W) : unité de mesure de la puissance énergétique. Le watt réfère donc à la puissance de votre appareil.

Watt-heure (Wh) : unité de mesure d'énergie. Il réfère donc à la consommation de votre **appareil**. Un watt-heure correspond à l'énergie consommée ou délivrée par un système d'une puissance de 1 Watt pendant une heure.

Watt-crête (Wc) : Unité de mesure de puissance utilisée pour les panneaux solaires. Il s'agit de la puissance fournie par le module en conditions standard de test (conditions normalisées STC)

Introduction

Le réchauffement climatique, l'augmentation des besoins en énergies, la diminution des ressources en énergies fossiles, l'augmentation des gaz à effet de serre,... imposent une révision des stratégies énergétiques. Les énergies renouvelables constituent une réponse particulièrement adaptée aux besoins énergétiques et contribuent à la sécurité d'approvisionnement et à l'indépendance énergétique de tous les pays. Produites à partir de ressources naturelles et locales, elles n'épuisent aucun stock.

Ainsi, depuis quelques années, la réglementation dans le domaine de l'énergie connaît de profondes évolutions. Depuis 2007, l'Union européenne s'est fixée comme objectif, d'ici 2020, une réduction de 20% des émissions à effets de serres par rapport à 1990, une amélioration de 20% de l'efficacité énergétique et une part de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale de l'Union Européenne. D'ici 2050, les énergies renouvelables représenteront la plus grande partie de l'offre énergétique selon l'ONU.

De plus, la France, avec la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, promulguée le 18 août 2015, s'est fixée pour objectif d'atteindre 32 % d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie de la France à horizon 2030.

En 2018, la production d'énergie renouvelable a connu une forte hausse sur le territoire français. A l'instar de l'énergie fossile (en baisse) et de l'énergie nucléaire (faible augmentation). Fin 2018, la puissance installée du parc de production d'électricité approche les 133 GW. Elle progresse de 2 GW (+1,6%) par rapport à 2017. Ce sont les filières éolienne et solaire qui comptent pour l'essentiel de cette augmentation. Les énergies renouvelables fournissent près de 20% (contre 16% en 2017) de l'énergie électrique totale. Parmi celles-ci, les principales sont l'énergie hydraulique, l'énergie éolienne et l'énergie solaire.

L'énergie éolienne est celle qui détient aujourd'hui le potentiel de développement le plus important. Reconnue comme une source d'énergie électrique fiable et compétitive, l'énergie éolienne est aujourd'hui devenue un pilier important du système énergétique dans de nombreux pays. L'autre énergie renouvelable au fort potentiel est l'énergie solaire. En effet, la lumière du soleil est disponible partout, en Montagne, dans le Nord, dans le Sud etc. Fin 2018, l'énergie éolienne représentait 11,5% du parc électrique français tandis que l'énergie solaire représentait 6,4%. Ces deux énergies sont importantes dans le mix énergétique français et leur développement est une priorité nationale.

Passionnée par l'environnement et le domaine des énergies renouvelables depuis des années, j'ai choisi de réaliser mon stage de 4^{ème} année dans ce domaine. C'est ainsi que j'ai intégré la société IEL en tant qu'« Assistante de chargé de projets éoliens et photovoltaïques ». Reconnue dans le domaine des énergies renouvelables, obtenir un stage au sein d'IEL est une grande opportunité.

Après une première partie consacrée à la présentation d'IEL, puis une seconde sur le contexte énergétique actuel, la troisième partie présentera le stage que j'ai effectué. Enfin la quatrième partie traitera de mes missions sur le développement de projets solaires et la cinquième sur le développement de projets éoliens.

1. Une entreprise multi-activité

1.1 Présentation générale

Fondé en janvier 2004, Initiatives & Energies Locales (IEL) est un groupe indépendant français spécialisé dans le développement, l'installation et l'exploitation de projets d'énergies renouvelables. Basé à Saint-Brieuc au sein de locaux répondant aux critères « Bâtiments Basse consommation » (BBC), IEL emploie actuellement 45 salariés.

De la recherche de sites à la construction et à la mise en service, IEL réalise toutes les étapes liées à un projet d'énergies renouvelables grâce à ses 3 filiales :

Le groupe est composé de différentes entités (Figure 1) :

- IEL **Développement**, à Saint-Brieuc (22) : La société Développement s'occupe des projets de puissances élevées (>250 kWc) qui nécessitent d'un permis de construire. Ce sont les projets grands éoliens et les centrales solaires photovoltaïque au sol et en grande toiture ;
- IEL **Etudes & Installations**, à Pont Saint-Martin (44) : Cette société s'occupe des projets solaires photovoltaïques en toitures pour les exploitants agricoles, les collectivités, les acteurs privés, ... ;
- IEL **Exploitation**, à Saint-Brieuc (22) et à Saint-Jacques-de-la-Lande (35) : la société Exploitation la phase chantier, la maintenance et le suivi d'exploitation des projets développer par IEL ;

+ IEL **Production ENR** : Production d'électricité

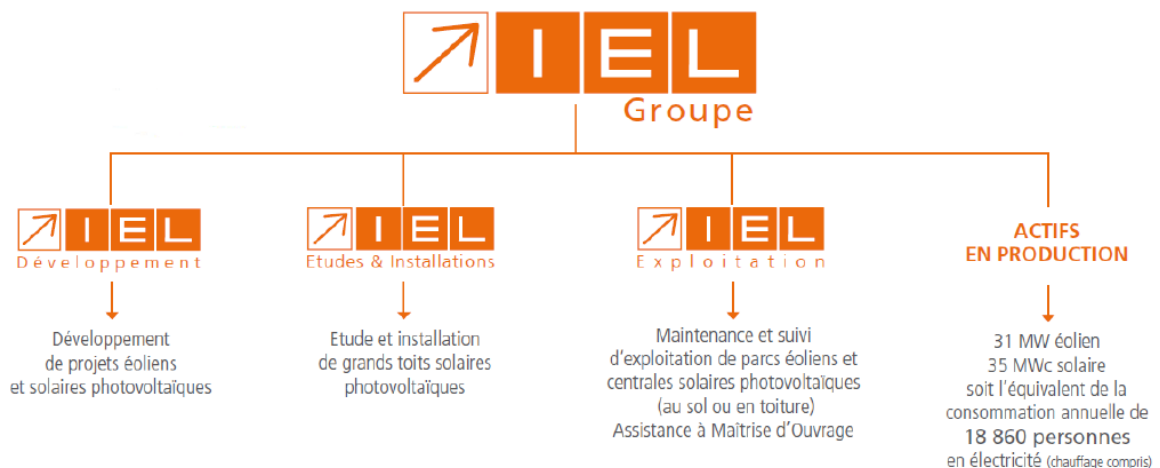


Figure 1 : Organigramme du groupe IEL (source : IEL)

Initiatives & Energies Locales est ainsi spécialisé dans les domaines de l'éolien et du solaire photovoltaïque. Le groupe travaille dans tous le Grand Ouest de la France. Ses différentes sociétés lui permettent de rayonner plus facilement sur ce territoire (Figure 2).

IMPLANTATIONS ET REFERENCES

Siège social - IEL

41 ter Bd Carnot
22000 SAINT-BRIEUC

Agence - Nantes

IEL Etudes & Installations
ZA de la Nivardière
16 rue de l'Artisanat
44860 PONT SAINT MARTIN

Agence - Rennes

IEL Exploitation
121 rue du Temple de Blossne
35136 SAINT JACQUES DE LA LANDE

- Installations solaires photovoltaïques sur toiture
- Exploitation de centrales solaires photovoltaïques
- Parcs éoliens
- Centrales solaires photovoltaïques au sol

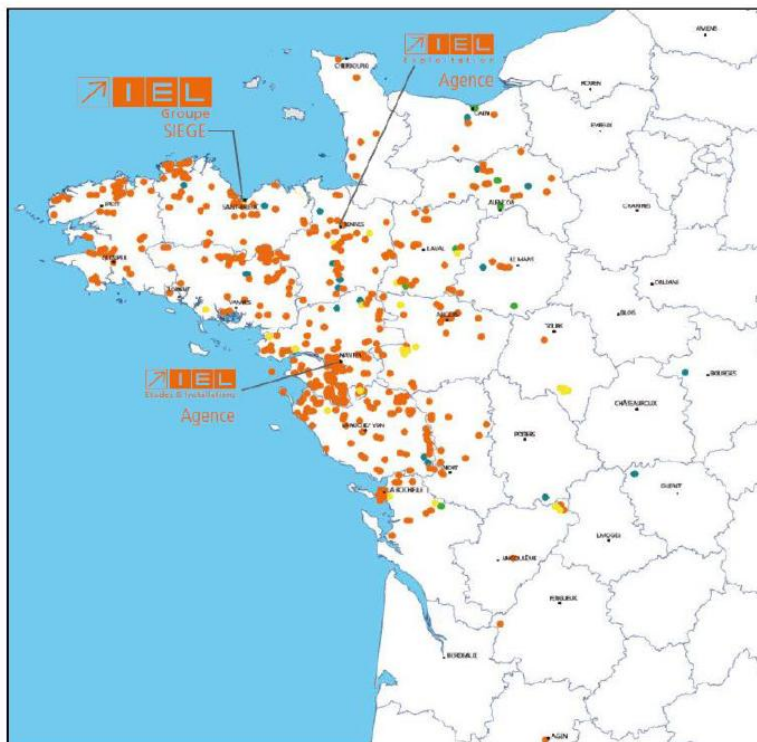


Figure 2 : Implantations et références du groupe IEL (source : IEL)

1.2 Activité de l'entreprise

Depuis que le marché des énergies renouvelables s'est ouvert en France, IEL se positionne comme producteur d'énergie et développe ainsi des projets éoliens et photovoltaïques pour son propre compte. Ainsi, des bénéfices sont générés sur l'ensemble de la durée du contrat, soit au moins 20 ans. 220 MWc sont en cours de développement.

1.2.1 L'éolien

L'activité de la société a démarré avec le secteur du Grand Eolien. Grâce à son expertise reconnue dans ce domaine, IEL a réalisé le développement de projet cumulant une puissance totale de plus de 106,9 MW. Depuis l'été 2007, 13 parcs développés par IEL sont en exploitation et 150MW sont en cours de développement sur le secteur Ouest de la France (Figure 3)

IEL intervient durant toutes les phases des projets éoliens grâce à son expertise pluridisciplinaire en développement, construction, financement et exploitation : IEL se charge des études préalables à l'obtention des autorisations de permis de construire, supervise leur installation et assure leurs exploitations.



Figure 3 : Parc éolien de Pléchâtel (35) mis en service en 2008 (source : IEL)

1.2.2 Le solaire photovoltaïque

1.2.2.1 Solaire au sol

IEL maîtrise toutes les étapes d'un projet photovoltaïque au sol : réalisations des études préalables jusqu'à l'obtention du permis de construire, financement du projet, mise en service, exploitation et maintenance.

En accord avec ses convictions, IEL développe ses projets sur des terrains sans conflits d'usage, notamment avec l'agriculture (CET, friches industrielles, zones d'activités délaissés mais aussi les aéroports, etc, ...). Cela permet en même temps de valoriser des terrains où aucune activité n'est envisageable (sols pollués....). De plus, IEL s'emploie activement au développement d'une filière solaire française et ne travaille qu'avec des entreprises locales lors du chantier.



Figure 4 : Centrale solaire au sol de Machecoul (44)
(source : IEL)

C'est en 2018 qu'IEL construit ses premières centrales solaires photovoltaïque au sol :

- Ferme solaire du Plateau (14) : 10 MW ;
- Ferme solaire de Surdon (61) : 6,2 MW (sa mise en service a eu lieu le 21 juin 2019)
- Ferme solaire du Grignon (37) : 6,2 MW
- Ferme solaire de Fontenet (17) : 7 MW

Depuis, 34,9 Mwc sont en exploitation, 22 MWc autorisés à construire et 70 MWc en cours de développement (Figure 4).

1.2.2.2 Les toitures solaires

Dès 2006, le groupe a poursuivi son développement en travaillant dans le domaine du solaire photovoltaïque en toiture. C'est ainsi qu'il est devenu un des principaux acteurs du Grand Ouest pour le solaire photovoltaïque.

De même que pour les centrales solaires au sol, IEL maîtrise toutes les étapes de la vie d'un projet solaire en toiture. Il installe pour ses clients, professionnels (industriels, collectivités, exploitants agricoles) et particuliers, des projets photovoltaïques pris-en-main. IEL prend en charge le dimensionnement de l'installation, la fourniture et la pose du matériel, la mise en service et la maintenance des centrales solaires installées.

IEL loue aussi de grandes toitures pour installer ses propres centrales.

En 2018, IEL a solarisé la Base sous-marine de la Rochelle pour une puissance de 2,1 MW. En 2019, le solaire en toiture d'IEL représente plus de 54,7 MWc et 357 000m² de panneaux installés (Figure 4).

Les projets en toitures solaires se développent relativement vite, permettant ainsi de créer un bénéfice rapide. Ce pôle est donc indispensable pour financer les projets de longue durée comme l'éolien et les centrales solaires au sol.

1.3 Les valeurs de l'entreprise

Les projets de centrales solaires au sol ou les implantations d'éoliennes sont des projets de grande envergure dont les impacts sur leur environnement doivent être soigneusement étudiés. La démarche d'IEL a toujours été de mener à bien les projets de centrales éoliennes et solaires dans un contexte de transparence et de concertation, avec les riverains, les collectivités locales et les services de l'Etat.

IEL s'inscrit par ailleurs dans une démarche de développement local en associant les entreprises départementales ou régionales à la réalisation du chantier (VRD, génie civil, génie électrique) mais aussi en recherchant à sous-traiter la construction de certaines pièces de ses installations dans l'ouest de la France.

2. Généralités sur le contexte énergétique

2.1 Le contexte énergétique actuel

2.2.1 Au niveau international

Le protocole de KYOTO est un traité international dont les accords ont été signés en 1997. L'objectif des pays signataires est de diminuer les émissions de six gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone. Au 31 décembre 2005, 158 pays – dont 34 industrialisés – ont ratifié le protocole de KYOTO. Sur la période 2008 – 2012, les pays industrialisés signataires se sont engagés à réduire en moyenne leurs émissions de gaz à effet de serre de 5.2 % par rapport au niveau atteint en 1990.

Dans le cadre de l'application des accords de KYOTO et de la lutte contre le changement climatique, le développement des énergies renouvelables est fortement encouragé par l'Union Européenne et le gouvernement français. Ainsi, en Europe et en France, on assiste à l'émergence de nombreuses centrales énergétiques dont la source provient du vent et du soleil et deviennent peu à peu fonctionnels sur l'ensemble du territoire.

2.2.2 Au niveau Européen

La directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables fixe, à l'horizon 2020, des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 20% par rapport à 1990, de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation totale de l'Union européenne et de 20% d'amélioration de l'efficacité énergétique.

En 2005, les énergies renouvelables couvraient 14% des besoins en électricité de l'Union Européenne, fournie aux 2/3 par l'hydroélectricité.

La directive prévoit des objectifs nationaux pour chaque État membre : celui attribué à la France est de 23% d'énergies renouvelables en 2020.

2.2.3 Au niveau national

La Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite loi Grenelle 1, place la lutte contre le changement climatique au premier rang des priorités. Dans cette perspective, l'engagement pris par la France de diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 est confirmé. La France s'engage également à contribuer à

la réalisation de l'objectif d'amélioration de 20% de l'efficacité énergétique de la Communauté européenne et s'engage à porter la part des énergies renouvelables à au moins 23% de sa consommation d'énergie finale d'ici à 2020, soit un doublement.

Plus récemment, le 27 novembre 2018, la nouvelle Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) qui fixe les objectifs en matière de production d'énergie et qui trace la trajectoire de réduction des gaz à effet de serre pour la période 2019-2028 a été présentée. La PPE revendique une accélération forte du développement des énergies renouvelables. Ainsi, la puissance installée en éolien terrestre doit passer de 11GW en 2017 à 24,6GW en 2023 et autour de 35GW en 2028. Inexistant aujourd'hui, l'éolien offshore est programmé à 2,4GW en 2023 et autour de 5GW en 2028. Le solaire (7GW aujourd'hui), quant à lui, doit passer à plus de 20GW en 2023 et dépasser les 40GW en 2028.

2.2 L'énergie solaire photovoltaïque

2.2.1 Origine

C'est en 1839 que le physicien Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque. Jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène restera une découverte anecdotique. En 1954, au moment où l'industrie spatiale est naissante, trois chercheurs américains mettent au point une cellule photovoltaïque pour pallier aux problèmes concernant l'alimentation électriques des satellites.

Ceci aboutira à l'envoi dans l'espace des premiers satellites équipés de ces cellules en 1958. En 1973, aux USA, la toute première habitation alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'université du Delaware. Puis, en 1983, la première voiture alimentée par ce type d'énergie parcourt 4000 km en Australie. Les premières installations photovoltaïques en toiture raccordées au réseau voient le jour en 1995 au Japon et en Allemagne. Ces implantations se démocratisent depuis 2001 dans ces pays, et depuis 2006 en France. Depuis 2005, le développement de parcs photovoltaïques implantés au sol progresse à grande vitesse, notamment en Allemagne.

2.2.2 Principe

L'énergie solaire a directement pour origine l'activité du soleil. Le soleil émet un rayonnement électromagnétique dans lequel on trouve notamment les rayons gamma, X, la lumière visible, l'infrarouge, les micro-ondes et les ondes radios en fonction de la fréquence d'émission.

Tous ces rayonnements émettent de l'énergie. Sur la surface de la Terre, les types de rayonnements sont diffus, direct ou émis par une surface réfléchissante.

L'irradiation solaire est la quantité d'énergie du soleil reçue par une surface donnée, exprimée couramment en kWh/m².

Le rayonnement solaire peut être utilisé pour produire soit de la chaleur (solaire thermique) soit de **l'électricité (solaire photovoltaïque)**.

Le mot « photovoltaïque » est la combinaison de deux mots: « photo », mot d'origine grecque qui signifie lumière et « voltaïque », qui vient de « volt » et représente l'unité utilisée pour mesurer le potentiel électrique.

L'effet photovoltaïque est obtenu par la transformation d'ondes lumineuses en courant électrique. Au cœur de ce principe se trouve un matériau semi-conducteur capable de libérer des électrons.

Une cellule photovoltaïque est composée de deux couches de semi-conducteurs, l'une chargée positivement, l'autre négativement. Quand le semi-conducteur reçoit les photons du rayonnement solaire, ceux-ci libèrent une partie des électrons de sa structure : le champ électrique présent entre

ses couches positives et négatives capte ces électrons libres, créant ainsi **un courant électrique continu**.(Figure 5)

Plus le flux de lumière est important, plus forte est l'intensité du courant électrique généré.

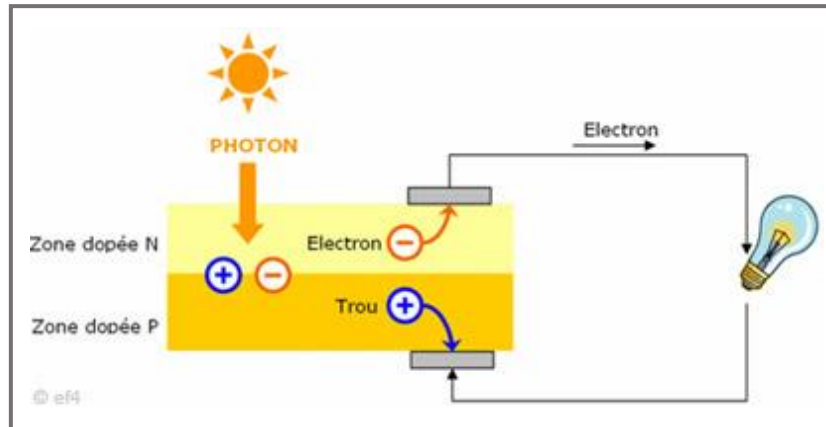


Figure 5 : Schématisation de l'effet photovoltaïque (source : <http://www.ecabinet.be/bureco/>)

Fonctionnement d'une centrale solaire au sol :

Le rayonnement du soleil sur les modules photovoltaïques est transformé en courant électrique continu acheminé vers un **onduleur**.

L'onduleur convertit cette électricité en **courant alternatif**. Un transformateur élève la tension qui la rend compatible avec le réseau avant l'injection de l'électricité par câble jusqu'au réseau public. (Figure 6)

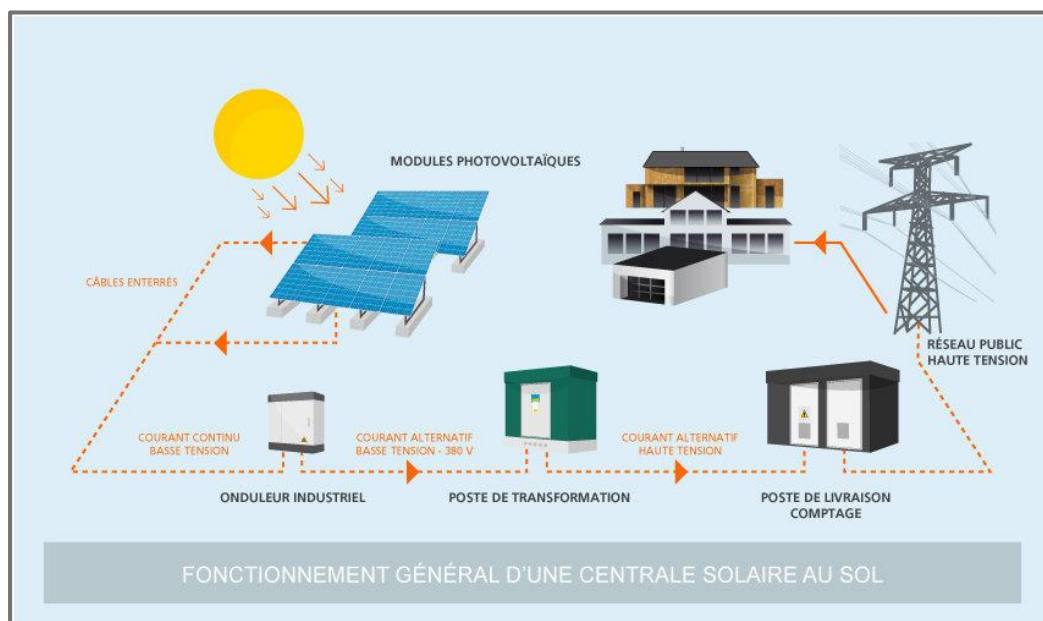


Figure 6 : Schéma de principe d'un parc photovoltaïque (source : IEL)

En pratique, la puissance délivrée par un module varie en fonction de l'énergie solaire reçue qui dépend de sa localisation, du jour, de l'heure, de la météo, de l'orientation et inclinaison du

système et de sa température. La puissance-crête n'est que rarement atteinte par le module au cours de sa vie en fonctionnement.

L'implantation des panneaux solaires doit éviter les effets d'ombrage qui peuvent altérer la production des parcs.

La production photovoltaïque dépendra de l'irradiation reçue, de la puissance crête des modules et du rendement du système (prise en compte notamment des pertes câbles entre les modules et le point d'injection du courant alternatif).

$$\text{Production (MWh/an)} = \text{Productivité (kWh/kWc/an)} * \text{Puissance (kWc)}$$

La technologie des modules photovoltaïque :

Il existe actuellement deux grandes technologies de fabrication des modules photovoltaïques :

Les **technologies cristallines** qui utilisent des cellules plates extrêmement fines (150 à 200 µm, soit 0,15 à 0,2 mm), découpées dans un lingot obtenu par fusion et moulage, puis connectées en série les unes aux autres pour être finalement posées et collées sur la face arrière du verre de protection du module. La matière première est toujours le silicium (semi-conducteur abondamment présent sur la croûte terrestre et dans le sable).

- **Modules monocristallins** (aspect uniforme gris bleuté ou noir), qui ont les meilleurs rendements de conversion de l'énergie (13 à 15 %) (source : European Photovoltaic Industry Association, EPIA),
- **Modules polycristallins** (plusieurs cristaux assemblés, généralement bleus, aspect d'une mosaïque), qui ont un rendement un peu moindre (environ 12 à 14 %) (source : EPIA),

Les **technologies "couches minces"** qui consistent à déposer sous vide sur un substrat (verre, métal, plastique, etc.) une fine couche uniforme composée d'un ou plus souvent de plusieurs matériaux réduits en poudre.

- **Modules à silicium amorphe**, qui affiche un rendement plus faible, de l'ordre de 6 à 9 %,
- **Modules réalisés à base de Tellure de Cadmium** ou d'alliages de Cuivre Indium Galium Sélénium, qui offrent des rendements compris entre 6 et 10 %, soit 60 à 100 Wc par m², mais également des coûts au Wc inférieurs.

Les cellules à couche mince nécessitent moins de matériau et consomment moins d'énergie lors de leur fabrication. Leurs rendements étant toutefois inférieurs à ceux des cellules en silicium cristallin, on leur a jusqu'à présent préféré des cellules solaires en silicium monocristallin ou polycristallin pour la réalisation d'installations photovoltaïques au sol.

La recherche et le développement de nouvelles technologies des cellules photovoltaïques est actuellement en plein essor. L'objectif est d'améliorer le rendement énergétique (notamment le problème de réflectance), de réduire les coûts de fabrication et d'éviter l'usage de métaux spéciaux. (Figure 7)

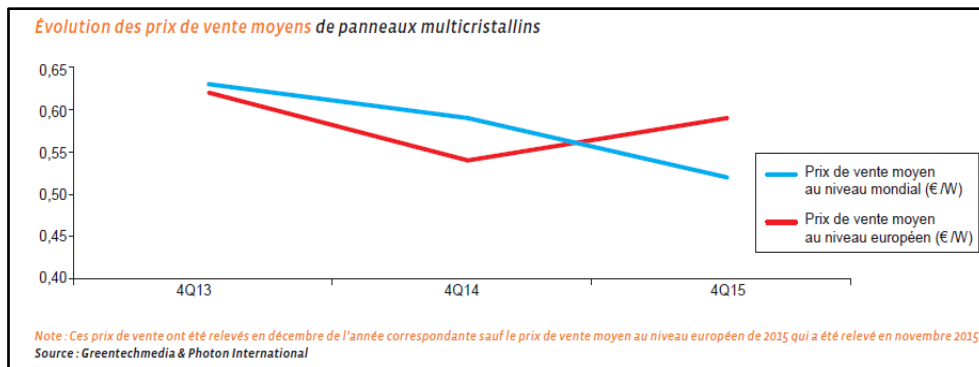


Figure 7 : Evolution des prix de vente moyens de panneaux multicristallins (source : Eurobserv'er)

2.2.3 Le marché mondial du solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque est développée dans de nombreux pays et connaît une croissance annuelle importante : 35% par an depuis 1998. Le marché mondial a atteint des sommets, au moins 50 GW connectés en 2015, soit une croissance de 25 % par rapport à 2014. Fin 2015, la puissance photovoltaïque mondiale dépassait les 227 GW.

Les 6 premiers pays au monde (année 2016) en matière de puissance photovoltaïque installée sont, en Gigawatt crête (1GWc = 1 000 MWc) :

- La Chine (78,07 GWc)
- le Japon (42,75 GWc)
- l'Allemagne (41,28 GWc)
- les Etats-Unis (40,3 GWc)
- l'Italie (19,28 GWc)
- le Royaume-Uni (11,73 GWc)

En 20 ans, la technologie photovoltaïque a fortement progressé, ce qui a permis de baisser le coût d'un module photovoltaïque. Les rendements sont aujourd'hui meilleurs et permettent de produire plus d'électricité sur une même surface. D'après l'EPIA, l'association européenne du photovoltaïque, une projection en 2030 permet d'envisager une capacité de 1 800 000 MWc installée, ce qui couvrira la consommation électrique de 4,5 milliards d'habitants. ()

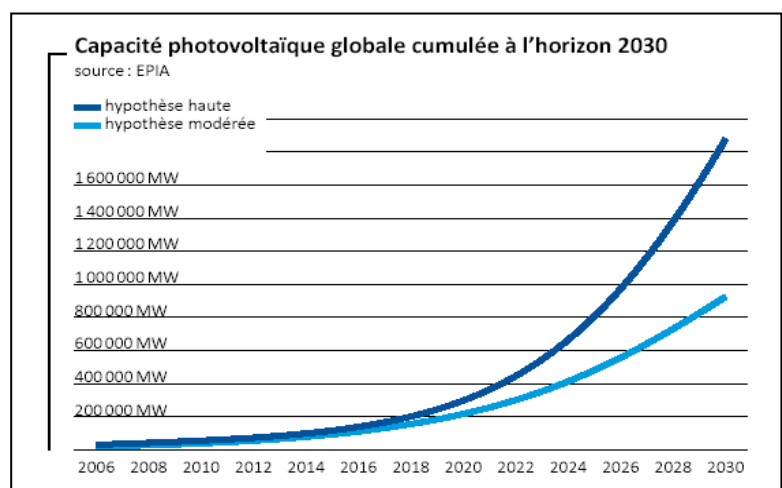


Figure 8 : Perspectives d'évolution du photovoltaïque dans le monde (source : EPIA)

L'énergie solaire est une ressource immense et inépuisable. La France possède le cinquième gisement solaire en Europe. Elle reçoit 1,3 MWh/m²/an. Sur le même modèle, il suffirait de couvrir 2% du territoire européen pour subvenir à 100% de ses besoins en électricité.

2.2.4 Les perspectives de croissance en Europe

En 2015, le marché du solaire photovoltaïque de l'Union Européenne est reparti à la hausse, après trois années consécutives de baisse. 7 226 MW ont été installés dans l'année, soit une croissance de 3 %, portant la puissance cumulée du parc européen à 94,6 GW.

Durant l'année 2016-2017, un total de 5562,2 MW a été installé en Union Européenne. Soit une baisse par rapport à 2015. Aujourd'hui, c'est 106,6 GW de photovoltaïque qui est en service dans l'Union Européenne.

2.2.5 La situation en France et les perspectives de croissance :

La filière solaire photovoltaïque a réellement démarré en France à partir de la fin de l'année 2005. Dans un premier temps, seules les installations en toiture ont été privilégiées. En 2010, les tarifs d'achat de l'électricité ont été définis en fonction de la latitude des différentes régions françaises et de leur ensoleillement (l'électricité était vendue à un prix supérieur dans les régions moins ensoleillées). Ainsi, afin de constituer un plus gros apport en énergie sur le réseau et d'homogénéiser la production d'énergie solaire sur le territoire, nous avons assisté à l'émergence de fermes solaires au sol de plusieurs mégawatts

Fin 2018, la France était 4^{ème} derrière l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni avec une puissance installée totale de 8 527 MWc.

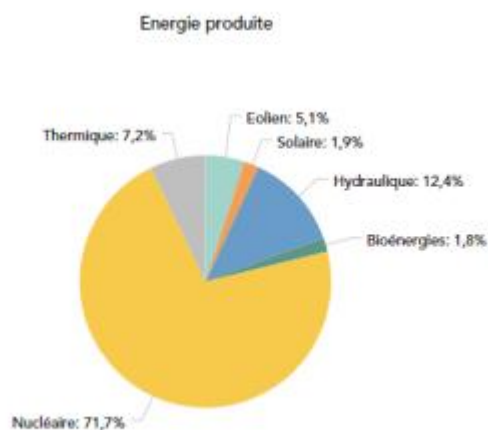


Figure 9 : Production énergétique en France en 2018 (source : RTE)

En 2018, on constate que la prédominance du nucléaire est toujours d'actualité. On observe aussi l'importance de l'hydro-électrique (12.4%) dont 11,5% est renouvelable. (Figure 9)

La part de l'éolien et du solaire est encore faible. Cependant, la production solaire augmente de 11,3% par rapport à 2017 tirant parti, à la fois de la progression du parc installé et de conditions météorologiques favorables (RTE, 2018)

2.3 Le cadre juridique français

En France, le cadre juridique impose pour toutes constructions de centrale photovoltaïque au sol supérieure à **250 kWc** :

- Un permis de construire préfectoral
- Une étude d'impact sur l'environnement et la santé
- Une enquête publique

2.3.1 Demande de permis de construire

Depuis le décret n°2009-1414 du 19 novembre 2009, les installations photovoltaïques de puissance supérieure à 250 kWc sont soumises à l'obtention d'un permis de construire, au titre du Code de l'urbanisme. S'agissant d'ouvrages de production d'énergie n'étant pas destinée à une utilisation directe par le demandeur, le permis de construire d'une installation photovoltaïque relève de la compétence du Préfet.

Les projets de ferme solaire et d'installations connexes nécessitent un permis de construire accompagné d'une étude d'impact sur l'environnement et la santé. Dans le cadre du dépôt de la demande de permis de construire, une enquête publique est prévue. Le permis de construire est délivré par le Préfet après consultation des différents services concernés.

2.3.2 L'étude d'impact sur l'environnement et la santé

Conformément à l'annexe de l'article R.122-2 du Code de l'environnement, les installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire installées sur le sol de plus de 250 kWc sont soumises à étude d'impact.

L'étude d'impact est régie par le Code de l'environnement, plus précisément par les articles L.122-1 à L.122-3-5 de la partie législative et par les articles R.122-1 à R.122-16 de la partie réglementaire.

« Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine sont précédés d'une étude d'impact. Ces projets sont soumis à étude d'impact en fonction de critères et de seuils définis par voie réglementaire et, pour certains d'entre eux, après un examen au cas par cas effectué par l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. »

L'étude d'impact doit répondre aux dispositions des articles R.122-5 et R.512-8 du Code de l'environnement, introduite par le décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements. Son contenu doit être en relation avec la sensibilité environnementale de la zone, l'importance de l'installation projetée et avec ses incidences prévisibles sur l'environnement.

Pour les installations photovoltaïques au sol, où la décision est de niveau local, l'Autorité Environnementale est le Préfet de région. Les articles R.122-1 à R.122-16 du code de l'environnement soumet à étude d'impact les « travaux d'installation d'ouvrages de production d'électricité à partir de l'énergie solaire installés sur le sol dont la puissance crête est supérieure à deux cent cinquante kilowatts crête ».

2.3.3 L'enquête publique

Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements qui nécessitent systématiquement, ou à l'issue d'un examen au cas par cas, la réalisation d'une étude d'impact, font l'objet d'une enquête publique.

Les principaux textes régissant l'enquête publique sont les suivants :

- **Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010** portant engagement national pour l'environnement, dite loi « Grenelle II »,
- **Décret n°2011-2018 du 29 décembre 2011** portant réforme de l'enquête publique relative aux opérations susceptibles d'affecter l'environnement,
- **Articles L.123-1 à 16** du Code de l'environnement,
- **Articles R.123-1 à 46** du Code de l'environnement.

Cette enquête a pour but d'informer le public et de recueillir ses appréciations, suggestions et contre-propositions après le dépôt de l'étude d'impact auprès de l'autorité compétente en matière d'environnement.

« L'enquête publique a pour objet d'assurer l'information et la participation du public ainsi que la prise en compte des intérêts des tiers lors de l'élaboration des décisions susceptibles d'affecter l'environnement mentionnées à l'article L. 123-2. »

Le Préfet du département concerné par l'implantation du projet assure l'ouverture et l'organisation de l'enquête publique. La saisine du Tribunal Administratif par le Préfet permet la désignation d'un commissaire enquêteur ou d'une commission d'enquête, en fonction de la nature et de l'importance du projet.

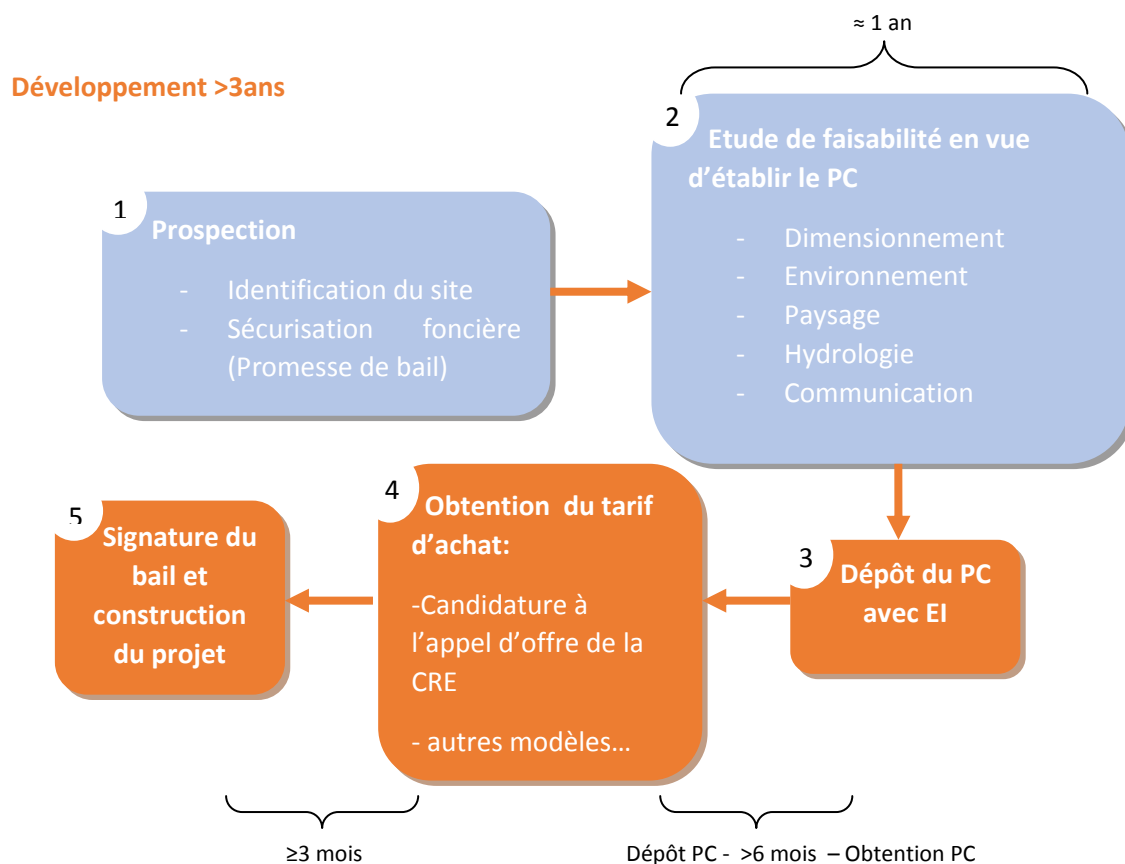
La durée de l'enquête publique est généralement de 30 jours, prolongeable une fois. Une publicité est réalisée via les journaux régionaux ou locaux, dans les 8 premiers jours de l'enquête, ainsi qu'un affichage 15 jours avant son ouverture et pendant toute sa durée sur le site d'implantation et dans les mairies concernées.

Dans chaque lieu où est déposé un dossier d'enquête, un registre d'enquête est ouvert et mis à disposition du public pour enregistrer les diverses remarques relatives au projet. Celles-ci peuvent également être adressées au commissaire enquêteur par correspondance au siège de l'enquête ou par voie électronique indiquée dans l'arrêté d'ouverture. Lors des permanences du commissaire enquêteur, les observations écrites et orales du public sont recueillies.

À la fin de l'enquête, le commissaire enquêteur clôt le registre d'enquête et rencontre le responsable du projet pour lui communiquer les observations consignées dans un procès-verbal de synthèse. Après la production éventuelle d'un mémoire en réponse, le commissaire enquêteur établit son rapport, dont l'objectif est de relater le déroulement de l'enquête et d'examiner les observations recueillies. Les conclusions motivées du commissaire enquêteur (favorables, favorables sous réserves ou défavorables) sont consignées dans un document séparé et transmises au Préfet et au Président du tribunal administratif.

2.4 Les étapes de développement de projet de centrale solaire photovoltaïque au sol

La réalisation d'une centrale solaire supérieure à 250 kWc connaît plusieurs étapes avant d'aboutir :



En bleues, les étapes auxquelles j'ai participé lors de mon stage au sein d'IEL.

1 La phase de **prospection** est réalisée par IEL. La phase de prospection consiste à :

- Identifier un site favorable (sans conflits d'usage etc.) et contacter le ou les propriétaires à qui appartiennent les parcelles du site (privé, commune, entreprise etc.)
- Répondre à un appel à projet

L'état général du site est toujours vérifié (végétation, accessibilité, localisation, etc.) ainsi que les surfaces.

A la suite de l'acceptation du projet par le demandeur, un accord de principe est signé avec IEL, la société en charge du projet. Cette accord se définit par une **promesse de bail** qui stipule la durée pendant laquelle le propriétaire du site s'engage à laisser IEL développer et obtenir à ses frais toutes les autorisations administratives pour la construction de la ferme solaire, sans concurrence.

2 Puis, on lance **l'étude de faisabilité** du projet. Cette étape permet d'optimiser le projet et de connaître les différentes contraintes. Des demandes de servitudes auprès de l'Armée, de la DGAC, de l'ARS,... sont effectuées afin de voir s'il existe des contraintes fortes pour l'implantation d'une centrale solaire sur le site étudié.

En parallèle, des études sont réalisées : études environnementales, paysagères et hydrologiques. Ces études permettent de fixer un scénario d'implantation. Une étude technique est également menée afin de déterminer la constitution de la centrale (nombre de panneaux, structures utilisées, nombre de postes techniques, etc.).

Durant cette période, le développeur (IEL) rencontre les différents services de l'Etat (DDT, DREAL, SDIS, UDAP, etc.) pour présenter le projet et connaître leurs préconisations et recommandations.

Des visites sur le terrain sont notamment organisées.

Tous ces éléments servent par la suite à rédiger **l'étude d'impacts** sur l'environnement et la santé et à constituer le **permis de construire**.

3 Le dossier est ensuite déposé en mairie qui transmet à la DDT qui instruit le dossier auprès des différents services de l'Etat concernés (SDIS, DREAL, etc.). Une enquête publique d'un mois est aussi réalisée en mairie (de la commune où se situe le projet). Le préfet accorde ou non l'autorisation de permis de construire en s'appuyant sur les commentaires faits lors de l'instruction par les services consultés et le rapport du commissaire enquêteur suite à l'enquête publique.

Une fois l'autorisation délivrée, toute personne a un droit de recours de deux mois continus à compter du premier jour d'affichage sur le terrain du panneau du permis de construire.

Une fois ces deux mois écoulés, le permis de construire est purgé.

4 Après obtention du permis de construire, il faut obtenir un tarif d'achat permettant de revendre l'électricité. Cette étape est déterminante dans la réalisation des centrales solaire au sol. Le cadre classique est l'appel d'offre de la **CRE** (Commission de Régulation de l'Energie). Un dossier de candidature est déposé auprès de la CRE afin d'obtenir un tarif d'achat.

Successivement plusieurs arrêtés ont été publiés ainsi que des appels d'offres nationaux pour définir le cadre de tarif d'achat de l'électricité solaire (toiture, tertiaire, au sol). Comme le montre la Figure 10, à mesure des décisions politiques successives, le tarif d'achat baisse au fur et à mesure.

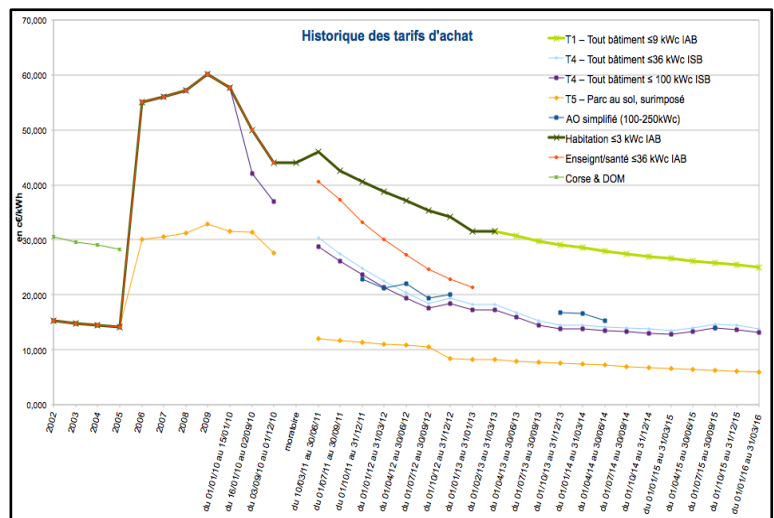


Figure 10 : Historique des tarifs d'achats (Source : photovoltaïque.info)

Un nouvel appel d'offre est apparu (dit CRE4) qui s'établit entre 2017 et 2019 avec une session tous les 6 mois. La première session (1^{er} janvier 2017) a permis à 533 MWc de projets solaires d'une puissance comprise entre 500 kWc et 17MWc d'être lauréat avec une prédominance des projets dans le grand sud de la France (Nouvelle Aquitaine, Occitanie et PACA, pour les trois premières régions). Le prix pondéré du tarif d'achat des lauréats de la première session est de 6,25 cts €/kWh.

La sélection des projets est réalisée selon plusieurs critères inscrits dans le cahier des charges du CRE4 :

- Le tarif d'achat proposé par le candidat (note la plus élevée sur 70 points),
- Le bilan carbone (sur 21 points),
- La pertinence environnementale (sur 9 points).

Le 2 avril 2019, un cahier des charges modificatif a été publié en vue de la 6^{ème} période de candidature.

5 Si le tarif d'achat est obtenu, la phase **construction** du projet peut commencer. Elle dure entre 1 an et 1 an et demi avec une phase de pré-construction (6 mois) et la construction (6 à 8 mois).

3. Présentation du stage

3.1 Ma mission

J'ai intégré Initiatives & Energies locales au sein du pôle Développement en tant qu'Assistante au Chargé de projets éoliens et centrales photovoltaïques au sol durant 16 semaines. Ma mission est de développer des projets solaires au sol à différentes étapes d'avancement allant de la prospection jusqu'au dépôt de permis de construire. J'ai également assisté à du développement de projet éolien.

Le chargé de projets doit connaître le projet dans sa globalité. Il sert d'intermédiaire avec les institutions publiques et se charge de la communication globale du projet. De plus, il participe et partage les études à mener en les faisant réaliser en interne par le chargé d'études ou en externe par un bureau d'étude.

Le chargé d'étude réalise la partie technique du projet à la demande du chargé de projets : dimensionnement, réalisation de l'étude paysagère, cartographie, photomontage).

3.2 Matériels et Méthode

3.2.1 Matériels

Suite office : Sur Excel, j'ai créé un tableur pour la prospection de site. J'ai notamment utilisé Word pour la rédaction de l'étude d'impacts et de courrier.

InDesign : J'ai découvert ce logiciel lors de mon stage. Je l'utilisais pour créer des panneaux d'informations et pour rédiger des APS (Avant Projet Sommaire).

Photoshop : J'ai appris à utiliser ce logiciel lors du stage pour mettre à jour des cartes.

Logiciels et sites en ligne : PVGIS, Géoportail, urbanisme.gouv, capareseau, cadastre.gouv.

3.2.2 Méthode

Les étapes du développement de projet solaire au sol étant extrêmement long et travaillant sur plusieurs projets et étapes de projets à la fois, je n'avais pas de cheminement méthodologique. Je réalisais les différentes missions dès que l'on me les confiait.

Dans la partie suivante, je vais détailler les différentes missions que j'ai dû réaliser lors de mon stage.

4. Mes missions sur le développement de projets solaires

4.1 La prospection

La prospection a été une de mes grosses missions.

Comme je l'ai dit précédemment (partie 2.4), la prospection consiste à répondre à un appel à projet ou à trouver un site favorable. Chez IEL, la phase de prospection est réalisée par eux-mêmes.

Cette phase consiste donc à trouver un site favorable à l'installation de centrales photovoltaïque au sol. Chez IEL, les critères sont les suivants :

- **Sans conflits d'usage** :

Les terrains recherchés ne doivent pas rentrer en concurrence et conflit d'usage avec l'agriculture. Les sites sont donc des CET (Centre d'Enfouissement Technique), des friches industrielles, des terrains autour d'ICPE, des anciens camps militaires, des aérodromes etc.

La base de données **basol** permet d'identifier certains sites, notamment des anciennes CET. Or, basol étant très utilisée, il n'est pas un outil efficace pour trouver des terrains libres.

- **Minimum 5 hectares** :

5 hectares est la surface minimale pour qu'un projet soit envisageable. Cette surface a été déterminée par IEL au fil des projets et des appels d'offres.

La surface du site est mesurable facilement sur **Géoportail** (outils de mesure de surface). On peut aussi obtenir la surface cadastrale des parcelles entières sur **cadastre.gouv**.

- La distance de raccordement :

La distance de raccordement du projet au poste source ou à une ligne HTA proche est importante car très coûteuse. Plus la distance de raccordement est élevée, plus le prix du projet augmente. Certains sites pourtant favorables ne sont ainsi pas retenus pour développer un projet.

Une mesure approximative est donc réalisée lors de la phase de prospection grâce à l'outil **Capareseau** qui permet de voir où se situent les postes sources partout en France. Une fois le poste source localisé sur capareseau, **Géoportail** permet de mesurer la distance entre le poste et le site du projet.

- L'ensoleillement :

L'ensoleillement est indispensable dans le choix du site car la rentabilité d'une ferme solaire dépend directement de sa production (MWh/an) :

$$\text{Production (MWh/an)} = \text{Productivité (kWh/kWc/an)} * \text{Puissance (kWc)}$$

Pour déterminer l'ensoleillement, on utilise le logiciel en ligne **PVGis**. En rentrant la localisation du site, l'orientation des panneaux, l'inclinaison et les pertes, on obtient le productible en kWh/kWc/an des sites (Figure 11)

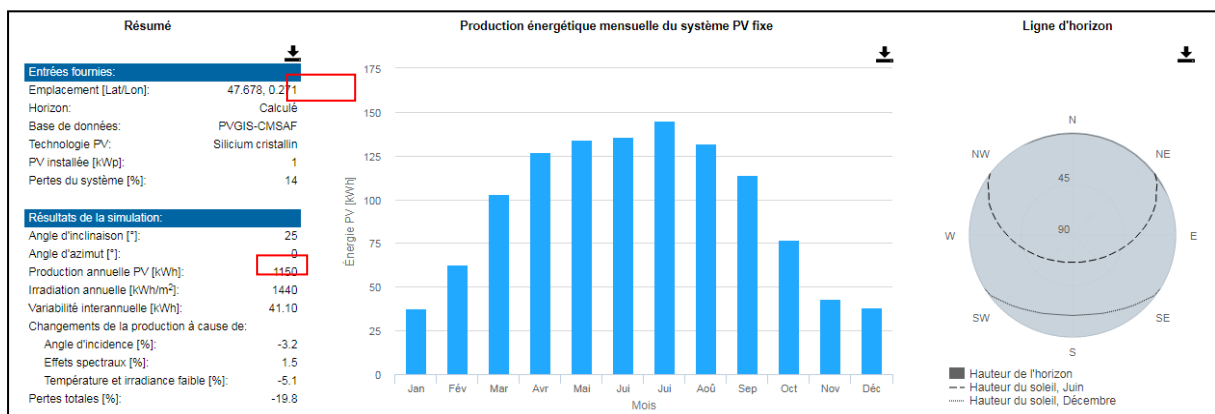


Figure 11 : Productible donné par PVGIS (Source : PVGIS)

En plus de ces critères, il faut notamment regarder l'état du site : occupation du sol, relief, végétalisation. De plus, il est important de regarder en amont si le site ne se trouve pas en zone de protection spéciale de type ZNIEFF, Natura 2000 etc.

Lors de mon stage, j'ai créé un tableur Excel permettant de classer les sites en fonction des différents critères cités ci-dessus. Chaque critère s'est vu attribué un coefficient d'importance. Ainsi chaque site prospecté obtenait une note.

Une fois qu'un terrain a été trouvé, il faut faire une demande foncière de matrice cadastrale auprès du Centre d'Impôt Foncier gérant la commune concernée. Une fois le nom des propriétaires obtenues (privés, Communautés de communes, entreprises etc.), il faut les contacter pour les rencontrer et aboutir à une promesse de bail si le propriétaire est intéressé.

De plus, les terrains favorables étant peu nombreux, certains concurrents sont déjà positionnés sur ces terrains.

Note : Dans certains cas, un zonage est à respecter pour l'implantation de panneaux photovoltaïque. C'est le cas des aéroports. La DGAC (direction générale de l'Aviation civile) impose un zonage réglementaire pour l'installation de panneaux photovoltaïque autour des aéroports. (Annexe 1).

Le PPRT doit aussi être consulté. Comme le PLU, il peut être adapté pour qu'il soit compatible avec le photovoltaïque.

Lors de mon stage, nous avons pu avoir quelques rendez-vous pour des projets de développement de centrales solaires au sol, notamment pour un aéroport.

4.2 L'étude d'impacts sur l'environnement et la santé

Pour des projets de centrales photovoltaïques au sol de grande puissance (< 250 kWc) ou des projets éoliens, l'étude d'impacts sur l'environnement et la santé constitue la majeure partie du dossier de permis de construire. L'étude précise tous les impacts qu'une ferme solaire pourrait engendrer.

La rédaction de l'étude d'impact chez IEL est organisée de la façon suivante :

- 1) Préambule
- 2) Présentation générale
- 3) Milieu Naturel
- 4) Analyse paysagère
- 5) Impacts sur l'homme (santé, climat, qualité de l'air)
- 6) Impacts économiques et sociaux
- 7) Analyse hydrologique
- 8) Impacts sur la sécurité des biens et des personnes
- 9) Impact de la phase chantier
- 10) Conclusion

4.2.1 Etude de cas d'Aubigné-Racan

Cette partie détaillera les différents chapitres qui constituent l'étude d'impacts. Je m'appuierai sur l'étude d'impact du projet d'Aubigné-Racan dont j'ai fait la mise à jour. L'ancien permis de construire datant de 2014, les différentes études et données devaient être mises à jour ainsi que le format du permis de construire.

4.2.1.1 Préambule

Le préambule sert à rappeler les raisons pour lesquelles le site a été retenu pour l'étude d'un projet photovoltaïque au sol. Cette partie reprend les points forts du projet, elle n'a pas d'intérêt à être détaillée ici.

4.2.1.2 Présentation générale

Ce chapitre, comme son nom l'indique, présente le projet de manière générale. Elle résume également les chapitres qui suivent.

Après une première partie présentant le contexte énergétique mondial, européen et français, nous expliquons ce qu'est l'énergie solaire photovoltaïque ainsi que le cadre juridique français. Ensuite, nous présentons les acteurs du projet. Pour le projet d'Aubigné-Racan, IEL est l'unique acteur.

Présentation du projet :

Le projet se situe dans la commune d'Aubigné-Racan dans le département de la Sarthe. Elle compte 2 159 habitants (Insee, 2015).

Le projet se situe à l'Ouest de Château-du-Loir, sur la commune d'Aubigné-Racan au lieu-dit « le Gravier » dans l'ancien centre d'enfouissement technique des déchets du Syndicat Mixte du Val de Loir. Ce terrain a accueilli le **CET** (Centre d'Enfouissement Technique) de 1978 à 2001. Le site est fermé et réhabilité depuis 2002.

Le broyage et la mise en décharge d'ordures ménagères ont été stoppés en Février 2001.

Le Syndicat Mixte du Val de Loir a lancé un appel à projet, le 28 Juillet 2010, sur l'ancien centre d'enfouissement technique d'Aubigné-Racan au lieu-dit « le Gravier ». (

Figure 12, Figure 13). Le conseil syndical a décidé, le 21 Décembre 2010, de retenir IEL pour mener le projet d'une ferme solaire sur le site de l'ancienne décharge d'Aubigné-Racan.

L'installation photovoltaïque aura une surface utile de 7,3 ha sur les 10,6 ha du domaine du Syndicat Mixte du Val de Loir.



Figure 12 : Localisation du site d'implantation de la ferme solaire au sol sur le domaine du Syndicat Mixte du Val de Loir (Source : Géoportail)

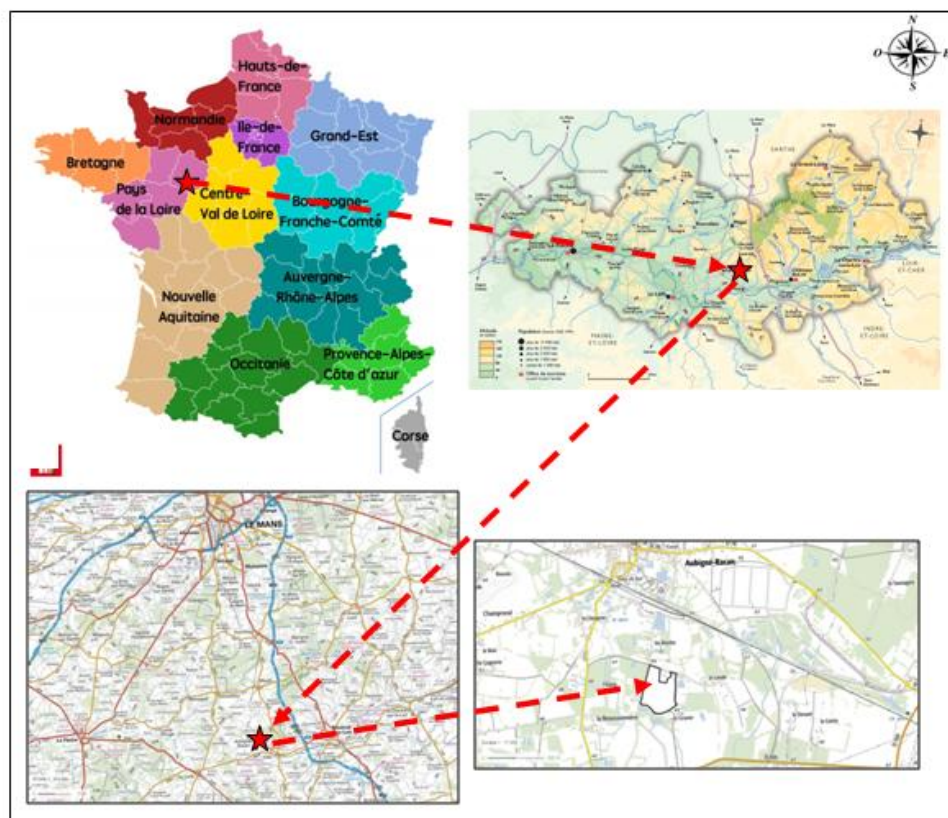


Figure 13 : Localisation et identification du projet (source : IEL)

Règlement d'urbanisme :

Un projet est réalisable s'il est en accord avec le Plan Local d'Urbanisme de la commune d'implantation du projet.

Dans le cas du projet d'Aubigné-Racan, les parcelles du projet sont en **zone Ne** du PLU pour laquelle il est spécifié que sont interdits dans les secteurs Ne « Toute construction à l'exception des constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif et de celles autorisées à l'article N 2 ; ». Les installations de production d'énergies renouvelables (éoliennes, panneaux photovoltaïques, ...) sont autorisées en zone Ne. Le projet de centrale solaire au sol sur l'ancien CET est donc compatible avec le PLU.

Un PLU est modifiable. Si un projet n'est pas compatible avec le PLU, il est donc possible de le modifier pour qu'il le devienne.

Périmètre d'étude :

La présentation générale aborde les différents périmètres d'étude qui ont été pris pour réaliser l'étude environnementale et paysagère du projet. On y présente l'aire d'étude rapprochée et éloignée de l'étude environnementale ainsi que les différentes zones protégées (Natura 2000, ZNIEFF, etc.) présentes dans cette aire. Une carte et un tableau de recensement des monuments historiques inscrits et classés y sont également présentés.

Aspects techniques :

Dans cette partie, il est expliqué pourquoi ce site a été choisi pour développer une ferme solaire et les différents éléments qui la constitueront.

Le site de l'ancien CET d'Aubigné-Racan présente divers intérêts pour l'implantation d'une ferme photovoltaïque au sol.

- Le terrain est orienté quasiment plein Sud, ce qui facilite l'implantation des structures.
- Le terrain est très proche d'une ligne électrique moyenne tension.
- La réhabilitation du site a permis d'obtenir une surface relativement plane avec des faibles pentes de l'ordre de 1,5 à 7%.
- Des zones boisées occultent la vue sur le site sur le secteur Nord-ouest et Sud-ouest.
- Le site est soumis à un suivi trentenaire, ce qui correspond à la durée d'exploitation d'une ferme solaire (20 ans minimum).
- **Il n'y a aucun conflit d'usage avec l'activité agricole.**

Cependant, ce terrain a accueilli le CET (Centre d'Enfouissement Technique) de 1978 à 2001. L'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol ne doit pas endommager la « couche » de protection des déchets qui a été mise en place. Il est donc important de choisir les éléments à installer en fonction de la nature du terrain.

En tenant compte de ces critères, le projet permet la construction d'un parc photovoltaïque avec les caractéristiques suivantes :

- Surface totale : **10,6 ha**
- Surface clôturée : **9,7 ha**
- Surface utile : **7,3 ha**
- Nombre de panneaux : **14 350**
- Puissance installée : **5 MWc**

(avec un ensoleillement théorique de **1 150 kWh/kWc/an** sur le site du projet).

Une installation photovoltaïque au sol se compose de plusieurs rangées de structures. En fonction de la position du soleil, les premières structures créent de l'ombre sur les lignes suivantes. Il est donc nécessaire d'espacer les champs solaires de manière à ce qu'il n'y ait pas d'ombres portées d'une ligne sur l'autre. Au vu de la configuration du projet d'Aubigné-Racan, l'espace nécessaire entre chaque ligne est d'environ 5,25 mètres, comme illustré sur la simulation 3D ci-dessous (Figure 14).

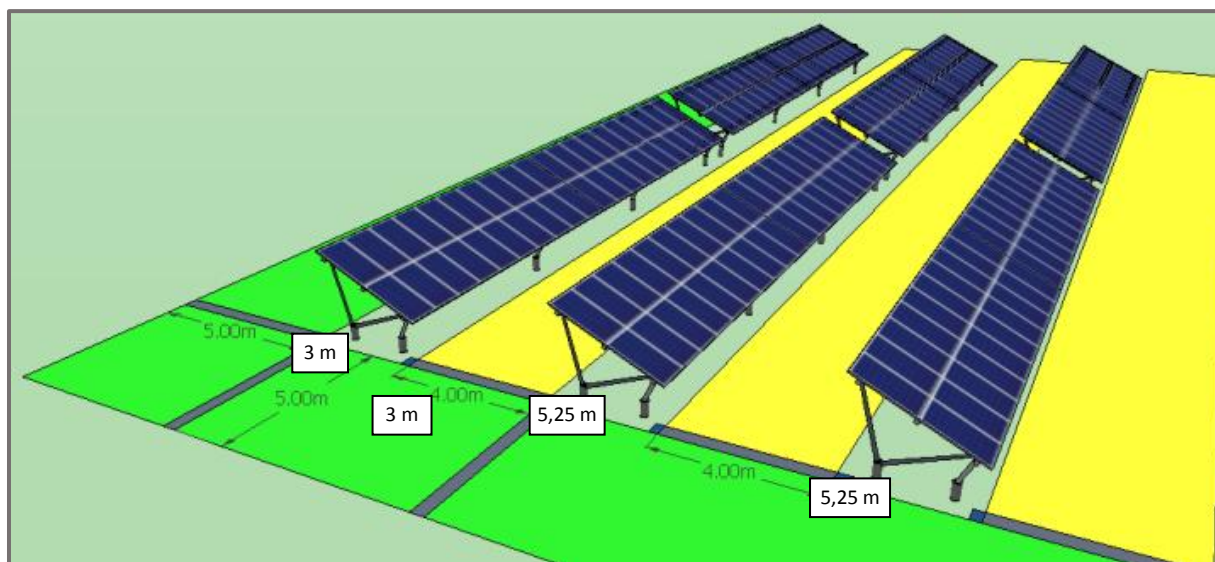


Figure 14 : Illustration des distances entre les structures et le chemin périphérique (Source : IEL)

On voit également sur la simulation ci-dessus qu'un couloir de 3 mètres de large est conservé autour de l'installation, ceci dans le but de faciliter l'accès aux différentes structures et de permettre une circulation périphérique.

Après une analyse multicritères dont l'objectif est de répertorier les différentes contraintes pouvant impacter la réalisation d'un projet photovoltaïque et de vérifier que ces contraintes ne concernent pas le projet à l'étude, un scénario d'implantation du parc est élaboré. Le but du scénario est de trouver le meilleur compromis entre aspects paysagers, environnementaux et techniques.

C'est ce qui a été réalisé pour le projet de l'ancien CET d'Aubigné-Racan.

Ainsi, l'installation sera composée de structures métalliques fixes lestées par des pieux hybrides (pieux battus jusqu'à 20 cm de profondeur + cerclage béton). La hauteur hors tout de chaque structure sera de 2,7 m (Figure 15). Les pieux hybrides permettent d'enfouir les pieux à seulement 20 cm (micro-pieux) et un cerclage béton autour des pieux permet le lestage des structures. La couche de protection des déchets est alors préservée (Figure 16).

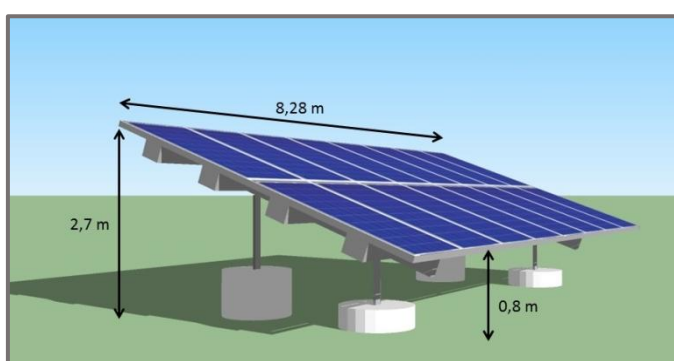


Figure 15 : Illustrations 3D d'une structure support avec pieux hybrides (Source : IEL)

Les premiers panneaux seront situés à environ 80 centimètres du sol et ce pour deux raisons. Cela permettra à la végétation de ne pas impacter la production. Cet espace permettra également de laisser passer la lumière sous la structure et ainsi limiter l'impact de l'ombrage créé au sol par les supports métalliques.

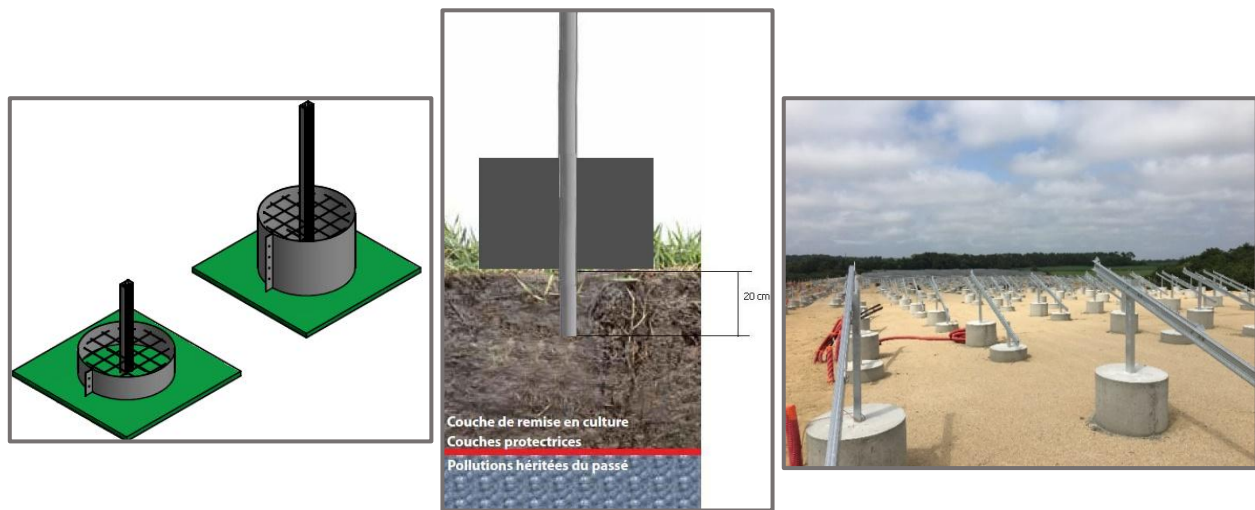


Figure 16 : Lestage des structures par pieux hybrides (Source : IEL)

En plus des structures et des panneaux photovoltaïques, les centrales disposent de postes techniques comportant les onduleurs, les transformateurs et un poste de livraison permettant d'acheminer l'électricité produite sur le réseau.

L'ensemble de l'installation sera raccordé sur 5 onduleurs maximum avec une puissance unitaire de 1 MW minimum. Les onduleurs sont équipés de systèmes de protection de découplage automatique au réseau dans le cas où ce dernier venait à être coupé. Les onduleurs et transformateurs seront répartis dans les 3 postes électriques implantés sur le site. Les postes seront raccordés entre eux par un câblage en moyenne tension, enfoui à 80 cm de profondeur.

L'accès aux postes sera réservé uniquement au personnel habilité, à savoir les équipes de maintenance d'IEL, des fournisseurs de matériel électrique et le personnel d'Enedis. Les postes ne seront accessibles qu'à partir de l'enceinte du site qui sera clôturée.

Quant au raccordement, le parc photovoltaïque sera raccordé au réseau HTA (ou moyenne tension, réseau électrique de 20 kV) existant le plus proche du site. Pour ce faire, plusieurs solutions existent :

- Soit un piquage sur une ligne HTA de 20 000 V :

Le réseau du poste source de Château-du-Loir poste HTA se trouve en bordure du site d'étude qui ne comporte donc aucune difficulté de raccordement.

- Soit un raccordement au poste source électrique de Le Lude :

D'après le site capareseau.fr, un poste source 90kV/20kV est situé à environ 10 km de la zone de projet.

Grâce à ces informations, le Plan d'implantation général définitif est réalisé :

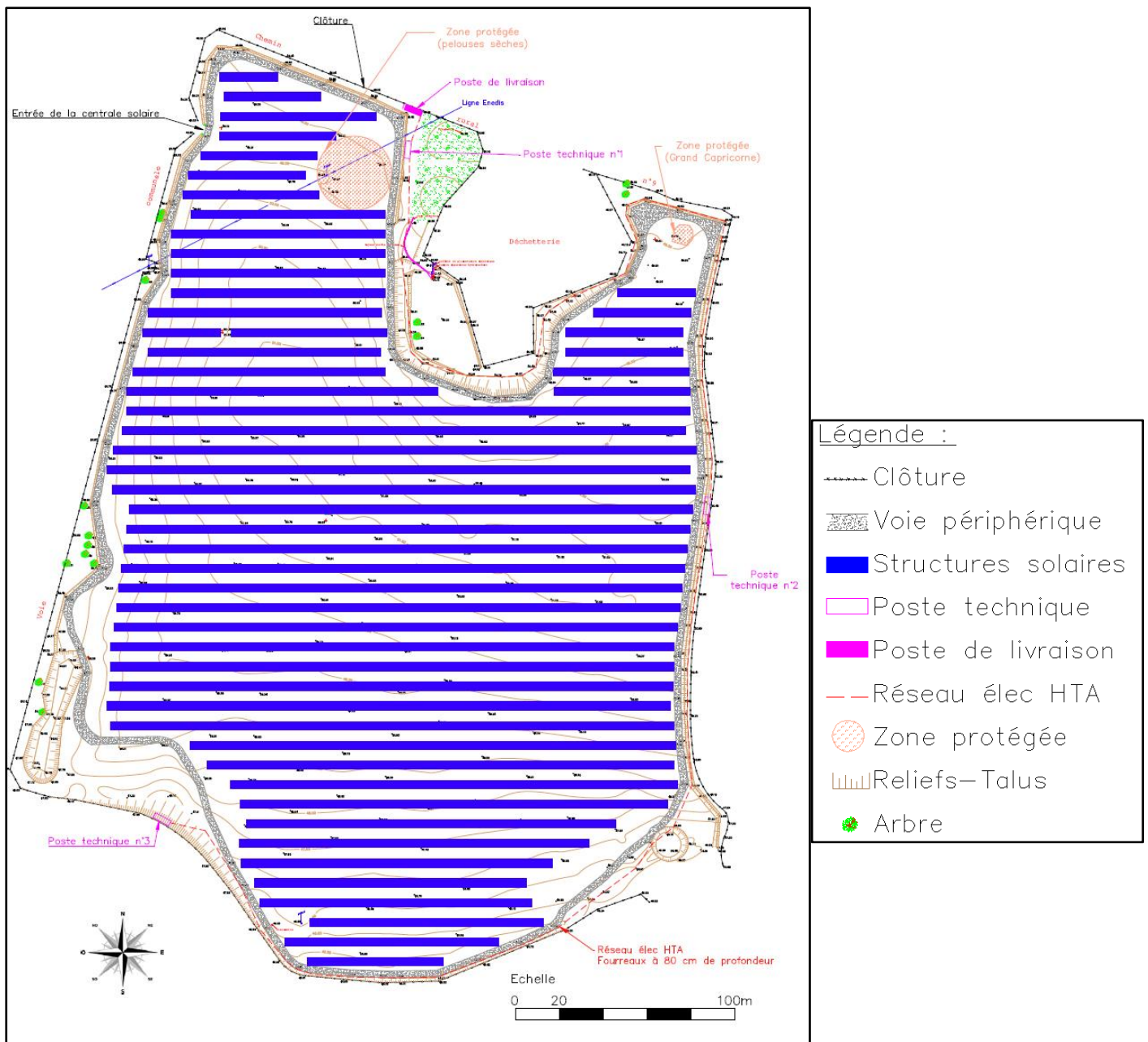


Figure 17 : Plan d'implantation général définitif (Source : IEL)

Puissance installée et production envisagée :

Le site de l'ancien centre d'enfouissement technique d'Aubigné-Racan accueillera environ 14 350 modules photovoltaïques. Avec une puissance unitaire maximale de 350 Wc par module, la puissance totale maximale de la ferme solaire sera donc de 5 MWc.

L'énergie qui sera produite par la ferme solaire dépendra de l'ensoleillement de la zone. Selon les données de JRC European Commission, une installation sur la commune d'Aubigné-Racan, orientée plein Sud (Azimut 0°) et inclinée à 25°, produira en moyenne 1 150 kWh/KWc/an. Cette estimation est basée, entre autres, sur l'ensoleillement et la température observées dans la région depuis de nombreuses années. (Figure 11)

Cette estimation de production permet d'évaluer la production annuelle d'électricité produite par la ferme solaire à environ de 5,75 GWh (ou Giga Watt heure). Cela correspond à la consommation annuelle d'électricité (chauffage inclus) d'environ 1 650 personnes (base de 3 500 kWh/pers/an).

L'exploitation du site (maintenance, entretien, accès)

Pendant toute la durée d'exploitation du projet, des actions de maintenance préventive seront réalisées dans le but de vérifier périodiquement le bon état général de la ferme solaire et de réaliser les actions d'entretien de l'installation.

Afin de pouvoir identifier tout dysfonctionnement, un système de gestion à distance sera installé sur la ferme solaire. Il permettra de surveiller en permanence différentes valeurs (tension, courant, température, ensoleillement, ...) et sera accessible par un accès internet.

4.2.1.3 Milieu naturel

Bien qu'IEL réalise une première analyse en interne (Natura 2000, Znieff, site classé etc.), IEL a fait appel à un bureau d'étude environnementale. L'étude de ce projet a été réalisée par Frank Noël Expertise Environnementale.

Cette partie s'organise en plusieurs étapes : l'état initial, la détermination de la sensibilité et des enjeux, les impacts du projet, les mesures de réduction, compensatoires et d'accompagnement des impacts.

Etat initial :

Tous les habitats, les zones protégées et la biodiversité sont analysés sont étudiés dans un périmètre de 10 km autour du site :

- Les zones Natura 2000 ;
- Les ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique)
- Les sites classés et les sites inscrits
- Les parcs régionaux ;
- Les arrêtés de protection de biotope ;
- Les ZICO (Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux) ;
- Les zones de convention RAMSAR ;
- Les zones de protection des sources d'eau potable ;
- Les zones humides

Toutes zones protégées situées aux abords du site d'implantation nécessitent des études complémentaires pour adapter le projet et voir si on peut valoriser ces zones.

Dans le projet d'Aubigné-Racan, 5 ZNIEFFS de type 1 et 2 se trouvent à moins de 3 km du projet ainsi que Trois Site d'Importance Communautaire (SIC) ou Natura 2000 se situent dans un rayon de 10 km autour du projet (Figure 18, Figure 19,)

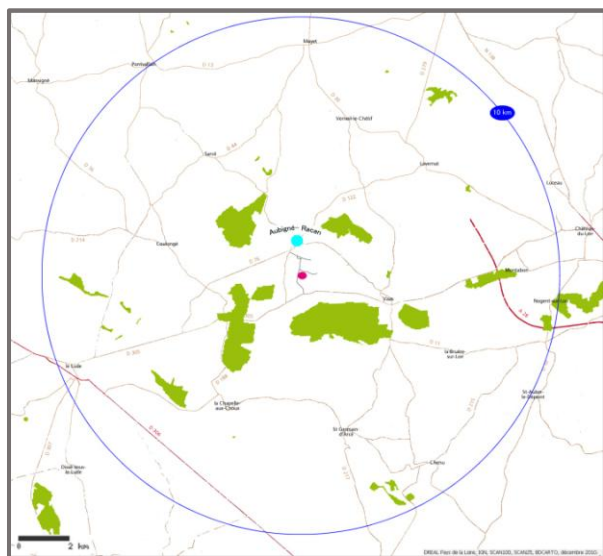


Figure 19 : Localisation des ZNIEFF de type 1 dans un rayon de 10 km autour du projet (Source : Franck Noël Expertise Environnementale)

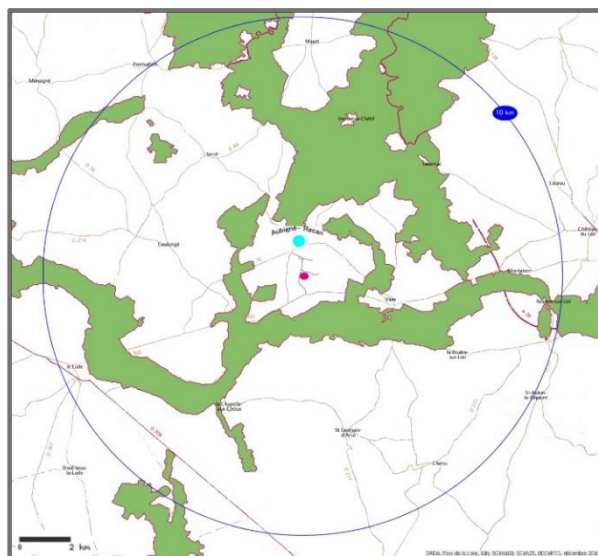


Figure 18 : Localisation des ZNIEFF de type 2 dans un rayon de 10 km autour du projet (Source : Franck Noël Expertise Environnementale)

Un recensement est notamment réalisé par le bureau d'étude grâce à des recherches bibliographiques et des sorties sur le terrain sur les milieux naturels et les habitats du site : étude de la flore et de la faune. De même qu'une étude d'intérêt patrimonial.

Pour le projet d'Aubigné-Racan, les espaces inventoriés ou protégés présents à proximité hébergent des milieux et des espèces globalement absents de la zone d'implantation

Détermination de la valeur écologique :

L'évaluation de la valeur écologique des différents habitats recensés est basée sur deux considérations : la valeur propre et la sensibilité.

La valeur propre de chaque habitat est évaluée d'après trois critères : la rareté, la naturalité, la diversité spécifique.

La sensibilité de chaque habitat est évaluée également d'après trois critères : la stabilité, la capacité de régénération, l'éco-stabilité.

La sensibilité exprime la fragilité de l'habitat face aux interventions externes, naturelles ou humaines, ainsi que la difficulté de la régénération suite à de telles interventions.

Chaque habitat est évalué en faisant la somme des points attribués. Ces unités sont réparties dans cinq classes, de «patrimonial» (22 à 24 points) à «peu de valeur écologique» (6 à 9 points).(Annexe 3)

Pour ce projet, la synthèse des sensibilités écologique des habitats est résumée la carte ci-dessous :

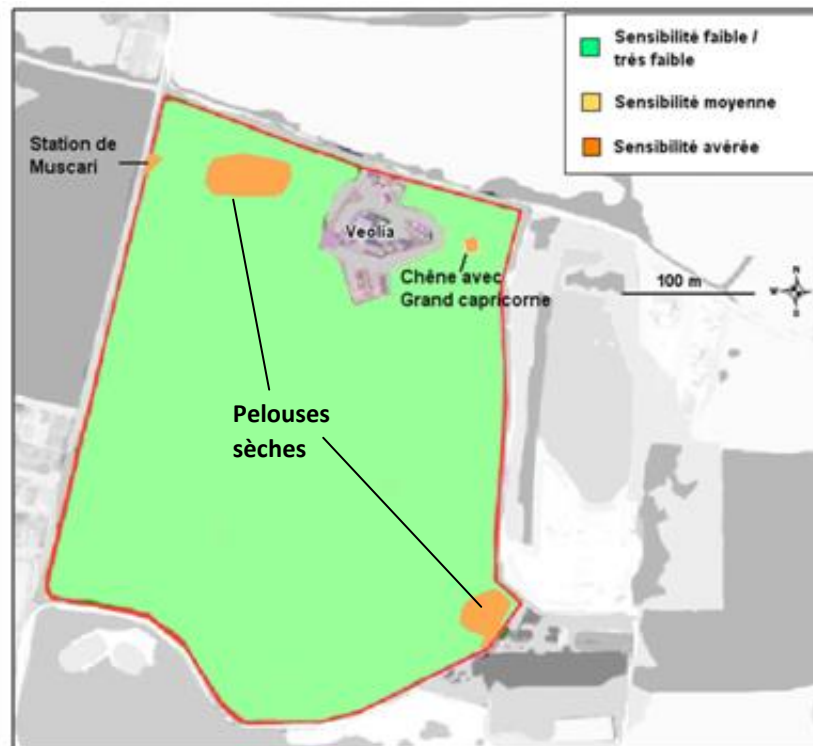


Figure 20 : Sensibilité écologique (potentielle et avérée) de la zone d'étude : carte de synthèse (Source : Franck Noël Expertise Environnementale)

Ces informations vont permettre d'analyser les impacts du projet sur le milieu naturel et d'établir des mesures de réduction, compensatoires et d'accompagnement des impacts. Ces mesures prennent en compte la phase chantier et les impacts qu'elle peut causer.

Ainsi, pour le projet d'Aubigné, l'habitat du Grand capricorne (Chêne situé au nord-est du site) sera préservé, les espaces de pelouses sèches seront conservés en l'état pour conserver la faune et la flore sensibles sur ces emplacements grâce un entretien global du site d'implantation, les corridors de déplacement pour la faune terrestre seront conservée et la plantation d'une haie périphérique comme mesures compensatoires viendra compléter les arbres isolés etc.

4.2.1.4 Analyse paysagère

Ce chapitre, qui est l'un des principaux avec le précédent, traite de la visibilité du site. Il est réalisé soit par IEL et/ou par un architecte paysagiste.

L'ensemble des caractéristiques du site et de ses alentours proches sont à détailler. On présente le contexte paysagé dans lequel s'inscrit le projet, le contexte général des grandes unités paysagères de la région et également l'unité paysagère du site.

Plusieurs études photographiques sont ensuite réalisées :

- Sur le site même :

Les prises de vue internes permettent de se rendre compte du champ de vision dans différentes directions depuis le site du projet et ainsi voir ce qu'il pourrait impacter.

Malgré un relief plan caractéristique de la vallée du Loir, les espaces arborés de Chênes ou de peupleraies ferment visuellement les champs de vision sur le grand paysage.

- Au niveau des monuments historiques situés dans un rayon de 10 km

Le périmètre d'étude du patrimoine historique est défini selon trois méthodes différentes dans un rayon de 10 km autour du projet :

- Par étude de relief : permet d'anticiper quels monuments ne sera pas visible
- Par Zone d'Influence Visuelle adapté à la ferme solaire (ZIV)
- Par des déplacements sur les sites inventoriés (ZIV et relief) avec prise de photographies.

Les Monuments Historiques sont répertoriés grâce à la **base Mérimée** du Ministère de la Culture.

Dans un rayon de 10 km autour du projet, 19 monuments historiques sont classés et/ou inscrits. Une cartographie qui présente la localisation de ces monuments est réalisée à l'aide du **Logiciel Qgis**. (Figure 21)

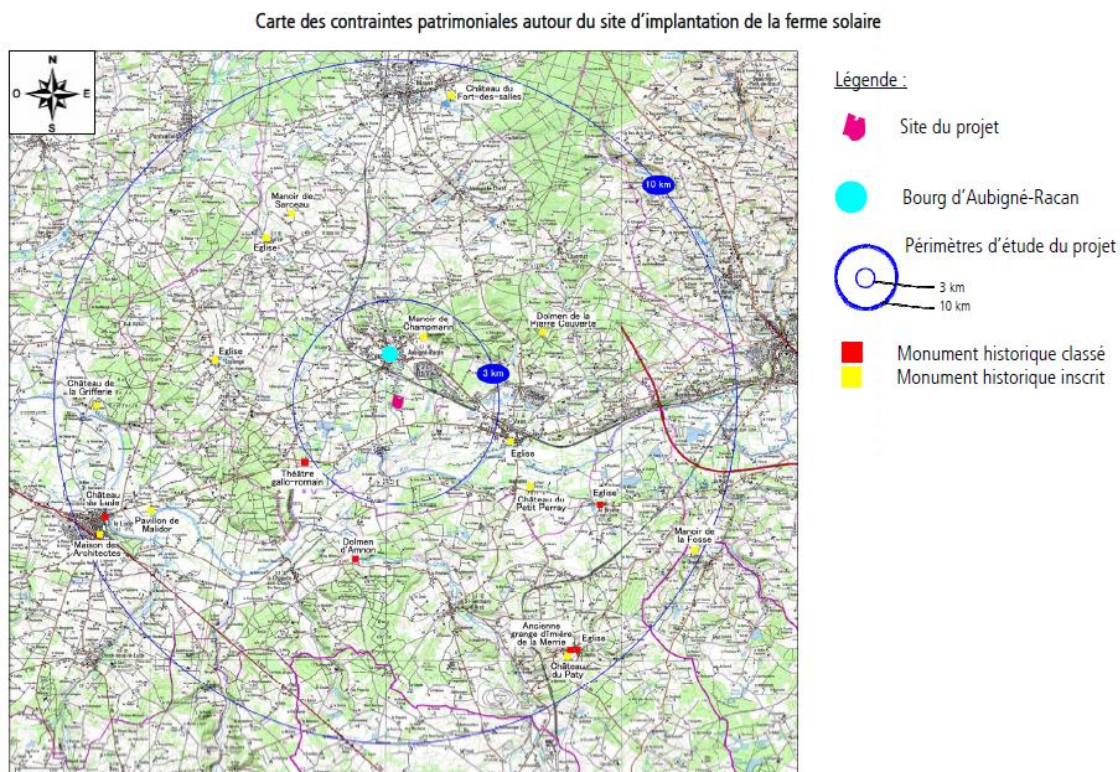


Figure 21 : Carte des contraintes patrimoniales autour du site d'implantation de la ferme solaire d'Aubigné-Racan (Source : IEL)

Le projet ne porte pas préjudice au patrimoine historique existant duquel il est relativement éloigné. En effet, seul un monument historique inscrit se trouve dans un périmètre de 3 km autour du site, distance qui rend la perception du projet extrêmement difficile.

- Les points de vue extérieurs dirigés vers le site

Il est important de déterminer l'ensemble des points de vue à partir desquels le site est visible, de façon à mettre en évidence l'impact visuel. Le paysagiste définit les points de vue en fonction : des altitudes NGF (données par les cartes IGN), les entrées/sorties des communes, les axes routiers importants. (Figure 22)

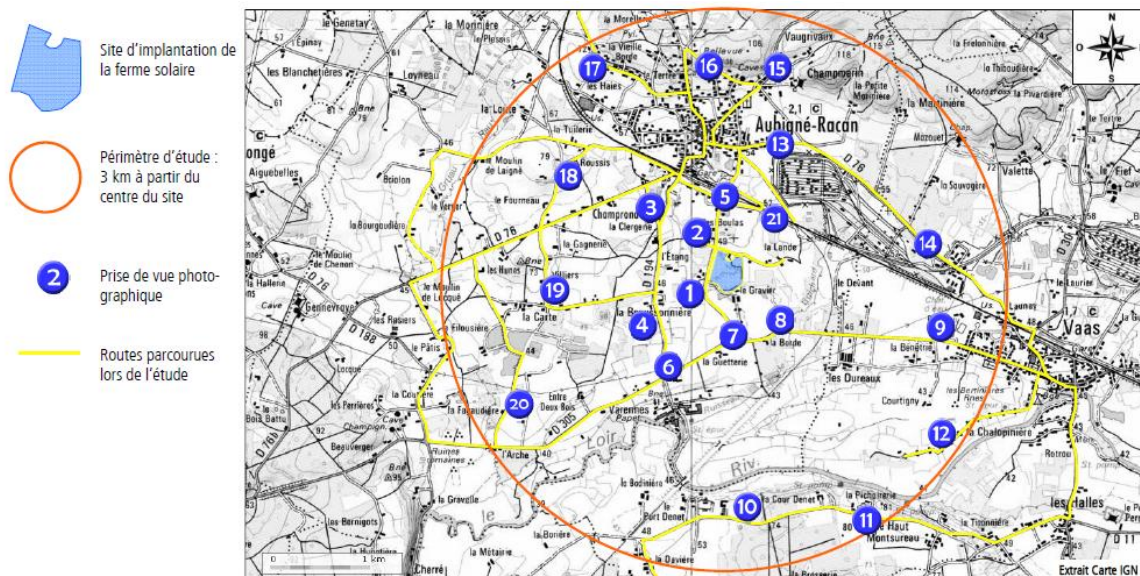


Figure 22 : Localisation des points de vue extérieur dirigés vers le site d'Aubigné-Racan (Source : IEL)

Pour chaque point de vue faisant l'objet d'une visibilité du projet, un photomontage est réalisé (Figure 23). Il nous permet de nous donner un aperçu de l'insertion paysagère du projet et du point de vue que l'on aura.



Figure 23 : Photomontage de la vue n°1 du site d'Aubigné-Racan (Source : IEL)

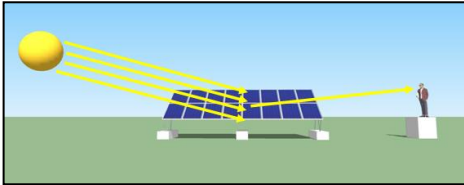
Les photomontages sont réalisés en interne grâce au logiciel SketchUp.

Malgré les éléments verticaux réduisant considérablement les impacts paysagers, les vues proches du site donnent une perception plus ou moins importante du projet. Quelques aménagements paysagés seront donc implanté : des haies de 4m et de 7m au Sud du terrain.

4.2.1.5 Impacts sur la santé, le climat et la qualité de l'air

La création de parcs photovoltaïques a pour objectif principal de produire une énergie renouvelable sans générer les nuisances actuelles ou potentielles d'autres sources d'énergies. Il est donc légitime de se demander si les fermes photovoltaïques elles-mêmes ne sont pas susceptibles de produire des nuisances pour la santé, le climat et l'air. Cette partie démontre que les centrales solaires n'ont que très peu d'impacts, ce qui est un avantage. (Tableau 1)

Tableau 1: Présentation des impacts et de leur gravité sur la santé, le climat et la qualité de l'air

Impact	Risque
Miroitement	<p>Faible effet, observable dans des directions très précises, lorsque le soleil est bas.</p>  <p>Figure 24 : Schématisation de la réflexion partielle des rayons du soleil (Source IEL)</p>
Electro-magnétisme	Création de faibles champs continus, rien n'indique pour l'instant que l'exposition à une faible intensité soit dangereuse pour la santé.
Bruit	Hormis la phase de construction et de démantèlement, le bruit causé par une centrale solaire ne dépasse pas la réglementation (+ 5 dB le jour, + 3 dB la nuit)
Pollutions chimiques	Matériaux non polluants (silicium, aluminium, cuivre, verre et polymère). Un faible risque de pollution peut s'avérer lors de la phase chantier
Air	Aucun effluent gazeux émis, au contraire, l'électricité produite en renouvelable c'est ce qui sera produit en moins en énergie fossile, évitant ainsi un rejet de milliers de tonnes de CO2 dans l'atmosphère.
Bilan carbone	Le temps de retour énergétique moyen en France pour une centrale solaire est de 3 ans. La centrale rembourse donc près de 10 fois sa dette énergétique puisqu'elle dispose d'une durée de vie minimum de 30 ans.

Bilan carbone d'Aubigné-Racan :

Energie à la fabrication : **15 068 MWh**

Production annuelle : **5 775 MWh**

Emission CO2 moy. Européen : **476 g.eq.CO2/kWh**

Bilan : $(5\,775\text{ MWh} \times 30 - 15\,068\text{ MWh}) \times 476\text{ g.eq.CO}_2 \approx \mathbf{75\,295\text{ tonnes eq.CO}_2\text{ d'évitées sur 30}}$

4.2.1.6 Impacts économiques et sociaux

- Le contexte humain :

Dans un premier temps, on décrit le contexte de la commune qui accueille le projet. Pour cela, on utilise les données de l'INSEE. L'évolution de la population, les services publics présents dans la ville, les différents corps de métiers sont également présentés.

On rappelle ensuite le contexte socio-économique de la région et du département. C'est l'occasion d'évoquer les habitants, mais surtout les différents projets de recherche et d'innovation auquel est sensible la région.

- Le montage financier :

Plusieurs intervenants s'attachent au projet. Outre IEL (le maître d'ouvrage de la centrale), nous retrouvons un acteur sensible : les banques à la fois interlocuteurs privilégiés lors du projet mais aussi intervenants décisifs. Les banques financent entre 75% et 90% du projet et elles peuvent donc décider de la réalisation ou non du projet.

- Les retombées fiscales pour le propriétaire :

IEL est, pour la plupart du temps, locataire du terrain du projet à travers un bail emphytéotique d'une durée d'environ 30 ans. C'est le cas du projet d'Aubigné-Racan. Ainsi, IEL verse un loyer au propriétaire. La valeur de l'hectare implanté dépend de l'ensoleillement de la zone.

- Les retombées fiscales :

Je n'ai pas travaillé sur cette partie mais elle me semble pertinente à développer.

Pour valoriser le projet, on détermine toujours les retombées financières de la future centrale solaire. Ces dernières sont versées à la commune, la communauté de commune, au département et à la région. Il existe 4 taxes : la Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises (**CVAE**), la Cotisation Foncière des Entreprises (**CFE**), l'impôt Forfaitaire sur les Entreprises de Réseaux (**IFER**) et la Taxe Foncière sur les Propriétés Bâties (**TFPB**).

Chaque retombée fiscale étant calculée selon les taux en vigueur disponible sur le site *impots.gouv.fr*, chaque projet a des retombées fiscales différentes.

- Le calcul de la Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises est le suivant :

Les entreprises ayant un chiffre d'affaire supérieur à 152 500 euros verseront une cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE) égale à **1,5% de leur valeur ajoutée**. La valeur ajoutée sera plafonnée à 80% du chiffre d'affaire.

Pour le calcul de la CVAE, nous considérons une valeur ajoutée de **294 400 €**. Au final la CVAE est égale à **1,5% X 294 400** soit **4 416 €**. Le produit de la CVAE est réparti entre la Communauté de Communes Sud Sarthe (26,5%), le département de la Sarthe (48,5%) et la région Pays de la Loire (25%). Annexe 4 :

- Le calcul de la Cotisation Foncière des Entreprises est le suivant :

La Cotisation Foncière des Entreprises (CFE) est assise sur la valeur locative du parc photovoltaïque. Le parc n'étant pas réalisé, nous ne pouvons connaître cette valeur locative mais nous pouvons l'estimer. La valeur locative foncière du site photovoltaïque est évaluée à **13 720 €**.

Le taux de CFE applicable en 2017 était de **21,82 %** pour la Communauté de Communes Sud Sarthe. Le montant de la CFE versée sera de : **13 720 € x 21,82 % = 2 994 €**

- Le calcul de l'impôt forfaitaire sur les entreprises de réseau (IFER) est le suivant :

Dans le cadre de la loi de Finances 2011 et en prenant en compte le taux 2019, le calcul est de **7,57 €/kWc** installé, soit :

$$7\,570\text{ €} \times 5\text{ MWc} = 37\,850\text{ €}.$$

Selon la loi de finance 2012, le produit de cette imposition est perçu à hauteur de 50% par l'intercommunalité et à hauteur de 50% par le département.

- La taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB) est basée sur la valeur des locaux fabriqués, le calcul est le suivant :

[Valeur des locaux x 50% x 16% x (100 – 16) %] x Taux applicable à l'entité considérée %

Pour le projet photovoltaïque d'Aubigné-Racan, on estime la valeur des locaux fabriqués à 100 000 € (3 postes électriques et 1 poste de livraison). Cette taxe sera touchée par la commune d'Aubigné-Racan, par la Communauté de Communes Sud Sarthe et par le département de la Sarthe.

Il est estimé que la ferme solaire d'Aubigné-Racan générera au total **47 892 €** de retombées fiscales par an. Cette valeur indicative est calculée par rapport aux taux actuellement en vigueur. (Annexe 4)

De plus, lors de la construction et de la maintenance du site, des entreprises locales seront sollicitées. En créant de l'emploi, la centrale solaire contribue à l'économie locale.

4.2.1.7 Analyse hydrologique

L'analyse hydrologique, comme pour l'étude paysagère, est sous traité par un bureau d'étude extérieur. Je ne vais donc pas détailler cette partie.

L'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol est susceptible d'engendrer un impact sur le fonctionnement hydrologique du site. L'étude vérifie que l'installation ne modifie pas l'écoulement des eaux et qu'elle ne crée pas d'imperméabilisation.

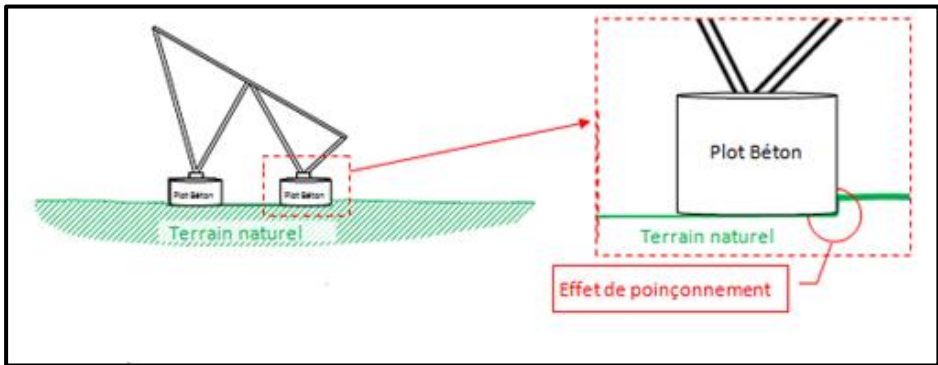
Dans le cas d'Aubigné-Racan, l'installation des panneaux photovoltaïques ne modifiera pas les caractéristiques hydrologiques initiales du terrain.

4.2.1.8 Impacts sur la sécurité des biens et des personnes

Bien que les accidents liés à des parcs photovoltaïques soient rares, et n'aient jamais provoqué d'accidents mortels ou graves chez le public, il est indispensable de rédiger un chapitre à ce sujet.

Afin de synthétiser, le tableau suivant présente les différents impacts mentionnés dans l'étude :

Tableau 2 : Présentation des impacts et de leur gravité sur les biens et les personnes

Impacts	Risques
Electrocution	Les normes seront connues et respectées par les intervenants qui posséderont obligatoirement l'habilitation nécessaire.
Vent et neige	Le projet se situe dans une zone peu contraignante à ce niveau (source : www.icab.fr)
Foudre	Le projet ne se situe pas dans une zone à forte probabilité : 20 jours d'orage par an en moyenne.
Affaissement, mouvement de terrain	<p>Les pieux hybrides ou en béton qui lestent les structures peuvent créer un effet de poinçonnement. Cependant, ces plots n'occupent que 5% de la surface de la parcelle, les risques sont donc minimes.</p>  <p>Figure 25 : Illustration de l'effet de poinçonnement avec longrines béton (Source : IEL)</p>
Incendie	Des systèmes de mise en sécurité de l'installation sont présents en cas de dysfonctionnement. Des extincteurs CO2 préconisés pour les feux électriques seront présents sur le site.

PPRT, PPRI et PPRMT	<p>Le département de la Sarthe a 4 PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques) dont le plus proche est celui l'entreprise Total à Saint-Gervais-en-Belin à environ 22 kilomètres du site de production d'énergie. Il n'y a donc pas de risques liés aux établissements SEVESO.</p> <p>Un PPRI (Plan de Prévention des Risques d'Inondation) de la Vallée du Loir concerne la commune, cependant la zone de projet n'est pas concernée par des restrictions réglementaires.</p> <p>Aucun PPRMT (Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain) n'est présent dans la zone du projet.</p>
Pollution du site	<p>Le site est un ancien CET. Il dispose d'une couche drainante de 40 cm d'épaisseur constituée de matériau recygom (pneus broyés). Grâce au recygom, les émanations sont évacuées naturellement. Il n'y a donc pas de biogaz sur le site.</p>

4.2.1.9 Impacts de la phase chantier

Dans ce chapitre, les différentes étapes de chantier ainsi que leurs déroulements y sont présentées. Cette partie est importante notamment pour la commune du projet et le propriétaire du terrain. Nous y détaillons les points sur lesquelles IEL sera respectueux, à savoir : absence de pollution des sols et des eaux souterraines, stabilité du sol, qualité des eaux de surface, qualité des sols et érosion, qualité de l'air, bruit, fin d'exploitation. Ces critères sont à respecter dans les trois phases de chantier : travaux, exploitation et démantèlement.

La phase travaux est détaillée. Elle contient une phase préparatoire que nous décrivons au début du chapitre. Nous expliquons comment seront acheminés les différents éléments sur le site et par quelles voies d'accès. De plus, pour stocker les structures, panneaux photovoltaïques et les autres équipements, une zone de stockage temporaire sera présente sur le site durant toute la phase de construction.

La construction d'une ferme solaire comprend différentes phases : la rénovation/réhabilitation des clôtures, l'alignement des rangées, le montage des structures, la pose des modules photovoltaïques, le raccordement électrique. Ces étapes sont organisées dans un planning prévisionnel présent dans ce chapitre.

De plus, IEL s'engage à suivre les prescriptions de la charte « Chantier Vert » : cahier des charges défini en partenariat avec l'ADEME.

4.3 Autres missions

Lors du stage, j'ai eu diverses autres missions :

- Réalisation d'un panneau d'informations (apprentissage du logiciel **InDesign**)

Ma toute première mission a été de réaliser un panneau d'information pour le projet de centrale photovoltaïque de Crozon (29). Le panneau a pour but d'informer la population sur le projet de manière succincte. Il est destiné à être affiché sur le site du projet et à la mairie. Il contient diverses informations sur le projet, sur le solaire photovoltaïque en France, le solaire dans la région/département du projet etc. (Annexe 6)

- Réalisation de panneaux de permis de construire :

Les panneaux de permis de construire sont à affiché sur le site du projet après obtention du permis. Selon l'article A424-15 du Code de l'urbanisme, l'affichage est assuré par les soins du bénéficiaire du permis ou du déclarant sur un panneau rectangulaire dont les dimensions sont supérieures à 80 centimètres. (Légifrance, 2019)

Selon l'article A.424-16, Le panneau doit indiquer le nom, la raison sociale ou la dénomination sociale du bénéficiaire, le nom de l'architecte auteur du projet architectural, la date de délivrance, le numéro du permis, la nature du projet et la superficie du terrain ainsi que l'adresse de la mairie où le dossier peut être consulté. Le panneau doit être **visible depuis la voie publique**.

« Il indique également, en fonction de la nature du projet :

- a) Si le projet prévoit des constructions, la surface de plancher autorisée ainsi que la hauteur de la ou des constructions, exprimée en mètres par rapport au sol naturel ;
- b) Si le projet porte sur un lotissement, le nombre maximum de lots prévus ;
- c) Si le projet porte sur un terrain de camping ou un parc résidentiel de loisirs, le nombre total d'emplacements et, s'il y a lieu, le nombre d'emplacements réservés à des habitations légères de loisirs ;
- d) Si le projet prévoit des démolitions, la surface du ou des bâtiments à démolir. »

Dans le cas des projets de centrales solaires photovoltaïques au sol, l'indication « a » sur la surface de plancher autorisée est à indiquer.

Enfin, le panneau d'affichage comprend la mention suivante : " Droit de recours : Le délai de recours contentieux est de deux mois à compter du premier jour d'une période continue de deux mois d'affichage sur le terrain du présent panneau (art. R. 600-2 du code de l'urbanisme). Tout recours administratif ou tout recours contentieux doit, à peine d'irrecevabilité, être notifié à l'auteur de la décision et au bénéficiaire du permis ou de la décision prise sur la déclaration préalable. Cette notification doit être adressée par lettre recommandée avec accusé de réception dans un délai de quinze jours francs à compter du dépôt du recours (art. R. 600-1 du code de l'urbanisme). "

PROROGATION N°3
PERMIS DE CONSTRUIRE

BÉNÉFICIAIRE
SARL OUEST ENERGIE 1

NATURE DES TRAVAUX
INSTALLATION D'UNE CENTRALE SOLAIRE
PHOTOVOLTAÏQUE AU SOL

SUPERFICIE DU TERRAIN 64 068 m²
SUPERFICIE DU PLANCHER 54 m²
HAUTEUR AU SOL 3 m

PERMIS DE CONSTRUIRE N°PC 021 042 12 000 28
DÉLIVRÉ LE PC: 23 AVRIL 2013
PROROGATION: 16 FÉVRIER 2018

MAIRIE DE CROZON
ARCHITECTE AGENCE D'ARCHITECTURE
UNITE

DATE D'AFFICHAGE EN MAIRIE DU PERMIS
DOSSIER À CONSULTER EN MAIRIE (NOM DE LA COMMUNE + ADRESSE) CROZON
PLACE LEON BLUM, 29 160 CROZON

castorama

CHANTIER INTERDIT AU PUBLIC

DROIT DE RECOURS : Le délai de recours contentieux est de deux mois à compter du premier jour d'une période continue de deux mois d'affichage sur le terrain du présent permis B. B02-3 du code de l'urbanisme. Sous réserve de l'absence de recours contentieux, être réputé à l'expiration de la période de deux mois d'affichage sur le terrain du présent permis B. B02-3 du code de l'urbanisme. Cette notification doit être placée sur le terrain du projet de construction dans un délai de quinze jours à compter de la date de notification par B. B02-3 du code de l'urbanisme.

Figure 26 : Panneau de permis de construire pour le projet de centrale photovoltaïque au sol de Crozon

Non obligatoire mais conseillé, faire constater l’affichage d’un permis de construire par un huissier sur le site permet de s’assurer que les informations remplies sont correctes. En cas de recours, une information manquante sur le panneau peut un projet, voir l’arrêter. De plus, la date du premier jour d’affichage étant vérifiée lors du passage de l’huissier, le délai de recours de deux mois ne peut pas être dépassé.

Lors de mon stage, j’ai dû réaliser plusieurs panneaux de permis de construire (Figure 26) et contacter des huissiers pour les constats d’affichage.

- Rédaction d’**APS** (Avant Projet Sommaire) :

L’APS est une note d’information qui contient des informations sur le terrain, la compatibilité de celui-ci avec le règlement d’urbanisme et avec les Zones de Protection Spéciale (Natura 2000, ZNIEFF, etc.) etc. elle permet d’informer le propriétaire intéressé par le développement d’une centrale solaire sur son terrain de manière succincte.

4.4 Conclusion

Pour conclure, le développement de projet photovoltaïque est un processus complexe, multi-acteur et qui requière un savoir pluridisciplinaire.

Au travers de mes missions, j’ai eu l’occasion de travailler sur différentes phases du développement : prospection, étude d’impacts, APS etc. Ces différents stades d’avancement de projets photovoltaïques m’ont permis d’acquérir diverses compétences et connaissances.

Lors de mon stage, j'ai eu la chance d'être conviée à deux inaugurations de centrales solaires photovoltaïques développer par IEL :

- La centrale de Machecoul (44), sur un ancien CET de la commune (Figure 4) ;
- La centrale de Surdon (61), sur un ancien terrain de fabrication de rail de la SNCF. Cette centrale a la particularité d'avoir des structures trackers solaires (le système vise à orienter en temps réel les capteurs vers le soleil, pour placer le panneau dans une position optimale par rapport à l'incidence du rayonnement solaire (Figure 27).



Figure 27: Vue aérienne de la centrale solaire de Surdon (61) (Source : IEL)

5. Une mission secondaire sur le développement de projets éoliens

Depuis la loi Grenelle 2 datant de juillet 2010, les conditions réglementaires sont les suivantes : chaque éolienne doit être éloignée de 500 mètres des premières habitations. Les projets éoliens sont soumis à étude d'impact, commission des sites et paysages et enquête publique. Le préfet de département est en charge de la délivrance des permis de construire éoliens. L'électricité produite par les éoliennes est obligatoirement vendue à EDF dans le cadre d'un contrat d'achat de 15 ans.

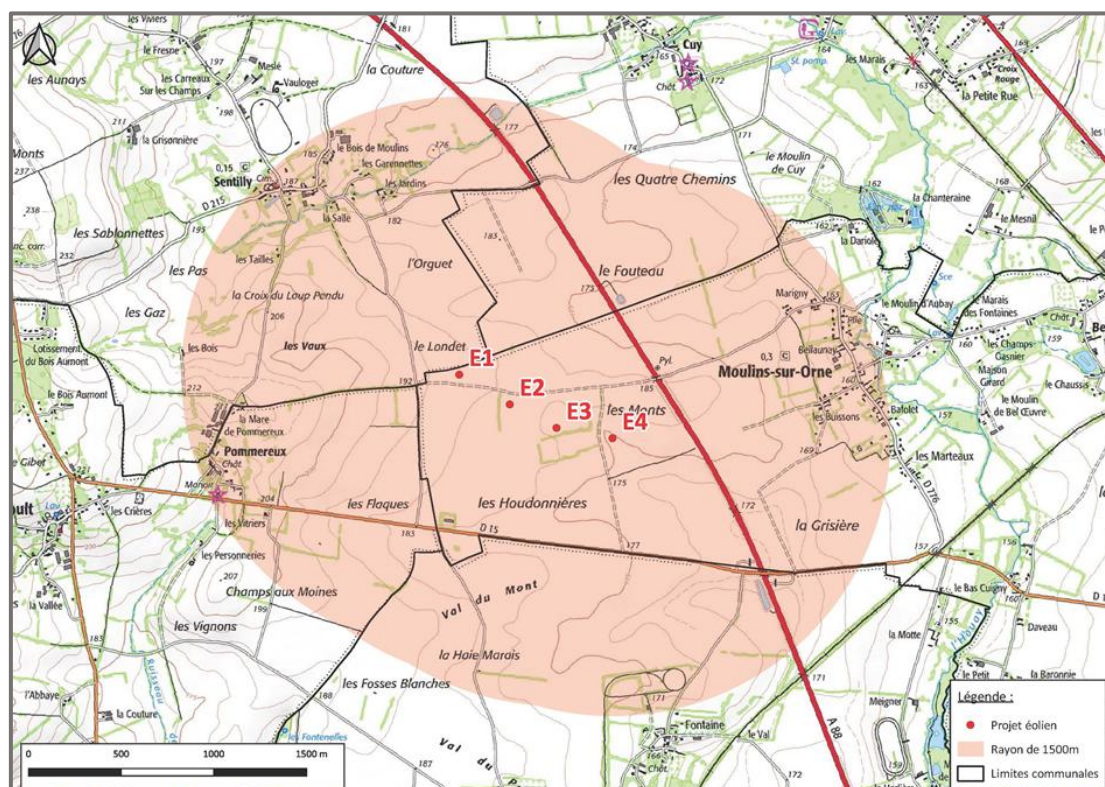
Le développement de projets éoliens est similaire à celui des centrales solaires photovoltaïque au sol. Cependant, les éoliennes étant considérées comme des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), les études d'impacts sont beaucoup plus importantes, notamment au niveau des études paysagères (plus de point de vue et donc de photomontages) et de l'étude environnementale.

Le développement d'un projet éolien, du début du projet à la mise en service, est plus long : de 5 à 10 ans, notamment à cause des différents recours administratifs. En effet, j'ai pu constater lors de mon stage que les projets éoliens étaient beaucoup moins acceptés par les populations que les projets photovoltaïques notamment à cause : du manque d'informations, des sites internet anti-éoliens nombreux, de l'impact paysager etc.

Durant mon stage, j'ai participé à une phase de développement d'un projet éolien à Moulins-sur-Orne (61).

En Janvier 2018, le conseil municipal de Moulins-sur-Orne a retenu la société IEL pour la réalisation d'une étude de faisabilité d'un projet éolien sur son territoire. Plusieurs scénarios ont été proposés aux élus municipaux, qui ont décidé de retenir un scénario à 4 éoliennes. Dans une volonté de renforcer l'appropriation et la concertation tout au long du développement du projet éolien de Moulins-sur-Orne, IEL a souhaité aller à la rencontre des riverains du futur parc éolien. Cette démarche renforce les actions de communications déjà réalisées lors des permanences d'informations qui ont eu lieu en septembre 2018 où une dizaine de personnes se sont déplacées. Par ailleurs, un panneau d'informations qui retrace les principaux éléments du projet est présent de manière permanente en mairie. Les habitants sont régulièrement tenus informés de l'avancée du projet éolien ; dernièrement un flyer a été distribué (avril 2019) aux riverains lors de la pose du mât de mesure. L'objectif du porte-à-porte consiste donc à aller vers les riverains, alors que les autres actions sont plutôt destinées à mobiliser les riverains soit en se déplaçant à une permanence d'informations, soit en contactant le chargé de projets (dont les coordonnées sont visibles sur les flyers, les panneaux d'informations, ou la presse).

Un périmètre d'intervention de 1500 mètres autour des futures éoliennes a été défini. Ce périmètre à l'avantage d'inclure les riverains les plus proches du parc indépendamment du découpage communal. A noter que les éoliennes pour ce projet sont implantées à 1000 mètres minimum des habitations, soit deux fois la distance règlementaire. (Figure 28)



Le périmètre comprenait 95 habitations réparties sur deux communes : Moulins-sur-Orne et Monts-sur-Orne (anciennement Sentilly et Montgaroult). Deux binômes se sont répartis le périmètre

d'intervention. Au total, l'intervention s'est déroulée sur trois jours. Le choix d'horaires a été pensé afin de s'adapter au mieux aux horaires de travail des riverains du futur parc. En cas d'absence, les maisons ont été visitées à des horaires différents et au minimum trois passages par maison ont été effectués afin de rencontrer un maximum de riverains. Une lettre d'informations avec une invitation à la visite du parc de Fontenai-sur-Orne a été déposée chez tous les habitants du périmètre, y compris auprès des riverains absents lors de porte-à-porte (cf. page suivante).

Afin de guider les échanges avec les riverains 3 axes ont été définis : présenter le projet et répondre aux interrogations potentielles, présenter les actions connexes au projet éolien (restauration de la trame verte), inviter les personnes à la visite du parc éolien voisin de Fontenai-sur-Orne.

Lors de cette visite, les riverains ont été surpris positivement par les niveaux acoustiques des éoliennes en fonctionnement. Des informations techniques sur le fonctionnement d'une éolienne leur ont aussi été partagées.

Des retours positifs ont été faits sur ce mode de communication en porte-à-porte. Elle permet de créer un lien, d'apporter des réponses aux interrogations des habitants et de repréciser les caractéristiques techniques du projet (nombres de machines, implantation sur des parcelles communales, estimation de production...). Les interrogations des habitants concernaient d'avantage l'éolien de façon générale que le projet développé sur la commune de Moulins-sur-Orne, ce qui nous conforte quant aux choix pris lors de la phase de développement du projet (zone d'implantation, distance de 1000 mètres des habitations).

Participer aux porte-à-porte et avoir eu l'occasion de visiter un parc éolien m'a permis d'acquérir des connaissances techniques, réglementaires, en concertation et en relation publique etc. dans le domaine de l'éolien. J'ai trouvé ce travail particulièrement intéressant d'un point de vue sociale puisque l'on se rend compte que les craintes des personnes au sujet des éoliennes ne sont pas les plus attendues : problème réception de la TV et du réseau téléphone dû aux éoliennes, impacts sur la santé et les animaux... sont les appréhensions les partagées par la population, bien avant l'impact paysager. De plus, Les habitants de la commune du projet était majoritairement d'avis favorable ou neutre.

Cette étude a permis de démontrer que les populations n'étaient pas assez informées sur les éoliennes en général et que leur apporter des éléments de réponses pouvaient les rassurer quant au développement de projet éoliens.

Pour conclure, je pense que l'enjeu du développement éolien est avant tout sociétal.

Conclusion

Les développeurs d'énergies renouvelables étant peu nombreux en France, intégrer le groupe Initiatives & Energies Locales en tant qu'assistante au chargé de projets éoliens et photovoltaïques fut une incroyable opportunité. Leur expertise reconnue dans le domaine m'a permis d'acquérir de nouvelles connaissances dans le milieu des énergies renouvelables et de découvrir le métier de chargé de projets.

Issue d'une formation pluridisciplinaire en Aménagement et Environnement, j'ai eu l'occasion de travailler sur différents projets personnels éoliens et photovoltaïques : dimensionnement, principe de production... sans jamais me questionner sur le déroulement du développement de tels projets.

Lors de mes différentes missions au sein d'IEL Développement, je me suis rendue compte que de nombreuses étapes de développement séparaient le début d'un projet et sa mise en service : rechercher un terrain favorable, contacter et rencontrer des personnes issues de différents corps de métiers, mener et rédiger des études... Autant d'étapes qui m'ont faites réaliser que mes connaissances techniques du domaine acquises lors de ma formation étaient bien moins importantes que celles acquises en urbanisme, foncier, écologie, cartographie etc.

Ainsi j'ai pu découvrir le métier de chargé de projets. Un chargé de projet gère plusieurs projets en parallèle à différentes étapes de développement. Il est indispensable de maîtriser l'avancement de chacun des projets.

Mon autonomie s'est construite au fil des connaissances que j'ai acquises sur les différents projets. Les différentes missions que j'ai réalisées m'ont permis d'acquérir des compétences techniques lors de la phase prospection et de faisabilité, de développer une aisance en communication par mail et avec les différents intervenants lors de mes différents appels, mais surtout de maîtriser le processus relativement complexe qui mène à la création de projets d'énergies renouvelables et plus particulièrement de centrales solaires.

Mon expérience au sein d'IEL Développement m'a donnée l'opportunité de découvrir le métier de l'intérieur de chargé de projets en énergies renouvelables et plus particulièrement en photovoltaïque. Passionnée par le domaine de l'environnement depuis toujours, celui des énergies renouvelables me passionne particulièrement et d'autant plus depuis que j'ai intégré les locaux d'IEL. Ce stage m'a ainsi confirmé mon intérêt pour ce domaine et m'a conforté dans l'idée d'y orienter ma carrière professionnelle.

Bibliographie

Cadastre.gouv.fr [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : <https://www.cadastre.gouv.fr/scpc/accueil.do>

Capareseau [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : <https://www.capareseau.fr/>

Géoportail [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : <https://www.geoportail.gouv.fr/>

IEL, documents internes (Etudes d'impacts, plans, présentations, ...) (Consulté tout au long du stage)

INSEE [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : <https://www.insee.fr/f>

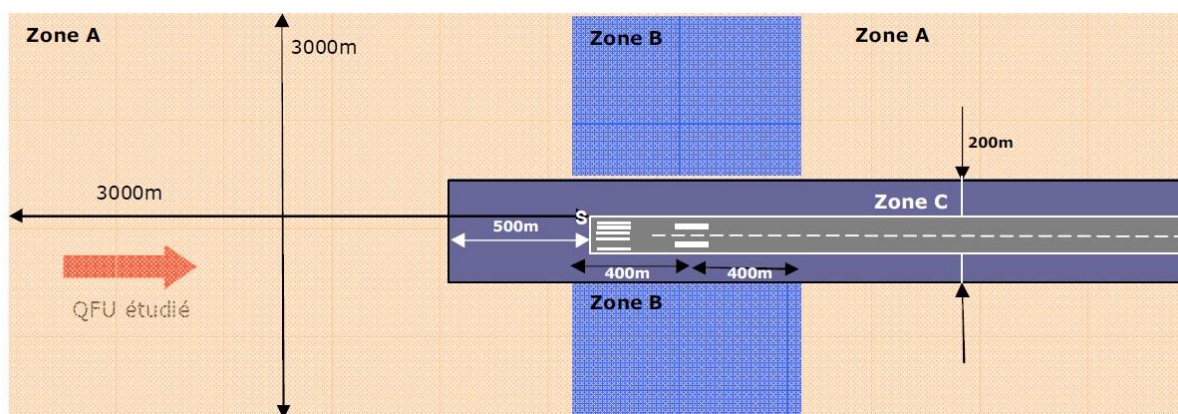
Légifrance, Code de l'urbanisme [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000006175623&cidTexte=LEGITEXT000006074075>

PVGis [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

RTE, Bilan électrique national 2018 [en ligne] (Consulté tout au long du stage). Disponible sur : https://www.rte-france.com/sites/default/files/be_pdf_2018v3.pdf

Annexes

Annexe 1 : Représentations des zones A, B et C pour les installations de panneaux photovoltaïques sur un aérodrôme
(Source : DGAC)



Zone A :

La zone A est destinée à protéger les pilotes contre la réduction préjudiciable de la perception du contraste. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : 3000 m avant le seuil d'atterrissage S + longueur de piste disponible à l'atterrissage + 3000 m après l'extrémité de la piste ;
- largeur : 1500 m de part et d'autre de l'axe de piste.

Note : un projet implanté à l'extérieur de la zone A, même s'il est situé à moins de 3 km des pistes, ne nécessite pas de démonstration d'absence de gêne visuelle des pilotes.

Zone B :

La zone B est destinée à protéger les pilotes pendant la phase critique de toucher des roues contre un effet de surprise. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : zone ci-dessous définie à partir du point de toucher des roues (400 m de part et d'autre du point de toucher des roues), lui-même défini par rapport au seuil d'atterrissage S ;
- largeur : 1500 m de part et d'autre de l'axe de piste.

Zone C :

La zone C est destinée à protéger les pilotes contre la présence de source lumineuses dans le champ d'acuité visuelle ; elle intègre, en outre, certaines contraintes réglementaires. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : 500 m avant le seuil d'atterrissage + longueur de piste disponible à l'atterrissage + 500 m après l'extrémité de la piste ;
- largeur : 100 m de part et d'autre de l'axe de piste ou la largeur de la bande de piste si elle est plus contraignante.

Il est souligné que ces zones A, B et C sont toutes trois rectangulaires et se recoupent sans être mutuellement exclusives ; ainsi, un projet peut être implanté dans plusieurs zones à la fois : o un projet implanté en zone B est nécessairement en zone A et éventuellement en zone C ; un projet implanté en zone C est nécessairement en zone A et éventuellement en zone B.

CRITERE	SITE
Dénomination	Le Gravier
Ensoleillement	Favorable
Arrêté de biotope	Non
Périmètre de protection MH	Non
Proximité de Monument Historique	à 1,8 km
Proximité site classé	à 2,8 km
Proximité site inscrit	à 9,6 km
Natura 2000	à 1,2 km
ZICO	Non
ZNIEFF 1	à 1,1 km
ZNIEFF 2	à 1,1 km
Raccordement électrique	Poste source ou ligne HTA 20 000 V
Distance aux habitations	60 mètres minimum
Surface d'implantation (clôturée)	9,7 ha
Puissance envisageable	5 MWc

Annexe 3 : Tableau de synthèse de la valeur écologique des habitats en fonction de la note globale obtenue (valeur propre + sensibilité) (Source : Franck Noël Expertise Environnementale)

Note globale	Valeur écologique
<6	Très peu de valeur écologique
6-9	Peu de valeur Peu d'intérêt en terme d'habitat faune et flore
10-13	Valeur faible Habitats restreints, diversité spécifique faible
14-17	Valeur modérée Qualité de vie moyenne. Potentiel de diversité faible
18-21	Valeur écologique avérée Habitats naturels offrant des potentialités d'accueil pour la faune et la flore
22-24	Très forte valeur écologique, intérêt patrimonial Habitats fonctionnels, diversité des espèces. Habitat à protéger et maintenir

Annexe 4 : Récapitulatif des retombées économiques fiscales estimées du projet de centrale photovoltaïque d'Aubigné-Racan (Source : IEL)

Entité	Aubigné-Racan	CDC Sud Sarthe	Département de la Sarthe	Région Pays de la Loire	Total
CFE	-	2 994 €	-	-	2 994 €
CVAE	-	1 170 €	2 142 €	1 104 €	4 416 €
IFER	-	18 925 €	18 925 €	-	37 850 €
TFPB	1 024 €	216 €	1 392 €	-	2 632 €
Total	1 024 €	23 305 €	22 459 €	1 104 €	47 892 €





CHARTRE



Respecter la réglementation

- prendre connaissance et respecter la réglementation existante,
- être titulaire d'une assurance « Responsabilité Civile » pour les professionnels intervenant sur le chantier ainsi que leurs co-traitants et sous-traitants, les couvrant pour tout dommage causé à l'occasion de la conduite des travaux ou des modalités de leur exécution.

Gérer les déchets

- ne pas brûler de déchets sur site,
- ne pas enfouir ou utiliser en remblais les déchets banals et dangereux,
- débarrasser le site de tous les déchets qui auraient pu être emportés par le vent ou qui auraient pu être oubliés sur place,
- tenir la voie publique en état de propreté,
- mettre en place des poubelles et bennes sur le site du chantier, adaptées aux besoins et à l'avancement du chantier,
- bâcher les bennes contenant des déchets fins ou pulvérulents.

Limiter les pollutions

- ne pas réaliser de vidange de véhicules sur site,
- ne pas vider les résidus de produits dangereux dans les réseaux d'assainissement,
- installer un poste de lavage pour les camions avec débourbeur,
- ne pas prélever d'eau sur les poteaux ou bouches d'incendies,
- entretenir les matériels et véhicules,
- couper les moteurs des véhicules en stationnement (y compris pendant les livraisons si le déchargement ne requiert pas le fonctionnement du moteur).

Respecter la biodiversité et limiter l'érosion

- s'informer sur l'intérêt écologique du site de manière à prendre des mesures de protection en conséquence,
- ne défricher que les surfaces nécessaires,
- ne pas stocker de matériaux sur des sites d'intérêt patrimonial.

Limiter le bruit

- limiter l'usage des avertisseurs sonores au seul risque immédiat,
- poster les matériels très bruyants le plus à l'écart possible des habitations.

Pour plus d'informations : www.ademe.fr/nouvelle-caledonie

**ÊTRE RESPONSABLE
AUJOURD'HUI POUR
ANTICIPER DEMAIN.**

Partenaires ayant contribué à l'élaboration de la charte Chantier Vert :



PROJET DE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE DE CROZON

QUELQUES DONNÉES TECHNIQUES

- Surface d'implantation : 8,45 hectares sur l'ancien centre d'enfouissement de Crozon
- Nombre de panneaux photovoltaïques : 8 750
- Puissance installée : 2,4 MW
- Production annuelle : 2,8 GWh = la consommation électrique annuelle d'environ 800 personnes chauffées au gaz
- Structures : Structures métalliques, piles inox
- Lestage des structures par des poutres d'acier
- 1 000 kg de lest par m² de surface
- 1 poste de livraison compliqué

LE SOLAIRE EN FRANCE

- Objectif 2023 : 20 600 MW
- En 2018 : 10 000 MW raccordés

LE SOLAIRE EN RÉGION

- Objectif 2020 : 600 MW
- En 2018 : 211 MW raccordés

Production d'électricité d'origine solaire en 2018 : 208 GWh soit la consommation électrique annuelle d'environ 59 430 personnes.

FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL D'UNE CENTRALE SOLAIRE AU SOL

RÉPARTITION DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE RÉGIONALE

CYCLE DE VIE DES PANNÉAUX PHOTOVOLTAÏQUES EN SILICIUM CRISTALLIN

ASPECTS ÉNERGETIQUES

- Consommation électrique annuelle de Crozon : 100 000 kWh
- La centrale photovoltaïque permettra de couvrir 100% de la consommation électrique annuelle de la commune de Crozon tous secteurs confondus

ASPECTS ÉCONOMIQUES

- Investissement d'environ 2 millions d'€
- Retombées économiques fiscales annuelles générées par la centrale solaire photovoltaïque estimées à 27 000 € réparties entre les collectivités territoriales

DEBUT DE LA CONSTRUCTION : MI-2020

Alice Moura

2018-2019



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Rapport de stage : Assistante de chargé de projets éoliens et photovoltaïques

Résumé

Comment lutter contre le réchauffement climatique et l'augmentation des gaz à effet de serre ? Comment subvenir aux besoins croissants d'énergie dans le monde ? Quelles alternatives s'offrent à nous ? Les énergies renouvelables constituent une réponse particulièrement adaptée aux besoins énergétiques et à la lutte contre le réchauffement climatique. Parmi elles, les énergies éoliennes et les énergies solaires. Présentant toutes deux un fort potentiel de développement, elles sont une des clefs de la transition énergétique pour la croissance verte.

Mais comment fonctionne une centrale solaire ? Comment développe-t-on un projet solaire ? Qui y participe ? Les centrales solaires au sol nécessitent trois phases de réalisation : la prospection, le développement et la construction.

Intégrée dans l'équipe développement du groupe IEL, j'ai participé aux phases de prospection et de développement de projets de centrale solaire photovoltaïque ainsi qu'au développement d'un parc éolien.

Abstract

How to fight against global warming and the increase of greenhouse gases? How to meet the growing needs of energy in the world? Which alternatives are available to us? Renewable energies are an answer that is particularly adapted to energy needs and the fight against global warming. Among them, wind energy and solar energy. Both have high development potential and are one of the keys to the energy transition for green growth.

But how does a solar power station work? How do we develop a solar project? Who participates? Ground-based solar power plants require three phases of realization: prospecting, development and construction.

As part of the development team of the IEL group, I took part in the prospecting and development phases of photovoltaic solar power plant projects as well as the development of a wind farm.

IEL Développement

41 Boulevard Carnot, 22 000 Saint-Brieuc



Tuteur entreprise :

Jean Coadalan

Chargé de projets éoliens et photovoltaïque

Tuteur académique :

Éric Thomas

Mots Clefs :

Energies renouvelables

Centrale solaire photovoltaïque

Développement

Chargé de projets

Prospection

Etude d'impacts