

## Sommaire

### Remerciements

- I. Introduction
  - 1. Présentation de l'organisme
  - 2. Objectif du stage
  - 3. Quelques généralités sur la filière photovoltaïque et le fonctionnement d'une centrale solaire
- II. Les missions
  - 1. Calcul de la production d'énergie d'une installation photovoltaïque
    - a. Calepinage
    - b. Schéma unifilaire
    - c. Reprise d'étude
    - d. Rapport PVsyst
  - 2. Missions conformités et documents relatifs aux projets
    - a. NTP
    - b. Demande de DT et DICT
    - c. Mission d'attestation de conformité
    - d. ARPE
  - 3. Missions complémentaires
    - a. Permis de construire modificatif
    - b. Plan de servitude
    - c. Panneau de permis de construire
    - d. Suivi financier
    - e. Visite de chantiers
- III. Conclusion
- IV. Annexes

## I. Introduction :

Dans le cadre de ma quatrième année de formation en école d'ingénieur à Polytech Tours, j'ai effectué un stage individuel du 11 mai 2020 au 31 juillet 2020. Dans un contexte de crise sanitaire, le premier mois de mon stage s'est déroulé en télétravail puis j'ai eu l'occasion de le terminer en présentiel à partir du 15 juin 2020 dans les locaux de l'entreprise Amarencositués à Lagrave dans le Tarn.

La société Amarencosconstruction m'a donné l'opportunité d'occuper la fonction d'assistante chef de projet me permettant ainsi de découvrir le métier de chef de projet photovoltaïque, qui constitue un objectif professionnel personnel.

### 1. Présentation de l'organisme

La société AmarencosFrance est un développeur et producteur indépendant d'énergie photovoltaïque depuis plus de 10 ans. Elle est issue de la fusion, en 2017, entre le groupe irlandais Amarencos et le Groupe Carré, fondé en 2008 par le PDG actuel d'AmarencosFrance, M. Olivier Carré. L'entreprise se situe dans le château de Touny-les-Roses à Lagrave dans le Sud-Ouest de la France, ce qui offre un cadre de travail très agréable pour les salariés, comme on peut le voir sur la figure 1.

AmarencosFrance est une filiale de la société mère Amarencos dont le siège social se situe à Cork en Irlande. Le groupe possède également depuis quelques temps, une filiale située à Oman et une autre à Singapour. De plus, Amarencos est présente dans de nombreux pays européens et asiatiques, auxquels s'ajoutent les DOM-TOM. En ce sens, l'entreprise dispose d'une renommée internationale non négligeable.

Aujourd'hui Première de la toiture solaire sur appel d'offre en France, l'entreprise conçoit, développe, finance, construit et exploite des installations photovoltaïques. Elle possède actuellement 700 MW de projets en construction et en fonctionnement et 5 GW en phase de développement. La société réalise un éventail de projets, allant de la recouverture de bâtiments, aux ombrillères solaires et aux centrales au sol. De cette manière, AmarencosFrance collabore avec de nombreux agriculteurs, collectivités locales ou industriels dans le but de produire une énergie 100% verte et dans l'intérêt de ses clients.

AmarencosFrance se subdivise également en 6 filiales, comme on peut l'observer dans l'organigramme en annexe 1. On retrouve alors Amarencosupport, Amarencosconstruction, Amarencoservices, Amarencosmarketing, AmarencosOcéan Indien et AmarencosCorse. Dans le cadre de mon stage, je travaillais au sein d'Amarencosconstruction qui se charge des étapes de pré-développement, développement et fin-développement de l'ensemble des projets. C'est dans cette filiale que l'on trouve les chefs de projet. Chacun des chefs de projet ne se charge pas de la réalisation du même type de projet. En effet, certains sont chargés des projets à grande puissance comme les centrales au sol et d'autres de projets à plus faible puissance comme les hangars agricoles par exemple.



Figure 1 – Photo du château de Touny

## 2. Objectif du stage

Le stage au sein de l'entreprise Amarenco construction avait pour objectif principal de me faire découvrir le métier de chef de projet au côté de la cheffe de projet Mme. Mélanie Escaffit. En ce sens, mes missions permettaient de l'épauler. J'ai ainsi pu traiter de nombreux projets qui étaient tous à un stade d'avancement différent ce qui m'a permis de découvrir toutes les phases de la construction.

Au cours de mon stage, j'ai eu l'occasion de réaliser des calepinages, des schémas unifilaires et des rapports de productible grâce au logiciel PVsyst. J'ai également eu l'opportunité de rédiger des documents essentiels à la mise en service des installations. De plus, afin de concrétiser au mieux mon travail, je suis allée faire des visites de chantier qui m'ont permis de me rendre compte des projets sur lesquels je travaillais.

## 3. Quelques généralités sur la filière photovoltaïque et le fonctionnement d'une centrale solaire

### a. La filière photovoltaïque en France

La filière photovoltaïque en France représentait à la fin de 2019 près de 2.2% du mix énergétique du pays, d'après l'ADEME. Elle est aujourd'hui en pleine expansion, tout comme les autres filières dans les énergies renouvelables. Le gouvernement s'est fixé l'objectif de quintupler sa part dans le mix énergétique d'ici à 2028. Comme on peut l'observer sur la carte ci-dessous, la filière s'étend principalement dans le Sud de la France, là où l'ensoleillement est le plus fort. Cependant depuis quelques années, des régions comme le Grand-est ont développé leur capacité photovoltaïque.



Figure 2 – carte de la répartition du photovoltaïque en France

Source : Observ'ER d'après chiffres SDES 2017

L'énergie photovoltaïque est dite « raccordée au réseau » depuis 1999. En ce sens, une entreprise comme Amarenco France produit l'énergie puis la raccorde grâce à un point de livraison (PDL) à ENEDIS.

Bien que la filière soit en plein essor, elle s'est vue concurrencée par la filière agricole, comme l'indique l'article de Wattvalue. Afin de compenser cette légère diminution d'activité, la filière photovoltaïque s'est vue contrainte d'innover. De cette manière des sociétés comme Amarenco France se sont lancées dans la construction de serres photovoltaïques et de hangars agricoles. Les serres photovoltaïques que réalise la société sont pourvues de panneaux solaires sur le toit disposés en alternance avec des puits de lumière. Les hangars agricoles quant à eux sont soit construit totalement si l'agriculteur en a le besoin, soit un bâtiment existant fait l'objet d'une recouverture.

#### b. Les panneaux photovoltaïques

Les panneaux photovoltaïques se composent de cellules de silicium branchées en série. Ces cellules semi-conductrices captent le rayonnement solaire et produisent du courant continu par effet « photovoltaïque ». Ce principe repose sur l'énergie produite par la réaction entre les photons contenus dans les rayons solaires et les électrons présents dans les matériaux semi-conducteurs. On appelle un module un ensemble de cellules photovoltaïques. Les panneaux solaires peuvent être branchés en série et/ou en parallèle. Il est à noter que de brancher des panneaux photovoltaïques en série permet d'augmenter la tension de l'installation. La pose d'un panneau solaire sur une toiture ne peut se faire que grâce à plusieurs éléments : un système d'intégration qui permet de le fixer au bâtiment et un abrégement qui garantie l'étanchéité de l'installation.



Figure 3 – Projet photovoltaïque Amarenco

Une fois les panneaux installés sur les toitures, ils sont reliés à un onduleur. Les onduleurs permettent de convertir le courant continu en courant alternatif. Ils sont généralement disposés dans un local technique à proximité de l'installation les protégeant ainsi des intempéries et de la surchauffe. Dans le local, les onduleurs peuvent communiquer directement avec la centrale située au sein de l'entreprise. Les chefs de projet ont donc accès aux données fournies par les installations à tout moment. L'énergie ainsi créée est ensuite réinjectée dans le réseau.

## II. Les missions

Pour qu'une entreprise puisse réaliser un projet photovoltaïque, celle-ci doit répondre à un appel d'offre. Les appels d'offre sont fournis par l'Etat, plus précisément par le ministère de la transition écologique et solidaire. La société doit donc candidater aux côtés d'autres entreprises de la filière. Une fois la décision prise, la société devient lauréate de l'appel d'offre. C'est donc elle qui produira l'énergie photovoltaïque. Sur le courrier lauréat, que l'on peut voir en annexe 2, il est indiqué la puissance pour laquelle l'entreprise a candidaté. Cette puissance ne peut faire l'objet de modification.

### 1. Calcul de la production d'énergie d'une installation photovoltaïque:

La conception de projets photovoltaïques repose en grande partie sur la production d'énergie qui sera produite par l'installation puis injectée dans le réseau. Afin d'estimer au mieux cette production, il est essentiel de réaliser différents documents. Le calepinage, le schéma unifilaire ainsi que le rapport du logiciel PVsyst constituent la base de données de l'installation photovoltaïque. Au cours du stage chez Amarenco construction il m'a été donné l'opportunité de réaliser ces documents pour quelques projets.

#### a. Réalisation d'un calepinage :

Un calepinage est une représentation graphique 2D de la disposition des panneaux solaires sur une toiture. Il constitue le plan sur lequel sera calculé la quantité de modules qui seront installées sur le site. L'objectif est donc d'installer un maximum de panneaux tout en ne dépassant pas la puissance autorisée et mentionnée dans l'appel d'offre. Afin de maximiser la production d'énergie, il est préférable d'installer un maximum de modules sur le pôle Sud du bâtiment. En effet, la toiture orientée au Sud reçoit davantage de rayonnement solaire. Le calepinage permet finalement d'obtenir la puissance totale de l'installation. Pour obtenir cette information il suffit de multiplier le nombre de modules installés par leur puissance.

Dans le cadre de mon stage, il m'a été demandé de réaliser des calepinages de projets de MCD7 et MCD8. Pour certains l'ensemble du calepinage était à produire et pour d'autres seuls les modules étaient à modifier. Afin de réaliser ces calepinages, je disposais du logiciel Autocad, un logiciel de conception assistée par ordinateur que j'ai eu l'occasion de découvrir dans le cadre des cours de 3<sup>ème</sup> année au sein de Polytech Tours. Dans un premier temps, il est indispensable de tracer le contour de la toiture sous la forme de rectangles, tout en délimitant les différents pôles de la toiture. Ses dimensions peuvent être trouvées dans le permis de construire. Si elles n'y sont pas il est possible de les obtenir grâce à des cartes satellites. Ensuite, il faut disposer un maximum de modules sur la représentation des toitures. Les panneaux solaires utilisés dans les différents projets que j'ai eu l'occasion de traiter sont issus de deux fournisseurs différents : Talesun et Voltec. La différenciation des deux modules est d'autant plus importante que leurs dimensions ne sont pas les mêmes. Les panneaux Talesun ont une dimension de 1640x990 cm<sup>2</sup> et les modules Voltec 1685x1000 cm<sup>2</sup>. Les panneaux sont espacés de 2 cm les uns des autres et un espace d'environ 50 cm est laissé sur chacun des côtés afin d'assurer au maximum la sécurité des monteurs de panneaux tout en y installant des filets de sécurité. Une coupe du bâtiment peut également être réalisée avec le calepinage afin de visualiser plus aisément le bâtiment.

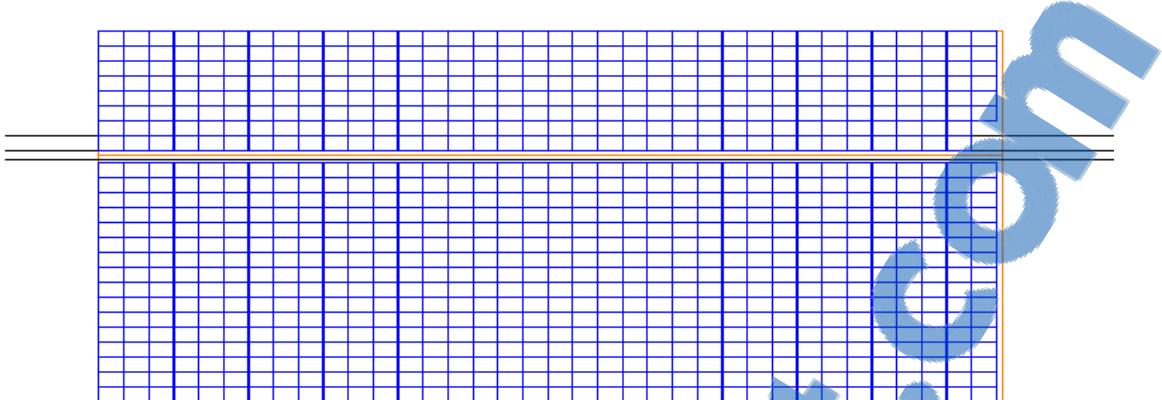


Figure 4 – Calepinage d'un bâtiment agricole composé de 862 modules (en bleu)

#### b. Réalisation d'un schéma unifilaire :

Parallèlement aux calepinages, il est nécessaire de réaliser un schéma unifilaire. Ce schéma permet de visualiser l'ensemble des connections électriques du panneau solaire à l'onduleur. Chacune des installations dispose de ce schéma et est utilisée par les électriciens lors du raccordement des modules au local onduleur. Sur ces schémas, on dispose de toutes les informations concernant le nombre de modules, le nombre de chaînes de modules, le nombre et le type d'onduleurs utilisés ainsi que la puissance totale de l'installation. On appelle une chaîne de modules ou un string, un ensemble de panneaux solaires branchés en série. Ces strings sont par la suite branchés en parallèles puis reliés aux onduleurs. Le nombre de chaînes de modules par onduleur varie en fonction du type d'onduleur. En effet, comme il a été expliqué précédemment il existe plusieurs types d'onduleurs qui diffèrent par leur charge maximale (puissance kVA) et donc par leurs nombres d'entrées MPPT. Plus un onduleur est puissant plus il pourra accueillir un nombre de string important. Cependant, leur utilisation doit être optimisée, c'est-à-dire qu'un maximum d'entrées MPPT doit être utilisée afin que l'installation ne soit pas sous-dimensionnée. De manière à surveiller et anticiper ce phénomène, un facteur est calculé pour chacun des onduleurs, il est normalement compris entre 1 et 1.25 pour un fonctionnement idéal. Lors de la réalisation des schémas unifilaires des différents projets traités, le nombre de panneaux solaires par chaînes était modulable, il pouvait varier entre 18 et 22 modules.

Afin de produire ces schémas électriques, je disposais du logiciel Autocad pour la mise en forme et d'un tableau Excel me permettant de définir le nombre de chaînes, le nombre de modules par chaînes et le nombre et le type d'onduleurs nécessaires.

Le calepinage qui est fait en amont du schéma unifilaire permet d'obtenir le nombre total de panneaux de l'installation, ce qui constitue une donnée indispensable pour produire le schéma électrique. L'objectif est alors de trouver la disposition idéale entre les modules et les onduleurs de manière à avoir un facteur constamment compris entre 1 et 1.25 pour chacun des onduleurs, et un nombre total de panneaux correspondant à celui du calepinage. Une fois que le tableau Excel est rempli et qu'il correspond aux données souhaitées, on obtient les informations nécessaires pour produire le schéma unifilaire. Cette étape est réalisée sur Autocad où il suffit de disposer les différents onduleurs et le nombre de chaînes de modules qui leur sont attribués.

Malgré les différentes variables qui existent lors de la réalisation d'un schéma électrique, comme le nombre de modules, de chaînes et le type d'onduleurs, il arrive quelques fois que la disposition souhaitée ne puisse pas se faire. Ce problème est souvent du à la contrainte physique que représente les toitures. Dans ce genre de cas il est parfois nécessaire de réduire le nombre de panneaux fixés

lors du calepinage, en essayant toujours de conserver un maximum de panneaux orientés vers le Sud des installations. Au cours de la phase de conception d'un projet, le calepinage et le schéma unifilaire peuvent être de nombreuses fois modifiés pour de multiples raisons. Cependant, certains éléments comme le type et le nombre d'onduleurs doivent être fixés dès le début du processus. S'ils venaient à être modifiés ils seraient alors soumis à une demande de modification auprès de la DREAL.

#### c. Demande CRE DREAL et reprise d'étude

Au cours du stage, j'ai eu l'occasion d'être confrontée à des situations de changements de panneaux photovoltaïques et d'onduleurs pour quelques projets.

Dans le cas d'un changement de panneaux solaires ou de puissance, il faut informer la DREAL du changement. En effet, une installation doit correspondre à ce qui était écrit sur l'appel d'offre à laquelle l'entreprise a été lauréate. De plus, un changement de modules peut également impacter la puissance autorisée pour le projet, cependant il est autorisé que la puissance soit jusqu'à 5% inférieure à la puissance initialement prévue. La mission est donc de rédiger un courrier pour les informer de tous les changements qui auront lieu.

Dans le cas d'un changement d'onduleurs, il est nécessaire d'envoyer une demande de modification de la demande initiale auprès d'ENEDIS, ce document s'appelle un devis de reprise d'étude. Celui-ci doit regrouper de nombreuses informations concernant le projet dont la productibilité moyenne annuelle, les nouveaux onduleurs et leur fiche technique ainsi que les coordonnées du projet.

#### d. Calcul du productible sur le logiciel PVsyst

Une fois les calepinages et les schémas unifilaires terminés, les productibles vont pouvoir être calculés. Le productible correspond à l'énergie produite par l'installation au cours d'une année et dépend de nombreuses variables. Il existe aujourd'hui de multiples méthodes de calcul solaire permettant aux entreprises de photovoltaïques d'estimer leur production d'énergie. Des logiciels comme PVsyst ont été développés dans le but de faciliter ces calculs. Ce logiciel utilise la méthode de calcul solaire de Perez. Pvsys permet finalement d'obtenir un rapport complet quant à la production d'énergie des installations tout en prenant en compte des facteurs tels que l'ombrage, l'horizon ou encore les pertes.

Bien que les calepinages permettent de calculer la puissance d'une installation photovoltaïque, ils ne constituent qu'une première étape quant à l'acquisition de données. Réaliser un rapport avec PVsyst est donc indispensable pour estimer au mieux la production d'une centrale photovoltaïque.

Suite à un changement des panneaux solaires sur l'ensemble des projets de MCD7 et MCD8, la mission était alors de refaire la totalité des rapports PVsyst. Pour ce faire, je disposais du logiciel PVsyst sur l'ordinateur qui m'a été fourni. Pour chacun des projets, il fallait donc renseigner plusieurs variables :

- La localisation du bâtiment grâce aux coordonnées GPS. Une carte interactive facilitait la localisation des sites.
- Les données météorologiques qui dépendaient de la localisation du projet. Ces données sont mensuelles et se composent de l'irradiation globale horizontale (en kWh/m<sup>2</sup>.ms), l'irradiation diffuse horizontale (kWh/m<sup>2</sup>.ms), la température, la vitesse du vent, le « Linke turbidity

factor », qui correspond à une approximation du modèle atmosphérique quant à l'absorption des irradiations solaires, et l'humidité relative.

- L'orientation et l'inclinaison des toitures. Ces informations étaient disponibles dans le permis de construire où les pentes des toitures y étaient indiquées.
- Le nombre de chaînes de modules pour chacun des onduleurs obtenu grâce au schéma unifilaire
- Le type de panneaux : Voltec ou Talesun
- L'horizon qui doit être importé dans le logiciel. En effet un projet situé dans une zone montagneuse reçoit moins d'ensoleillement à cause du relief.
- L'ombrage qui constitue un gène entre les rayons et les panneaux dû à l'environnement du bâtiment

La notion de perte est également incluse dans les calculs afin de limiter les erreurs : les pertes dues au circuit électrique, aux modules ainsi que le facteur d'encrassement annuel (1.5% lorsque la pente est à plus de 11% et 2% lorsque la pente est inférieure à 11%) sont donc pris en compte.

Finalement, le logiciel permet de fournir un rapport dans lequel le productible est indiqué tout comme l'énergie produite mensuellement au cours de l'année. On y trouve également un graphique solaire sur lequel apparaissent l'horizon et le champ couvert par le soleil au cours d'une année comme sur la figure 5 ci-dessous, ainsi qu'un tableau regroupant les données principales de la simulation, observable sur la figure 6.

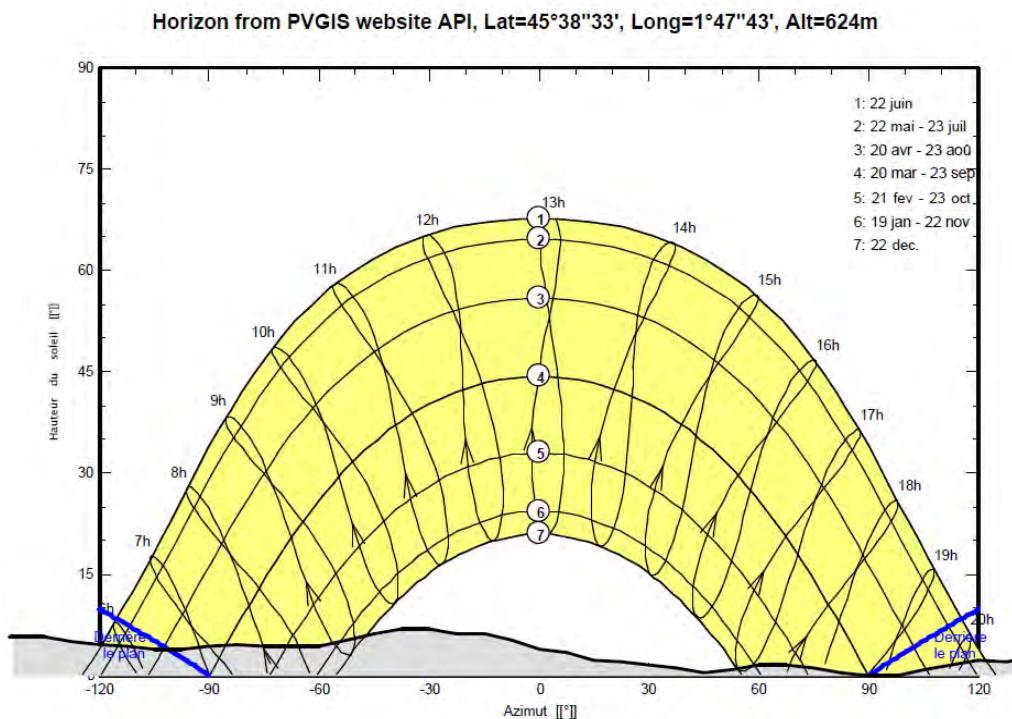


Figure 5 – Représentation graphique du champ solaire

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T_Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> MWh	<b>E_Grid</b> MWh	<b>PR</b>
<b>Janvier</b>	38.5	22.01	3.49	45.6	42.5	11.54	11.32	0.898
<b>Février</b>	49.8	28.00	4.04	55.5	51.8	13.96	13.68	0.892
<b>Mars</b>	93.0	40.75	6.84	100.8	94.8	25.01	24.50	0.879
<b>Avril</b>	125.3	64.56	9.44	127.6	120.3	31.36	30.72	0.871
<b>Mai</b>	156.2	75.37	13.68	155.2	146.9	37.18	36.40	0.848
<b>Juin</b>	182.7	71.62	17.36	179.9	170.8	42.48	41.56	0.836
<b>Juillet</b>	183.7	75.71	18.52	182.5	173.0	43.01	42.09	0.834
<b>Août</b>	151.6	68.26	18.45	153.8	145.5	36.37	35.62	0.838
<b>Septembre</b>	118.0	56.83	14.87	124.5	117.1	29.96	29.36	0.853
<b>Octobre</b>	74.3	40.50	12.04	81.3	76.1	19.94	19.56	0.870
<b>Novembre</b>	40.3	21.99	6.46	46.4	43.2	11.54	11.31	0.882
<b>Décembre</b>	32.7	17.74	3.65	40.6	37.7	10.22	10.03	0.893
<b>Année</b>	1246.2	583.35	10.78	1293.6	1219.7	312.57	306.15	0.856

Légendes:

GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	EArray	Energie effective sortie champ
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energie injectée dans le réseau
GlobInc	Global incident plan capteurs	PR	Indice de performance

Figure 6 – Tableau récapitulatif d'une simulation solaire sous PVsyst

## 2. Missions conformités et documents relatifs aux projets :

Lors de la phase de conception d'un projet et jusqu'à sa mise en service, chacune des installations nécessite un certain nombre de documents qui permet d'attester de leurs bons fonctionnements. L'ensemble des installations sur lesquels j'ai pu travailler n'étant pas au même stade d'avancement, m'ont permise de découvrir et de réaliser des documents pour les différentes phases du projet.

### a. Réalisation de NTP

Le NTP, appelé aussi « Chapter 2 : particular condition » est un document à réaliser à la suite de la signature du bail. Il permet de rendre compte du programme à respecter pour l'entreprise. Le NTP est d'autant plus important qu'une fois signé il permet de débuter les travaux. La mission consiste donc à remplir le document avec les données du projet. Le NTP dresse un portrait assez complet de l'installation puisqu'on y retrouve son coût, les délais de construction, le productible ou encore la date prévisionnelle de réalisation des différentes étapes des travaux. Ainsi, le signataire connaît la date de signature du bail, de l'étude de sol, des travaux sur les fondations ou la charpente, ou encore l'installation des panneaux solaires.

### b. Demande de DT et DICT

En amont des travaux de fondations et en complément des études de sol il est nécessaire de faire des demandes de DT et DICT. La déclaration de travaux et la déclaration d'intention de commencement de travaux sont des éléments obligatoires avant toute construction de projets. Elles permettent de rendre compte des ouvrages de transports et/ou de distribution qui se situeraient à proximité du chantier. Ces demandes se font grâce au site : reseaux-et-canalisations.ineris.fr. Sur le site, il faut tracer l'emprise au sol du projet, voire un peu plus large, sur une carte interactive afin de voir s'il n'y a pas de canalisations ou d'autres éléments qui pourraient gêner lors des fondations des bâtiments. Une fois la demande réalisée, INERIS renvoie un mail indiquant les différentes entreprises présentes sur l'emplacement du chantier. Il faut alors renvoyer un mail à chacun de ces organismes (Enedis, SAUR, Veolia, des mairies..) qui renverra un plan dans lequel on y trouve les infrastructures dans la zone du projet. Par exemple, dans un des projets que j'ai pu traiter, des câbles aériens à haute tension étaient présents à l'emplacement du futur bâtiment. Lorsque ce genre de cas se présente, les câbles doivent être impérativement déplacés. Les demandes de DT et DICT sont donc essentielles à l'étude de la zone de chantier.

### c. Les missions d'attestation de conformité :

L'une des missions qu'il m'a été donnée de faire au cours de mon stage était le suivi des missions d'attestation de conformité (missions AO) des projets de MCD7 et MCD8. Elles sont constituées d'une trentaine de documents qui permettent à terme de certifier que l'installation est conforme. La tâche était alors de regrouper ces différents documents dans un même dossier pendant toute la durée du stage. Les missions AO se composent donc de:

- Le Kbis qui est l'extrait d'immatriculation principale au registre du commerce et des sociétés. Ce document permet d'attester l'existence juridique d'une entreprise,
- L'avis SIRENE des sociétés projets,
- L'avis SIRENE du projet,
- Le contrat d'achat,
- Le CARDI (Contrat d'accès au réseau public de distribution d'électricité) permet à l'entreprise d'injecter la totalité de l'énergie produite dans le réseau public. Ce document peut être modifié au cours du projet, l'ensemble de ses versions doivent alors apparaître dans le document final,
- La CR (Convention de raccordement d'ENEDIS) détaille les caractéristiques du raccordement au réseau public,
- Le cahier des charges de l'appel d'offre explique l'ensemble des étapes qui doivent être réalisées par l'entreprise avant la mise en service de l'installation,
- Le courrier lauréat est la lettre certifiant que l'entreprise est lauréate de l'appel à projet,
- La demande et accord pour changement de modules ou onduleurs ou puissance. Ce document correspond aux courriers envoyés à la DREAL pour tout changement du projet initial,
- Le calepinage,
- L'arrêté du permis de construire ou l'arrêté du permis de construire modificatif s'il existe,
- Le schéma unifilaire,
- Les factures des modules, des onduleurs et des transformateurs,
- L'évaluation carbone simplifiée permet de calculer les émissions de gaz à effet de serre engendrées par la fabrication d'un module photovoltaïque,
- Le justificatif ISO9001 des modules qui certifie la qualité des modules,
- Le justificatif ISO14001 des modules qui certifie la qualité environnementale des modules,
- Les certificats ISO9001 et ISO14001,

- Les justificatifs ISO9001 et 14001 des transformateurs (si nécessaires),
- La QualiPV de la maîtrise d'œuvre qui est une appellation reconnue par l'ADEME. Elle indique les entreprises photovoltaïques étant engagées dans une charte de qualité,
- Les caractéristiques des modules PV,
- Le rapport de conformité électrique de l'installation,
- Le consuel est le document qui atteste de la conformité électrique de l'installation,
- Les missions L et LE. Les missions L permettent d'assurer la solidité des structures, ce sont par exemple les fondations ou la charpente qui seront examinées. Les missions LE permettent de rendre compte de la solidité des ouvrages existants,
- L'attestation d'assurance RCD nominative.

Afin d'obtenir les documents des missions L et LE, des chargés d'affaire réalisent dans un premier temps un rapport initial de contrôle technique (RICT). Dans ce document il est indiqué s'il est nécessaire de renvoyer des études à faire vérifier comme des plans de fondation ou encore des rapports géotechniques. A la suite de l'étude de ces documents qu'il leur faut envoyer, ils peuvent donner un avis favorable ou à préciser sur différents critères (général, fondation, structure). Pour obtenir ces documents manquants, il faut se renseigner auprès des sous-traitants qui sont en charge de la charpente ou des fondations, leur faire une demande et à la réception des éléments demandés, les renvoyer au chargé d'affaire pour qu'il les vérifie. Finalement il renvoie un rapport final de contrôle technique (RFCT) validant ou non l'ouvrage qui constitue alors le document à inclure dans les missions AO. Le temps de réception des RFCT peut être très long et nécessite quelque fois de nombreuses relances.

Pour ce qui est des documents relevant des panneaux solaires, ils sont obtenus assez tardivement par moment puisque le modèle des panneaux, qui sera finalement utilisé pour l'installation, varie au cours du chantier. Il arrive parfois que certains ne puissent pas être fournis pour cause d'aléas (crises sanitaires, pénurie de matériaux...).

Le suivi des missions d'attestation de conformité s'est déroulé grâce à un tableau Excel dans lequel je pouvais indiquer la présence ou non des documents dans les dossiers. Un point, quant à leur suivi, était souvent fait avec la cheffe de projet afin d'assurer au mieux son bon déroulement. Rassembler l'ensemble des documents missions AO était essentiel pour la mise en service des installations, de ce fait les délais devaient être absolument respectés.

#### d. Réalisation d'ARPE

L'Accord de rattachement au périmètre d'équilibre ou ARPE, et les demandes de contrats d'achat permettent à terme d'effectuer la mise en service du site. Après avoir rempli l'ensemble des documents, Enedis nous indique une date de mise en service à partir de laquelle il y aura réellement une production d'énergie qui sera injectée dans le réseau. Ils ne sont réalisés que lorsque les dossiers attestations de conformité sont finis. Au cours du stage, j'ai pu finir de compléter plusieurs dossiers d'attestations de conformité ce qui m'a permis de réaliser des ARPE. De manière à faciliter la réalisation des futures ARPE, j'ai eu l'occasion de pré remplir l'ensemble des documents nécessaires pour la mise en service des autres installations photovoltaïques.

### **3. Missions complémentaires :**

Durant le stage, je suis parvenue à réaliser davantage de missions toutes aussi importantes pour le bon déroulement d'un projet. J'ai ainsi pu traiter des étapes dans la société projet ED18 pour laquelle les projets étaient au stade de conception. J'ai également eu l'occasion de réaliser des visites de chantier avec la cheffe de projet me permettant d'avoir une vision plus concrète de mon travail au sein de l'entreprise.

#### **a. Permis de construire modificatif**

Entre le premier permis de construire et les réels travaux il arrive qu'il y ait des modifications. Celles-ci peuvent être multiples comme le déplacement des bâtiments, l'enlèvement du faitage ou du chien assis, ou encore l'ajout de panneaux photovoltaïques sur un des pends de la toiture. Le faitage correspond à la ligne de jointure entre les deux versants d'une toiture. Le chien assis quant à lui est assez typique des bâtiments agricoles, il se caractérise par une avancée de la toiture au niveau de la ligne de faitage. L'objectif de la mission était donc de signaler les modifications pour permettre de réaliser des permis de construire modificatif par la suite. Pour se faire, je disposais des permis de construire initiaux et de plans parcellaires sur le logiciel Autocad.

#### **b. Réalisation de plan de servitude**

A mon arrivée au sein de l'entreprise, la société venait d'acheter un nouveau porte-feuille de projets qui ont été regroupés dans une nouvelle société projet ED18. Pour tous ces projets, aucun des travaux n'avaient encore été entamés. Tout comme pour MCD7 et MCD8, il était indispensable de réaliser un suivi de l'avancement des différents projets grâce à un tableau récapitulatif. Ainsi, j'ai du créer ce tableau de manière à ce que les chefs de projets puissent le compléter au fur et à mesure des travaux.

La deuxième mission était de réaliser les plans de servitudes pour ED18. Les plans de servitude permettent de visualiser, d'une part, le tracé des lignes électriques entre le PDL et le local onduleur, c'est ce qu'on appelle la servitude de tréfonds. Le local onduleur est rarement mis au Sud des bâtiments pour éviter qu'il ne chauffe de trop. D'autre part, le plan sert également à représenter le chemin par lequel les engins de chantier passeront pour accéder aux bâtiments, aussi appelé la servitude de passage. La servitude de passage doit être reliée au domaine public (la route). Il faut donc vérifier les plans parcellaires sur le site géoportail parce que certaines routes /chemins sont du domaine privé. On peut observer sur le plan de servitude de la figure 7, la servitude de tréfonds en rouge et la servitude de passage en motif grisé. Dans le cas de ce projet on distingue aisément que la route du domaine public correspond à la route départementale, en jaune sur la carte. Un chemin entre cette dernière et les bâtiments du projet existait mais celui appartenait au domaine privé, d'où le tracé de la servitude de passage.



Figure 7 – Plan de servitude

#### a. Remplir les panneaux de permis de construire

Une nouvelle fois pour la société projet ED18, il a fallut préparer les panneaux de permis de construire. Ces panneaux doivent être déposés et complétés sur chacun des chantiers dès que le projet obtient une attestation d'urbanisme. Ils doivent regroupés un ensemble d'informations obligatoires afin que toute personne puisse avoir connaissance du projet. Il est fortement recommandé de déposer les panneaux avant que les chantiers ne commencent pour éviter tout problème. De plus ils doivent également respecter à la lettre ce qu'il y a d'écrit sur les permis de construire. On y retrouve, comme on peut le voir sur la figure X, le nom de l'architecte, la surface de plancher, la surface totale des parcelles, le numéro de permis de construire et sa date de signature ainsi que la commune dans laquelle il se trouve. Ces panneaux sont également nécessaires lorsque le projet est une recouverture. Dans ce cas, la surface de plancher n'est pas à mentionner. Les panneaux ont été par la suite déposés par la cheffe de projet lors d'un déplacement dans le département du Limousin.



Figure 7 – Photo d'un panneau de permis de construire

### b. Mettre à jour les tableaux de suivis financiers

Une des autres missions qu'il m'a été confiée a été de mettre à jour les tableaux de suivis financiers de MCD7 et MCD8 grâce à la base de données Access. Les différentes dépenses sont catégorisées et regroupées dans un tableau Excel: modules, équipements électriques, frais notarial, géomètre, huissier, étude de sol, fondations, structures, fournitures du bac acier... Ce tableau m'a permis entre autre d'indiquer le prix de chacun des projets dans les NTP qu'il m'a fallu remplir.

### c. Visite de chantier

Finalement j'ai eu l'opportunité de faire des visites de chantiers avec la cheffe de projet et le conducteur de travaux dans le département de l'Aveyron.

Le premier chantier était composé de deux bâtiments. L'un d'eux était à la phase de fondation et l'autre était constitué d'une recouverture, le bâtiment était donc déjà existant. L'objectif de la visite était dans un premier temps de discuter avec le client du nouveau bac acier qui allait être posé sur le bâtiment déjà existant. Lors d'une recouverture, l'entreprise Amarenco se charge de remplacer le bac acier de la toiture afin d'y poser les panneaux photovoltaïques. En ce sens, en cas de problème d'étanchéité de la toiture, la responsabilité sera celle de la société et non pas celle du particulier. Lors de la visite, la cheffe de projet était munie des plans de la toiture ainsi que du calepinage puisqu'un des problèmes du propriétaire était de pouvoir laisser des zones de lumières sur la toiture. En effet, il s'agissait d'un bâtiment agricole dit de stabulation, c'est-à-dire qu'il accueillait du bétail une partie de l'année. Il devait donc impérativement y avoir de la lumière naturelle à l'intérieur du bâtiment. Le deuxième objectif de la visite était de discuter du bail avec le propriétaire parce que certains points n'étaient pas clairs pour les clients. Les bâtiments qui sont construits font l'objet d'une redécoupe cadastrale, l'emprise au sol du bâtiment auquel s'ajoute 6 m de chaque côté appartiennent à l'entreprise à la fin des travaux. Les agriculteurs doivent alors respecter plusieurs consignes d'utilisation des bâtiments. Par exemple ils ne peuvent pas mettre de la paille à moins de 2 m du plafond au risque de déclencher un éventuel incendie à cause des installations électriques. Au bout de 30 ans d'exploitation par l'entreprise, le bâtiment revient aux clients. Si un dommage est causé lors d'un incident naturel de type forte pluie, c'est à l'entreprise et son assurance de prendre en charge les dégâts.

La deuxième visite était pour un chantier en phase de pose des modules et du faitage. Les panneaux photovoltaïques étaient tous posés à mon arrivée, mais n'étaient pas encore reliés au local technique. On pouvait donc voir l'ensemble des câbles des modules sur la toiture. Le local onduleur a été ouvert afin que je puisse voir l'intérieur. De plus, l'emplacement du bâtiment causait légèrement problème car les engins de chantier ne pouvaient pas circuler facilement autour du bâtiment sans aller sur une propriété adjacente.

Cette visite de chantier m'a permis de visualiser concrètement des projets sur lesquels j'ai eu l'occasion de travailler dans l'enceinte de l'entreprise. C'est en allant sur le terrain que je me suis réellement rendue compte de l'aspect social du travail de chef de projet, aspect qu'il était difficile de visualiser en réalisant des plans.

### **III. Conclusion**

Pour conclure, j'ai réalisé un stage en tant qu'assistante chef de projet au sein de l'entreprise Amareno construction au côté d'une cheffe de projet. Ces douze semaines de stage m'ont permis de mettre à profit mes connaissances théoriques accumulées lors des deux dernières années à l'école Polytech de Tours. Celles-ci m'ont été d'une très grande utilité notamment concernant l'utilisation du logiciel Autocad, qui m'a permis de réaliser les plans qui m'étaient demandés.

Ce stage a été réalisé dans un contexte de crise sanitaire mondiale, impactant la réalisation de mon stage sur site. En effet, le premier mois du stage s'est déroulé en télétravail offrant une toute autre expérience professionnelle. La deuxième partie de mon stage a pu être réalisée dans des conditions presque normales puisque j'ai pu intégrer l'entreprise à partir du 15 juin.

Ce stage s'est révélé être une expérience très enrichissante, tant sur le plan professionnel que sur le plan personnel.

Sur le plan strictement photovoltaïque, j'ai appris à me servir de nouveaux outils tels que le logiciel PVsyst. Cet outil indispensable au calcul de productible permet aux chefs de projet de réaliser un gain de temps tout en exerçant une expertise avancée. J'ai également intégré un nouveau vocabulaire, auquel je n'avais pas du tout été confrontée auparavant. En effet, l'ensemble des documents à produire pour la mise en place d'un projet m'était jusqu'ici inconnu. Outre la partie administrative des projets, un chef de projet doit produire de nombreux plans et schémas, ce que j'ai pu expérimenter au cours de ce stage. Les calepinages, les schémas unifilaires et les plans de servitude ont été totalement intégrés. Le fait d'avoir accompagné la cheffe de projet sur des chantiers était une expérience essentielle dans le déroulement du stage puisque j'ai pu observer des installations sur lesquelles j'ai pu travailler au sein de l'entreprise. Ceci concrétisait davantage les missions qui m'ont été données à faire.

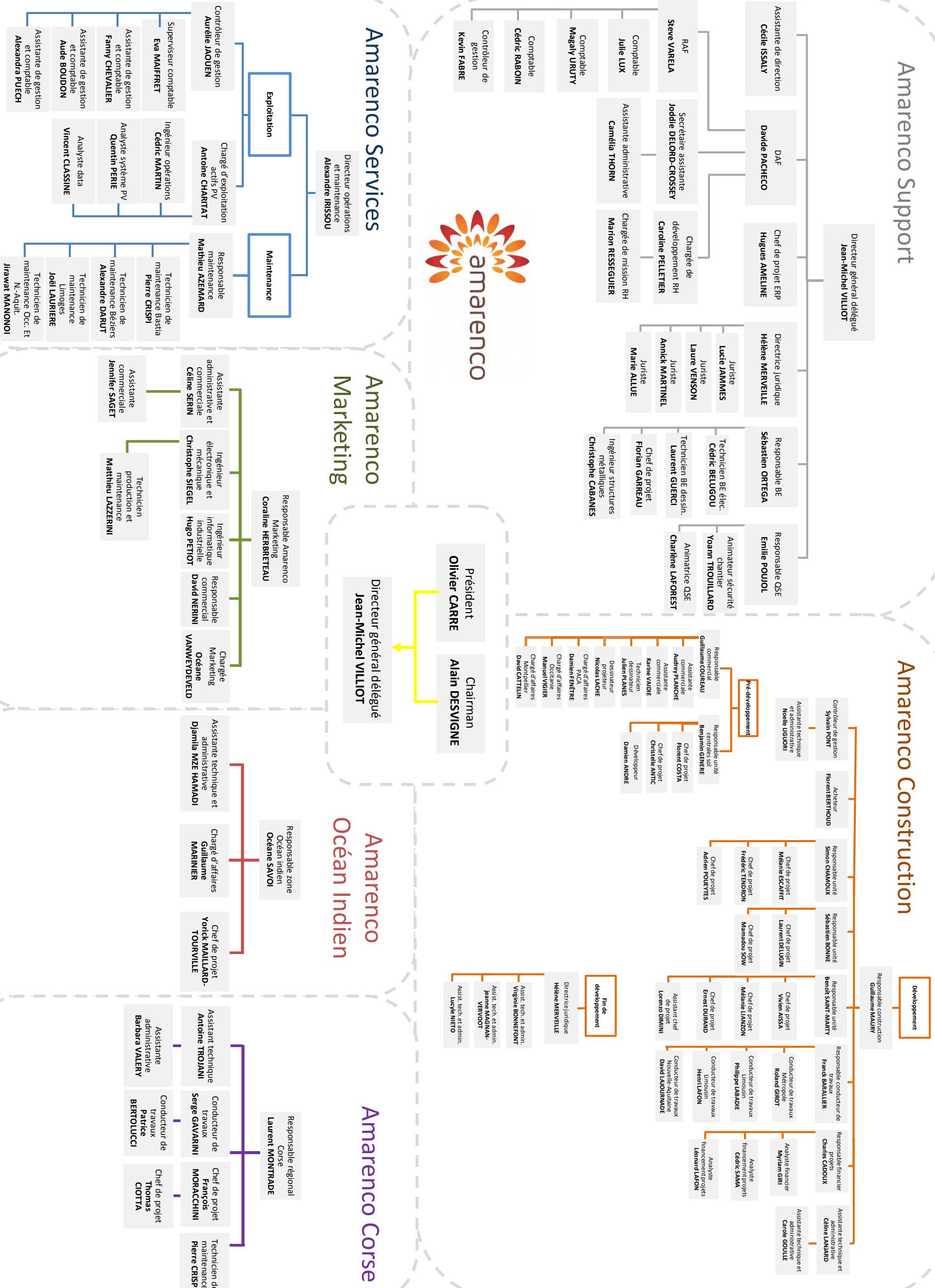
Sur un plan plus personnel, ce stage m'a fait prendre conscience de l'importance de travailler en équipe. Effectivement, au cours du stage, j'ai eu l'occasion de communiquer avec de nombreux collaborateurs, qu'ils soient chefs de projet ou d'un autre service. La communication était un levier central qui permettait le bon déroulement des projets. J'ai pu encore plus m'en rendre compte lors des réunions hebdomadaires entre chefs de projet et conducteurs de travaux qui étaient indispensables pour l'harmonisation des différents projets.

Ce stage m'a également conforté dans l'idée de vouloir faire chef de projet dans les énergies renouvelables. Pouvoir faire parti du changement de la production d'énergie française vers une énergie verte entre en adéquation avec mes intérêts personnels. Bien que ces douze semaines m'aient énormément apportées de connaissances dans le photovoltaïque, il me semble encore essentiel de découvrir et d'en apprendre encore plus sur les autres énergies renouvelables. C'est dans ce sens que je compte réaliser un double diplôme dans les énergies renouvelables dès l'année prochaine pour pouvoir acquérir plus de savoir.

IV. Annexes

Annexe 1 : Organigramme de Amarenco France

Annexe 2 : Courrier lauréat





## MINISTÈRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Paris, le 2 octobre 2018

CHAMOUX Simon  
MCD7  
s.chamoux@amarenco.fr

Objet : Désignation des lauréats de la cinquième tranche de l'appel d'offres 2016/S 174-312851 portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrale sur bâtiments, serres et hangars agricoles et ombrières de parking de puissance comprise entre 100 kWc et 8 MWc ».

Nos réf. : Solaire/AO-CRE4-bat/T5-N°CRE 189

Dossier suivi par : Cédric Bozonnat (cedric.bozonnat@developpement-durable.gouv.fr)

Madame, Monsieur,

En application des dispositions de l'article L. 311-10 du code de l'énergie relatif à la procédure de mise en concurrence pour les installations de production d'électricité, le ministre chargé de l'énergie a lancé en septembre 2016 l'appel d'offres cité en objet.

En réponse à cet appel d'offres, vous avez déposé lors de la cinquième période de candidature dans la famille 1 le projet « MCD748 », situé "La Chapelle" 36370 Mauvières d'une puissance de 0,269 MWc.

**Suite à l'instruction de votre offre par la Commission de régulation de l'énergie (CRE), j'ai le plaisir de vous annoncer que le projet susmentionné est désigné lauréat de la cinquième tranche de l'appel d'offres visé en objet.**

Conformément à l'engagement contenu dans votre offre, je vous informe que le prix de référence T de l'électricité retenu en application des dispositions du point 7 du cahier des charges est de 94,58 €/MWh. La valeur de l'évaluation carbone des modules est de 274,75 kg eq CO<sub>2</sub>/kWc.

Par ailleurs, je vous rappelle les obligations suivantes du fait de cette désignation :

- respecter l'ensemble des obligations et prescriptions de toute nature figurant au cahier des charges.
- si ce n'est déjà fait, déposer une demande complète de raccordement dans les

deux (2) mois à compter de la présente notification<sup>1</sup>.

- constituer une garantie d'exécution dans un délai de deux (2) mois à compter de la présente notification. Les candidats retenus n'ayant pas adressé au préfet de région du site d'implantation l'attestation de constitution de garantie financière dans le délai prévu feront l'objet d'une procédure de mise en demeure. En l'absence d'exécution dans un délai d'un mois après réception de la mise en demeure, le candidat pourra faire l'objet d'un retrait de la présente décision le désignant lauréat<sup>2</sup>. La durée de la garantie doit être au minimum de 36 mois.

- sauf délais dérogatoires prévus au 6.4 du cahier des charges, achever l'installation dans un délai de vingt (20) mois à compter de la présente notification.

- fournir à EDF l'attestation de conformité de l'installation prévue au paragraphe 6.6 du cahier des charges.

Je vous rappelle également que l'installation mise en service doit être en tout point conforme à celle décrite dans le dossier de candidature et que toute modification du projet par rapport à l'offre déposée nécessite l'accord de l'autorité administrative. Les changements conduisant à une diminution de la notation d'un ou plusieurs critères d'évaluations de l'offre, notamment par un bilan carbone moins performant, ne seront pas acceptés.

Je vous prie d'agrérer, Madame, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

L'adjoint au sous-directeur du système électrique et des énergies renouvelables



Stanislas REIZINE

1 Paragraphe 6.1 du cahier des charges

2 Paragraphe 6.2 du cahier des charges

V. Bibliographie

Sites internet pour l'introduction :

<https://www.ecologie.gouv.fr/solaire>

<http://www.energies-renouvelables.org/>

<https://www.wattvalue.fr/>

Permis de construire :

<https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1988>

Lou Loriot

2019-2020

## Assistante chef de projet photovoltaïque

**Résumé :** Le stage au sein de l'entreprise Amarencos construction avait pour objectif principal de me faire découvrir le métier de chef de projet au côté de la cheffe de projet Mme. Mélanie Escaffit. En ce sens, mes missions permettaient de l'épauler. J'ai ainsi pu traiter de nombreux projets qui étaient tous à un stade d'avancement différent ce qui m'a permis de découvrir toutes les phases de la construction.

Au cours de mon stage, j'ai eu l'occasion de réaliser des calepinages, des schémas unifilaires et des rapports de productible grâce au logiciel PVsyst. J'ai également eu l'opportunité de rédiger des documents essentiels à la mise en service des installations. De plus, afin de concrétiser au mieux mon travail, je suis allée faire des visites de chantier qui m'ont permis de me rendre compte des projets sur lesquels je travaillais.

**Mots Clés :** Panneaux photovoltaïques, énergie renouvelable

**Amarencos :**

32, chemin de Touny 81150 Lagrave

**Tuteur entreprise :**

Simon Chamoux

**Tuteur académique :**

Minjind Maïzia