

RENOVATION DU BATIMENT « EXTENSION » DU SITE DU DSDEN81 A ALBI

DCE

CCTP – LOT 3 : PHOTOVOLTAÏQUE

BUREAU D'ETUDES

EREAH

8 rue de Soyouz

31240 L'Union

MAITRE D'OUVRAGE

SRAPI – Antenne Ouest

10, chemin des Maraîchers

31400 Toulouse

ADRESSE PROJET

Site DSDEN81

69, avenue du Maréchal Foch

81000 Albi

REFERENCE EREAH

A24-073

PHASE DCE

INDICE 0

DATE 10/01/2025

Table des matières

1	PRESCRIPTIONS GENERALES.....	4
1.1	OBJET	4
1.2	LOCALISATION DES TRAVAUX.....	4
1.3	ETENDUE DES TRAVAUX	5
1.4	LISTE DES DOCUMENTS DU DOSSIER DE CONSULTATION.....	5
1.5	CLASSEMENT DE L'ETABLISSEMENT	5
1.6	QUALIFICATION DES SOUSMISSIONNAIRES	6
1.7	OBLIGATIONS.....	6
1.8	PRESTATIONS DUES PAR L'ENTREPRISE	6
1.9	PLANNING	7
1.10	ORGANISATION DU CHANTIER	7
1.11	RESERVATIONS, PERCEMENTS, REBOUCHAGES	8
1.12	AUTOCONTROLES ET ESSAIS DES INSTALLATIONS	8
1.13	RECEPTION ET GARANTIE.....	9
1.14	DOSSIER DES OUVRAGES EXECUTES.....	10
1.15	DOSSIER D'INTERVENTION ULTERIEURE SUR LES OUVRAGES	10
1.16	MISE AU COURANT DU PERSONNEL.....	10
2	CADRE REGLEMENTAIRE	12
2.1	DECRETS - REGLEMENTS.....	12
2.2	NORMES	12
2.3	DTU.....	12
2.4	CCS.....	12
2.5	AUTRES TEXTES	13
3	BASES DE CALCULS	14
3.1	CONDITIONS CLIMATIQUES EXTERIEURES	14
3.2	DONNEES METEOROLOGIQUES.....	14
3.3	PRINCIPE DE L'INSTALLATION	15
3.4	CALCULS DE PRODUCTIBLE ET TAUX D'AUTOCONSOMMATION	15
4	DESCRIPTION DES TRAVAUX.....	19
4.1	INSTALLATION DE CHANTIER	19
4.2	PROCEDE D'INTEGRATION	19
4.3	MODULES PHOTOVOLTAÏQUES.....	20
4.4	ONDULEUR	21
4.5	CHEMINEMENT ET AMENAGEMENT DU TGBT.....	21
4.6	MISE A LA TERRE ET PROTECTION CONTRE LA FOUDRE	23
4.7	MESURES DE SECURITE	23
4.8	SYSTEME DE MONITORING.....	25
4.9	TRANCHE OPTIONNELLE 1 : PANNEAU D'AFFICHAGE PEDAGOGIQUE	25
5	SPECIFICATIONS TECHNIQUES	26
5.1	PROCEDE D'INTEGRATION	26
5.2	MODULES PHOTOVOLTAÏQUES.....	26
5.3	DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS DC.....	29
5.4	CABLAGE ET PROTECTION DC	29
5.5	ONDULEURS OU MICRO-ONDULEURS	31
5.6	CABLAGE AC.....	32
5.7	TERRE ET PARAFoudre.....	32
5.8	RACCORDEMENT	33

5.9	MESURES DE SECURITE	33
6	LIMITE D'INTERVENTION.....	34
6.1	GENERALITES	34
6.2	PLATRIERIE ET PEINTURE	34
6.3	ETANCHEITE.....	34
6.4	ELECTRICITE	34
6.5	EN COURS DE CHANTIER.....	35

1 PRESCRIPTIONS GENERALES

1.1 OBJET

Le présent CCTP concerne la mise en œuvre d'une installation solaire photovoltaïque de 23 kWc le site du DSDEN81 à Albi (81).

1.2 LOCALISATION DES TRAVAUX

Le bâtiment est situé 69, avenue du Maréchal Foch, 81000 Albi.



Vue aérienne et façade du site



Photo de la toiture

1.3 ETENDUE DES TRAVAUX

Les travaux comprennent :

- La fourniture et pose de la structure d'intégration des modules photovoltaïques ;
- La fourniture et la pose des modules photovoltaïques (PV) ;
- La fourniture et pose des liaisons entre les éléments du circuit courant continu (chemin de câbles et organes de cheminements) ;
- La fourniture, pose et raccordement des onduleurs ;
- La fourniture, pose et raccordement des coffrets électriques du circuit AC ;
- La fourniture et pose des liaisons entre les éléments du circuit courant alternatif, y compris organes de cheminement des câbles ;
- La fourniture, pose et raccordement du système de télé suivi ;
- Le raccordement de la centrale au TGBT existant afin de permettant l'autoconsommation ;
- Les démarches ENEDIS et EDF OA pour la déclaration du projet en autoconsommation avec revente du surplus ;
- La fourniture et pose du dispositif d'équipotentialité et de mise à la terre de l'ensemble des masses métalliques de l'installation ;
- Le transport du matériel sur site (des espaces seront mis à disposition pour le stockage du matériel, hors stockage des modules photovoltaïques) ;
- Délivrance des CONSUEL pour la mise en service ;
- Les essais et la mise en service des systèmes.

Les travaux à exécuter au titre du présent marché comprennent également de manière générale :

- Les essais et mises en service ;
- Le nettoyage du chantier ;
- La fourniture, le transport à pied d'œuvre, le montage, les essais, et le réglage de tout le matériel nécessaire au fonctionnement correct des installations telles que décrites dans le présent devis descriptif ;
- Les percements et rebouchages ;
- Les études, plans, schémas et notes de calculs d'exécution ;
- La collecte et présentation de l'ensemble des notices d'exploitation des matériels, certificats de garantie, agréments CSTB éventuels ;
- Les travaux nécessaires à la remise en état des déficiences constatées pendant la période de garantie.

La responsabilité de l'entrepreneur est engagée sur le résultat des calculs permettant d'obtenir les conditions quantitatives et qualitatives considérées dans l'obligation de résultat.

1.4 Liste des documents du dossier de consultation

Il est rappelé à l'entrepreneur qu'il doit prendre connaissance et se soumettre à l'ensemble des documents du DCE :

- CCAP et documents administratifs ;
- Les rapports préalables du bureau de contrôle et du CSPS ;
- Le plan d'Installation de chantier ;
- Le tableau des limites de prestations ;
- Le planning de l'opération ;
- Le CCTP spécifique à la description des travaux du présent lot ;
- Le CCTP des autres lots ;
- Le CDPGF du présent lot : l'entrepreneur devra respecter la décomposition proposée voire la détailler ;
- Pièces graphiques :
 - PV01 – Plan de l'installation en toiture
 - PV02 – Plan de cheminement intérieur des câbles R+1
 - PV03 – Plan de cheminement intérieur des câbles RDC
 - PV04 – Plan de cheminement intérieur des câbles R-1
- Pièces graphiques tous lots.

1.5 CLASSEMENT DE L'ETABLISSEMENT

Le bâtiment est classé ERT.

1.6 QUALIFICATION DES SOUMISSIONNAIRES

La qualification des soumissionnaires doit être au moins :

- Attestation QUALIPV36 ou Qualifelec SPV1 ou Qualibat 5911
- Habilitation à mettre en œuvre des équipements électriques adaptés aux spécificités du solaire photovoltaïque (travaux sous des tensions continues, etc.)

1.7 OBLIGATIONS

Les descriptions du présent CCTP n'ont pas de caractère limitatif et l'entrepreneur du présent lot devra exécuter, comme étant compris dans son prix, sans exception, ni réserve de tous les travaux nécessités par sa profession et qui sont indispensables pour l'achèvement complet de son lot. En conséquence, l'entrepreneur ne pourra jamais arguer que des erreurs ou omissions sur les plans et devis, puissent le dispenser d'exécuter tous les travaux de son lot ou fassent l'objet d'une demande de supplément de prix. L'entrepreneur consulté devra aviser le Maître d'Œuvre au moment de l'appel d'offres, de toutes réserves et remarques de sa part quant aux descriptions contenues dans le présent dossier et qui lui semblent incompatibles avec les règles de l'art. Il devra le cas échéant, motiver les raisons de ses réserves et proposer une ou des solutions de remplacement.

Dans le cas où l'entreprise a recours à la sous-traitance, celui-ci devra être dans des proportions limitées, justifié et détaillé à la remise de l'offre. Cette sous-traitance sera de 1^{er} rang uniquement. L'entrepreneur doit le prendre en compte dans son offre.

1.8 PRESTATIONS DUES PAR L'ENTREPRISE

Remise de son offre

Pour être prise en compte sans être restrictive, la liste de documents devant être transmise avec l'offre devra comprendre au minimum :

- Un D.P.G.F complété entièrement en quantité et prix unitaire,
- Une notice présentant l'entreprise et son volume d'activité (moyens, humains, projets réalisés, C.A sur 3 ans),
- Les pièces administratives (qualifications, assurances, etc.),
- Une durée théorique de l'intervention sur chantier pour ses prestations,
- Les moyens humains et matériels proposés selon fiche d'effectifs renseignés par phase,
- Un mémoire décrivant la mise en œuvre et les éventuels commentaires sur le CCTP,
- Toute proposition de variante ou non-conformité au présent dossier doit faire l'objet d'une proposition annexe identifiée et expliquée par une note technique détaillée sous peine d'être non recevable,
- L'engagement écrit de respect du planning et du phasage des travaux.

Exécution des travaux

Outre les obligations définies au C.C.A.P, l'Entreprise doit, au titre de son marché, l'ensemble des prestations suivantes :

- Les notes de calculs de câbles,
- Les notes de calculs de la chute de tension,
- Les notes de calculs de la production de l'installation :
 - Annuelle (kWh/an),
 - Mensuelle (kWh/mois) sur l'année,
 - Moyenne journalière (kWh/J) mois par mois.
- Les notes de calculs du bilan de puissance,
- Les schémas d'armoires électriques,
- Les plans (atelier et chantier, exécution, synthèse, réservations ; etc.),
- Les prototypes,
- Les fiches techniques des matériels,
- Les certificats CEE des matériels,
- Les procès-verbaux (épreuves, essais, réglages...),
- Les autocontrôles,
- Le repérage et l'étiquetage,
- Le nettoyage de chantier,
- Les essais AQC et la fourniture des PV correspondant.

L'Entreprise doit tous les travaux nécessaires à la bonne réalisation de l'installation et à son fonctionnement performant.

Les travaux se dérouleront en site occupé. Le site accueil du public ainsi que agents en charge du fonctionnement de la médiathèque. A cet effet, l'entreprise devra prendre en compte dans son offre l'occupation du site et établir un planning son planning d'intervention en conséquence.

L'entreprise devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour limiter les nuisances (bruit, poussière...). Le chantier devra en permanence maintenu propre et sécurisé.

Marque des matériels

Il est demandé aux Entreprises de répondre à la solution de base en utilisant les marques et types de matériels décrits au présent document.

Cependant, cette disposition ne doit pas empêcher la concurrence de jouer son rôle tout en garantissant le Maître d'Ouvrage contre toute conséquence financière, délai d'exécution ou autre problème qui pourrait être causé aux autres lots ou au coût d'exploitation des systèmes.

Les Entreprises auront donc la liberté de proposer des matériels de marque, type ou arrangement différent et techniquement équivalent. Le choix définitif appartient au Maître d'Ouvrage.

En cours d'exécution, l'Entreprise adjudicataire du présent lot aura également la possibilité de proposer en variante tel ou tel matériel qui lui semblera plus adapté.

Dans ce cas, la variation de prix devra être chiffrée avant toute acceptation.

Toute approbation d'un matériel proposé pourra être subordonnée à des inspections de matériels similaires en service. Le coût de ces visites d'inspection auxquelles participent le représentant du Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre seront totalement à la charge de l'Entreprise.

Avant de proposer un matériel ou un arrangement différent de celui préconisé au présent appel d'offres, l'Entreprise devra bien examiner le problème de ces conséquences sur les autres matériels de ce lot ainsi que toutes les conséquences éventuelles sur tous les autres lots.

Si ces conséquences ne sont pas clairement indiquées par écrit dans la proposition, l'Entreprise chargée de ce lot sera supposée les avoir prises totalement à sa charge et accepter par avance toutes conséquences.

1.9 PLANNING

Le planning est fourni dans les pièces du marché. Les travaux se feront en site occupé.

L'entrepreneur devra prendre en compte ce planning dans l'établissement de son offre, proposer son planning détaillé et s'engager sans réserve sur celui-ci.

1.10 ORGANISATION DU CHANTIER

Responsable de chantier

L'Entreprise devra nommer un responsable de projet et un adjoint qui seront tous les deux au courant de toutes les phases du montage, ceci en vue de ne pas interrompre ou retarder le chantier en cas de maladie, vacances, etc. de l'un d'eux.

L'Entreprise maintiendra sur le chantier un chef responsable qui sera continuellement présent sur le chantier pendant les heures de travail.

Le Maître d'Ouvrage se réserve le droit de demander le remplacement de ces trois personnes, s'il estime que leur travail ne donne pas satisfaction.

Le personnel responsable devra faciliter la visite du chantier par le Maître d'Ouvrage, sur demande de celui-ci.

Etat des matériels

Tous les matériels faisant partie de la fourniture doivent être neufs. L'Entreprise est responsable du bon état de conservation de ceux-ci.

Plan de Coordination et de Sécurité

Il doit être conforme au décret N° 94-1159 du 26 décembre 1994.

Plan d'Assurance Qualité

Au début de chantier, l'Entrepreneur doit désigner une personne chargée d'assurer le contrôle des matériaux et de leur mise en œuvre.

Le contrôle interne auquel sont assujetties les Entreprises doit être réalisé à différents niveaux :

- Au niveau des fournitures, quel que soit leur degré de finition, l'Entrepreneur doit s'assurer que les produits commandés et livrés sont conformes aux normes et aux spécifications complémentaires éventuelles du marché

- Au niveau du stockage, l'Entrepreneur doit s'assurer que les fournitures qui sont sensibles aux agressions des agents atmosphériques et aux déformations mécaniques sont convenablement protégées
- Au niveau de la fabrication et de la mise en œuvre, le responsable des contrôles internes de l'Entreprise doit vérifier que la réalisation est faite conformément aux D.T.U, aux règles de l'Art et aux normes
- Au niveau des essais, l'Entrepreneur doit réaliser les vérifications ou essais imposés par les D.T.U, les règles professionnelles, les normes et les essais particuliers supplémentaires exigés par les pièces écrites

Un dossier d'essais d'autocontrôles doit être remis à la Maîtrise d'œuvre au moins 10 jours avant les opérations préalables à la réception des ouvrages.

Nettoyage et protection

L'Entreprise sera responsable de la protection du matériel stocké sur le chantier ou déjà installé.

L'Entreprise doit prévoir tous les dispositifs de protection tel que prévu au PGC.

Les protections collectives seront à la charge du lot étanchéité sur l'ensemble de la durée des travaux en toiture. Une convention sera signée avec l'étancheur pour l'utilisation de ces protections.

Ces protections seront maintenues jusqu'à la fin du chantier. Tous les équipements endommagés seront réparés à neuf ou remplacés par l'entreprise à ses frais.

A la fin des travaux, l'entreprise doit nettoyer autant de fois que nécessaire tout son matériel jusqu'à la prise en main de l'installation par le Maître d'Ouvrage.

Si ces précautions élémentaires n'étaient pas respectées, le Maître d'œuvre ou le Maître d'Ouvrage pourraient refuser le montage des matériels et demander leur retour en usine pour vérification et réparation ou remplacement total ou partiel, ceci aux frais de l'Entreprise.

La mise à la décharge, incombe à l'entreprise ayant produit ces gravats.

L'entreprise devra maintenir le chantier propre en permanence et devra évacuer ses déchets de chantier par ses propres moyens.

1.11 RESERVATIONS, PERCEMENTS, REBOUCHAGES

Les percements et réservations de tous diamètres sont prévus à la charge complète (y compris financière) du titulaire du présent lot. Ces réservations devront être mises au point en accord avec la maîtrise d'œuvre et les plans présentés à l'accord du Maître de l'Ouvrage et de ses conseils. Toutes les précautions en termes de protection contre les chocs et protection des équipements techniques seront à la charge de la présente entreprise. Les dégâts éventuellement occasionnés par l'entreprise lui seront financièrement imputés.

L'entreprise titulaire du présent lot a également la charge des scellements et des calfeutrements de son lot.

1.12 AUTOCONTROLES ET ESSAIS DES INSTALLATIONS

Autocontrôles

Avant le démarrage des travaux, l'entreprise proposera à la maîtrise d'œuvre des procédures de contrôle et l'exécution des études et des travaux relatifs à son marché. Ces procédures intégreront la mise en application de fiches d'autocontrôle dont les formes seront soumises à l'approbation du maître d'œuvre et elles seront classées et conservées par l'entreprise pour être remises en 3 exemplaires lors des opérations de réception.

Essais

Au niveau des essais, l'Entrepreneur réalisera les vérifications, essais et autocontrôles imposés par les dispositions législatives et réglementaires, les Normes et DTU, les compagnies d'assurances, les règles professionnelles et les essais particuliers supplémentaires exigés par le marché.

Les autocontrôles à effectuer par les Entreprises, ont fait objet d'un accord-cadre en date du 28 Octobre 1980 entre la Fédération Nationale du Bâtiment et le Comité de Liaison des Organismes de Contrôle (COPREC). Cet accord-cadre, ainsi que les accords particuliers pris en application de cet accord-cadre, pour chaque corps d'état, sont applicables à la présente opération. L'entreprise doit fournir les procès-verbaux correspondants, en suivant les directives correspondantes. Celles-ci et les fiches d'autocontrôles à utiliser et à remettre au Maître d'œuvre sont publiées par le COPREC ou l'Agence Qualité Construction (AQC).

La réception des travaux ne pourra être requise par l'entreprise qu'après approbation de ces résultats.

1.13 RECEPTION ET GARANTIE

Consuel – Cosael

Afin d'obtenir le CONSUEL et le COSAEL le titulaire du présent lot devra missionner un contrôleur technique agréé lui permettant de fournir avec sa demande un PV spécifiant la conformité de la réalisation de ses installations.

Le présent lot s'occupera de récolter les demandes de CONSUEL et COSAEL établies par les autres lots concernés par ces démarches afin de fournir un dossier commun.

Période d'essais de fonctionnement

Aussitôt après la terminaison des travaux, commencera une période d'essais durant laquelle l'Entreprise procédera à tous les essais nécessaires aux réglages des installations.

Pendant ces essais, les installations seront conduites par le personnel de l'Entreprise qui assurera toutes les opérations d'entretien, de nettoyage et de remplacement nécessaires. Pendant cette période, l'Entreprise devra apporter sa contribution à tous les essais communs servant à la mise au point des asservissements aux matériels d'autres lots ou matériels existants conservés. A la fin de cette période, les installations devront être laissées en parfait état de propreté, et après visite, le Maître d'Œuvre pourra proposer la réception.

Si des installations n'étaient pas en état de fonctionner, ou si un matériel quelconque ne se présentait pas en conformité avec ce qui est demandé, la réception serait reportée, ce qui retarderait également les dates des fins de périodes suivantes. L'Entreprise sera alors responsable de ce retard.

Pendant les essais, l'Entreprise doit prévoir tous les dispositifs ou personnel nécessaires pour conserver en permanence en bon état ses propres équipements ou les équipements des autres corps d'état.

Opérations Préalables à la Réception

En principe, le Maître d'Œuvre pourra accepter de procéder aux OPR, si les conditions suivantes sont satisfaisantes :

- Tous les réseaux sont terminés,
- Tous les systèmes d'asservissement, commande ou télécommande, signalisation, alarmes, délestage, reletage, etc. ont été vérifiés et donneront satisfaction,
- Tous les autocontrôles ont été fournis 10 jours auparavant.

Les réserves seront de deux sortes :

- Les réserves statiques concernent des systèmes ou matériels sur lesquels des remarques auront été formulées au sujet de la conformité aux documents contractuels et aux règles de l'art,
- Les réserves dynamiques concernent soit les défauts de fonctionnement qui auront été décelés au cours des essais, soit les réserves quant au bon fonctionnement qui reste à prouver par le respect des valeurs précisés dans les bases de calcul.

A la fin des OPR, le Maître d'Ouvrage pourra, s'il le désire, procéder à une réception avec réserve ou demander la levée de l'intégralité des réserves avant la réception définitive.

Levée des réserves

Les réserves seront notifiées avec le procès-verbal de réception. L'entreprise devra lever l'ensemble de ses réserves dans le délai imparti dans le C.C.A.P.

L'entreprise devra envoyer, par courrier, à la maîtrise d'œuvre, la liste des réserves visée par son représentant attestant que celles-ci sont maintenant levées.

La maîtrise d'œuvre assurera un contrôle par sondage de cette levée de réserves.

Si, par suite de défaillance de l'entreprise, des essais et contrôles devaient être répétés, le maître d'œuvre ou ses représentants se réservent le droit d'imputer à l'entreprise le coût des honoraires supplémentaires du bureau d'études, à déduire de la situation définitive de l'entreprise en plus des pénalités contractuelles.

Pendant cette période, l'Entreprise aura à sa charge les prestations suivantes :

- La mise en marche et l'arrêt des matériels suivant les instructions des occupants, depuis l'armoire de commande,
- La participation à tous les contrôles, mises au point et vérifications (s'il y a asservissement ou fonctionnement liés).

En bref, tout ce qui sera recommandé dans les notices d'entretien et en particulier :

- L'instruction du personnel d'exploitation sur la conduite des installations et les opérations d'entretien,
- L'exécution de tous les travaux répertoriés dans les listes des réserves statiques et dynamiques,
- La remise au Maître d'Ouvrage suivant le CCTP, du Dossier des Ouvrages Exécutés complet, mis à jour après les modifications éventuelles intervenues au moment des essais et des réceptions avec réserves.

Garantie

La période et nature de la garantie débuteront le jour de la réception et sera de 1 an pour le parfait achèvement et de 2 ans pour le bon fonctionnement.

Celle-ci concerne exclusivement les travaux (fournitures et prestations) réalisés par le présent lot dans le cadre du marché.

Tout matériel qui au cours de la période de garantie ne pourrait plus fonctionner correctement devra être remplacé. Le coût de remplacement sera totalement à la charge de l'Entreprise (matériel et main d'œuvre), c'est à dire, entre autres :

- La dépose et l'enlèvement du matériel défectueux,
- Les réfections des travaux aux autres corps d'état,
- La manutention, la mise en place, le raccordement, etc. du nouveau matériel,
- Les nouveaux essais nécessaires.

1.14 DOSSIER DES OUVRAGES EXECUTES

La fourniture de ce dossier par l'Entrepreneur conditionne la réception des installations. Ce dossier comprendra obligatoirement :

- L'ensemble des fiches techniques du matériel installé (modules PV, système d'intégration, onduleurs, supervision, câbles, etc.),
- Un schéma d'implantation des modules PV ainsi que le cheminement des chemins de câbles,
- Un schéma d'implantation des optimiseurs ou micro-onduleurs le cas échéant,
- Un synoptique électrique de l'installation,
- Une étude de simulation du productible et de la description de l'installation,
- Les notices de montage, de mise en service et de maintenance des équipements en français,
- Les certificats de garantie et de conformité délivrés par le CONSUEL,
- Les procès-verbaux d'essais, de mise en service de l'ouvrage et de réception de l'ouvrage,
- La liste des éventuelles réserves à lever avec les dates d'échéance.
- La notice d'utilisation de la supervision
- Les identifiants et mots de passe relatifs aux matériels et logiciel installés

Ce dossier doit être fourni avant la date de la réception des installations par le Maître d'Ouvrage. Il sera ensuite remis en 2 exemplaires papiers et 1 support informatique.

1.15 DOSSIER D'INTERVENTION ULTERIEURE SUR LES OUVRAGES

Le lot présenté ici participe à la composition du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage. Ce dossier est destiné à faciliter la prévention des risques professionnels pour les personnes assurant l'entretien ou la maintenance de l'établissement.

Sont à fournir :

- Le synoptique de l'installation,
- L'emplacement des équipements électriques,
- Le relevé des réseaux extérieurs,
- Les caractéristiques techniques, calculs et schémas permettant de contrôler l'ensemble de l'installation et le raccordement,
- La liste des matériels installés avec documents techniques,
- Notices d'entretien,
- Un tableau récapitulatif des interventions d'entretien à effectuer contenant la périodicité et les modes opératoires,
- Une note description succincte des installations.

Cette liste est à compléter avec les demandes du coordonnateur sécurité s'il y a lieu.

Ce dossier devra être fourni en un exemplaire papier et un exemplaire sur support informatique.

1.16 MISE AU COURANT DU PERSONNEL

A une date fixée par le Maître d'Ouvrage, l'Entrepreneur déléguera un représentant qualifié capable de mettre le personnel technique au courant de toute l'installation.

Il sera exécuté un programme de visite validé par le Maître d'Œuvre, de mise en marche, fonctionnement, essais à vide et en charge et d'arrêt des installations, régulation des installations. Ce programme se poursuivra jusqu'à la formation complète du personnel du Maître d'Ouvrage, ou des sociétés de maintenance devant prendre en charge les installations. Il sera prévu le nombre nécessaire de jours de formation jusqu'à la maîtrise parfaite des installations par le personnel formé. En fin de formation, il sera délivré un procès-verbal visé par tous les participants.

2 CADRE REGLEMENTAIRE

Dans l'étude et l'exécution de son marché, l'entrepreneur devra tenir compte des stipulations, lois, décrets, ordonnances, circulaires françaises, normes françaises et européennes homologuées par l'AFNOR, Documents Techniques Unifiés, etc. applicables aux travaux décrits dans le présent document et en vigueur au mois avant la date de la remise des offres, ainsi qu'aux règles de l'Art.

Les références aux documents énoncés ci-dessous ne constituent pas une liste limitative. Elles sont un rappel des principaux documents applicables. Toute installation non conforme à la réglementation en fin de chantier sera totalement refusée.

2.1 DECRETS - REGLEMENTS

- Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1998 : protection des travailleurs.
- Décret n° 92-587 du 26 juin 1997 relatif à la compatibilité électromagnétique des appareils électriques et électroniques.
- Circulaire DRT 89-2, 6 février 189, Application du décret 88-105.

2.2 NORMES

- NF EN 61-215 (Août 2005) et 61-646 (Novembre 2008) – Conception des modules photovoltaïques.
- Arrêté modifié du 25 Juin 1980 portant approbation des dispositions générales du Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Etablissements recevant du public.
- NF EN 61-727 (Septembre 1996) – Systèmes photovoltaïques (PV) : Caractéristiques de l'interface de raccordement au réseau.
- NF EN 61-173 (Février 1995) – Protection contre les surtensions des systèmes photovoltaïques (PV) de production d'énergie.
- NF EN 61-643-11 (2002) – Parafoudres basse tension connectés aux systèmes de distribution basse tension – Prescriptions et essais.
- NF EN 61-730 (Janvier 1984) – Qualification pour les suretés de fonctionnement des modules photovoltaïques.
- NF C 15-100 (compatibilité applicable aux onduleurs).
- NF C 17-100 (Décembre 1997) – Protection contre la foudre – Installation de paratonnerres.
- NF C 17-102 (Juillet 1995) – Protection contre la foudre – Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage tension.
- IEC 61-000-3 (Mars 2019) – Compatibilité électromagnétique
- IEC 60-364-7-712 (Mai 2002) – Règles pour les installations et emplacements spéciaux –Alimentations photovoltaïques solaires.
- IEC 61-723 – Guide de sécurité pour les systèmes PV raccordés au réseau montés sur les bâtiments.
- IEC 61-730 (Octobre 2004) – Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques.
- UTE C 15-400 (2005) – Raccordement des générateurs d'énergie électrique dans les installations alimentées par un réseau public de distribution.
- UTE C 15-712-1 (Juillet 2010) – Installation électriques à Basse tension – Guide pratique Installations photovoltaïques.
- UTE C 18-530 (Mai 1990) – Carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité.
- UTE C 32-502 (Novembre 2008) – Guide pour les câbles utilisés pour les systèmes photovoltaïques.
- UTE C 57-300 (Mai 1987) – Paramètres descriptifs d'un système photovoltaïque.
- UTE C 57-310 (Octobre 1988) – Transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique.
- UTE C 61-740-51 (Octobre 2009) : Parafoudres connectés aux installations de générateurs photovoltaïques.
- DIN VDE 0126-1-1 (Février 2006) – Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension.
- DIN VDE 0298-4 – Relative aux types de pose et intensité maximales admissibles.

2.3 DTU

- Règles NV 65 définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes (DTU P 06-002).

2.4 CCS

- Relevé des avis de la réunion du 05 novembre 2009 de la sous-commission permanente de commission centrale de sécurité §4.2

2.5 AUTRES TEXTES

- Guide EDF/ARD (2003) – Accès au réseau basse tension pour les installations photovoltaïques – Conditions techniques et contractuelles du raccordement.
- Guide de l'ADEME (2006) – Générateurs photovoltaïques raccordés au réseau, spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens.
- Guide de l'ADEME (2001) – Protection contre les effets de la foudre dans les installations faisant appel aux énergies renouvelables.
- Guide S.E.R. – Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens – Générateurs photovoltaïques raccordés réseau (2006).

En aucun cas, l'Entreprise ne pourra se soustraire aux obligations contenues dans ces documents. L'offre de prix de l'Entrepreneur sera réputée y répondre. Les installations seront exécutées dans le respect des textes réglementaires, applicables en France.

3 BASES DE CALCULS

3.1 CONDITIONS CLIMATIQUES EXTERIEURES

Les conditions climatiques extérieures correspondent aux données climatiques de base :

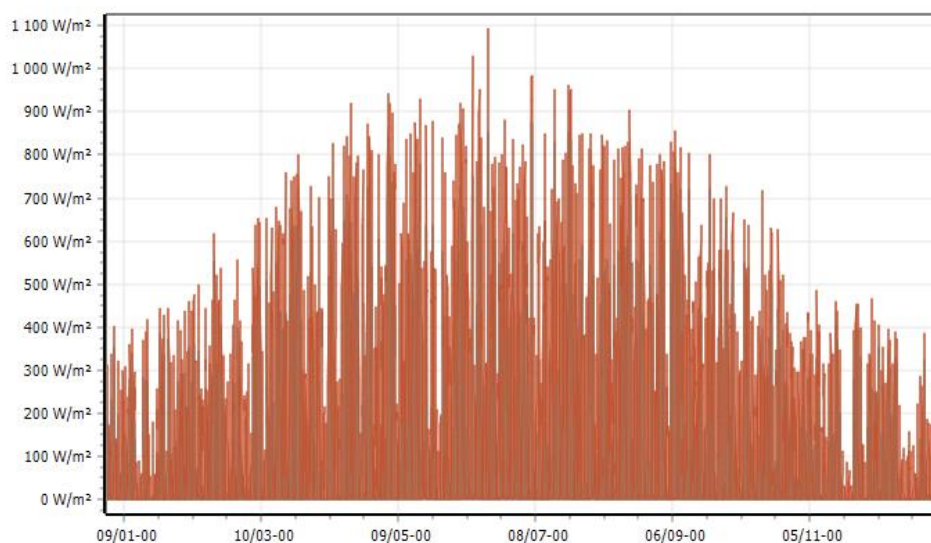
- Lieu : Albi (81)
- Hiver : - 6°C (HR=90%),
- Eté : 35°C (HR=40%),
- Zone climatique H2c

3.2 DONNEES METEOROLOGIQUES

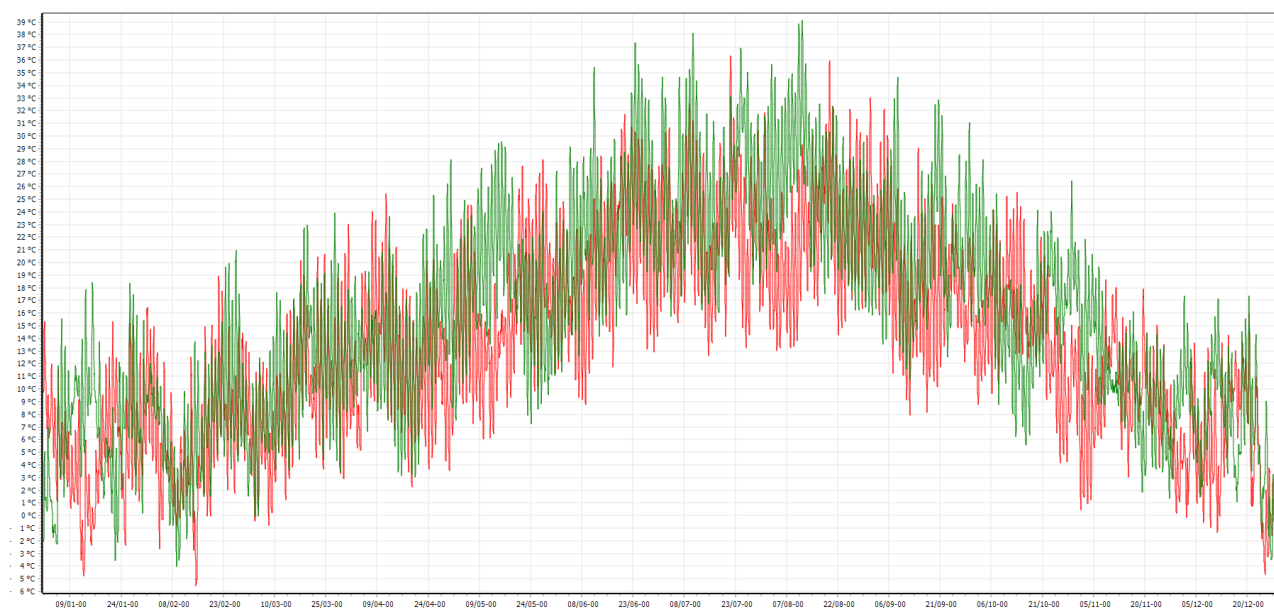
Les données météorologiques utilisées dans la présente étude sont celles de la base de données Météonorm du logiciel Pléiades pour la situation géographique du projet (Albi).

L'irradiation solaire sur le plan horizontal, atteint au maximum en été, 1 100 W/m²

Les données météorologiques mensuelles sont proposées dans le tableau suivant :



Irradiation solaire mensuelle



Température extérieure annuelle rouge au fichier météo « moyen » et en vert au fichier météo « caniculaire »

3.3 PRINCIPE DE L'INSTALLATION

L'installation solaire photovoltaïque décrite dans le présent marché est une installation qui se veut en autoconsommation avec revente du surplus. L'installation sera raccordée au TGBT existant et des aménagements seront mis en place afin d'accueillir celle-ci.

3.4 CALCULS DE PRODUCTIBLE ET TAUX D'AUTOCONSUMMATION

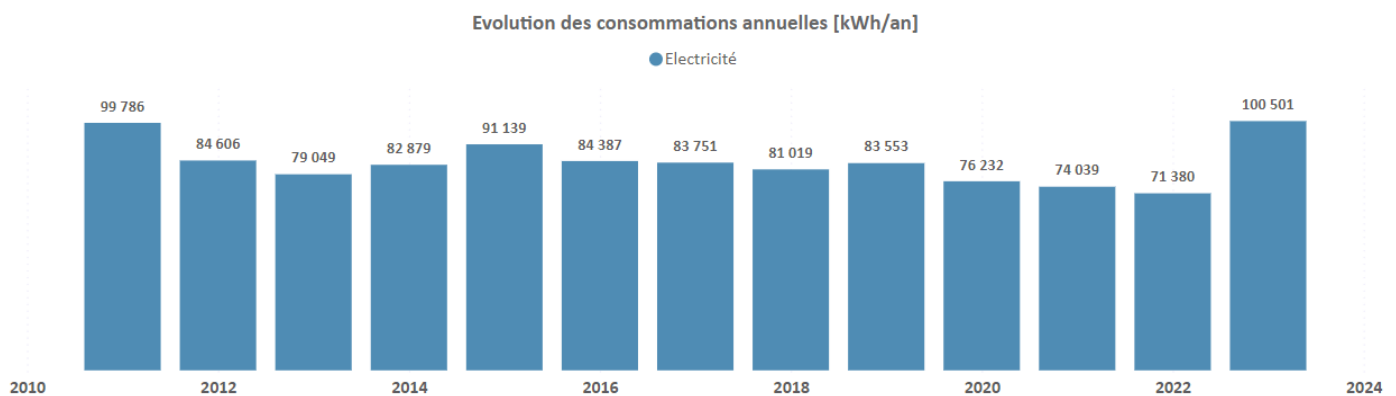
Evolution des consommations

Les consommations électriques du site ont été récupérées via le mandat ENEDIS signé par la maîtrise d'ouvrage.

Nous avons pu récupérer :

- L'historique des consommations annuelles des années 2011 à 2023 ;
- L'historique des consommations horaires des deux dernières années de juillet 2022 à juillet 2024.

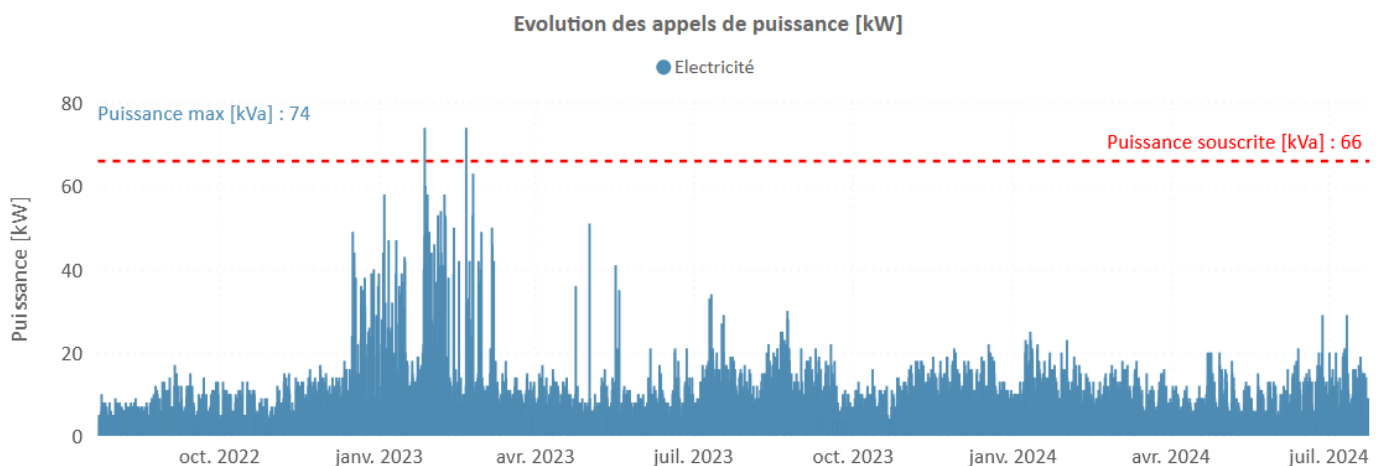
Le graphique d'évolution des consommations annuelles est présenté ci-dessous :



Nous observons que les consommations électriques évoluent à la baisse ces dernières années et qu'il y a une augmentation notable durant l'année 2023.

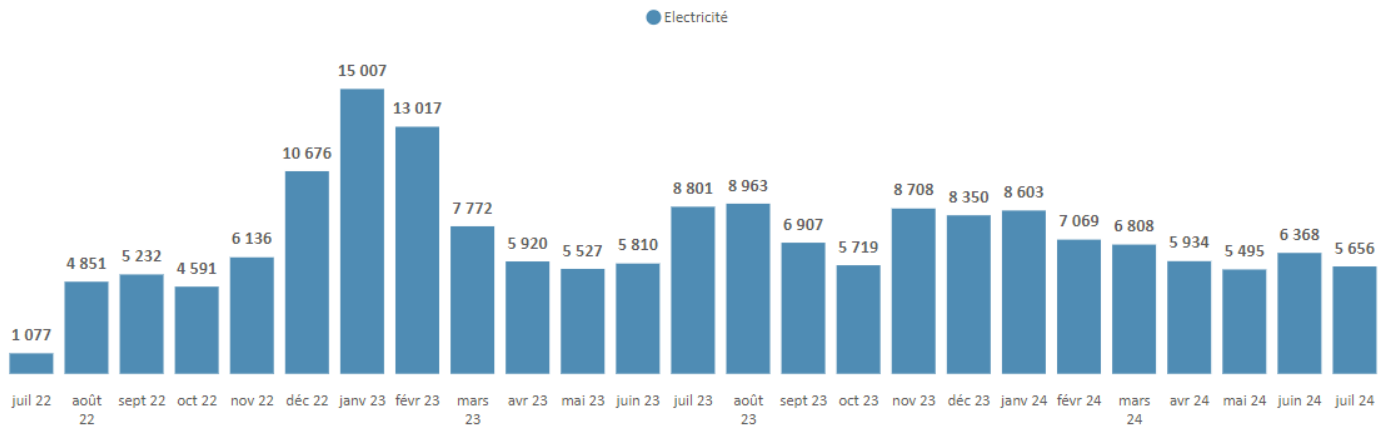
La hausse des consommations en 2023 est expliquée par une consommation anormale durant l'hiver 2022 – 2023. Cette date correspond aux travaux de remplacement du groupe froid avec la mise en place de la PAC air/eau permettant de réaliser la climatisation et le chauffage en relève de la chaudière gaz.

Cette consommation anormale peut être expliquée par quelques difficultés réguler correctement la cascade entre la chaudière et la PAC air/eau. Nous remarquons que ceci a été réglé durant l'hiver 2023 – 2024 selon les graphiques ci-dessous :



Evolution des consommations horaires entre juillet 2022 et 2024

Evolution des consommations mensuelles [kWh/mois]



Evolution des consommations mensuelles entre juillet 2022 et 2024

D'après les données fournies par ENEDIS représentées sur le graphique ci-dessus, nous observons que la puissance souscrite (en rouge) est égale à 66 kVA. Le maximum atteint en 2023 est de 74 kVA soit une puissance supérieure à la puissance souscrite.

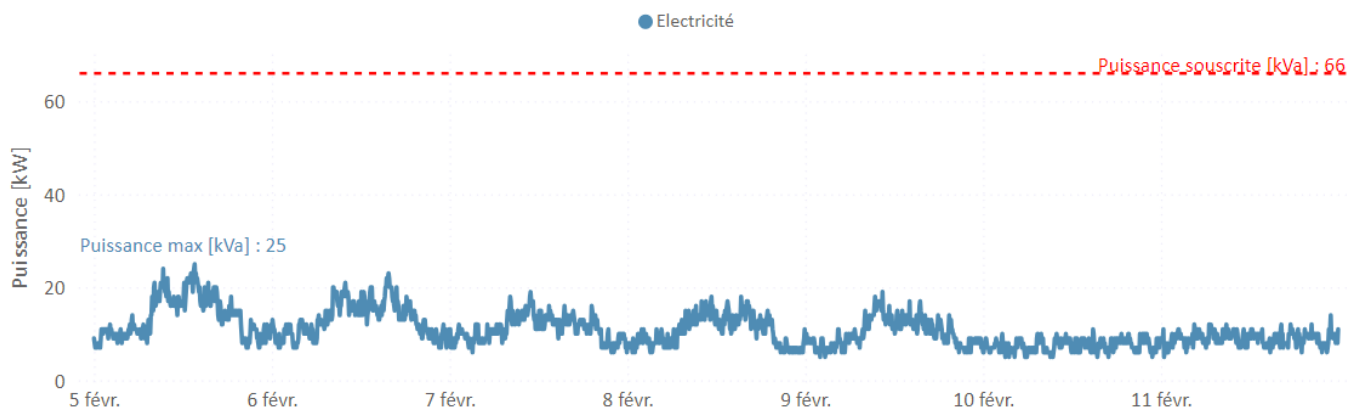
Profil de consommations

Les données ont permis d'extraire des profils types sur une semaine en hiver et en été.

La courbe annuelle de 2024 nous permet d'observer que les consommations sont plus conséquentes en été et hiver ce qui correspond à la demande en chauffage et climatisation assurée par la PAC air/eau.

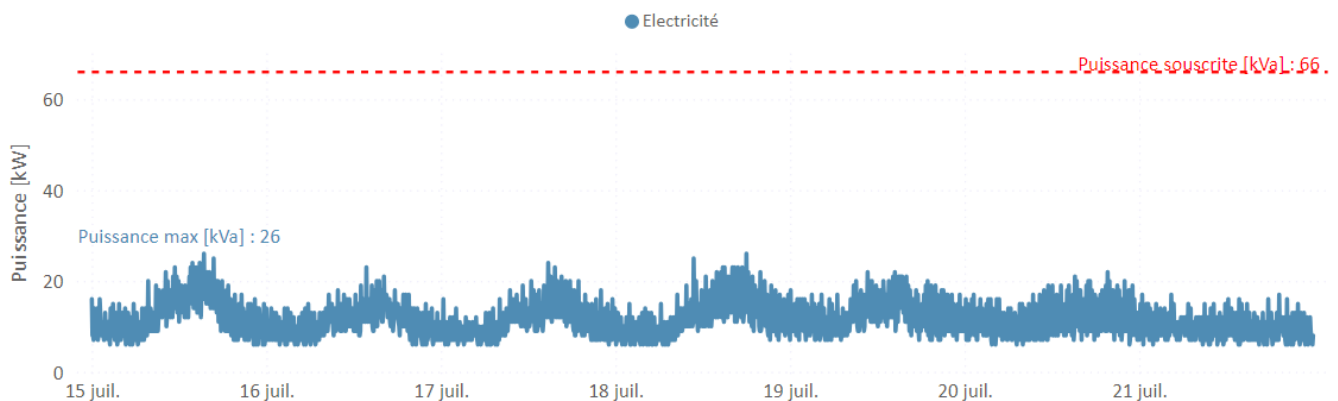
Nous présentons les semaine types en hiver et en été sur les graphiques ci-dessous :

Evolution des appels de puissance [kW]



Courbe de charge d'une semaine type en hiver du 05 au 11 février 2024

Evolution des appels de puissance [kW]



Courbe de charge de la semaine type en été du 11 au 17 juillet 2022

Nous pouvons observer qu'il y a une baisse conséquente des consommations en période d'inoccupation (la nuit et les weekends) qui est due à la régulation des systèmes énergétiques (réduit ou extinction la nuit).

Production solaire

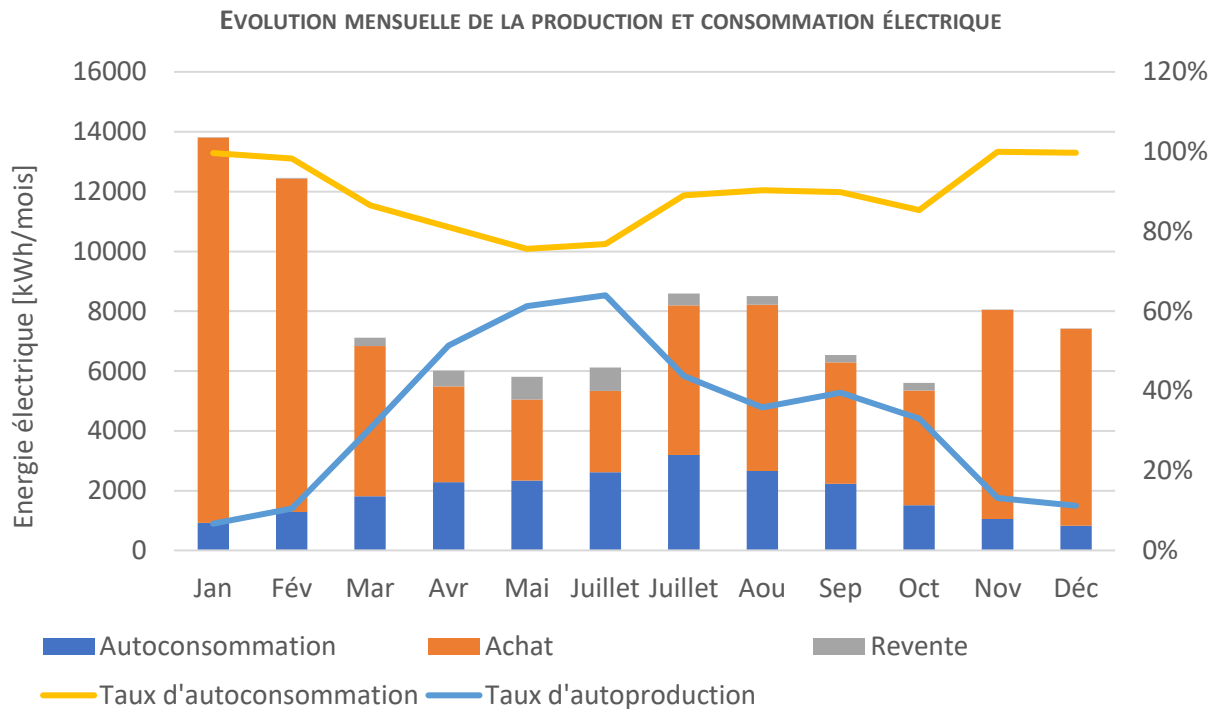
L'installation prévue possède les caractéristiques principales suivantes :

- Orientation Est-Ouest
- Surface : environ 100 m²
- Puissance crête : 23 kWc

L'installation solaire a été simulée dans un logiciel de calcul de productible et les données ont été mises en comparaison avec les données de consommations.

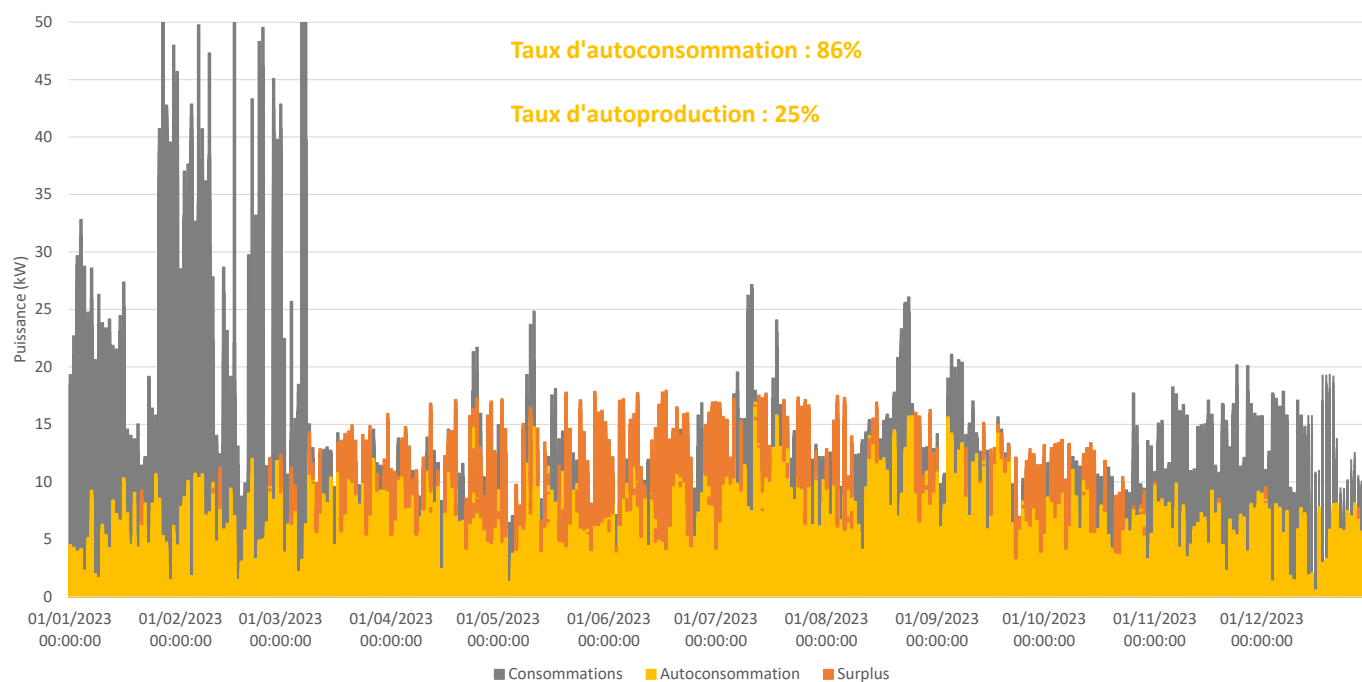
Les résultats sont illustrés sur le graphique suivant. Le graphique permet de visualiser les données mensuelles suivantes :

- La part en autoconsommation qui représente les moments où la production solaire permet de compenser la consommation électrique et donc l'électricité consommée provient directement de la production photovoltaïque
- La part en achat d'électricité qui représente la quantité d'électricité qui devra être achetée sur le réseau car la production solaire n'est pas suffisante par rapport à la consommation
- La part en revente d'électricité qui représente la quantité d'électricité qui sera revendue car la production solaire est supérieure à la consommation



Ce graphique nous permet de voir que le taux d'autoconsommation est de presque 100% sur les mois d'hiver et baisse en été pour atteindre 75%. Cela est dû à une consommation et un productible plus important.

Le graphique sur l'année des données de consommation, d'autoconsommation et de surplus (revente) heures par heure est présenté ci-dessous :



Ce graphique nous permet de déterminer que le taux d'autoconsommation sur l'année est de 86% et que le taux d'autoproduction est de 25% sur l'année 2023. Ces taux sont probablement pessimistes puisque l'année 2023 comprend une consommation électrique sur les 3 premiers mois ne correspondant pas au fonctionnement habituel du bâtiment.

Le taux d'autoproduction détermine la part d'autonomie des consommations électriques du bâtiment par rapport au réseau d'électricité (ici $\frac{1}{4}$ des consommations).

Le taux d'autoconsommation est élevé (86%) ce qui permet de limiter le surplus et une revente à un prix faible (en-dessous de 10 centimes d'euros).

4 DESCRIPTION DES TRAVAUX

4.1 INSTALLATION DE CHANTIER

Les installations de chantier seront conformes au PGC et au PIC émis par l'entreprise validé par la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre.

Les protections collectives seront à la charge du lot étanchéité sur l'ensemble de la durée des travaux en toiture. Une convention sera signée avec l'étancheur pour l'utilisation de ces protections.

L'entreprise devra prévoir pour ses travaux toutes les sujétions de chantier pour l'exécution et le parfait achèvement de ses prestations et tous les moyens de déplacement du chantier notamment :

- Affichages réglementaires (ex : port du casque obligatoire) ;
- L'installation de chantier propre au lot ;
- Une convention sera réalisée avec le titulaire du lot 2 « étanchéité » pour la mise en commun des moyens de levage et des protections collectives en toiture dus au lot 2.
- L'ensemble des mesures conservatoires des ouvrages du domaine public ;
- La mise en œuvre d'un coffret électrique de chantier si nécessaire ;
- Le nettoyage de toutes les zones en travaux en fin de journée ;
- De n'occasionner aucune gêne pour le personnel, les passagers et utilisateurs du site durant les travaux ;
- De confiner les zones de travail de son personnel dans les différentes zones de chantier mises à disposition ;
- L'évacuation de ses déchets, avec si nécessaire l'évacuation par benne ;
- Le maintien des accès chantier fermés, y compris durant la journée ;
- De définir précisément avec le maître d'ouvrage les modalités de livraison de matériaux et de matériel ;
- Le repli des installations de chantier et nettoyage général en fin d'intervention. ;
- Les démarches administratives d'occupation du domaine public.

L'entrepreneur devra le transport à pied d'œuvre de toutes ses fournitures, ainsi que le déchargement et stockage sur site. Le transport en vrac sera proscrit pour éviter la détérioration des matériaux.

Les éléments endommagés seront remplacés avant montage aux frais de l'entrepreneur. La maîtrise d'œuvre se réserve le droit de refuser toute pièce qu'elle jugerait défectueuse, et d'en exiger le remplacement dans le cadre de son marché forfaitaire.

L'entrepreneur devra prendre des précautions contre les nuisances pendant la durée du chantier, pour la santé des utilisateurs, des personnels du site et des personnels de chantier, pour la protection des ouvrages existants, déjà réalisés ou en cours de réalisation.

Les démarches auprès d'ENEDIS et EDF OA pour la déclaration de l'autoconsommation avec revente du surplus sont à la charge du présent lot.

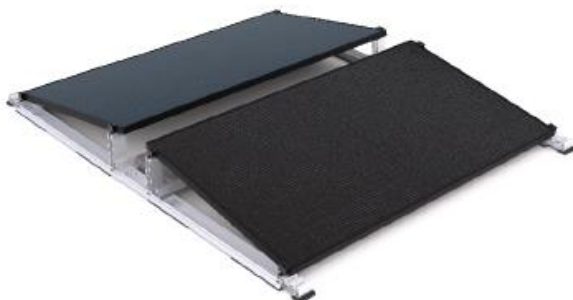
4.2 PROCEDE D'INTEGRATION

Le système photovoltaïque sera en surimposition posée sur le complexe étanchéité + isolation posée par le lot étanchéité.

Ce système sera lesté en suivant la charge maximale de 30 kg/m² décrite dans l'étude structure et la note de calcul de charge fournit dans le présent DCE.

Le procédé proposé devra être sous ETN.

Le procédé d'intégration sera de la marque Renusol modèle FSPro10EW ou techniquement équivalent.



Et

4.3 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

4.3.1 Calepinage

Le calepinage a été étudié selon l'étude structure permettant d'éviter la poutre N°B qui ne peut accueillir de charge supplémentaire. Le calepinage prend également en compte la présence d'un groupe de climatisation et d'édicule en toiture.

4.3.2 Modules photovoltaïques

Le titulaire doit au titre du présent marché la fourniture, l'amenée à pied d'œuvre, le montage et le raccordement d'un ensemble de panneaux photovoltaïques avec cellules ou demi cellules de type monocristallin, conformes à la norme IEC TS 62804-1, sur cadre aluminium, écart de puissance inférieure à 3 %, fabrique en respect des normes ISO9001 et ISO14001, répondant aux critères de garantie de production dans le temps et aux clauses techniques décrites dans la partie 5 « spécifications techniques » du présent CCTP ainsi qu'aux critères de tenue aux intempéries, y compris grêlons de taille inférieure ou égale à 35 mm et conformes aux prescriptions la partie 5 « spécifications techniques » du présent CCTP.

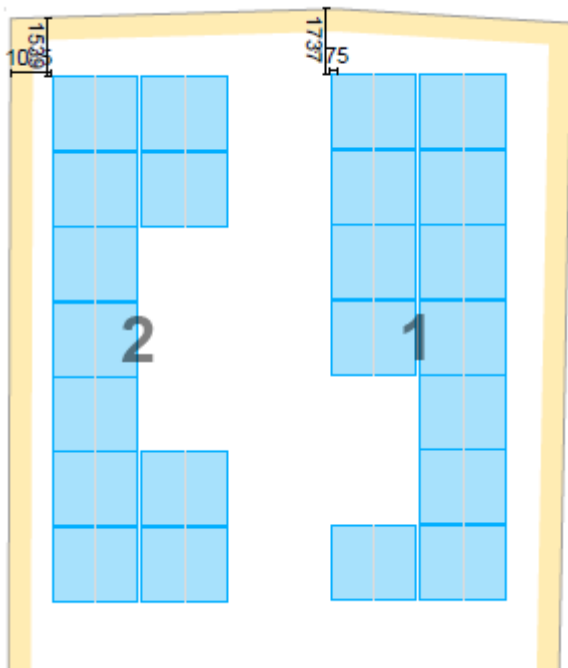
Les caractéristiques minimales des panneaux sont les suivantes (par m²) :

- Pm supérieure ou égale à 205,85 W/(M² de panneau hors tout)
- Imp supérieur ou égal à 6,04 A/(M² de panneau hors tout)
- Vmp supérieur ou égal à 18,70 V/(M² de panneau hors tout)
- Isc supérieur ou égal à 6,27 A/(M² de panneau hors tout)
- Voc supérieur ou égal à 22,98 V/(M² de panneau hors tout)
- Efficience supérieure ou égale à 20,50 %

Le titulaire doit au titre du présent article toutes les sujétions de raccordement DC et AC câbles, connecteurs, boîtes et protections fusibles et parafoudres compris.

La puissance crête installée sera la suivante : 23 kWc à l'aide de panneaux de 500 Wc.

Les modules seront de la marque Bourgeois Global modèle BGPV60M10RT-500BVBFTBNB ou techniquement équivalent.



Critère environnemental des modules : le bilan carbone des modules livrés en exécution du présent marché ne doit pas dépasser le plafond de 680 kg eq CO₂/kWc, évalué selon la méthode annexée au présent marché.

4.4 ONDULEUR

Le titulaire doit au titre du présent marché la fourniture, l'amenée à pied d'œuvre, le montage et le raccordement d'onduleur triphasés d'un puissance minimale DC de 23 kW, conforme aux spécifications techniques décrites dans la partie 5 du présent document.

L'onduleur sera mis en place sur la toiture terrasse technique en toiture ou sont présents les équipements de CVC (cf plan et photo).

L'onduleur mis en place sera de marque Huawei ou techniquement équivalent.



4.5 CHEMINEMENT ET AMENAGEMENT DU TGBT

Il sera prévu une coupure générale du bâtiment pour les interventions et raccordement au TGBT. Cette intervention devra être effectuée hors période d'occupation (à déterminer en phase chantier).

Le titulaire doit au titre du présent marché la fourniture, l'amenée à pied d'œuvre et la fixation du cheminement des câbles de raccordement depuis les modules jusqu'au local TGBT. Il doit au titre du présent article :

- Le cheminement entre l'installation et l'onduleur positionné à l'extérieur,
- Le cheminement entre l'onduleur et le TGBT positionné au sous-sol,
- La pénétration dans le bâtiment et les percements dans le bâtiment (y compris rebouchage),
- Le cheminement du câble dans le bâtiment jusqu'au TGBT,
- La protection et l'aménagement du TGBT.



Compteur du site



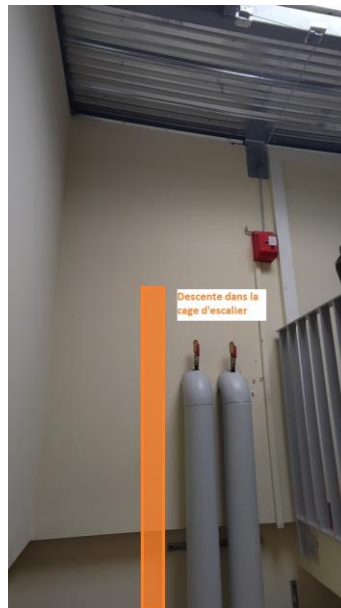
TGBT existant

Le cheminement dans le bâtiment est prévu :

- Depuis l'extérieur dans la cage d'escalier en réalisation une pénétration directement depuis le mur où est positionné l'onduleur dans la cage d'escalier. Le cheminement dans la cage d'escalier suivra le réseau hydraulique existant cheminant ensuite dans les gaines techniques prévues pour la descente dans les étages.
- Depuis la cage d'escalier jusqu'au sous-sol depuis des gaines techniques existantes. Celles-ci sont accessibles à chaque étage (R+1, RDC et RDJ) depuis les circulations.
- Dans le faux plafond du RDJ de la gaine technique jusqu'à la coursière permettant la liaison entre les deux bâtiments.
- Dans une gaine placo existante depuis la coursière jusqu'au TGBT. Cette gaine devra être ouverte et refermée par le présent lot.



Pénétration dans le bâtiment – Cheminement cage escalier R+1



Cheminement cage escalier R+1



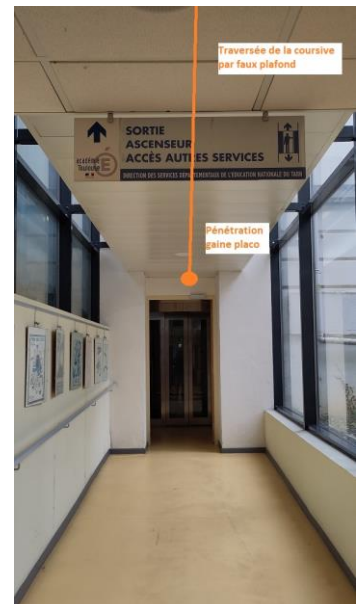
Descente R+1/RDC et RDC/RDJ par gaines techniques



Cheminement RDJ dans faux plafond



Cheminement RDJ dans faux plafond



Cheminement RDJ passage de la coursière dans faux plafond



Cheminement dans le SAS ascenseur – Ouverture gaine placo existante



Pénétration dans le local TGBT

L'entreprise doit prévoir les notes de calcul nécessaires à la vérification de la capacité des éléments existants à accueillir la puissance de l'installation photovoltaïque pour réaliser de l'autoconsommation.

L'ensemble des du câblage et protection AC/DC devra être conformes aux spécifications techniques décrites dans le §5 « spécifications techniques » du présent document.

4.6 MISE A LA TERRE ET PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

La mise à la terre et la protection contre la foudre devront respecter les prescriptions techniques décrites dans le §5 « spécifications techniques ».

4.7 MESURES DE SECURITE

L'installation respectera les préconisations indiquées dans le §5.8 du présent document présentant les mesures visant à assurer la sécurité des occupants et des intervenants.

Il est prévu :

- Un système de coupure d'urgence de la liaison DC, positionné au plus près de la chaîne photovoltaïque, piloté à distance depuis une commande regroupée avec le dispositif de mise hors-tension du bâtiment.
- Une coupure générale simultanée de l'ensemble des onduleurs positionnée de façon visible à proximité du dispositif de mise hors tension du bâtiment et identifiée par la mention : « Attention – Présence de deux sources de tension : 1 – Réseau de distribution ; 2 – Panneaux photovoltaïques » en lettres noires sur fond jaune.
- La mise en place de pictogramme dédié au risque photovoltaïque :
 - A l'extérieur du bâtiment à l'accès secours ;
 - Aux accès aux volumes et locaux abritant les équipements techniques relatif à l'énergie photovoltaïque ;

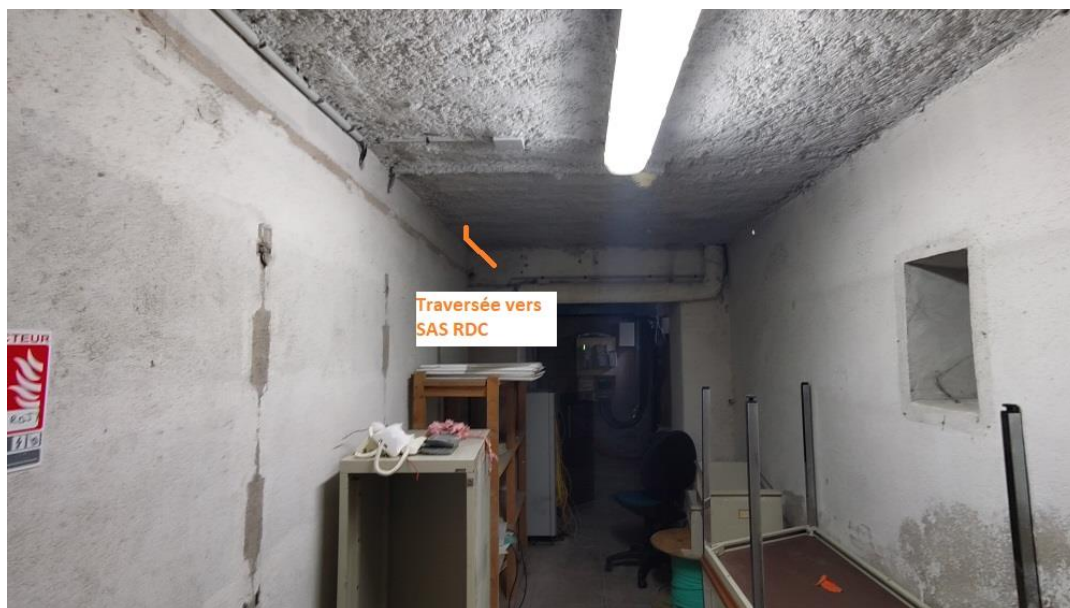
- Sur les câbles DC tous les 5 mètres.

- La mise à la terre et la protection contre la foudre devront respecter les prescriptions techniques décrites dans le §5 « spécifications techniques ».
- La mise à jour de l'ensemble des plans d'intervention et d'évacuation du site ;

L'arrêt d'urgence sera prévu en boîtier rouge à clé à mettre en place à l'entrée de la Villa Sainte Barbe à proximité de l'arrêt d'urgence existant (cf plan). Ils doivent respecter une classe de protection de type II, IP55 et IK07 à minima.

Le cheminement du câble permettant de mettre en place l'arrêt d'urgence suivra le cheminement suivant :

- Départ du local TGBT au RDJ ;
- Traversé du plancher intermédiaire ;
- Arrivée dans le SAS d'entrée ;
- Cheminement sous goulotte existante ou à mettre en place jusqu'à l'accueil.



Cheminement TGBT – Traversée vers RDC



Cheminement dans SAS accueil RDC

4.8 SYSTEME DE MONITORING

Afin de connaître en temps réel l'état du générateur photovoltaïque, celui-ci sera équipé du système de supervision des données de production via l'onduleur ou par système externe. Ce système est une passerelle de communication dédiée à la centrale photovoltaïque permettant le relevé des informations essentielles de chacun des modules. Elle communique depuis l'onduleur ou par un système externe par câble RJ45. Un dispositif permettant le stockage et le traitement des données sur un serveur dédié accessible depuis un PC ou un smartphone.

La centrale d'acquisition de données comprendra :

- Module d'analyse et d'envoi de donnée par câble RJ45.
- Mise en place d'un modem GSM communicant avec une plateforme internet pour le stockage et le traitement des données.
- Paramétrage du système de monitoring et test avant réception du générateur.
- Inclus étiquettes de repérage « Télé-suivi Générateur PV ».
- Inclus toute fourniture, pose et raccordement des équipements nécessaires au bon fonctionnement du système de surveillance.

Le système d'acquisition et traitement de données permettra de visualiser et remonter (à minima) :

- La puissance délivrée par le générateur photovoltaïque.
- La puissance délivrée par chaque module individuellement.
- Le courant et tension des groupes.
- L'énergie produite par l'ensemble du générateur.
- La consommation du bâtiment (afin d'en déduire le taux d'autoconsommation).
- Les alarmes en cas de dysfonctionnement.

L'ensemble de ces données doit être enregistré au minimum chaque jour, les valeurs instantanées caractéristiques retenues seront clairement indiquées (moyennes, extrêmes, cumul).

La capacité de stockage du dispositif d'acquisition sera compatible avec la fréquence de passage des agents de maintenance (au minimum tous les 12 mois).

Les informations devront pouvoir être récupérées localement par décharge de la mémoire sur tout support adapté.

La fourniture du système d'acquisition de données doit inclure la fourniture d'un logiciel permettant le transfert et l'exploitation des données sur un PC ou un écran LCD.

L'éventuel surcoût engendré par la fourniture des programmes informatiques permettant l'exploitation des données doit être pris en compte dans le montant de la fourniture des acquisitions de données.

Un modem doit pouvoir être connecté directement sur le système d'acquisition (sans aucune modification supplémentaire du système) pour permettre un éventuel traitement des informations à distance.

La centrale de monitoring sera positionnée dans le local TGBT et raccordée à la baie informatique située dans le même local.

4.9 TRANCHE OPTIONNELLE 1 : PANNEAU D’AFFICHAGE PEDAGOGIQUE

Il est prévu en option, la mise en place d'un écran pédagogique de type Display SF-300 24 » de chez Solar Fox ou techniquement équivalent.

Ce panneau d'affichage sera positionné dans la zone d'accueil et aura une destination pédagogique pour le personnel de l'établissement. L'objectif étant de pouvoir visualiser des informations sur l'installation (production, CO2 évité, taux d'autoconsommation, ...).

Il sera modifiable et personnalisable en fonction des données qui voudront être mises en avant par le maître d'ouvrage.

5 SPECIFICATIONS TECHNIQUES

5.1 PROCEDE D'INTEGRATION

Le procédé d'intégration aura les caractéristiques suivantes :

- Système : photovoltaïque lesté ;
- Composants : rail au sol avec protection de construction prémontée, support de gouttière et support de faîtage, support de gouttière, pinces de module ;
- Garantie du produit : 10 ans ;
- Application : toitures plates ;
- Type de couverture compatible : bitume, béton, membranes synthétiques, graviers, tôle trapézoïdale ;
- Inclinaison du toit : max 5° ;
- Orientation : Est-Ouest ;
- Inclinaison des modules : 10°.

Le système est lesté avec des dalles ou pavés de voirie pour résister à l'action du vent. Le poids de lestage nécessaire dépend de la hauteur du bâtiment, de sa localisation, de la nature du support ainsi que des effets du vent.

Le coefficient de frottement indiqué dans le calcul doit être respecté. Celui-ci doit être déterminé et relevé sur site par un professionnel avant l'installation. Le coefficient de frottement est un élément déterminant dans le calcul du lestage et dépend des paramètres du chantier.

Les valeurs indicatives pour le lestage requis se calculent selon l'Eurocode 1 (EN 1991).

Le système prévoit la fixation des modules aux extrémités du côté cour du module. Il convient de vérifier sur chantier que la plage de serrage indiquée par le fabricant de module est respectée et que les charges admissibles du module ne sont pas dépassées.

Les orifices de drainage dans le cadre du module doivent rester dégagés et ne doivent pas être recouverts par le système. La surface de la toiture doit être exempte de neige, de glace et de salissures avant de procéder au montage. Lors du montage, il convient de respecter la réglementation en vigueur en matière de sécurité du travail et des règles de l'art.

La condition préalable à une utilisation conforme à sa destination implique un support apte à supporter les charges appliquées (poids propre, charges de neige et effets du vent...). Il convient de prendre en compte le drainage et l'évacuation de l'eau sur la toiture-terrasse. Le revêtement d'étanchéité de la couverture doit être compatible avec les tapis de protection. Cette compatibilité doit être vérifiée au préalable, et particulièrement concernant la migration des plastifiants.

5.2 MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

5.2.1 Caractéristiques techniques

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Le titulaire du marché doit assurer la fourniture et la pose de modules photovoltaïques de haute performance, de technologie de type silicium monocristallin.

Les modules avec leurs cellules photovoltaïques doivent satisfaire aux conditions décrites ci-après :

- Rendement du module STC minimal : 19%
- Garantie du produit : 20 ans minimum* ;
- Garantie de performance : 85 % à l'année 25 ;
- L'ensemble des modules constituant le générateur photovoltaïque doivent avoir des caractéristiques identiques avec une tolérance de +/- 5%/0% sur la valeur de la puissance crête. »

** Le titulaire devra être en mesure de démontrer la garantie minimale de 20 ans. »*

Les cellules seront du type monocristallin, sous verre encapsulant.

Les modules avec leurs cellules photovoltaïques devront résister aux conditions ambiantes climatiques décrites ci-après :

- Puissance minimale : 500 ± 5 Wc
- Température : - 40° à + 85°C
- Humidité relative : jusqu'à 100%
- Vitesse du vent : jusqu'à 190 Km/h (bourrasques)
- Précipitations : pluie battante continue ou grêle (grêlons ≤ 35 mm)
- Conditions particulières (climat marin, climat tropical, etc.)

- Résistance au feu : classe C

Les modules photovoltaïques doivent respecter les normes suivantes :

- CEI : 61215 pour des modules de type cristallin
- CEI : 61730 pour tout type de module

L'ensemble des modules constituant le générateur photovoltaïque doivent avoir des caractéristiques identiques avec une tolérance de +/- 3% sur la valeur de la puissance crête.

L'utilisation de modules classe II est imposée avec certification établie par un laboratoire agréé (ex : TUV).

Les modules photovoltaïques proposés devront être interchangeable. La tension de fonctionnement maximum devra être clairement spécifiée dans la documentation technique et sur l'étiquette apposée au dos du module. Elle devra être compatible avec les niveaux de tension mis en jeu dans le champ photovoltaïque.

Chaque module devra comporter :

- Une boîte de connexion ou des connecteurs appropriés au moins IP66
- Des diodes by-pass (diodes de dérivation)

Toutes les précautions seront prises de manière à éviter tout risque de corrosion par couple électrolytique entre les modules photovoltaïques et selon le cas :

- Les structures porteuses ;
- Les éléments porteurs de la charpente, etc.

Les modules seront interconnectés entre eux de façon à obtenir plusieurs branches, dont la tension nominale globale sera compatible avec la tension nominale de service de l'onduleur retenue pour la connexion sur le réseau.

Pendant les premières semaines de fonctionnement, les modules équipés de cellules en silicium amorphe produisent une puissance électrique plus élevée que la puissance nominale. Cette particularité doit être incluse dans le dimensionnement des équipements annexes, notamment pour dimensionner les onduleurs.

Au cours des 10 premières années, toute baisse de puissance supérieure à 10% (puissance nominale mini garantie par fabricant) ou l'apparition de tout défaut tel que stipulé dans les spécifications du JRC ISPRA n° 503 implique l'échange par l'entreprise et sans contrepartie financière, des modules concernés.

5.2.2 Caractéristiques environnementales

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Le bilan carbone des modules livrés en exécution du présent marché ne doit pas dépasser le plafond de 680 kg eq CO₂/kWc, évalué selon la méthode annexée au présent marché.

Préalablement à toute modification des caractéristiques techniques des modules livrés en exécution du présent marché, le titulaire atteste à l'acheteur le respect du plafond précité sur la base d'une certification par un organisme ayant passé une convention avec l'Etat conformément aux dispositions de l'article 5 de l'arrêté du 6 octobre 2021 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment, hangar ou ombrière utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée inférieure ou égale à 500 kilowatts telles que visées au 3° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie et situées en métropole continentale.

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044173060>) »

5.2.3 Exigences sur le matériel : recyclage

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Afin d'optimiser la recyclabilité des modules, le titulaire est tenu de fournir des modules garantis sans éléments perturbateurs du recyclage.

Pour être conforme à cette exigence, les modules doivent respecter, selon leur composition, pour la face avant et la face arrière les exigences suivantes :

- *Si composite : la résine doit être hors « époxy » et les couches polymères sans fluor ;*
- *Si polymères : le polymère doit être sans fluor ».*

5.2.4 Exigences sur le matériel : composants

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Afin d'optimiser la recyclabilité des modules, le Titulaire est tenu de faire apposer sur le verre composant ses modules un marquage précisant l'identité du fournisseur et la présence, ou non, d'antimoine dans le verre ».

5.2.5 Exigences sur le matériel : substances dangereuses

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Afin de réduire l'impact environnemental des modules pendant les phases de fabrication, d'élimination et de recyclage, le titulaire est tenu de fournir des modules présentant un niveau de substances dangereuses aussi faible que possible.

A ce titre, :

- La teneur en plomb des modules ne peut excéder 0,1% ;
- La teneur en cadmium des modules ne peut excéder 0,01% ».

5.2.6 Exigences sur le matériel : maintenance

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Au regard de la nécessité d'assurer la continuité du service public, qui pourrait être menacée en cas de panne affectant de modules alimentant des sites en autoconsommation, le Titulaire s'engage à mettre en œuvre des mesures de gestion des risques, et en particulier du risque de rupture d'approvisionnement, tout au long de l'exécution du marché.

Le Titulaire indique et met à jour les noms, adresses, pays et éventuels points de contact de chacun des sites de stockage des pièces détachées et centres de services, notamment de maintenance, auxquels il a recours dans le cadre de l'exécution du présent marché.

Le Titulaire ne peut recourir, en cours d'exécution, à un autre site sans avoir obtenu l'accord préalable de l'Acheteur. En cas de changement de site en cours de marché, le Titulaire ne peut proposer que des sites présentant des caractéristiques équivalentes à celles des sites initiaux, afin de maintenir sur toute la durée du contrat un niveau constant de performance en termes de sécurité des approvisionnements, de contrôle de la qualité des produits et de respect des exigences sociales et environnementales stipulées dans les documents de la consultation.

Afin de garantir la sécurité des approvisionnements et la rapidité des interventions de maintenance sur les modules et afin de prévenir tout risque de rupture de service, conformément à l'article L.2112-4 du code de la commande publique, le Titulaire s'engage à ce que les moyens spécifiquement mis en œuvre pour la maintenance des modules acquis en exécution du présent marché soient localisés sur le territoire des Etats membres de l'Union européenne, ou de l'Espace économique européen. »

5.2.7 Exigences sur le matériel : cybersécurité

Règle stratégique de la Direction d'Achats de l'Etat :

« Contrôles et audits :

Durant la préparation ou la réalisation du marché, l'acheteur peut conduire ou mandater des contrôles et audits de sécurité informatique des fournitures, prestations, moyens utilisés et services proposés par le candidat ou titulaire, et leurs sous-traitants.

Dans tous les cas, des audits légitimés par la sélection ou le suivi de titulaires de marchés peuvent être réalisés sans accord préalable dès lors que les tests et sondes respectent les conventions techniques d'usage permettant de les identifier (par exemple, User-Agent référençant une URL d'explication, reverse-DNS permettant de donner une origine claire à une adresse IP, etc.).

Documentation :

Le Titulaire est tenu de fournir à première demande la documentation nécessaire à la sécurisation de ses fournitures.

En particulier, sa documentation explicite tous les flux échangés (entrants et sortants, applicatif mais aussi de maintenance, de statistiques, de mise à jour, d'administration distante, etc.), et les dispositifs de contrôle d'accès et de maintien en condition de sécurité.

Si l'emploi sécurisé du produit ou du service nécessite des actions particulières de la part des bénéficiaires du marché, elles doivent être clairement identifiées dans un chapitre Sécurité du mode d'emploi (par exemple, la procédure de changement des mots de passe par défaut ou des interfaces exposées, de mise à jour de composants logiciels...).

Etat de l'art :

La sécurisation des systèmes informatiques dépend de l'évolution des technologies. Il appartient à chaque titulaire de marché de s'aligner sur les standards et référentiels qui concernent les services qu'il propose, utilise ou met à disposition.

A première demande, le titulaire fournit tous les éléments démontrant la conformité à ces référentiels pour les services et objets numériques qu'il inclut dans son offre de fournitures. Il précise alors les domaines concernés (interfaces web et courriels), les objets et bases d'information concernées (appareils connectés, sauvegardes de données, consoles d'administration).

Concernant plus spécifiquement les appareils connectés, le titulaire met en place :

- un dispositif de lutte contre les logiciels malveillants (anti-virus, ou système de vérification et détection à base de signatures ou condensats des logiciels autorisés).
- un dispositif de mise à jour sécurisé.
- une limitation de l'exposition via les réseaux en réduisant les ports acceptant des connexions entrantes et en authentifiant les accès distants, sans faille connue (ceci exclut les connexions non chiffrés TELNET, HTTP/SMTP sans TLS, et l'emploi de mots de passe génériques ou faciles à découvrir, par exemple du fait d'un hachage insuffisant).

Signalements de sécurité :

Pour les prestations, produits et services qu'il fournit dans le cadre du marché, le titulaire met à disposition des fils publics par abonnement (flux RSS, liste de diffusion par courriel) ou autre dispositif d'information dédié à la sécurité informatique. Ces fils, identifiés dans le chapitre Sécurité des modes d'emploi, permettent aux bénéficiaires d'être tenu informés en continu des événements et changements impactant la sécurité, par exemple annonce de correctif, attaque en cours, nouvelle configuration à appliquer, violation de données à caractère personnel, etc.

Afin de garder leur pouvoir d'alerte, ces canaux de diffusion ne sont pas mélangés avec des flux commerciaux et marketing. Les fils peuvent être multiples dans le cas de fournitures en plusieurs composants mais sans laisser de vide d'information.

Réciproquement, les outils numériques mis à disposition permettent aux bénéficiaires et leurs experts en cybersécurité de signaler directement aux équipes appropriées du titulaire de possibles failles ou détournements de dispositifs de sécurité.

Afin que ces signalements soient effectifs et efficaces, les conventions d'usage en cybersécurité sont respectées (security.txt, abuse@). Dans tous les cas, il faut moins d'une minute pour trouver le point d'entrée approprié du signalement.

Après analyse partagée et vérification, le titulaire a obligation d'enregistrer les failles auprès des autorités compétentes (CERT nationaux pour les éditeurs, registres RGPD et CNIL ou équivalent pour la divulgation de données personnelles, ANSSI pour les opérateurs d'importance vitale ou de services essentiels, etc.) en suivant les réglementations établies. L'emploi d'un système de cotation connu (par exemple CVSS) permet de hiérarchiser l'urgence pour tous les acteurs en aval. A défaut d'action sous 3 mois, l'acheteur a la possibilité de se substituer aux titulaires dans les actions précédentes ou de pratiquer une divulgation responsable (annonce de la faille avec embargo pendant au moins 90 jours sur les détails techniques). »

5.3 DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS DC

Tous les composants DC (câbles, interrupteurs, connecteurs, etc, ...) du système doivent être choisis en fonction de la valeur de courant et tension maximum des modules connectés en série/parallèle constituant le générateur PV.

Modules en silicium mono-cristallin : tous les composants CC seront calibrés, au minimum :

- En tension : $V_{co} (stc) \times 1,2$
- En courant : $I_{cc} (stc) \times 1,25$

5.4 CABLAGE ET PROTECTION DC

5.4.1 Câbles DC

Les câbles cheminant derrière les modules photovoltaïques doivent être dimensionnés pour une température ambiante de 70°C.

Le choix des câbles doit être effectué en fonction des courants et tensions déterminés selon les précisions apportées par le paragraphe « Dimensionnement des composants DC ». On fera référence à la norme NFC 15-100 pour dimensionner les câbles.

Tous les câbles seront sélectionnés de manière que les risques de défaut à la terre ou de courts-circuits soient minimisés après installation. Ceci peut être réalisé par renforcement de la protection du câblage de 2 manières :

- Câble simple conducteur avec double isolation
- Câble simple conducteur simple isolation cheminant dans un conduit spécifique

Les câbles doivent être dimensionnés de telle sorte que la chute de tension entre le champ PV (aux conditions STC) et l'onduleur soit inférieure à 2% (idéalement 1%). Les câbles extérieurs doivent être à la fois, flexibles, stables aux UV, résistants aux intempéries, à la corrosion et compatibles avec la connectique rapide le cas échéant.

Il y a lieu de dimensionner les câbles des chaînes en fonction du courant de défaut maximum éventuel et de la présence ou non d'une protection par fusible. La norme CEI 60364 admet qu'une protection contre les surcharges peut être omise sur les câbles des chaînes si le courant admissible du câble est égal ou supérieur à $1,25 I_{cc} (stc)$ en tout point.

Pour des systèmes comportant davantage de chaînes en parallèle, la protection par fusibles (sur chaque polarité de chaque chaîne) est indispensable pour les systèmes ne répondant pas aux exigences ci-dessus.

Dans tous les cas, les câbles seront dimensionnés en appliquant les facteurs classiques multiplicatifs de correction en courant (coefficient de mode de pose, coefficient prenant en compte le nombre de câbles posés ensemble, coefficient tenant compte de la température ambiante et du type de câble).

5.4.2 Connecteurs DC

Des connecteurs débrochables seront utilisés au niveau des modules photovoltaïques, onduleurs, etc.... pour simplifier la procédure d'installation. Ces connecteurs doivent être spécifiés pour le courant continu.

Ils doivent être dimensionnés pour des valeurs de tensions et courants identiques ou supérieures à celles des câbles qui en sont équipés.

Une étiquette « ne pas déconnecter en charge » doit être fixée à proximité des connecteurs.

Les connecteurs seront à minima de classe II et de degré de protection > IP 54.

5.4.3 Boîtes de jonction DC

Les boîtes de jonction devront être implantée en un lieu accessible pour les exploitants, et comporteront des étiquettes de repérage et de signalisation de danger : « Boîte de jonction panneau PV : BJPV N° » avec une étiquette « attention, conducteurs actifs sous tension » ; Les étiquettes devront être facilement visibles et fixées d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, UV,...).

Chaque chaîne du champ photovoltaïque doit pouvoir être déconnectée et isolée individuellement. Ceci peut être réalisé par le biais de porte fusible ou d'autres liaisons déconnectables mais sans risque pour l'opérateur. En aucun cas, le sectionnement ne doit être réalisé en charge et ceci doit être clairement indiqué par une étiquette apposée à l'intérieur de la boîte de jonction.

Un interrupteur général DC sera intégré dans chaque boîte de jonction sur le départ de la liaison principale.

Afin de garantir un bon niveau de sécurité, il est préconisé :

- Choix d'une enveloppe non-propagatrice de la flamme
- Protection contre les contacts directs par utilisation des appareils possédant au moins un degré de protection IP2X ou IPXXB.
- Ouverture possible seulement à l'aide d'un outil
- Séparation des borniers positifs et négatifs avec une isolation appropriée
- Disposition des bornes terminales de telle sorte que les risques de courts-circuits durant l'installation ou la maintenance soit impossible

5.4.4 Protection par fusibles

Lorsque la protection par fusibles s'impose (couplage parallèle de 3 chaînes ou +) et compte tenu du principe de ne pas relier à la terre une des polarités DC, des fusibles doivent être installés à la fois sur la polarité positive et négative de chaque chaîne :

- Les fusibles doivent être appropriés pour le courant continu
- Les fusibles doivent être calibrés pour une valeur de courant comprise entre 1,5 Icc et 2 Icc (stc).
- Les fusibles doivent être dimensionnés pour fonctionner à une tension égale à $V_{co} (stc) \times M \times 1,2$

5.4.5 Liaison principale DC

Pour un système de N chaînes connectées en parallèle, chacune d'elle étant constituée de M modules connectés en série, les liaisons principales DC seront dimensionnées de la manière suivante :

- Tension : $V_{co} (stc) \times M \times 1,2$
- Courant : $I_{cc} (stc) \times N \times 1,25$

5.4.6 Sectionneur DC

Il sera mis en place un interrupteur/sectionneur DC sur la liaison principale, en amont de l'onduleur remplissant à la fois la fonction de coupure en charge et de sectionnement :

Il doit être dimensionné pour la tension et le courant maximum déterminés selon les précisions apportées au paragraphe « Dimensionnement des composants DC ».

Il doit être étiqueté « Interrupteur Sectionneur principal champ PV » avec un repérage clair des positions ON/OFF.

Le coffret comportant l'interrupteur/sectionneur doit être étiqueté « attention, conducteurs actifs sous tension ». Les étiquettes devront être très visibles et fixées d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, ...)

5.5 ONDULEURS OU MICRO-ONDULEURS

5.5.1 Caractéristiques générales

Les onduleurs ou micro-onduleurs seront adaptés à la connexion réseau, et répondront aux fonctions et caractéristiques suivantes :

- Synchronisation automatique avec le réseau,
- Déclenchement automatique en cas de défaut ou de panne du réseau
- Enclenchement et déclenchement automatiques de l'installation,
- Aucune perturbation électromagnétique (parasites sur les ondes radio),
- Degré de fiabilité élevé,
- Rendement élevé.

Les contraintes établies par le concessionnaire d'électricité devront être respectées (conditions techniques de raccordement).

Chaque onduleur ou micro-onduleurs doit comporter un contrôleur d'isolement côté DC permettant de prévenir d'un défaut entre chaque polarité et la masse.

Les performances des onduleurs respecteront en outre les caractéristiques imposées par ERDF, et :

- Signal sinusoïdal avec très faible taux de distorsion harmonique : THD < 4%
- Tension de sortie : tension nominale « 400V 3P+N »
- Rendement à Puissance nominale (Pn) : > 95% à la puissance nominale
- Rendement à 10% de Pn > 80%

5.5.2 Adéquation champ photovoltaïque / onduleur

Le titulaire veillera à la bonne adéquation de la puissance de l'onduleur et de la puissance du générateur pour garantir :

Un fonctionnement correct sur la plage de tension du générateur photovoltaïque. Tout au long de la journée. L'onduleur doit être capable d'accepter le courant et la tension maximum du générateur photovoltaïque.

Un compromis optimal en termes de rendement. En particulier on devra privilégier les onduleurs dont les courbes de rendement sont les plus élevées sur une plage de taux de charge la plus large.

L'évaluation du rendement global de l'onduleur devra être calculée conformément à la norme CEI 61683

5.5.3 Fonction de découplage du réseau

Les onduleurs ou micro-onduleurs devront en cas de dysfonctionnement :

Stopper en cas d'alimentation avec un défaut ou de laisser sous tension un ouvrage en défaut,

Stopper en cas d'alimentation des autres installations raccordées (autoconsommation) à une tension ou une fréquence anormale,

Permettre le ré-enclenchement automatique des ouvrages du réseau

Cette fonction de découplage peut être assurée par un dispositif incorporé aux onduleurs ou aux micro-onduleurs. Dans le cas où les onduleurs ou micro-onduleurs par leur conception ne serait pas en mesure d'assurer la fonction de découplage, un dispositif externe devra alors être mis en œuvre (protection de type B1 pour une injection en Basse tension BT).

5.5.4 Conformité - Certifications

Les onduleurs proposés par le soumissionnaire devront satisfaire les certifications suivantes :

- Interface réseau : norme internationale CEI 61727
- Découplage réseau : découplage externe de type B1 ou découplage interne avec application
- Norme allemande VDE 0126-1-1 (mesure d'impédance non exigée) ou « directive sur le branchement et le fonctionnement parallèle d'installations auto-productrices d'électricité sur le réseau basse tension » de l'association allemande des producteurs d'électricité (VDEW)
- Harmoniques : norme 61000-3-2
- Compatibilité électronique : norme EN 61000-6-3 (émissions) et EN 61000-6-2 (immunité)
- Compatibilité électromagnétique : directive 2004/108/CE
- Marquage CE : directive 93/68/CEE
- Sécurité électrique : EN50178

Si l'onduleur, de par sa technologie de fabrication, génère une composante continue sur le réseau, sa valeur ne doit pas dépasser celle précisée par la CEI 61000-3-2 ; toutefois, le distributeur d'électricité peut en outre définir une valeur limite à ne pas dépasser.

Tous les onduleurs installés doivent disposer d'un certificat de test établi par un organisme certifié.

5.6 CABLAGES AC

L'onduleur doit être connecté au réseau par un circuit spécifique et protégé par un disjoncteur différentiel 30mA.

La partie AC de l'installation photovoltaïque est considérée comme un circuit spécifique de la distribution interne et doit répondre aux spécifications de la norme NFC 15-100. Le câble de liaison du raccordement au disjoncteur sera de classe II Le câble AC de liaison entre l'onduleur et le disjoncteur doit être dimensionné pour limiter la chute de tension à une valeur inférieure à 3% en BT.

Deux points de coupure doivent être fournis entre les onduleurs et le point de connexion au réseau, ramené à seul point de coupure si les onduleurs et le point de raccordement sont situés dans la même pièce et qu'il est possible de visualiser l'ensemble des appareillages. Un disjoncteur par onduleur doit être installé à proximité de l'onduleur et le second à proximité du point de raccordement.

Un disjoncteur général et un organe de sectionnement à coupure certaine, verrouillable en position « ouvert » (exigence du distributeur) doivent être installés sur la liaison, principale reliant le générateur photovoltaïque au réseau. Une étiquette au niveau du disjoncteur indiquera « générateur photovoltaïque : point de coupure générale ». Une autre étiquette au niveau du sectionneur indiquera « sectionneur général : ne pas ouvrir en charge ». Les deux composants précédents peuvent être remplacés par un seul interrupteur sectionneur à coupure certaine. Dans ce cas une étiquette indiquera « générateur photovoltaïque : point de coupure et sectionnement général ».

5.7 TERRE ET PARAFODRE

5.7.1 Niveau de protection

Le niveau de protection contre les effets de la foudre des systèmes PV raccordés au réseau est le niveau B :

Installations photovoltaïques situées dans des zones dont la densité de foudroiement est $Ng > 2,5$

Le titulaire doit au titre de son marché :

- L'interconnexion des masses et mise à la terre
- La protection par varistances (ou éclateur à gaz et varistances associées montées en étoile) possédant une capacité d'écoulement maximum $I_{max} > 40kA$ sur liaisons courant continu
- La protection étagée sur réseau aérien alternatif possédant une capacité d'écoulement $I_{limp} > 35 kA$ onde (10/350µs)
- La protection externe par dispositifs de capture

Pour la mise en oeuvre de ces protections, on se reportera aux préconisations données ci-dessous et au guide de l'ADEME (2001) : « Protection contre les effets de la foudre dans les installations faisant appel aux énergies renouvelables ».

5.7.2 Prise de terre et équipotentialité des masses

Les masses métalliques des équipements constituant l'installation de production et de distribution de l'électricité, y compris entre édifices différents, seront interconnectées et reliées au réseau de terre unique existant.

L'interconnexion des masses entre le champ photovoltaïque et les équipements électriques sera réalisée soit :

- Avec le conducteur de protection vert/jaune s'il est présent dans le câble de liaison sous réserve que la section soit au minimum de $16mm^2$
- Avec un câble cuivre de section minimale $16 mm^2$. La proximité du conducteur de masse avec les conducteurs actifs est préconisée pour limiter la surface de boucle.

Lorsque la liaison équipotentielle est enterrée, la section du câble en cuivre nu ne doit pas être inférieure à $25 mm^2$.

Lorsque plusieurs structures de modules photovoltaïques sont présentes, on pourra les relier entre elles avec une liaison équipotentielle continue (exemple : tresse de masse ou câble de section minimale $16 mm^2$).

D'une manière générale, toutes les canalisations conductrices doivent être mises à la terre à proximité de leur point d'entrée dans le bâtiment (cas de goulottes métalliques et de câbles blindés). Toutes les structures métalliques conductrices du bâtiment ainsi que celles des modules (supports) devront être mises à la terre.

L'équipotentialité des masses métalliques des équipements électroniques (onduleurs, coffrets de protection, ...) se fera de la manière suivante :

- En cas de distance inférieure à 2 m entre équipements et barre d'équipotentialité, chaque masse d'équipement sera directement raccordée à la barre d'équipotentialité par des conducteurs de masse de section minimale $10 mm^2$.
- En cas de distance supérieure à 2 m entre équipements et barre d'équipotentialité, chaque masse d'équipement sera directement raccordée à la câblette cuivre nu commune proche des équipements elle-même reliée à la barre d'équipotentialité.

Ces connexions doivent être réalisées même si un conducteur PE relie déjà 2 équipements via un câble d'alimentation.

D'une manière générale, l'interconnexion des masses se fera de façon maillée plutôt qu'en étoile.

5.7.3 Parafoudres

Les parafoudres de protection des équipements seront du type varistances associés avec un éclateur à gaz et seront installés de part et d'autre des différentes liaisons.

5.8 RACCORDEMENT

Le titulaire doit au titre du présent RCVCC le raccordement à l'installation existante avec les contraintes d'utilisation suivantes :

- En cas de production, autoconsommation totale ou partielle et ré-injection du surplus dans le réseau.
- En cas de non-production : consommation externe totale.

5.9 MESURES DE SECURITE

L'installation respectera les préconisations suivantes :

- La mise en place d'une installation photovoltaïque est réalisée conformément aux dispositions réglementaires applicables au bâtiment concerné en matière de prévention contre les risques d'incendie et de panique (notamment accessibilité des façades, isolement par rapport aux tiers, couvertures, façades, règle du C+D, désenfumage, stabilité au feu, ...).
- L'ensemble de l'installation est conçu selon les préconisations du guide UTE C15-712, en matière de sécurité incendie.
- L'ensemble de l'installation est conçu en matière de sécurité incendie selon les préconisations du guide pratique réalisé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) avec le Syndicats des Energies Renouvelables (SER) baptisé « Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens dans les installations photovoltaïques raccordées au réseau ».
- Toutes les dispositions sont prises pour éviter aux intervenants des services de secours tout risque de choc électrique au contact d'un conducteur actif de courant continu sous tension. Cet objectif peut notamment être atteint par l'une des dispositions suivantes, par ordre de préférence décroissante :
 - Un système de coupure d'urgence de la liaison DC est mis en place, positionné au plus près de la chaîne photovoltaïque, piloté à distance depuis une commande regroupée avec le dispositif de mise hors-tension du bâtiment ;
 - Les câbles DC cheminent en extérieur (avec protection mécanique si accessible) et pénètrent directement dans chaque local onduleur du bâtiment ;
 - Les onduleurs sont positionnés en extérieur, sur le toit, au plus près des modules ;
 - Les câbles DC cheminent à l'intérieur du bâtiment jusqu'au local technique onduleur et sont placés dans un cheminement technique protégé, situé hors locaux à risques particuliers, et de degré coupe-feu égal au degré de stabilité au feu du bâtiment, avec un minimum de 30 minutes ;
 - Les câbles DC cheminent uniquement dans le volume où se trouvent les onduleurs. Ce volume est situé à proximité immédiate des modules. Il n'est accessible ni au public, ni au personnel ou occupants non autorisés. Le plancher bas de ce volume est stable au feu du même degré de stabilité au feu du bâtiment, avec un minimum de 30 minutes.
- Une coupure générale simultanée de l'ensemble des onduleurs est positionnée de façon visible à proximité du dispositif de mise hors tension du bâtiment et identifiée par la mention : « Attention – Présence de deux sources de tension : 1 – Réseau de distribution ; 2 – Panneaux photovoltaïques » en lettres noires sur fond jaune.
- Un cheminement d'au moins 50 cm de large est laissé libre autour du ou des charges photovoltaïques installés en toiture. Celui-ci permet notamment d'accéder à toutes les installations techniques du toit (exutoires, climatisation, ventilation, visite, ...).
- La capacité de la structure porteuse à supporter la charge rapportée par l'installation photovoltaïque est justifiée par la fourniture d'une attestation de contrôle technique relative à la solidité à froid par un organisme agréé.
- Lorsqu'il existe, le local technique onduleur a des parois de degré coupe-feu au degré de stabilité au feu du bâtiment, avec un minimum de 30 minutes.
- Sur les plans du bâtiment, destinés à faciliter l'intervention des secours, les emplacements du ou des locaux techniques onduleurs sont signalés.
- Le pictogramme dédié au risque photovoltaïque est apposé :
 - A l'extérieur du bâtiment à l'accès secours ;
 - Aux accès aux volumes et locaux abritant les équipements techniques relatif à l'énergie photovoltaïque ;
 - Sur les câbles DC tous les 5 mètres.
- Sur les consignes de protection contre les incendies sont indiqués la nature et les emplacements des installations photovoltaïques (toiture, façades, fenêtres, ...).

6 LIMITE D'INTERVENTION

L'entreprise attributaire du présent lot doit notamment, en plus des prestations traditionnelles liées au photovoltaïques, l'ensemble des prestations afférentes à la réalisation de ses travaux suivant la liste non limitative des travaux énumérés ci-dessous, sauf mention particulière.

6.1 GENERALITES

L'intégralité des fournitures et de la main d'œuvre nécessaire à la réalisation des installations et notamment toutes les fournitures et prestations dont il n'est pas expressément fait mention dans le présent cahier des charges, mais indispensables à la mise en place de l'installation, comme : la livraison de matériels, leur déchargement, comme toutes les prestations et fournitures conformes aux règles de l'art : nettoyage, finitions, etc.

- L'étiquetage des matériels avec plans de repérage.
- Le nettoyage de ses zones de chantier et l'évacuation de ses déchets courants.
- Le nettoyage de l'installation avant mise en service.
- Les essais et mise en service des installations y compris la main d'œuvre nécessaire et les matières consommables.
- La vérification de tous les plans et documents en sa possession et la consultation de l'ensemble du dossier tous corps d'état.
- Le calcul de tous les dimensionnements de matériels dont il demeure entièrement responsable.
- Les notes de calcul.
- Les plans de réservations des trous et des trémies cotés en plan et élévation.
- Les plans et supports des matériels.
- Les plans dus aux modifications du projet de base.
- Les plans de préfabrication et d'atelier pour la mise en place et le raccordement des matériels.
- Le schéma de principe des installations.

Le présent lot doit prendre également en compte le tableau de limite de prestation concernant les « installations de chantier et généralités ».

6.2 PLATRERIE ET PEINTURE

Sont dus par le lot « Photovoltaïque » :

- La pose et la repose propre des dalles de faux plafond sur l'ensemble des cheminements des câbles en plénum ;
- L'ouverture et fermeture des gaines placo y compris la peinture de remise en état pour le passage des câbles ;
- Le rebouchage propre après chaque percement ;
- Le rétablissement des degrés coupe-feu à chaque percement qui le nécessite.

6.3 ETANCHEITE

Sont dus par le lot « Photovoltaïque » :

- Mise en place du système d'intégration des modules sur l'étanchéité ;
- Mise en place des chemins de câbles sur l'étanchéité avec la protection de celle-ci ;
- Le calfeutrement de la pénétration en façade dans la cage d'escalier.

Ne sont pas dus par le lot « Photovoltaïque » :

- La dépose et mise en place du complexe d'isolation + étanchéité ;
- La dépose et mise en place des couvertines ;
- L'ensemble des relevés d'étanchéité sur l'ensemble des édifices, émergences, pénétrations, acrotères, ... ;
- La mise en place de bâche de protection provisoire pendant la durée du chantier ;
- La fourniture et pose de solins.

6.4 ELECTRICITE

Sont dus par le lot « Photovoltaïque » :

- L'armoire électrique PV et ses protections ;
- L'ensemble des raccordements électriques des équipements posés par le lot photovoltaïque ;
- Les reports défauts et alarmes des équipements du lot photovoltaïque ;
- Les schémas électriques de ses installations des équipements du lot photovoltaïque ;
- La mise à la terre de tous les appareils du lot photovoltaïque ;

- L'arrêt d'urgence à mettre en place.

6.5 EN COURS DE CHANTIER

Sont dus par le lot « Photovoltaïque »

- En permanence, le nettoyage du chantier et l'évacuation des déchets du présent lot
- En permanence, la protection des appareillages
- Ensemble de l'étiquetage nécessaire au parfait repérage des organes d'exploitation
- Ensemble de l'étiquetage réglementaire
- Ensemble du marquage fixé au bâtiment nécessaire au repérage des réseaux enterrés
- Ensemble des sujétions d'accrochage des équipements électriques (chemins de câbles, ...)
- Ensemble des sujétions de supportage des équipements (console, massifs béton de scellement...)