



AO GEP 01/23

Cahier des Charges relatif à l'acquisition et la mise en service d'une centrale solaire

Vos interlocuteurs :

Service technique :

M. Zakariae OUACHAKRADI

E-mail : ouachakradi@greenenergypark.ma

Tél : +212 (0) 664 325 666

Département achats :

Mme. Jihane HSSAIN

E-mail : hssain@iresen.org

Tél : +212 (0) 664 33 19 26



I. PRESENTATION DU PROJET :

Le **Green Energy Park (GEP)** souhaite réaliser un projet pilote en rapport avec les installations solaires non-raccordées au réseau, au niveau de la région de Benguerir, précisément aux sites définis par le comité de suivi.

II. CONDITIONS GENERALES :

1. MODALITES DE LA CONSULTATION :

ARTICLE 1 : OBJET ET TYPE DE LA CONSULTATION

Le **Green Energy Park (GEP)** lance une consultation pour l'acquisition et la mise en service d'une installation solaire de 50 kWc non connectée au réseau avec stockage.

L'objet du présent règlement est de fixer les modalités du déroulement de cette consultation, ainsi que les conditions de participation.

ARTICLE 2 : DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1 DROIT APPLICABLE

Le contrat issu de la présente consultation sera soumis au droit marocain.

Tout désaccord entre le GEP et le Prestataire devra être réglé à l'amiable par coopération entre les deux Parties, faute de quoi, le litige sera soumis au tribunal compétent de Rabat.

2.2 TEXTES DE REFERENCE

L'ensemble des prestations décrites dans le présent document, ainsi que les rapports entre le Client et tout soumissionnaire répondant à cet appel d'offres (Ci-après le Soumissionnaire) ou exécutant le contrat (Ci-après le Prestataire) seront soumis au droit marocain.

2.3 DOCUMENTS CONTRACTUELS

Les obligations du Prestataire pour l'exécution des prestations, objets du présent Appel d'Offres, résulteront de l'ensemble des pièces constitutives du contrat désignées ci-dessous :

- ✓ Le contrat à conclure avec ses annexes et ses avenants
- ✓ Les commandes
- ✓ Le présent document
- ✓ La soumission et, le cas échéant, ses annexes

Après sa notification, le contrat pourra être modifié, le cas échéant, par des avenants ou échanges de lettres qui sont notifiés dès leur signature par les deux parties contractantes.

ARTICLE 3 : DATE LIMITE ET LIEU DE DÉPÔT DES OFFRES

Les offres doivent être envoyées dans les conditions et délais prévus par le présent cahier des charges au département des achats au plus tard le **22/03/2023**.



Les offres doivent être déposées à l'adresse suivante :
Green Energy Park,
Route Régionale R206 Benguerir, Maroc.

ARTICLE 4 : DOSSIER DE SOUMISSION

Les candidats sont appelés à présenter un dossier de soumission comportant :

4.1. DOSSIER ADMINISTRATIF :

Ce dossier doit comprendre :

- Une déclaration sur l'honneur
- Attestation de pouvoirs
- Extrait du Registre de Commerce
- Statuts
- Le cahier des charges dûment paraphé, signé et cacheté
- Attestation fiscale (datant de moins d'un an)
- Attestation CNSS (datant de moins d'un an)

4.2. DOSSIER TECHNIQUE :

L'offre technique du fournisseur doit être conforme aux spécifications techniques, telles que spécifiées dans le chapitre III « CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ».

Les Candidats doivent présenter une offre technique faisant ressortir leur capacité à réaliser les travaux selon une procédure technique avantageuse. A cet effet, ils doivent se conformer à la grille d'évaluation décrite au niveau de l'article 5.

4.3. DOSSIER FINANCIER :

Le bordereau des prix détaillés doit être clairement spécifié suivant le bordereau des prix en Annexe 1

Le dossier présenté par chaque concurrent est mis dans un pli signé et cacheté. Ce pli contient trois (03) enveloppes :

- La première enveloppe : le dossier administratif. Cette enveloppe doit être cachetée et porter de façon apparente, outre les indications portées sur le pli, la mention « Dossiers administratif ».
- La deuxième enveloppe : contient l'offre technique. Cette enveloppe doit être cachetée et porter de façon apparente, outre les indications portées sur le pli, la mention « Offre technique ».
- La troisième enveloppe : contient l'offre financière du soumissionnaire. Cette enveloppe doit être cachetée et porter de façon apparente, outre les indications portées sur le pli, la mention « Offre financière ».

ARTICLE 5 : MODE D'ADJUDICATION

Le fournisseur sera choisi sur la base d'une pondération technico-commerciale de 70% pour le volet technique et 30% pour le volet financier.

La note technique sera calculée sur la base de la grille d'évaluation suivante :

| Critères d'évaluation | Sous critères | Note |
|--|---|---|
| Références d'installation des centrales solaires avec stockage dont la puissance totale est ≥ 20 KWc N1 = 15 Points | Nombre de références (X) X ≥ 15 8 \leq X < 15 X < 8 | 15 Points 10 Points 5 Points |
| Programme et planning de réalisation du projet N2 = 4 Points | Durée de réalisation du projet (X) X \leq 3 mois 3 mois < X \leq 6 mois X > 6 mois | 4 Points 1 Point 0 Point |
| Moyens matériels et logistique affectés pour la réalisation du projet N4 = 2 Points | | 2 points |
| CVs et expérience des Moyens humains affectés pour la réalisation du projet N5 = 11 Points | 1. Chef de projet Diplôme d'ingénierie Certificats de coordination et de management de projet Nombre d'années d'expérience dans les centrales PV (X) X ≥ 10 ans 5 ans \leq X < 10 ans X < 5 ans | 3 Points 2 Points 3 Points 2 Points 1 Point |
| | 2. Responsable de chantier et équipe support Nombre d'années d'expérience dans les centrales PV (X) X ≥ 15 ans 10 ans \leq X < 15 ans X < 10 ans | 3 Points 2 Points 1 Point |
| Mémoire technique | Optimisation technique et configuration de la centrale pour maximiser la production annuelle (kWh) et le productible annuel de la centrale proposée (kWh/kWc) | 20 Points |
| | Etude de conformité de la structure porteuse par un bureau d'étude technique compétent signée et visée par un bureau de contrôle agréé | 10 Points |
| | - Fiches techniques des équipements - Certificats de conformités exigés par la réglementation en vigueur - Manuel d'entretien et de maintenance - Programme de transfert de compétence envisagé | 10 points |

| | | |
|-----------------------|--|------------|
| N6 = 68 Points | <p>Conception & configuration :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schéma électrique unifilaire de l'installation photovoltaïque décrivant le système des modules photovoltaïques jusqu'aux points de raccordement en détaillant le type de câblage, étanchéité et normes d'isolation - Le système de montage de panneaux PV proposé. - La nature des travaux envisagés et ses interactions avec les surfaces disponibles où l'installation des panneaux solaire photovoltaïque est envisagée avec un plan de calepinage montrant les passages de câbles courant continu et courant alternatif - Les préconisations électriques relatives aux panneaux, les conditions de raccordement à la terre et les dispositions spécifiques éventuellement requises (onduleurs, protections foudre particulières, organes de sécurité spécifiques) pour la parfaite mise en service de l'installation - Le lieu de mise en place d'un local technique dédié - Durée de garantie du matériel (Onduleurs, modules photovoltaïques, structures et câbles (AC/DC)) - Durée de garantie proposée de la centrale photovoltaïque - Le layout de la centrale PV - Les note de calcul de dimensionnement - Plans définitifs d'exécution sous AUTOCAD ou version compatible ; <p>Rapport de dimensionnement et de simulation (sur PVSyst) de PV (Prendre en considération l'encrassement disponible sur site)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solution de raccordement au réseau électrique | 20 points |
| | <p>Sécurité du système PV</p> <ul style="list-style-type: none"> - solution de grillage (cas d'un système centralisé au sol) | 8 Points |
| TOTAL | | 100 |

2. PERIMETRE DE LA PRESTATION

ARTICLE 6 : DUREE DE GARANTIE

Les équipements fournis devront être construits avec des matériaux de première qualité dont la provenance pourra être demandée par le Maître d'Ouvrage qui peut vouloir, en outre, s'informer du nom des principaux sous-traitants.

Le Contractant doit fournir à la réception provisoire des équipements, un certificat de garantie par lequel il s'engage à remplacer les fournitures jugées défectueuses aux frais exclusifs du contractant conformément au délai ci-après et ce, à partir de la date de la réception provisoire :

- Les modules photovoltaïques seront garantis pour une durée au moins égale à : douze (12) ans.
- Les Batteries de stockage seront garanties pour une durée au moins égale à : cinq (5) ans.
- Les onduleurs seront garantis pour une durée au moins égale à : cinq (5) ans.
- Les systèmes de télé-suivi seront garantis pour une durée au moins égale à : deux (2) ans.
- Les systèmes de contrôle seront garantis pour une durée au moins égale à : deux (2) ans.
- Les locaux techniques seront garantis pour une durée au moins égale à : un (1) an.
- Les structures seront garanties pour une durée au moins égale à : deux (2) ans.

Pendant la durée du délai de garantie, le Prestataire demeure responsable de son matériel et est tenu de l'entretenir à ses frais en effectuant des visites régulières (au moins 4 visites par an et chaque fois que le rendement des panneaux baisse) durant lesquelles il est nécessaire de nettoyer les panneaux photovoltaïques et procéder aux réglages nécessaires afin d'optimiser le rendement.

Dans le cadre de la garantie matériel, un mode opératoire relatif au process de remplacement est à fournir par le prestataire en vue de s'assurer de l'exécution de ces garanties.

ARTICLE 7 : INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

Le Contractant exécutera les travaux d'installation du matériel et la mise en service des installations photovoltaïques (PV) au niveau du site d'installation se trouvant à Benguerir, tenant compte des circonstances décrites au niveau des articles 16, 17 et 18.

Le contractant s'engage à réaliser l'installation PV dans les règles de l'art suivant les standards techniques de l'installation détaillés au niveau du Chapitre III « CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ».

L'installation et la mise en service devront être effectuées dans les délais mentionnés à l'article 10 du présent cahier des charges avec les conséquences qui y sont mentionnées en cas de non-respect des délais.

ARTICLE 8 : FORMATION

Une formation doit être assurée par l'installateur sur le site d'installation sur les frais du fournisseur.

ARTICLE 9 : DOCUMENTATION TECHNIQUE

Le fournisseur s'engage à fournir, à la livraison, toute la documentation nécessaire à l'utilisation, l'entretien et à la réparation et toute la documentation technique du matériel fourni.

ARTICLE 10 : DUREE ET CONDITIONS D'EXECUTION

L'ensemble du matériel faisant objet du présent cahier des charges devra être livré après **3 semaines** de l'adjudication du marché.

Si le délai de livraison est autre que 3 semaines, il faudra le préciser dans l'offre.

ARTICLE 11 : PÉNALITÉS DE RETARD

En cas de dépassement du délai d'exécution tel que spécifié à l'article 10, le Fournisseur est passible d'une pénalité égale à 1‰ du montant du contrat par jour de retard, dans la limite toutefois d'un plafond maximal de 10% du montant du contrat, au-delà duquel il est fait application des dispositions de l'article 14.

ARTICLE 12 : RECEPTION - VERIFICATION

a) Vérification

L'opération de vérification du matériel objet du présent cahier des charges aura lieu au lieu de livraison ; elle sera effectuée sous la responsabilité du responsable technique de ce projet.

Aucune réception même partielle ne peut se faire si tout le matériel reçu n'est pas exactement conforme au bon de commande.

b) Réception

La réception finale sera prononcée avec la satisfaction du GREEN ENERGY PARK selon les points suivants :

- L'installation et mise en service du matériel
- La vérification de la conformité du matériel avec le bon de commande
- La formation du personnel de l'équipe de projet
- La fourniture du rapport de dimensionnement, note de calcul et de simulation, documentation technique, certificats de conformité

ARTICLE 13 : CONDITIONS DE PAIEMENT

Le paiement sera effectué à 30 jours fin de mois au vu de la facture du Prestataire et du PV de réception.

Le Prestataire doit produire une facture commerciale numérotée établie en 03 exemplaires signée, datée et arrêtée en toutes lettres. Elle devra indiquer les références du Contrat de la commande afférente.

Lesdites factures devront être adressées à la Comptabilité Fournisseurs du GEP, sise 16, Rue Amir Sidi Mohamed Souissi, Rabat- Maroc.

ARTICLE 14 : RESILIATION DU CONTRAT

Indépendamment des cas prévus par le Droit commun, le Contrat issu du présent cahier des charges pourra être résilié de plein droit par le GREEN ENERGY PARK, aux torts du Prestataire, après mise en demeure par lettre recommandée passé un délai de 10 jours et dans les cas suivants :

- ✓ Actes frauduleux portant sur la nature, la qualité et la fiabilité de l'équipement et prestations objets du présent cahier des charges
- ✓ En cas de dépassement du plafond des pénalités de retard tel qu'indiqué à l'article 11.

ARTICLE 15 : ASSURANCE CONTRE LES RISQUES

Le Prestataire déclare être couvert par une assurance civile professionnelle contre les risques qu'il encourt à l'occasion de son activité et pendant toute la durée de l'exécution du présent contrat. Cette assurance doit couvrir tous les risques que peut rencontrer son personnel au lieu d'installation. Le Client se réserve le droit de demander copies de la police d'assurance ou une attestation de couverture.

III. CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

ARTICLE 16 : DESCRIPTION DU LIEU D'EXECUTION DES PRESTATIONS

1. Visite de site

Les soumissionnaires sont appelés à effectuer une visite aux sites d'installation au niveau de la province de RHAMNA avant le dépôt de leurs offres, pour proposer une configuration adéquate de l'installation.

Le soumissionnaire ne pourra, en aucun cas, formuler de réclamations basées sur une connaissance insuffisante des lieux et des conditions d'exécution des travaux.

Lors du dépôt de son offre, le Candidat admet avoir :

- Mesuré l'ensemble des surfaces disponibles sur la toiture ou l'emplacement d'installation des systèmes PV ;
- Identifié les contraintes d'ombrage ;
- Pris connaissances des contraintes liées à la toiture ou l'emplacement de l'installation PV ;
- Identifié le point/points d'injection d'énergie de l'installation photovoltaïque et pris connaissances des contraintes liées à la possibilité du raccordement de ce site isolé avec le réseau de distribution ;
- Demandé tous les renseignements jugés de sa part nécessaire pour la mise en place des installations photovoltaïque ;
- Pris connaissance des installations électriques ou solaires déjà présentes sur site (système de pompage solaire, installation solaire ..) ;
- Le passage des câbles électriques ;
- Les frais et dépenses liées à cette visite sont à la charge du Candidat.
- Les informations fournies dans le présent appel d'offres sont à titre indicatif.

Le Candidat devra compléter les informations jugées manquantes de sa part sur le présent appel d'offres lors de cette visite. Il ne pourra pas réclamer d'indemnité ou de plus-value dues à un manque de renseignements, des inconvénients et difficultés quelle que soit leur nature.

2. Localisation du site :

Les dix maisons représentent une surface exploitable aux alentours plus les toitures des maisons comme le montre l'image ci-dessous :



Le prestataire doit proposer une structure porteuse capable de supporter le système PV et en assurant un accès sécurisé à la structure porteuse pour les activités d'installation et de maintenance.

N.B : Les données ci-dessus sont présentées à titre indicatif et doivent être vérifiées et mesurés sur le terrain par le soumissionnaire.

ARTICLE 17 : CONFIGURATION DE L'INSTALLATION

1. Données techniques du site

La photo et le plan ci-après montrent le lieu de réalisation du système PV solaire dans les dix maisons présentes sur le site d'installation.



| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Adresse | R206, Ben Guérir |
| Coordonnées du site | 32.224063,-7.877421 |
| Zone à équiper | Sol ou toitures des maisons sur site |

L'installation solaire off-grid doit comprendre des batteries lithium de type Li-PO4 et les onduleurs off-grid (hybride) doivent obligatoirement avoir la possibilité de lancer un groupe électrogène lorsque la production est inférieure à la consommation. Le prestataire est mené à prendre conscience que l'ensemble des installations électriques peuvent être raccorder au réseau de distribution.

Conception du générateur solaire pour chaque lot (maison)

L'installation requise, d'une puissance minimale de 5 kWc fonctionnera au fil du soleil pour la couverture partielle des besoins en énergie électrique et sans injection au réseau public de l'excès d'énergie électrique produite Ce système solaire est constitué des composants suivants :

- Modules photovoltaïques
- Câblage DC (câbles, connecteurs, boîtes de jonction éventuelles, etc.)
- Dispositifs de protection (fusibles, disjoncteurs, parafoudres, etc.)
- Dispositifs de coupure et sectionnement
- Onduleur(s)
- Câblage AC
- Compteur(s) d'énergie.

- Système de montage des modules sur la toiture
- Système de monitoring
- Système de stockage par batterie Li-PO4
- Dispositif pour l'anti-injection en cas de raccordement future avec le réseau de distribution

La conception, les matériaux et la qualité de fabrication des équipements devront être en conformité avec les normes en vigueur.

Avec cette installation, le site utilisera l'énergie stockée au niveau des systèmes de stockage lorsque le générateur PV ne sera pas en mesure de produire la quantité nécessaire pour couvrir ses besoins.

Le champ PV est divisé en strings alimentant chacun un onduleur. La taille des strings, le nombre de strings en parallèle, les nombres de sous champs et d'onduleurs par champ PV dépend des caractéristiques des différents équipements proposés.

Le calcul et le dimensionnement de l'installation photovoltaïque devra être fait de sorte à ce que le système PV devra maximiser l'autoconsommation.

Le prestataire présentera la solution solaire la mieux adaptée, et décrira les principales caractéristiques techniques suivantes du générateur photovoltaïque dans l'offre technique :

- Orientation et inclinaison pour maximiser le productible annuel (kWh/kWc) choisie par une optimisation technique détaillée dans le rapport de soumission.
- Nombre et type de capteurs solaires PV.
- Puissance crête installée, la puissance demandée est de 5 kWc pour chaque maison.
- Production moyenne annuelle AC minimale estimée (Rapport de simulation sur PVSyst).
- Système de montage des modules PV la plus adaptée à la toiture.
- Structure de renforcement de la toiture si nécessaire.
- Compatibilité du poids du générateur solaire en kg/m² avec les caractéristiques de la toiture des maisonnettes.
- Un schéma électrique du système photovoltaïque.
- Un plan d'implantation des différents composants et modules photovoltaïques ainsi que des liaisons (canalisations) correspondantes.

La solution solaire doit tenir en compte les contraintes suivantes :

- Inclure un espacement adéquat pour permettre les activités de maintenance, y compris le remplacement de l'ensemble des onduleurs.

- Une comparaison entre les arrangements de portrait et de paysage doit être effectuée afin de sélectionner la solution la plus efficace pour maximiser le productible (kWh/kWc).
- La sélection de l'inclinaison optimale des modules ainsi que la distance entre les rangées entre eux, doit être choisie sur la base d'une simulation où la production de l'installation photovoltaïque doit être maximisée.

ARTICLE 18 : SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DU MATÉRIEL

Les caractéristiques techniques par type d'équipement des unités demandées, doivent répondre aux spécifications techniques indiquées ci-après, et présentées dans des prospectus ; la non-présentation des prospectus est une cause pour évincer l'offre du soumissionnaire :

1. Partie courant continu (DC)

1.1. Mise à la terre des masses et éléments conducteurs

Il est à noter que la protection des personnes est assurée par une isolation double ou renforcée (classe II). La mise à la terre des parties métalliques constituant le générateur photovoltaïque s'impose essentiellement pour assurer le contrôle de défaut d'isolement éventuel des matériels DC et également pour contribuer à la protection des matériels contre les éventuelles surtensions induites par la foudre.

1.2. Caractéristiques électriques des composants DC

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

Les spécifications des différents composants constituant le générateur PV sont détaillées ci-après.

1.3. Câbles et connecteurs DC

Tous les câbles sont sélectionnés de manière à ce que les risques de défaut à la terre ou de court-circuits soient minimisés après installation. Cette condition est assurée en utilisant des câbles monos conducteurs d'isolement équivalent à la classe II.

Les câbles doivent posséder les caractéristiques suivantes :

- Isolant non-propagateur de la flamme
- Température admissible sur l'âme d'au moins 90°C en régime permanent
- Stabilité aux UV

- Tension assignée du câble (U_0/U) compatible avec la tension maximum $U_{co\ max}$
- Les différentes liaisons entre les modules PV les plus éloignés et l'onduleur sont réalisées par des câbles unipolaires doubles isolations et de section suffisante de telle sorte que la chute de tension globale soit au maximum de 3%.
- Les câbles et les connecteurs doivent être adaptés aux applications PV
- Tous les câbles doivent être ignifugés
- Les câbles et les connecteurs doivent avoir la classe de protection II
- Le câble CC à polarité positive doit comporter un trait rouge sur la gaine extérieure noire.
- Les câbles CC doivent résister à une tension de système de 1 000 V ou 1 500 V, le cas échéant.
- Les câbles et les connecteurs doivent être résistants aux UV ((IEC 62548, VDE-AR-E-2283-4:2010-10, IEC 60721 3-4, IEC 60445:2010, IEC 60332-1, IEC 60754-1, IEC 60754-2, IEC 61034)) ou correctement recouverts par des conduits de protection résistants aux UV (DIN EN 62548)
- La documentation technique du fabricant doit être complète,
- Les couleurs utilisées pour les câbles CC sont conformes à la norme CEI 60445 : 2010 (DIN EN 62548 et DIN VDE 0293-308).
- Il est impératif d'utiliser des connecteurs mâles et femelles du même fabricant pour assurer une fiabilité de contact
- Un marquage « ne pas déconnecter en charge » doit être présent sur chaque connecteur ou à défaut une étiquette doit être fixée à proximité des connecteurs.

Documentation à fournir avec l'offre technique :

- Note de calcul des câbles de la partie continue, conformément à la description.
- Note de calcul des câbles de la partie alternative, conformément à la description.
- Les Plans de passage des câbles Courant Continu ;
- Les fiches techniques des câbles de la partie continue ;
- Les fiches techniques des chemins de câbles ;
- La Note de calcul de la mise à la terre

1.4. Boîtes de jonction et protection DC

La boîte de jonction est implantée en un lieu accessible par les exploitants, et comporte des étiquettes de repérage et de signalisation de danger. Les étiquettes sont facilement visibles et fixées d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, UV, etc.).

- Les boîtes de jonction doivent être conformes aux normes IEC 61000-6-1 / 2, IEC 61000-6-3 / 4 et IEC 62208.
- Les composants utilisés doivent convenir aux applications courant continu
- La conception de la boîte de jonction doit prendre en compte la réduction des coûts d'équipement (pas de gaspillage)
- La séparation physique des pôles positifs et négatifs doit être assurée
- Pas plus de deux chaînes ne doivent être connectées en parallèle à une seule entrée.
- Les boîtes de jonction doivent avoir les caractéristiques suivantes :
 - Un degré de protection d'au moins IP 54 (IP65 est recommandé dans les régions arides)
 - Selon la CEI 60721-3-4, les conditions environnementales à prendre en compte doivent être 4H4K
 - Garantie de produit d'au moins 5 ans
 - Résistant aux UV
 - Verrouillage métallique sécurisé
 - Résistance mécanique aux chocs d'au moins IK08
 - Autoextinguible et sans halogène
 - La classe de protection II doit être assurée
 - Équipé de dispositifs de protection contre les surtensions
 - Câblage couleur
 - Conditions ambiantes de fonctionnement entre -25 ° C et + 50 ° C et HR jusqu'à 100%.
 - L'entrée du câble doit se faire par le bas
 - Un connecteur MC4 conforme à CEI 62852 ou EN 50521 doit être fourni à chaque entrée de câble
 - Un presse-étoupe (double compression métallique) de taille appropriée pour les câbles à courant continu doit être prévu à la sortie du combineur
 - Les entrées et sorties des câbles doivent être scellées de manière à assurer la classe IP
 - Correctement étiquetés avec des panneaux d'avertissement clairs et visibles
- Les bornes du combineur doivent être compatibles avec la section du câble et les caractéristiques de son âme.
- Les boîtes de jonction doivent inclure des filtres de refroidissement dans les régions particulièrement chaudes.
- Les boîtes de jonction doivent empêcher la condensation
- Les boîtes de jonction doivent également comporter les éléments suivants :
 - Disjoncteur DC
 - Déconnexion et fusibles string

- Les fusibles doivent avoir une indication de fusible grillé
- Les porte-fusibles doivent être conformes aux réglementations locales et il doit être possible de changer de fusible sans affecter les circuits sains
- Les sectionneurs doivent être capables de rompre la charge normale et doivent être séparés sur les câbles string positifs et négatifs.
- La protection au moyen de fusibles, pouvant supporter un courant de 2 à 4 fois le courant de court-circuit des modules en conditions standards, est particulièrement recommandée.
- Chaque chaîne doit être protégée individuellement par un dispositif de protection.
- Les protections doivent être calibrées pour une valeur de courant conformément à la norme mise en vigueur
- Les protections doivent être dimensionnées pour fonctionner à une tension au moins égale à la tension maximale en circuit ouvert de la chaîne du module

1.5. Coupure générale DC

En cas d'apparition d'un danger inattendu au niveau de l'onduleur, un dispositif de coupure doit être prévu en amont de celui-ci. Ce dispositif doit respecter les dispositions suivantes spécifiques aux installations photovoltaïques.

La commande de coupure générale DC doit être repérée par une étiquette portant la mention « Coupure d'urgence entrée onduleur » (en lettres rouge sur fond jaune visible) fixée d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, ...)

NB. L'interrupteur doit être spécifié pour un fonctionnement en DC.

1.6. Modules photovoltaïques

Les modules solaires doivent être en silicium Monocristallin.

Les modules photovoltaïques seront plans et résistent aux conditions ambiantes climatiques décrites ci-après :

- Température : - 40° à + 85°C
- Humidité relative : jusqu'à 100%
- Vitesse du vent : jusqu'à 190 km/h
- Précipitations : pluie battante continue ou grêle (grêlons < 25 mm)

Les modules photovoltaïques doivent respecter les normes marocaines suivantes :

- NM 06 9 006 : Qualification de la conception et homologation des modules PV au silicium cristallin
- NM 06 5 123 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules PV- Exigences pour la construction
- NM 06 5 124 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules PV- Exigences pour les essais (IEC 6 17 30-2).

Un module photovoltaïque avec des parties conductrices accessibles qui forment l'armature du périmètre ou le système de montage doit avoir des dispositions pour la mise à la terre avec identification du symbole approprié.

- Le fabricant de modules fabrique des modules depuis au moins 4 ans.
- La marque fournit des modules photovoltaïques, doit figurer dans la liste du Tier 1 de l'année en cours
- Le fabricant de modules a fabriqué au moins 500 MWc
- Le module doit avoir une puissance nominale avec une tolérance positive
- Le cadre du module doit être fabriqué en matériaux résistant à la corrosion, de préférence en aluminium anodisé.
- Tous les câbles du module solaire doivent être protégés contre les UV, soumis à des essais de type, à double isolation et protégés contre le toucher.
- Les modules solaires ne doivent pas contenir d'irrégularités, de tâches visuelles ou de défauts affectant les performances, la sécurité ou la fiabilité du système solaire.
- La boîte de jonction des modules PV doit avoir un indice de protection IP65 et inclure 3 diodes de dérivation afin de protéger les modules solaires contre l'ombrage partiel et la surchauffe des modules solaires.
- La durée de vie des modules PV doit avoir une durée de vie utile d'au moins 25 ans.
- La puissance nominale minimale de 97% doit être garantie après LID dans la première année
- Chaque module doit être livré avec les accessoires de fixation en acier inoxydable (boutons, écrous, serre, boulon, et rondelles
- Les modules photovoltaïques doivent être de même puissance et du même fabricant
- 25 ans de garantie de puissance en décroissance linéaire, assurant un rendement garanti supérieur à 90% pendant les 10 ans et un rendement supérieur à 80% après 20 ans.
- Les modules PV doivent être plats, les modules PV basés sur la technologie de concentration ne sont pas autorisés
- Aucune utilisation de photovoltaïque organique ou autre technologie photovoltaïque non établie n'est autorisée
- Les modules devront offrir une puissance unitaire supérieure à 400 Wc avec un total minimum de 5 kWc

- Chaque module doit être équipé d'une diode de dérivation et d'une boîte de jonction à la partie arrière avec protection contre l'eau. Les bornes doivent être clairement identifiées par + et -

Chaque module PV doit utiliser une étiquette d'identification de référence, qui doit être obligatoirement placée à l'intérieur le module stratifié, et doit contenir les informations suivantes :

- a) Nom du fabricant des modules PV
- b) Nom du fabricant des cellules solaires
- c) Mois et année de fabrication (séparément pour les cellules et modules solaires)
- d) Pays d'origine (séparément pour les cellules et modules solaires)
- e) Courbe I-V pour chaque module
- f) Puissance crête, I_{mpp} , V_{mpp} , I_{sc} , V_{oc} , FF pour chaque module
- g) Numéro de série et numéro de modèle uniques pour chaque module
- h) Date et année d'obtention des certificats de qualification des modules PV IEC
- i) Nom du laboratoire d'essai délivrant les certificats CEI
- j) Autres informations pertinentes sur la traçabilité des cellules et modules solaires selon ISO Série 9000.

Les modules PV doivent être conformes au moins aux normes et standards suivants:

- o PID free according to IEC 62804
- o IEC 61701 - Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules
- o IEC 60068 -2-68 - Environmental testing – Part 2-68: Tests -Test L: Dust and sand
- o IEC 62716 - Photovoltaic (PV) modules - Ammonia corrosion testing
- o IEC 61730-1: 2016 - Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction; mainly for international markets
- o IEC 61730-2: 2016 - Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing; mainly for international markets
- o IEC 61215 – Design, qualification and type approval of PV modules
- o IEC 60364 - Low-voltage electrical installations
- o ASTM E2481-06 - Standard Test Method for Hot Spot Protection Testing of Photovoltaic Modules
- o The PV modules shall be manufactured using an ISO-9001 quality management system and an ISO-14001 Environmental Management System
- o IEC 60904 - Photovoltaic devices
- o IEC 61853-1 - Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating
- o EN 50380 - Datasheet and nameplate information for photovoltaic modules

Documentation à fournir avec l'offre technique :

- Certificat de conformité des modules proposés aux normes et standards précités dans l'Article 18 (En cas d'utilisation d'une technologie autre que le cristallin ou les couches minces, le Titulaire doit fournir le certificat de conformité du module proposé à la norme IEC relative à la technologie proposée) par un organisme compétent et agréé ;
- Rapport de dimensionnement et de simulation de l'installation photovoltaïque ;
- Schéma de calepinage du système photovoltaïque ;
- Engagement à fournir la correspondance entre numéro de série et la puissance de sortie d'usine ;
- Certificat de Garantie du matériel ;
- Certificat de Garantie de performance dans le temps ;
- Notices techniques du constructeur comportant toutes les indications du tableau récapitulatif ainsi que les indications d'installation + fiches techniques
- Un Schéma Unifilaire avec les sections de câbles et les calibres des appareillages de protection (Disjoncteurs, Sectionneurs, Fusibles, Parafoudres, Etc..) ;

2. Appareillage et protections AC

La partie AC de l'installation photovoltaïque peut être considérée comme un circuit spécifique de la distribution interne et doit répondre aux spécifications des normes mises en vigueur.

N.B. Pour sa capacité à alimenter un défaut par un courant beaucoup plus important que ne peut le faire un onduleur, le réseau est considéré comme la source et le générateur PV comme la charge. Tout le câblage AC est réalisé et dimensionné en conséquence.

1.1 Protection contre les surcharges et les courts-circuits

Un disjoncteur général doit être installé à proximité de l'onduleur et le second à proximité du point de raccordement (disjoncteur différentiel 30mA au tableau divisionnaire).

En cas de présence de plusieurs onduleurs, un disjoncteur différentiel 30mA sera installé en sortie et à proximité de chaque onduleur avec étiquette numérotée pour repérage.

1.2 Protection contre les contacts indirects

La protection contre les contacts indirects doit être assurée par isolation double ou renforcée en amont de la protection différentielle et par coupure automatique de l'alimentation AC (dispositif différentiel) au premier défaut d'isolement de l'onduleur, considéré comme un récepteur vis-à-vis du réseau, car celui-ci n'est généralement pas de classe II.

1.3 Sectionnement

Pour permettre la maintenance, un dispositif de sectionnement doit être prévu en sortie et à proximité de chaque onduleur avec étiquette numérotée pour repérage.

NB. Ces dispositifs permettent le sectionnement d'un onduleur sans arrêter le fonctionnement des autres afin de ne pas pénaliser la production globale de l'installation.

D'autre part, un dispositif de sectionnement général doit être installé en amont de la liaison principale AC reliant le générateur photovoltaïque au réseau.

1.4 Coupure d'urgence

Afin de permettre l'arrêt de l'onduleur par coupure du réseau d'alimentation AC, notamment en cas d'apparition d'un danger inattendu, un dispositif de coupure omnipolaire et simultané doit être présent à proximité de l'onduleur, visible et facilement accessible (exemple : interrupteur-sectionneur).

La commande de coupure d'urgence doit être repérée par une étiquette portant la mention « Coupure d'urgence sortie onduleur » (en lettres rouge sur fond jaune visible) fixée d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, ...)

1.5 Protection contre les surtensions :

Pour protéger les onduleurs contre les surtensions éventuelles en provenance du réseau de distribution, il est souvent nécessaire de prévoir un parafoudre avec sa protection spécifique au niveau du TGBT.

Pour notre installation, une protection complémentaire doit être assurée par un dispositif différentiel de sensibilité inférieure ou égale à 30 mA.

1.6 Câbles AC

a. Type de câbles

Le câble principal assurant la liaison entre le disjoncteur de branchement et le coffret AC doit être de classe II et de type PR (Polyéthylène réticulé).

b. Dimensionnement

Les différentes liaisons, entre le point de livraison au réseau et les onduleurs les plus éloignés, sont réalisées par des câbles de section suffisante de telle sorte que la chute de tension globale soit au maximum de 2%.

c. Cheminement des câbles DC et AC

Le cheminement des câbles électriques ainsi que leur fixation et celle des autres éléments comme par exemple les boîtes de jonction seront réalisées de manière à s'intégrer, au mieux, aux sites concernés, tout en cherchant à réduire les longueurs.

Le cheminement des câbles des modules photovoltaïque se fera en face arrière. Aucun câble électrique ne devra être visible depuis l'extérieur.

Les câbles doivent être fixés correctement, en particulier ceux exposés au vent. Les câbles doivent cheminer dans des zones préalablement définies ou à l'intérieur de protections mécaniques. Ils doivent aussi être protégés des bords anguleux.

Les chemins de câbles recevant les courants forts seront de type fils soudés pour la dissipation thermique et ceux pour les courants faibles seront de type tôles perforées pour des contraintes de Compatibilité Electro Magnétique.

Les chemins de câbles seront dimensionnés de telle façon que les câbles soient installés en 1 seule couche et qu'après installation la réserve soit au minimum de 30 %.

Les chemins de câbles seront raccordés entre eux et à leurs extrémités aux tableaux électriques.

Lorsque deux ou trois câbles auront un parcours commun, ceux-ci seront fixés individuellement. En aucun cas, les fixations de câbles en faisceaux ou torons ne pourront être acceptées. Les câbles des courants forts seront alors fixés par des colliers.

Lorsque des câbles de communication et des câbles de puissance sont disposés dans un même chemin de câbles, ils seront séparés par une cornière.

Documentation à fournir avec l'offre technique :

- Notices techniques des boîtiers utilisés dans l'installation ;
- Notice technique des compteurs utilisés dans l'installation ;
- Notices techniques des disjoncteurs utilisés dans l'installation.
- Note de calcul des câbles de la partie alternative, conformément à la description.
- Un Schéma Unifilaire avec les sections de câbles et les calibres des appareillages de protection (Disjoncteurs, Sectionneurs, Fusibles, Parafoudres, Etc..) ;
- Les Plans de passage des câbles Courant Alternatif ;
- Les fiches techniques des câbles de la partie alternative ;
- Les fiches techniques des chemins de câbles ;
- La Note de calcul de la mise à la terre

1.7 Onduleurs Hybride - Off Grid

Pour convertir en courant alternatif l'électricité photovoltaïque et pour raccorder l'installation photovoltaïque au réseau public, on utilisera des onduleurs adaptés à la connexion réseau, ce qui suppose :

- La synchronisation avec le réseau en cas de raccordement future avec le réseau de distribution.
- Le déclenchement automatique en cas de défaut ou de panne du réseau en cas de raccordement future avec le réseau de distribution.
- Possibilité de fonctionnement comme Back-up.
- Fonctionnement Hybrid - Off Grid et possibilité de démarrage avec ESS (Energy Storage System).
- L'enclenchement et le déclenchement automatiques de l'installation.
- Un faible taux de distorsion (sinusoïde la plus parfaite possible).
- Aucune perturbation électromagnétique (parasites sur les ondes radio).
- Un degré de fiabilité élevé.
- Un rendement élevé.
- Les contraintes établies par le concessionnaire d'électricité devront être respectées en cas de raccordement future avec le réseau de distribution (conditions techniques de raccordement). Celles-ci concernent surtout la limitation des effets secondaires admis sur le réseau ainsi que celle des harmoniques de même que la déconnexion automatique en cas d'arrêt du réseau.

Chaque onduleur doit comporter un contrôleur d'isolement côté DC permettant de prévenir d'un défaut éventuel d'isolement (entre chaque polarité et la masse).

Les performances des onduleurs respecteront les caractéristiques suivantes :

- Signal sinusoïdal avec très faible taux de distorsion harmonique : THD < 5%
- Les onduleurs doivent être multi string pour garder une partie de la production en cas de maintenance ou de panne d'une partie du générateur solaire PV
- Tension de sortie : tension nominale «230 V entre phase et neutre 1P+N».
- Fréquence : 50 Hz avec tolérance de +/- 1 Hz
- L'efficacité nominale ne doit pas être inférieure à 97,5% (CEC ou efficacité européenne)

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

- Prévention contre l'îlotage : NM CEI 62116 (indice de classement 14 5 013).
- Harmoniques NM CEI 6 17 27

- Fluctuations de tension NM CEI 6 17 27
- Compatibilité électromagnétique
- Sécurité électrique
- IEC 61683 : Systèmes photovoltaïques - Conditionneurs de puissance - Procédure de mesure du rendement
- IEC 60068-2 (1,2,14,30) : Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique

Chaque onduleur doit comporter un contrôleur d'isolement côté DC permettant de prévenir d'un défaut éventuel d'isolement (entre chaque polarité et la masse) et provoquer l'arrêt éventuel de l'onduleur.

Comme toute installation comportant des générateurs pouvant fonctionner en parallèle avec le réseau électrique de distribution, une protection de découplage est nécessaire. Cette protection est destinée à la déconnexion du générateur PV en cas de :

- Disparition de l'alimentation par le réseau de distribution
- Variations de la tension ou de la fréquence supérieures à celles spécifiées par le distributeur

Les onduleurs doivent avoir une protection de découplage interne basée sur le contrôle des paramètres suivant :

- Tension ($80\% U_n < U < 110\% U_n$)
- Fréquence ($49 \text{ Hz} < f < 51 \text{ Hz}$)
- Fonctionnement en îlotage
- Courant continu éventuellement injecté sur le réseau alternatif
- Courant de défaut d'isolement (côté continu et alternatif) pour les onduleurs sans séparation galvanique

Les caractéristiques de protection de l'onduleur doivent inclure les éléments suivants :

- o Déconnexions DC et AC. L'onduleur doit être déconnectable de tous les côtés
- o Surcharge et court-circuit
- o Tension CC élevée
- o Tension CA haute / basse
- o Perte / restauration de la tension alternative
- o Interrupteur / contact d'arrêt d'urgence
- o Asymétrie de phase / perte de phase
- o Fréquence de réseau haute / basse
- o Surveillance de la résistance d'isolement. L'onduleur doit être capable de déterminer sur quelle entrée CC le défaut à la terre est activé et d'isoler cette entrée particulière.
- o Défauts internes

- o Vérification de l'inversion de polarité
- o Surchauffe
- o Système de contrôle de protection thermique automatique
- o Fonction anti-îlotage
- o surtensions de foudre

L'onduleur doit être compatible avec les solutions anti-PID (mise à la terre négative ou tout autre alternative)

Les onduleurs doivent être conçus et certifiés conformément aux normes internationales suivantes :

- o EN 50178 - Electronic equipment for use in power installations
- o IEC 61000-6-1 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments
- o IEC 61000-6-2 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
- o IEC 61000-6-3 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light industrial environments
- o IEC 61000-6-4 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments
- o IEC 61683 - Photovoltaic systems - Power conditioners – Procedure for measuring efficiency
- o IEC 62109-1 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements
- o IEC 62109-2 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements
- o IEC 62116 - Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures
- o EN 50524 - Data sheet and name plate for photovoltaic inverters
- o EN 50530 – Overall efficiency of grid connected photovoltaic inverters
- o UL 1741 - Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use with Distributed Energy Resources; UL 1741 SA (Supplement A) for advanced inverter functions; post-harmonization

o IEEE 1547 - Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

o IEEE 1547.1 - Standard for Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

o IEEE 2030.5 2018 - Smart Energy Profile 2.0 for DER integration

La classe IP doit être adaptée à l'emplacement de l'onduleur (au moins IP 20 en intérieur et IP 54 en extérieur)

L'onduleur doit être entièrement fonctionnel pendant au moins 5 ans

En fonction de la situation d'ombrage, des chaînes plus courtes doivent être considérées pour compenser les pertes de rendement dues à l'ombrage.

- L'optimisation de la tension doit être envisagée afin de maintenir le rendement de l'onduleur aussi élevé que possible
- Le VDC maximum dans la température diurne la plus froide doit être inférieur à la tension d'entrée CC maximum de l'onduleur (V_{Inv} , DC max)
- Le COV minimum à la température diurne la plus chaude doit être supérieur à la tension de coupure CC de l'onduleur (V_{Inv} , coupure CC)
- Le courant CC maximal de l'onduleur doit être supérieur au courant du ou des panneaux photovoltaïques
- La ventilation de l'onduleur doit être adaptée aux conditions climatiques du site
- Les déclassements dus à l'altitude, à la température ambiante et au fonctionnement aux extrémités de la plage du facteur de puissance doivent être pris en compte dans la conception.
- La conception doit confirmer que l'onduleur peut fonctionner sans contrainte, sans déclassement et sans coupure de puissance de sortie

Le soumissionnaire devra préciser dans son offre technique, pour les onduleurs choisis, les caractéristiques suivantes :

- Puissance nominale en régime permanent ;
- Tension nominale d'entrée avec tolérance ;
- Tension de sortie avec tolérance ;
- Courbe de rendement en fonction de la charge et le rendement maximum ;
- Capacité de surcharge en fonction de la durée ;

- Taux de distorsion harmonique ;
- Facteur de puissance ;
- Type de raccordement des entrées DC ;
- Type d'isolation (galvanique ou autre, ...) ;
- Signalisation
- Classe de protection IP

La durée de garantie des onduleurs sera au minimum de 05 ans pour les onduleurs.

Documentation à fournir avec l'offre technique :

- Certificat de conformité à la norme EN 50438 (ou autre norme équivalente) ;
- Certificat de conformité à la norme DIN VDE 0126 (ou autre norme équivalente) ;
- Tout autre certificat du produit ;
- Note de dimensionnement de l'onduleur
- Pays d'origine du produit, au sens douanier du terme ;
- Certificat de Garantie matérielle ;
- Certificat de Garantie de performance dans le temps ;
- Courbe de rendement en fonction de la puissance d'entrée ;
- Notice technique du constructeur comportant toutes les exigences figurant dans la description.

1.8 Mise à la terre et protection foudre

a. Prise de terre et équipotentialité des masses

L'ensemble des masses métalliques des équipements constituant l'installation de production et de distribution de l'électricité, y compris entre édifices différents, doit être interconnecté et relié à un réseau de terre unique. Lorsque la liaison équipotentielle est enterrée, la section du câble en cuivre nu ne doit pas être de section inférieure à 25 mm² pour des problèmes de corrosion. 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 mm²). D'une manière générale, toutes les canalisations conductrices doivent être mises à la terre à proximité de leur point d'entrée dans le site (cas de goulottes métalliques). Toutes les structures métalliques conductrices du site ainsi que celles des modules (supports) devraient être mises à la terre.

b. Schéma de liaison à la terre

Bien que sur le plan fonctionnel, plusieurs schémas de liaison à la terre soient envisageables, on retiendra côté continu un potentiel flottant, c'est-à-dire aucune polarité DC ne sera reliée à la terre. Il faut protéger les 2 polarités pendant la protection contre les surcharges.

c. Parafoudres

Afin de protéger les équipements (modules photovoltaïques et onduleurs) contre les coups de foudre indirects, des parafoudres doivent être installés de part et d'autre des différentes liaisons. D'une manière générale, tous les câbles entrant et sortant du site doivent bénéficier d'une protection contre les surtensions référencée à la masse locale.

d. Equipotentialité

L'équipotentialité des éléments est indispensable. Un conducteur d'équipotentialité doit relier tous les éléments conducteurs et masses métalliques de l'installation PV conformément à la norme marocaine NM 06 1 033.

e. Protection contre les interférences électromagnétiques

Pour minimiser les tensions induites dues à la foudre, la surface de l'ensemble des boucles doit être aussi faible que possible, en particulier pour l'interconnexion des chaînes PV.

1.9. Système de montage des modules sur toitures

Le système de montage des modules pour le système solaire doit être en aluminium et respecte les exigences suivantes :

- Si le système de montage est prévu pour être posé sur le toit ou le sol des maisons et recevoir les panneaux photovoltaïques. Le système de montage doit être confectionné d'une manière à assurer une bonne stabilité du générateur solaire face à des vents de vitesses importantes (120 km/h),
- Le système de montage doit être muni de tous les accessoires nécessaires pour son ancrage : boulons, rondelles, écrous, tiges. Les accessoires du support doivent être de même nature que le matériel.
- L'installation du système de montage doit être faite d'une manière à que tous les modules photovoltaïques soient totalement libres d'ombres dans l'intervalle de 8 heures centré autour de midi
- La sélection de l'inclinaison optimale des modules ainsi que la distance entre les rangées entre eux, doit être choisie sur la base d'une simulation où la production de l'installation photovoltaïque doit être maximisée
- Le système de montage doit être conçu de manière à occuper un minimum d'espace sans sacrifier la sortie des modules PV
- Toutes les pièces constitutives du système de montage de modules (exemple: visserie) devront être réalisées dans un (des) matériau (x) résistant(s) à la corrosion du type

aluminium. On veillera à supprimer tout risque de corrosion par couple électrolytique. Toute la visserie utilisée sera également inoxydable

- La structure du système de montage doit pouvoir évacuer l'eau et éviter son accumulation en contact permanent avec des câbles, des vis, etc., même s'ils sont galvanisés ou résistants à l'eau
- Du point de vue électrique, les supports doivent être mis à la terre conformément aux normes en vigueur.
- L'installation des modules sur le support doit respecter les consignes et les instructions du fabricant des modules photovoltaïques (espacement entre modules, etc.).
- Le système de montage doit résister à au moins 10 ans d'exposition extérieure sans signe significatif de corrosion ou fatigue

Le soumissionnaire doit fournir un schéma d'implantation détaillé (assemblage, montage, les dimensions, les accessoires...), la note de calcul des supports, certificats de conformité du système de montage et solutions de finitions proposées.

Ouvrage payé à l'ensemble y compris travaux de génie civil : démolition, évacuations, déplacement des matériels dans les terrasses, maçonnerie, béton, béton armé, enduits, peinture, menuiserie, tous corps d'état nécessaire pour la mise en marche de l'installation.

Dans le cas où l'installation se fera au niveau de la toiture, le Prestataire devra mener une étude par rapport à la structure porteuse des toitures des maisons avec l'aide d'un bureau d'étude technique et un bureau de Contrôle agréé. Il devra fournir les notes de calculs par rapport au renforcement de la structure si nécessaire. Les frais qui y sont relatifs seront à la charge du Prestataire. Le Prestataire devra également porter les modifications de renforcement de la structure nécessaire pour l'utilisation des espaces en toiture.

2. Système de contrôle et suivie des flux énergétiques pour un site isolé, système de limitation de l'injection en cas de branchement future avec le réseau public

L'électricité produite par l'installation photovoltaïque devra être injectée uniquement dans le réseau interne. Elle devra donc être contrôlée de manière dynamique, par un équipement permettant l'interdiction ou la limitation (dès que la législation le permettra) de l'électricité injectée au réseau public et l'énergie produite par les systèmes PV devra être gérée au niveau du poste de répartiteur d'arrivée du distributeur réseau. L'architecture de la solution ainsi que les points de raccordement au réseau interne de chaque établissement seront définies par le titulaire.

Le système de gestion / limitation de l'injection dans le réseau public devra avoir les caractéristiques minimales suivantes :

- Interdire complètement ou limiter l'énergie injectée dans le réseau public, à une valeur ou à un pourcentage prédéfini par le l'utilisateur. Il devra permettre aussi de définir la méthode d'injection, selon la moyenne, le minimum ou le maximum des trois phases, le passage d'une méthode à une autre se fera par simple programmation.

- Le système devra permettre l'affichage sur site des puissances instantanées générées par l'installation solaire, consommées depuis le réseau public et consommées depuis les panneaux photovoltaïques.

- Il devra disposer d'une mémoire interne pour le stockage de ces données et leur mise à disposition des utilisateurs.

2.1 Système de Supervision

2.1.1. Acquisition des données

Afin de disposer d'un retour d'expérience vis à vis des performances du système, le générateur photovoltaïque sera équipé d'un système de supervision des données de production et d'empreinte carbone (émission CO2 évité).

Les données mesurées seront notamment :

- ✓ L'irradiation sur la surface inclinée
- ✓ La température ambiante
- ✓ La puissance transmise au réseau pour chaque onduleur
- ✓ La valeur du courant DC pour chaque onduleur
- ✓ La tension DC pour chaque onduleur
- ✓ La valeur du courant AC pour chaque onduleur
- ✓ La tension AC et fréquence pour chaque onduleur.
- ✓ La température des modules solaires.
- ✓ L'énergie produite.
- ✓ L'énergie produite cumulée.
- ✓ Tension et courant CC de la chaîne
- ✓ Le courant et la tension de phase AC
- ✓ PR quotidien, mensuel et annuel
- ✓ Disponibilité du système (tous les jours)
- ✓ Production spécifique (kWh / kWc) (mensuelle)
- ✓ Températures de l'onduleur et du boîtier de jonction

- ✓ Consommation en veille de l'onduleur (mensuelle)
- ✓ Consommation d'énergie quotidienne, de rangement et de veille du tracker (quotidienne)
- ✓ Temps actif des onduleurs (quotidien)
- ✓ Temps de désactivation des onduleurs (journalier)

Le soumissionnaire mettra en œuvre les data logger et les instruments de mesures nécessaires.

Les mesures devront être réalisées par période de 1 minute maxi. Une moyenne sera calculée toutes les heures et toutes les valeurs horaires devront être disponibles.

La capacité de stockage du dispositif d'acquisition sera au minimum 2 ans (le stockage doit être sur la mémoire de la centrale d'acquisition).

Le système doit être protégé avec un coffret qui garantit un niveau de protection IP 66.

Le système doit être protégé contre les pannes de courant par accumulateur.

Le matériel de comptage doit être au moins de classe 0.2

Le système d'acquisition de données doit permettre la surveillance de chaînes (strings) PV au niveau de la boîte de jonction ou de l'onduleur

Toutes les alarmes doivent être affichées et enregistrées

Capteur de température ambiante avec une précision de mesure meilleure que ± 1 ° C

Capteur de température du module avec une précision de mesure meilleure que ± 1 ° C

La température du module doit être mesurée avec des capteurs Pt1000 correctement collés à la face arrière des modules conformément aux spécifications du fabricant.

Toutes les sources d'ombrage sur le capteur d'irradiation doivent être évitées

Les capteurs de température ambiante et de température du module doivent être installés à proximité du capteur d'irradiation

Il faut prévoir un capteur de température de modules par onduleur PV

La mesure de l'irradiance doit être assurée par une Cellule en silicium cristallin avec incertitude de mesure inférieure à 3% ayant les spécifications suivantes :

- Température de fonctionnement : -20 ° C à 70 ° C
- Alimentation : DC 12 à 24 V
- Consommation de courant : 0,3 mA

- Taille de la cellule : 50 mm x 34 mm
- Plage de mesure : 0 à 1 200 W / m
- Câble de raccordement : 3 x 0,14 mm (résistant aux UV)

Les instruments doivent être tous munis d'un certificat d'étalonnage conforme aux exigences de la norme ISO/CEI 17025

2.1.2. Equipement de télé suivie

Afin de vérifier les performances du système, le système d'acquisition devra être connecté au système cloud. Le câblage informatique et matériel réseau nécessaires (switch, etc.) pour la connexion du système d'acquisition avec le serveur présent au Green Energy Park sera à la charge du prestataire.

3. INSTALLATION – TRAVAIL SUR SITE

3.1. Généralités

Lors de l'installation d'un système PV, les règles d'usage en matière de santé, de sécurité et les recommandations en matière d'installations électriques doivent être appliquées notamment par l'élaboration d'un plan d'intervention simplifié.

3.2. Spécificités des installations PV

a. Risques identifiés

Compte tenu du niveau de tension en DC, généralement supérieur à 120V, de bonnes pratiques en matière de conception et d'installation de câblage sont nécessaires pour protéger du risque de choc électrique à la fois les installateurs du système et toute personne qui pourrait par la suite entrer en contact avec le système (exploitant, propriétaire, contrôleur, personnel de secours, etc).

b. Mesures générales de sécurité

Afin de limiter les risques encourus lors de l'installation d'un générateur photovoltaïque, les mesures de sécurité générales suivantes devront être mises en œuvre :

Au niveau des intervenants :

Poseurs de modules photovoltaïques (couvreurs et étancheurs) :

- Personnes ayant reçu une formation sur les spécificités du photovoltaïque
- Personnes titulaires d'une habilitation électrique

Electriciens solaires :

- Personnes justifiant d'une expérience minimum pour la mise en œuvre d'installations photovoltaïques en conditions similaires
- Personnes titulaires d'une habilitation électrique.
- Personnes ayant reçu une formation au photovoltaïque ou une formation d'électricien et traitant particulièrement ses spécificités en termes de protection des personnes et des biens.

3.3. Caractéristiques techniques des équipements

Un dossier technique doit être présent sur site et comporter les éléments suivants en français :

- Un schéma électrique du système photovoltaïque :
- La nomenclature des équipements installés mentionnant les caractéristiques et les références des éléments de remplacement (fusibles, cartouche parafoudre...)
- Un plan d'implantation des différents composants et modules photovoltaïques ainsi que des liaisons (canalisations) correspondantes
- Des instructions de fonctionnement et de maintenance de l'onduleur
- Une description de la procédure d'intervention sur le système et consignes de sécurité.

3.4. Mise à la terre

Il est permis de se raccorder au réseau équipotentiel du bâtiment ou à défaut, de prévoir une électrode de terre distincte.

3.5. Signalisation

Pour des raisons de sécurité et à l'attention des différents intervenants, il est impératif de signaler le danger lié à la présence de deux sources de tension (photovoltaïque et réseau public de distribution) sur le site. Pour cela, des étiquettes portant les mentions.

- « Attention : présence de deux sources de tension - Photovoltaïque et réseau public de distribution » « isoler les deux sources avant toute intervention ». Ces étiquettes seront placées à proximité :
 - Du disjoncteur de branchement d'injection sur le réseau (prévision)
 - Du Disjoncteur de soutirage du réseau public de distribution (prévision)
 - Des onduleurs
 - De la charge
- « Ne pas ouvrir en charge » ou « ne pas déconnecter en charge » ces étiquettes seront placées à proximité du ou des sectionneurs et connecteurs

4. Normes et réglementations

L'entrepreneur devra observer le respect de l'ensemble des normes, règlements, Plus particulièrement, sans leur accorder un caractère limitatif, le titulaire du marché devra respecter les règlements, les normes et les guides ci-dessous :

La réglementation relative à ce type d'installation regroupe les points suivants :

- Protection du réseau : NFC 01 – 448
- Mise à la terre des générateurs : NFC 15 – 100
- Protection contre les risques incendie : NFC 15 – 100
- Compatibilité électromagnétique : NFC EN 61 – 000
- IEC 61683 : Systèmes photovoltaïques - Conditionneurs de puissance - Procédure de mesure du rendement
- IEC 60068-2 (1,2,14,30) : Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique

Normes relatives aux modules photovoltaïques

- IEC 61721 Ed. 1.0 Résistance d'un module photovoltaïque à une détérioration par impact accidentel
- Conducteurs et câbles NFC 15 104 à NFC 15106

Normes relatives à la protection des personnes

- IEC 61723: Guide de sécurité pour les systèmes PV raccordés au réseau montés sur les bâtiments
- Protection des biens et des personnes: NFC 15-100
- Guide de spécifications techniques relatives à la protection des personnes et biens (SER et l'ADEME)

Normes relatives à la protection contre la foudre et les surtensions

- NF C 17100 et ses additifs : Protection contre la foudre
- Protection des structures contre la foudre IEC 610241 & IEC 6102411
- Protection de surtension pour générateurs photovoltaïques IEC 61173
- Guide Foudre ADEME

Normes relatives au générateur dans sa globalité et règles de calculs des constructions

- IEC 61724 Ed. 1.0 Suivi des performances des systèmes photovoltaïques – guide pour la mesure,
- L'acquisition et l'échange des données
- Dispositifs photovoltaïques: partie 1 à 10 – IEC 609041 à IEC 6090410

- Alimentation sans interruption – NFC EN 50091

Norme française NF C 15.100 et ses additifs, concernant les installations électriques à basse tension.

- UTE C 57300: paramètres descriptifs d'un système photovoltaïques
- UTE C 57310: transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique
- CEI 603647712 : Installations électriques dans le bâtiment – Partie 7712 Règles pour les installations et emplacements spéciaux – Alimentations photovoltaïques solaires (PV) de production d'énergie – Guide
- DTU 43: Etanchéité des toitures (dans le cas d'une fixation des structures en toiture)
- UTE C18510
- Code du travail
- Règles NV 65: règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions
- Normes relatives au raccordement au réseau de distribution
- NF EN 61727: Systèmes photovoltaïques (PV) – Caractéristiques de l'interface de raccordement au réseau
- DIN VDE 0126: Spécifications du fonctionnement de l'onduleur (îlotage, fenêtre de tension et de fréquence, injection de courant continu) – Conditions de coupure de l'onduleur
- UTE C15400: Guide pratique décrivant les différents types de protection de découplage pour les groupes de production
- CEI 61000 (32): Compatibilité électromagnétique (CEM)
- C15-712: guide pratique installation photovoltaïque.

Cette liste n'est en aucun cas limitative.

5. Branchement au réseau (Possibilité de branchement)

Le Prestataire devra connecter la centrale photovoltaïque au réseau électrique interne du site. Il devra identifier l'emplacement optimal de l'armoire de connexion. Tous les frais en relation avec l'exécution et la réalisation de la connexion seront à la charge du Prestataire.

Le prestataire devra définir au mieux, la localisation du coffret de raccordement et réaliser la liaison entre le tableau de production et le coffret de raccordement avec la fourniture et pose du câble. Les sujétions et adaptations nécessaires et équipements annexes requis sont à la charge du Prestataire.

Le prestataire devra prendre en considération les différentes contraintes d'opération de l'installation électrique et de proposer une solution d'injection qui permettra la pénétration maximale de l'énergie produite dans les différentes conditions d'opération en relation avec

les sources d'énergies tout en respectant les contraintes relatives à la qualité et la sécurité de l'énergie.

6. Local technique

Le candidat devra communiquer dans son offre le lieu de mise en place du local technique dans l'ensemble des maison présentes sur site ou la construction d'un nouveau local. Tous les besoins requis pour le local technique à savoir la taille du local ainsi que les différents détails le concernant (ventilation, éclairage, détection incendie et toutes sujétions d'adaptation aux règlements en vigueur) avec report d'alarme et dans le local PCS (Poste de contrôle et de sécurité) doivent figurer dans son offre.

10. Essai et performances

Le Prestataire est amené à réaliser l'ensemble des essais et des tests conformément à l'IEC 62446 en collaboration avec les équipes techniques du Green Energy Park.

- Test à la livraison des modules :

Un échantillon de 2 modules photovoltaïques sera testé à sa livraison sur site afin de s'assurer de la qualité des modules livrés. Cet échantillon subira les tests suivants :

- Inspection Visuelle ;
- Inspection par Electroluminescence ;
- Inspection par thermographie infrarouge ;
- Détermination de la puissance maximale ;
- Traçage de la courbe IV.

- Test de réception :

Une série de tests telle que spécifiée au niveau de la norme IEC 62446 sera menée au niveau de l'installation photovoltaïque afin de s'assurer de la bonne installation du système en concertation avec le Maître d'Ouvrage. Ces tests seront composés de :

- Inspection visuelle de l'ensemble des modules et systèmes photovoltaïques et électriques installés ;
- Inspection par thermographie infrarouge de l'ensemble des installations électriques ;
- Traçage de la courbe IV par module et par chaîne ;
- Calcul du ratio de performance de l'installation photovoltaïque ;
- Continuité de la liaison équipotentielle ;
- Inspection de polarité des chaînes de modules photovoltaïques ;
- Mesure de la terre ;

- Essai de fonctionnement de l'installation.
- Les conditions suivantes doivent être respectées lors des tests de réception :
 - o Les essais doivent être effectués immédiatement après l'installation
 - o Les modules doivent être stabilisés (suffisamment exposés après 20 kWh / m² atteignant le plan PV)
 - o Les essais doivent être effectués dans des conditions météorologiques stables
 - o Les modules PV doivent être propres ou à défaut, les pertes de salissures doivent être calculées en avance
- La mise en service de la centrale photovoltaïque doit être conforme aux normes suivantes :
 - o CEI 62446
 - o CEI 61724
 - o Série CEI 60904
 - o CEI 61829
 - o CEI 62305-3
- Les équipements suivants doivent être utilisés pendant le processus de mise en service :
 - o Testeur de résistance de terre
 - o Traceur de courbe IV et testeur de strings PV
 - o Testeur d'isolement
 - o Multimètre numérique
 - o Pince ampèremétrique
 - o Caméra infrarouge
 - o luxmètre numérique
 - o Caméra électroluminescence, alimentation et accessoires

Tout l'équipement d'essai doit posséder un certificat d'étalonnage valide délivré par des laboratoires agréés

Le Titulaire devra fournir un rapport complet et détaillé des résultats des essais effectués

Annexe 1 : Bordereau des prix

| Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire | Prix total HT |
|---|-------|----------|---------------|---------------|
| Module Photovoltaïque | Wc | | | |
| Onduleurs PV | Unité | | | |
| Système de montage des panneaux PV | Lot | | | |
| Support de renforcement de la structure porteuse si nécessaire (Socles en béton armé,...) | Lot | | | |
| Unité de stockage d'énergie | Lot | | | |
| Boîtiers électriques | Lot | | | |
| Câbles AC | Lot | | | |
| Câbles DC | Lot | | | |
| Câbles de Mise à la terre | Lot | | | |
| Reliquat des Accessoires complémentaires | Lot | | | |
| Système de Supervision et connexion à la GTC | Lot | | | |
| Étude et plans | F | | | |
| Installation, formation et mise en service | F | | | |
| Possibilité de raccordement au réseau électrique | | | | |
| Total DH HT | | | | |
| TVA 20% | | | | |
| Total DH TTC | | | | |