

Spécification Minicentrales solaires

Configuration AC

Section IV. Cahier des Clauses techniques et plans

Table des matières

➤	Objectifs du Projet.....	6
1.	Informations contextuelles et objectifs globaux	6
2.	Exigences.....	6
➤	Description des installations et services à fournir par l'Entrepreneur.....	9
1.	Étendue des travaux.....	9
2.	Etendue et portée des prestations	10
3.	Modalités de fonctionnement	11
4.	Zone d'intervention du projet.....	14
➤	Spécifications techniques des fournitures et travaux	15
1.	Spécifications techniques des systèmes solaires photovoltaïques	15
1.1.	Généralité	15
1.1.1.	Conditions de fonctionnement	15
1.1.2.	Conditions climatiques de référence	15
1.1.3.	Qualité et origine du matériel	16
1.1.4.	Textes réglementaires - normes et textes de référence.....	16
1.1.4.1.	Textes réglementaires	16
1.1.4.2.	Normes relatives à la partie Générateur solaire	17
1.1.4.3.	Normes relatives aux onduleurs	18
1.1.4.4.	Normes relatives à la sécurité et la protection contre la foudre	19
1.1.4.5.	Batteries accumulateurs.....	19
1.1.4.6.	Local technique.....	20
1.1.4.7.	Protection des aciers par galvanisation à chaud des éléments extérieurs.....	20
1.1.4.8.	Autres normes.....	20
1.2.	Prescriptions techniques des installations et équipements	21
1.2.1.	Les modules photovoltaïques	21
1.2.1.1.	Typologie.....	21
1.2.1.2.	Certifications, homologations et règlements applicables	22
1.2.1.3.	Caractéristiques électriques	22
1.2.1.4.	Caractéristiques physiques.....	23
1.2.1.5.	Garanties.....	23
1.2.1.6.	Protections / accessoires.....	23
1.2.1.7.	Étiquetage	23
1.2.1.8.	Structure de support des modules solaires.....	24
1.2.1.9.	Assemblage des modules du générateur solaire.....	25
1.2.1.10.	Installation	26
1.2.1.10.1.	Implantation	26
1.2.1.10.2.	Dispositif de sécurité contre les vols des modules et marquage des modules	27
1.2.2.	Système de stockage de Batterie	28
1.2.2.1.	Caractéristiques des batteries	29
1.2.2.1.1.	Caractéristiques des cellules	30
1.2.2.1.2.	Caractéristiques du BMS "Battery Management System").....	31
1.2.2.1.3.	Caractéristiques du BMU "Battery Management Unit")	31
1.2.2.1.4.	Caractéristiques du EMS "Energy Management System").....	31
1.2.2.2.	Onduleurs.....	31
1.2.2.3.	Onduleurs PV	32
1.2.2.4.	Onduleurs chargeurs/ Bidirectionnels	34

1.2.3.	Câblages et Protection	37
1.2.3.1.	Câbles CC	37
1.2.3.2.	Câblages CA	38
1.2.3.3.	Câblage des onduleurs	39
1.2.3.4.	Mise à la terre	39
1.2.3.5.	Coffret de répartition DC	40
1.2.3.5.1.	<i>Coffret de jonction pour la mise en parallèle des strings</i>	40
1.2.3.5.2.	<i>Connecteurs DC</i>	41
1.2.3.5.3.	<i>Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique</i>	41
1.2.3.5.4.	<i>Signalisation</i>	42
1.2.4.	Détails du local technique de la centrale	42
1.2.4.1.	Généralités	42
1.2.4.2.	Détail d'implantation du local technique	43
1.2.4.3.	Détail d'implantation de l'abri du système à l'extérieur	44
2.	Spécifications techniques du local technique de la centrale	46
2.1.	Terrassement	46
2.2.	Fondations	47
2.3.	Ouvrages au sol	47
2.4.	Ouvrages en élévation	48
2.5.	Travaux divers	48
2.6.	Menuiserie métallique	48
2.7.	Electricité	48
2.8.	Qualité et provenance des matériaux utilisés	49
2.8.1.	Matériaux d'apport	49
2.8.2.	Gravier pour béton	49
2.8.3.	Sables pour bétons et mortiers	49
2.8.4.	Ciment	49
2.8.5.	Eau de gachage	49
2.8.6.	Peinture	50
2.9.	Sujétions travaux	50
2.10.	Dallage – qualité et mise en œuvre	51
2.11.	Nettoyage	51
➤	Fiches techniques	51
➤	Surveillance et contrôle à distance, enregistrement de données	64
1.	Compteurs	64
2.	Connexion	64
3.	Logiciel	65
➤	EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES (ES)	66

➤ Objectifs du Projet

1. Informations contextuelles et objectifs globaux

L'Etat a pour but de garantir l'approvisionnement en électricité des populations et des autres consommateurs, dans des conditions de sûreté et de prix compatibles avec la situation économique du pays, mais aussi d'accélérer l'électrification rurale.

L'objectif est de faciliter l'accès aux services électriques à des villages « très éloignés » des réseaux de distribution existants.

Pour garantir un service électrique fiable et suffisant afin de répondre aux besoins des populations, les mini-réseaux solaires photovoltaïques ont été sélectionnés pour fournir la solution la plus efficace en termes de coût et de performance. Les mini-réseaux doivent desservir un seul village, ou plusieurs villages (un « cluster » ou « groupement »).

L'équipement solaire doit être installé dans un abri (local technique, conteneur, outdoor...) sécurisé. Afin de simplifier la maintenance, et le fonctionnement des systèmes, les soumissionnaires sont invités à mettre en évidence la **modularité** de leurs propositions.

Le système de centrale solaire PV est destiné à alimenter différents usages domestiques et productifs (lampes, frigo-congérateurs, pompes à eau, autres moteurs etc.) à travers un réseau basse tension triphasé.

Les principaux consommateurs des villages sont les ménages.

Le système doit être dimensionné en fonction de la courbe de charge journalière du village. Sur cette base, l'entrepreneur doit préparer des plans d'exécution et le dimensionnement du système, pour approbation par le client.

2. Exigences

Le soumissionnaire retenu devra fournir les éléments suivants :

- a) Une conception détaillée pour tous les sites ; y compris tous les dessins détaillés civils et électriques requis pour la construction d'une installation photovoltaïque et réseau basse tension en tenant compte de l'existant. Les dessins doivent être approuvés par le client ;

-
- b) L'approvisionnement et la livraison de tous les composants des travaux y compris les pièces de rechange ;
 - c) Services d'installation :
 - i. Construction ;
 - ii. Protocole de test et de mise en service ;
 - iii. Garanties ;
 - iv. Réception finale des installations réalisées formation du personnel du Maître d'Ouvrage (MO) ;
 - v. etc.
 - d) Toute la documentation nécessaire (Manuels, dessins, spécifications techniques, etc.) imprimés et digital ;
 - e) Formation du futur personnel de maintenance et d'exploitation.

Les systèmes devront respecter les minimas techniques de l'ASER. Il est également encouragé à proposer plusieurs kits modulaires (petit village, village moyen, grand village, etc...).

Les soumissionnaires doivent être conscients qu'en raison des endroits éloignés, un transport et une logistique appropriés doit être organisé. Cela se reflète dans les horaires et plans. En outre, l'accès pendant la saison des pluies est sévèrement limité, et les soumissionnaires doivent planifier pour cela.

La sécurité des travaux de construction et le produit final doivent être pris en considération. La sécurité comprend la protection contre le vol et contre les dommages physiques. Une clôture périmétrique, un conteneur ou système conçu pour l'extérieur sécurisé et un système d'alarme doivent être conçus.

NB : le transfert de compétence et de connaissance pour l'exploitant de ces centrales sera à la charge de l'entrepreneur.

La surveillance à distance des centrales photovoltaïques par un réseau de données (cellulaire / radio) est nécessaire.

f) Sous-traitants/fabricants

Le soumissionnaire doit présenter l'autorisation du fabricant pour tous les articles importants et les Certificats de compatibilité entre Onduleurs chargeurs et Batteries.

Les sous-traitants et/ou fabricants de composants importants suivants doivent satisfaire aux exigences minimales contenues dans le tableau ci-après. Le non-respect de celles-ci entraînera le rejet de l'offre :

Article No.	Description	Critère minimum à satisfaire
1	1. Modules photovoltaïques ; 2. Onduleurs PV et chargeurs ; 3. Batteries ; 4. Shelter 5. Disjoncteurs 6. Parafoudres 7. Boîte de distribution LV	5 ans dans le domaine concerné Spécifique : Module : • Capacité de production > 1,5 GWc /an • Certificats d'essai de type délivré par un laboratoire indépendant reconnu ; • Certificats ISO 9001 : 2015, 14001 et 45001 : 2018 Onduleurs : • Capacité de production > 1,5 GW/an • Certificats d'essai de type délivré par un laboratoire indépendant reconnu ; • Le fournisseur doit avoir une représentation locale ou en Afrique Batterie • Capacité de production > 2 GWh/an • Certificats d'essai de type délivré par un laboratoire indépendant reconnu ; • Le fournisseur doit avoir une représentation locale ou en Afrique
2	Travaux d'installation (centrales PV)	Au moins 01 projet similaire au cours des dix dernières années avec du personnel satisfaisant les exigences du point 4 relatif au personnel du DAO et du matériel/équipements en nombre suffisant selon le point 5 du DAO.

g) Pièces de rechange et outils spéciaux

Le soumissionnaire doit soumettre une liste des pièces détachées recommandées et des outils spéciaux pour l'usine proposée. Cette liste doit inclure toutes les exigences relatives aux pièces

détachées, telles que définies par une loi ou un règlement local, conformément aux bonnes pratiques. Le soumissionnaire doit fournir une liste de pièces détachées, détaillant les pièces détachées individuelles et le nombre de pièces détachées.

Au minimum, la liste doit inclure ce qui suit :

- Nombre de modules de rechange recommandé sur place ;
- Nombre de fusibles de rechange, de disjoncteurs et de déconnexions ;
- Identification des pièces de rechange pour onduleurs, transformateurs et autres équipements du système de conditionnement de puissance ;
- Autres pièces détachées et outils spéciaux recommandés.

Le soumissionnaire doit spécifier la façon dont les quantités recommandées de pièces de rechange ont été développées et la disponibilité partielle de l'installation avec l'inventaire de pièces détachées recommandé. L'âge usé annuel prévu doit être indiqué pour les remplacements programmés et non programmés.

Pendant la période de garantie, les pièces et les fournitures étant utilisées à partir de l'inventaire, elles seront remplacées par le soumissionnaire sans frais pour le client. En outre, si, au cours de la période de garantie, une modification du niveau de pièces de rechange entretenu est requise pour maintenir le niveau de disponibilité garanti, l'inventaire des pièces de rechange doit être révisé, sans frais pour le Client.

h) Réception d'usine

Tous les équipements majeurs (modules PV, les onduleurs PV et onduleurs chargeurs, batteries, etc.) seront réceptionnés en usine en présence de deux représentants du client et ce à la charge de l'attributaire (Prise en charge Billet, Hébergement, Transport intérieur). Tout matériel non conforme sera rejeté et devra être remplacé dans les délais ;

➤ Description des installations et services à fournir par l'Entrepreneur

1. Étendue des travaux

Le présent projet consiste essentiellement à l'installation de plusieurs mini-réseaux solaires photovoltaïques.

Ces villages sont situés dans les régions administratives du Sénégal.

Il mettra l'accent sur l'acquisition productive de l'énergie dans les villages, le renforcement des capacités des centrales existantes ainsi que leurs réhabilitations pour garantir la croissance et réduire la pauvreté.

2. Etendue et portée des prestations

Les prestations consisteront à mettre en œuvre les solutions techniques dans les localités cibles du projet, y compris toutes sujétions des équipements nécessaires à l'électrification, définies ci-après :

- i) Installation de minicentrales solaires photovoltaïques :

Les mini-réseaux solaires photovoltaïques auront les caractéristiques suivantes :

- Un champ photovoltaïque ;
 - Des onduleurs PV;
 - Des onduleurs sinus réversible (onduleur/régulateur/chargeur) (à mettre en association pour avoir un système triphasé);
 - Une capacité de stockage avec des batteries lithium-Fer-Phosphate (LFP) (compatible avec le système de gestion d'énergie) ;
 - Un système de couplage avec une autre source d'énergie ;
 - Local technique en solution conteneurisée ou en Génie Civil abritant les équipements électriques ;
- ☞ Une solution technique mettant en jeu des minicentrales solaires photovoltaïques autonomes couplé avec le réseau BT , elle devra admettre l'option hybridation avec d'autres sources d'énergies renouvelables, ainsi que les équipements de contrôle-commande associés. Les batteries utilisant la technologie lithium-Fer-Phosphate (LFP) seront installées dans le cadre de ce projet.
- ☞ L'architecture électrique retenue pour les systèmes solaires photovoltaïques sera réalisée selon un couplage des différentes sources de production et de stockage (couplage mixte).

La conception de ces systèmes solaires photovoltaïques (autonomes avec batteries ou en hybridation avec des sources d'Energies Renouvelables) doit être guidée par la volonté de définir une solution technique simple et robuste utilisant des équipements adaptés aux projets d'électrification en zone rurale au Sénégal et permettant une exploitation fiable, continue et sécurisée pour le personnel d'exploitation.

Les centrales seront conçues pour assurer un service électrique continu (24h/24) **avec une priorité de marche au champ solaire**. Le champ PV sera en permanence exploité à son point de puissance maximale.

Cette configuration permettra aussi d'assurer l'alimentation de la localité dans le cas où la centrale PV et/ou le parc batteries seraient hors service. Par ailleurs, les systèmes peuvent permettre l'hybridation avec d'autre source d'énergie (générateur électrique...) pour satisfaire les besoins additionnels du village afin d'éviter des délestages.

Cette configuration permettra aussi d'assurer l'alimentation de la localité dans le cas où la centrale PV et/ou le parc batteries seraient hors service (pour cause de maintenance ou tout autre problème technique).

3. Modalités de fonctionnement

Le basculement d'une source à l'autre (PV, Batterie, autre source alternative) sera automatisé. Tous les modes de fonctionnement seront visualisés sur le pupitre de commande.

Le scénario de fonctionnement des centrales retenu dans le cadre de cette étude est le suivant :

- ☑ Le champ solaire constitue la source principale de production d'énergie de la centrale durant la journée. Le surplus de production permettra de charger les batteries par l'intermédiaire d'onduleurs chargeurs bidirectionnels et/ou de régulateurs MPPT (uniquement pour un couplage mixte) ;
- ☑ La demande nocturne est satisfaite par le parc de batteries par l'intermédiaire des onduleurs chargeurs qui assurent la conversion du CC en CA ou d'autres sources d'énergies renouvelables si le niveau de charge de la batterie est trop faible. Le parc de batterie doit servir également à compenser les fluctuations temporaires de la charge et de la production PV en journée lors de passage nuageux ;
- ☑ Une séquence de charge d'égalisation complète des batteries devra être programmée suivant une périodicité à définir (tous les 15 jours ou une fois par mois) ;
- ☑ Possibilité de **surveillance et contrôle** à distance via réseau cellulaire

N.B :

- ☑ En cas de mauvaises conditions d'ensoleillement, l'installation devra permettre l'utilisation d'une source d'énergie alternative pour couvrir les besoins domestiques pendant la journée et ils devront permettre également de recharger le parc de batteries ;

Figure 1.a – Exemple de Plan d'aménagement du local conteneurisé pour centrale

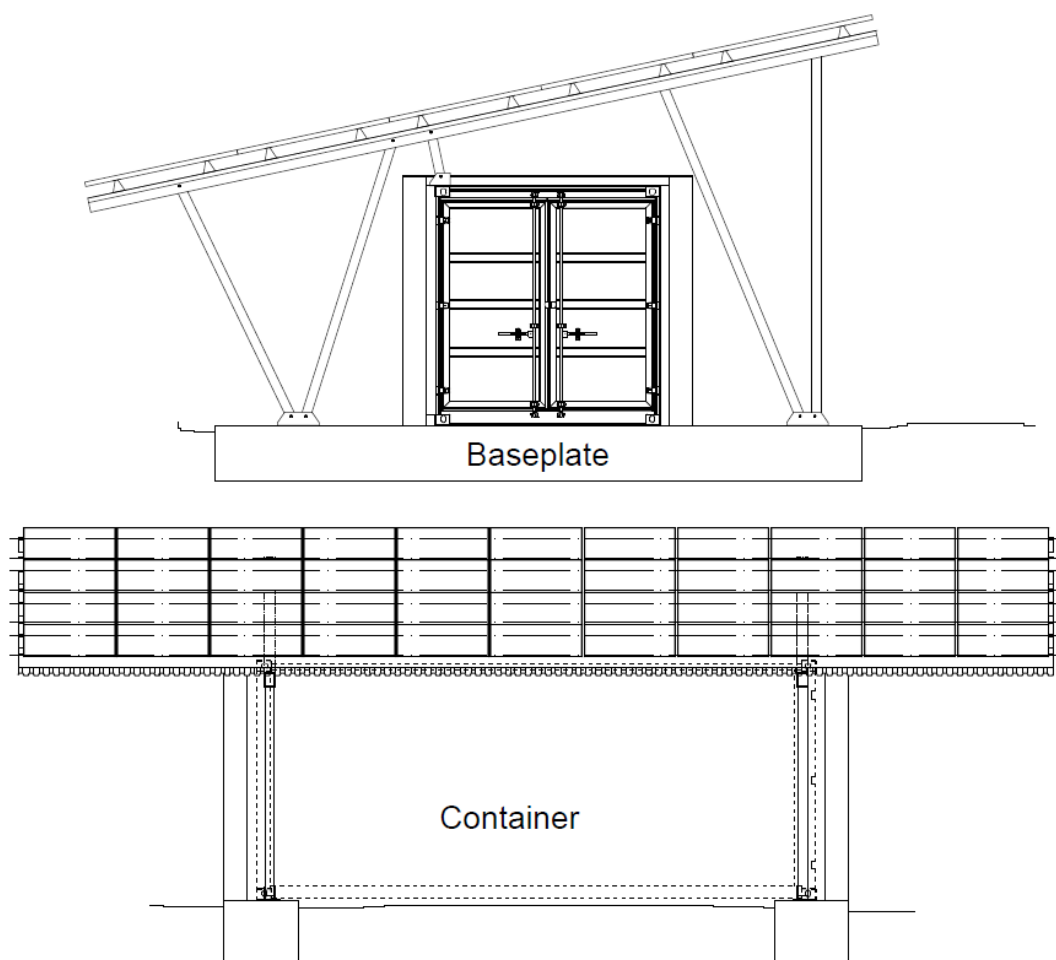


Figure 1.b - Croquis d'une construction de la centrale (à titre indicatif). Des concepts alternatifs sont possibles à condition de satisfaire aux exigences techniques

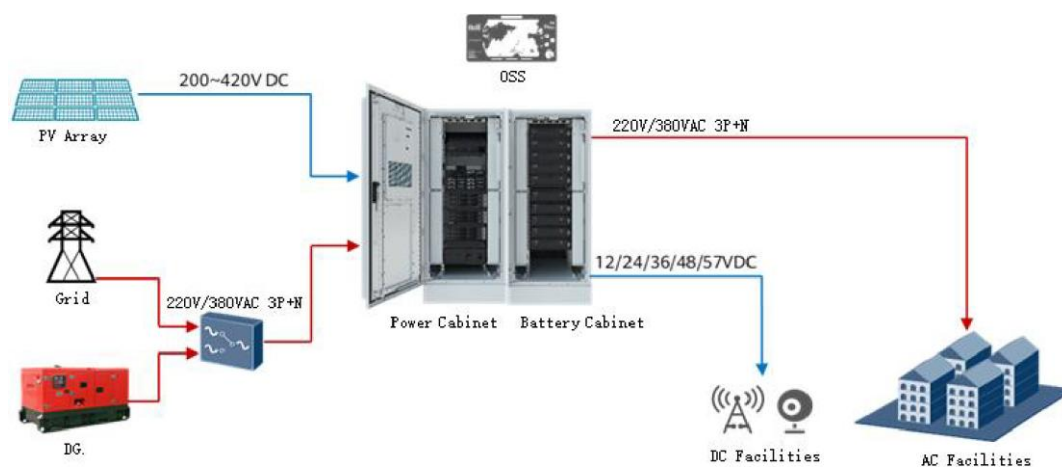


Figure 1.c – Exemple de diagramme

Voir les spécifications techniques pertinentes dans ce dossier, qui ont préséance sur la description générale.

Les études PV ainsi que leur mise à jour seront réalisées par l'entrepreneur.

Quelle que soit la nature du matériel proposé, les critères suivants devront être pris en compte :

- ☞ Simplicité de la conception et de l'installation ;
- ☞ Fiabilité des équipements ;
- ☞ Optimisation des conditions d'exploitation, d'entretien et de maintenance pour tenir compte des conditions climatiques rudes (humidité relative pouvant atteindre 90% et des températures atteignant 50 °C par endroits) ;
- ☞ Coût d'exploitation et d'entretien du matériel réduits ;
- ☞ Standardisation du matériel.

4. Zone d'intervention du projet

Localités prévues au niveau de la stratégie d'achèvement d'accès universel à l'électricité.

➤ **Spécifications techniques des fournitures et travaux**

Les présentes spécifications techniques définissent qualitativement et quantitativement l'ensemble des équipements des systèmes solaires photovoltaïques (autonomes avec batteries) à mettre en œuvre en site isolé en vue de délivrer un service électrique continu et fiable dans les localités ciblées par le projet. Ces spécifications demeurent les références de base qui doivent être nécessairement respectées par les soumissionnaires qui, dans le cas d'une amélioration technique ou économique de l'installation, peuvent soumettre des solutions alternatives (variantes) qui pourraient être étudiées et éventuellement retenues par le maître d'ouvrage. En cas de divergence entre les présentes spécifications et les normes applicables, ces dernières prévalent.

1. Spécifications techniques des systèmes solaires photovoltaïques

1.1. Généralité

1.1.1. Conditions de fonctionnement

Les équipements demandés sont prévus pour être installés dans des lieux isolés disposant de peu de personnel qualifié dans les domaines mécanique et électrique. Du matériel résistant, fiable, bénéficiant de solides références est donc exigé, tant pour les composants principaux que pour les accessoires de montage et les pièces de rechange afin de requérir la maintenance la plus réduite possible et de résister à la corrosion et aux dégradations à long terme.

1.1.2. Conditions climatiques de référence

La conception électrique de chaque centrale doit être considérée au cas par cas, car chaque site présente ses spécificités. Ainsi, en vue de faciliter la comparaison des propositions des soumissionnaires, les conditions qui portent sur les caractéristiques climatiques qui ont été prises en compte pour le dimensionnement de chaque centrale projetée ont été fournies par le site PVGIS : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa&lang=fr>.

Les équipements proposés par les soumissionnaires devront délivrer l'énergie journalière indiquée dans les conditions climatiques spécifiques pour chaque site.

1.1.3. Qualité et origine du matériel

Tous les matériaux, équipements et accessoires divers utilisés dans les installations doivent être neufs et de première qualité. Tout matériel mis en œuvre devra avoir fait l'objet d'un accord préalable explicite du maître d'ouvrage.

Dans le cas contraire, le maître d'ouvrage se réserve le droit de rejeter les équipements concernés avec application de pénalités si cela génère un retard dans le déroulement de l'opération. Ces pénalités seront équivalentes aux pertes occasionnées. Toutefois, si après acheminement et installation des équipements, des pannes récurrentes d'équipements (10 % en moyenne après deux contrôles) sont constatées durant les six premiers mois, le maître d'ouvrage se réservera alors le droit de rejeter les équipements défectueux avec application des mêmes pénalités susmentionnées, si cela génère un retard dans le déroulement des opérations (de l'ordre de plus de deux semaines).

1.1.4. Textes réglementaires - normes et textes de référence

La conception, les matériaux et la qualité de fabrication des équipements devront être en conformité, avec les normes et recommandations nationales ou internationales les plus récentes des différents organismes suivants : ASN (Association Sénégalaise de Normalisation), CEI (Commission Electrotechnique Internationale), AFNOR (Association Française de Normalisation), ISO (Organisation Internationale de Normalisation), DIN (Deutsches Institut für Normung), BSI (British Standards Institute), ou toutes normes équivalentes à celles précitées. Dans tous les documents techniques, il ne sera utilisé que les unités de mesure du système international (SI).

Les documents émis par ces organismes pourront aussi servir de référence en l'absence de spécifications détaillées précises dans le dossier de consultation. Les fiches techniques des équipements ne pourront être qu'en langue Française, dans le cas contraire, une traduction conforme doit être jointe à la soumission.

Une énumération non-exhaustive de la réglementation sur les installations photovoltaïques qui doit être respectée est exposée ci-dessous. Tout autre texte applicable ou admis en équivalence pourra servir de référence.

1.1.4.1. Textes réglementaires

✂ le décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 et ses arrêtés pour la protection des travailleurs qui mettent en œuvre des courants électriques,

-
- ✎ le décret n° 92-587 du 26 juin 1997 relatif à la compatibilité électromagnétique des appareils électriques et électroniques,
 - ✎ la circulaire DRT 89-2, 6 février 1989 modifiée le. 29 juillet 1994 - Application du décret 88-1056,
 - ✎ les règlements de sécurité contre l'incendie dans les établissements recevant du public et/ou des travailleurs.

1.1.4.2. Normes relatives à la partie Générateur solaire

- ✎ 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 15-712 – 2 (février 2008) : Installation électriques à Basse tension – Guide pratique Installations photovoltaïques ;
- ✎ NF EN 61173 (février 1995) : protection contre les surtensions des systèmes photovoltaïques (PV) de production d'énergie – Guide ;
- ✎ DIN VDE 0126 (février 2006) : Spécifications du fonctionnement de l'onduleur (îlotage, fenêtre de tension et de fréquence, injection de courant continu) – Conditions de coupure de l'onduleur ;
- ✎ CEI 61 215: Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation ;
- ✎ CEI 61 730 1-2 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) ; Partie 1: Exigences pour la construction -Partie 2: Exigences pour les essais
- ✎ CEI 60904-1(Dispositifs photovoltaïques : Mesure des caractéristiques courant –tension des dispositifs photovoltaïques);
- ✎ CEI 60364-4-41 : Protection contre les chocs électriques ;
- ✎ CEI 61853-1 : Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) ;
- ✎ CEI 61215 (Modules photovoltaïques au silicium cristallin pour application terrestre : qualification de la conception et homologation) ;
- ✎ CEI 61730-1 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 1: Exigences pour la construction ;

-
- ☞ NF EN 61730-2 Août 2007 : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 2 : exigences pour les essais ;
 - ☞ CEI 60904-3 : Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence (STC) ;
 - ☞ CEI 60891 ; CEI 60904 ; CEI 61345 ; CEI 61701 ; CEI 61721 ; EN 50380 (Spécifications particulières et informations sur les plaques de constructeur pour les modules photovoltaïques) ;
 - ☞ NF EN 50521 : Connecteurs pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais ;
 - ☞ UTE C 15-400 Guide pratique – Raccordement des générateurs d'énergie électrique dans les installations alimentées par un réseau public de distribution ;
 - ☞ DIN VDE 0126-1-1 Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension ;
 - ☞ ADEME Guide ADEME (2007) : Systèmes photovoltaïques raccordés au réseau – Guide de rédaction du cahier des charges techniques de consultation à destination du maître d'ouvrage.

1.1.4.3. Normes relatives aux onduleurs

- ☞ CEI 62109-1 et 2 : 2011-2012 : Sécurité des convertisseurs de puissance pour les systèmes photovoltaïques. ;
- ☞ CEI 62116 : 2008 Mesures de prévention de l'îlotage pour les onduleurs photovoltaïques utilitaires interconnectées ;
- ☞ EN 55022 : 2006 Équipement de technologie de l'information. Caractéristiques des perturbations radio. Limites et méthodes de mesure ;
- ☞ EN 50178 : 1997 Équipement électronique utilisé dans les installations électriques.
- ☞ CEI 61683 : 1999 Systèmes photovoltaïques – Climatiseurs - Procédure de mesure de l'efficacité ;
- ☞ CEI 61000-3-2-, CEI 61000-3-3 et CEI 61000-3-4 : qualité du courant en sortie de l'onduleur - Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2 : limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils inférieur ou égal à 16 A par phase).

1.1.4.4. Normes relatives à la sécurité et la protection contre la foudre

- ☞ NF C 15-100 (décembre 2002) : installations électriques à basse tension ;
- ☞ UTE C 18 510 (novembre 1988, mise à jour 1991) : recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique ;
- ☞ Guide d'utilisation UTEC 15-443 (2004) : Choix et mise en œuvre de parafoudres basse tension ;
- ☞ NF C 17-100 (décembre 1997) : protection contre la foudre – installation de paratonnerres : Règles ;
- ☞ NF C 17-102 (juillet 1997) : protection contre la foudre – protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage tension : Règles ;
- ☞ NF EN 61643-11 (2002) : parafoudres basse tension connectés aux systèmes de distribution basse tension ;
- ☞ NF EN 60269-1-6 : Fusibles basse tension - Partie 6 : Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque ;
- ☞ NF EN 50539-11 (C 61-739-11) : Parafoudres basse tension - Parafoudres pour applications spécifiques incluant le courant continu - Partie 11 : Exigences et essais pour parafoudres connectés aux installations photovoltaïques ;
- ☞ NF EN 62305-1 (C 17-100-1) : Protection contre la foudre - Partie 1 : Principes généraux ;
- ☞ NF EN 62305-2 (C 17-100-2) : Protection contre la foudre - Partie 2 : Évaluation du risque ;
- ☞ NF EN 62305-3 (C 17-100-3) : Protection contre la foudre - Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains.
- ☞ NF EN 61557 (C 42-198-) : Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 V c.a. et 1 500 V C.C. Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection.

1.1.4.5. Batteries accumulateurs

- ☞ Forme du marquage : CEI 417
- ☞ EN 60086-4 – Sécurité des batteries au lithium
- ☞ IEC 62133 – Exigences de sécurité pour les cellules secondaires, scellées et portables
- ☞ – EN 61960 – Spécifie les tests de performance, les désignations, les marquages, les dimensions et autres exigences pour les batteries au lithium

-
- ✎ Le niveau de Sécurité conformément à la norme EN 50272-2 ou similaire doit être garanti ;
 - ✎ CEI 60896-1 ; CEI 60896-2 ;
 - ✎ IEC 62620 : Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Éléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour utilisation dans les applications industrielles.

1.1.4.6. Local technique

- ✎ ISO 668 ;
- ✎ NF 90 - OO5 ;
- ✎ NF ISO 1496 -1 (ISO 8323).

1.1.4.7. Protection des aciers par galvanisation à chaud des éléments extérieurs

La protection contre la corrosion, par galvanisation à chaud de produits finis doit être conforme à la norme NF EN ISO 1461. Une attestation de conformité aux prescriptions de cette norme devra être fournie.

Conception des pièces :

La conception et la réalisation des pièces métalliques devront être en conformité avec la norme NF EN ISO 14713 qui précise les précautions nécessaires pour satisfaire une bonne qualité de galvanisation.

Exigences particulières concernant les aciers :

Les aciers étant destinés à la galvanisation, les teneurs en silicium et phosphore devront être conformes à la classe 1 de la norme NF A 35-503.

Un certificat de réception selon la norme NF EN 10204, lors de la livraison des aciers, confirmera le respect de la présente exigence particulière.

1.1.4.8. Autres normes

- ✎ Appareillages d'Installation NF C 61 100 à NF C 61 920
- ✎ Matériel de pose NF C 68 091 0 NF C 68 381
- ✎ Appareils d'éclairage NF C 71 000 0 à NF C 71 022

Le fait que toutes les réglementations ne soient pas rappelées ici ne dispense pas l'entrepreneur de s'y conformer. Il devra donc faire part de ses remarques éventuelles sur la conception du dossier avant la signature de son marché. Dans le cas où de nouveaux règlements entreraient en vigueur au cours des travaux, l'entreprise sera tenue d'en référer par écrit au Maître d'Ouvrage.

1.2. Prescriptions techniques des installations et équipements

Les installations des équipements seront effectuées selon les règles de l'art, conformément aux normes en vigueur. Il sera notamment porté une attention particulière à la protection :

- des matériels et équipements contre toute détérioration éventuelle due à des causes extérieures telles que les intempéries (vent, pluie), la foudre etc. ;
- contre toute fausse manœuvre éventuelle de l'utilisateur ou contre tout défaut de fonctionnement inopiné qui pourrait entraîner une détérioration prématurée et/ou irréversible des équipements tels que court-circuit, inversion de polarité, déconnexion batteries, etc.;
- des usagers contre tout risque d'électrocution ou autre risque d'origine accidentelle, en particulier dû à la batterie ou à l'onduleur ;
- des shelters contre tout risque d'incendie accidentel dû à des défauts de fonctionnement des équipements ou de protection de l'installation.

1.2.1. Les modules photovoltaïques

Dans le cadre de ce projet, il est prévu d'installer des mini-centrales solaires de 25 kWc couplés avec le réseau basse tension existant permettant de garantir un service électrique en qualité et en quantité suffisante.

1.2.1.1. Typologie

Le générateur ou le champ photovoltaïque est constitué d'un lot de modules photovoltaïques d'encapsulation bi-verre ou verre/teflon et interconnectés en série et en parallèle, et éventuellement regroupés en sous-champs ; ces modules seront en silicium mono- ou polycristallin dotés de diodes parallèles de protection. Cette technologie présente les avantages que sont un meilleur rendement de conversion, une maturité technologique supérieure, une plus grande diversité de fabricants, mais également une densité de puissance supérieure (Wc/m^2) qui se révèle particulièrement importante pour la réduction de la surface de terrain nécessaire pour les champs solaires. Les systèmes comportant des générateurs photovoltaïques au silicium amorphe ou autres couches minces de même que ceux avec une hétérojonction à couche mince intrinsèque (HIT) sont exclus. Les modules d'un même champ seront de même catégorie, identiques et interchangeables, c'est-à-dire de même

puissance nominale et de mêmes dimensions. L'association de modules de types ou de puissances différentes au sein d'un même générateur est proscrite.

Les cadres des modules seront fabriqués en Aluminium anodisé d'une largeur minimale (frame) de 35 mm pour garantir une résistance mécanique élevée. La marque des modules PV doit être mondialement reconnue.

1.2.1.2. Certifications, homologations et règlements applicables

Tous les modules seront certifiés et autorisés selon les normes (VDE, IEC, and CE) CEI 61853-1, 62804, 61730 et 61215 éd.2, brouillard salin : IEC61701, ammoniac : IEC 62716, tempête de sable : IEC60068, CE, charge de vent. Ils devront correspondre à la classe de protection électrique II, ainsi qu'aux directives CE. Par ailleurs, les modules choisis devront être soumis à un minimum de tests par un laboratoire indépendant selon IEC 17025 pour la qualité et la durabilité des modules PV et les rapports de tests devront être fournis par les soumissionnaires :

- Flash test des modules (puissance STC)
- Test de performance à faible irradiation (100 à 700 W/m²)
- Test d'électroluminescence et de thermographie
- Test de Dégradation Induite Potentielle (PID),
- Test de Dégradation Induite par la Lumière. (« Light induced degradation » LID)
- Test d'isolation électrique (« Equipment Grounding Conductor » EGC)

De plus, il est également recommandé que le fabricant fournisse le rapport de test pour :

- Test d'adhésion de la couche EVA (éthylène-acétate de vinyle- « peel test »)
- Test de contenu en gel de la couche EVA. L'homologation de type doit être certifiée par un rapport d'essai effectué par un laboratoire d'essais accrédité et conduit conformément à la procédure IECQ QC 001002.

1.2.1.3. Caractéristiques électriques

La puissance unitaire crête des modules ne sera pas inférieure à 595 Wc. Les modules photovoltaïques seront de type 144 cellules. La tolérance de mesure des valeurs obtenues des données électriques des modules par rapport à celles obtenues sous les conditions standards

de mesure (1000 W/m^2 / masse d'air 1,5 spectre/ température de cellule 25°C) n'excédera pas 3 %. Chaque module disposera en face arrière d'un boîtier de connexion (avec un couvercle) étanche IP 67 selon IEC 60529 permettant le passage des câbles par deux presse-étoupe. Les bornes des boîtiers de raccordement seront en nombre suffisant pour permettre les câblages nécessaires pour les arrangements série. La polarité des bornes sera clairement identifiée en bas-relief ou par des peintures indélébiles. Chaque boîte comprendra obligatoirement deux diodes by-pass (diode de dérivation) de protection du module. La tension maximale admissible (VDC) sera de 1000 V et le coefficient de température par rapport à la valeur de la puissance Pick devra être inférieur à $-0,45\% / ^\circ\text{C}$, pour assurer un bon rendement des modules sous les conditions du site. Le rendement minimal des panneaux devra de 22%.

Avant la livraison, le fournisseur remet au Maître d'Ouvrage un tableau avec le résultat des « flash test » de chaque module en format électronique.

1.2.1.4. Caractéristiques physiques

Tous les modules approvisionnés seront neufs. Les modules présentant des défauts de fabrication tels que ruptures, tâches, mauvais alignement des cellules, ampoules dans le film encapsulant les cellules en silicium, etc. ne seront pas acceptés. Le film encapsulant des cellules sera constitué d'un matériau résistant aux rayonnements UV. Les modules devront résister à une charge maximale de pression / dépression de $5\,400 \text{ N/m}^2$ (selon IEC 61215).

1.2.1.5. Garanties

Les modules feront l'objet d'une garantie. Il est recommandé une garantie de 12 ans avec une durée de vie de 25 ans, la garantie d'atténuation linéaire de 25 ans,

La puissance des modules devra être garantie à 90% au minimum de sa puissance nominale au bout de 10 ans et, 80% au bout de 25 ans.

1.2.1.6. Protections / accessoires

Les contacts à l'intérieur des boîtes de connexion seront protégés par de la silicone. Les boîtes seront équipées de connecteurs rapides de types MC4, pour permettre une installation facile. L'isolation des modules sera conforme à la classe II de protection électrique.

1.2.1.7. Étiquetage

Chaque panneau sera muni d'un identifiant clairement visible portant le nom, le modèle du panneau et une identification visuelle ou un numéro de série qui permettent la traçabilité de la

date de fabrication. Chaque module PV doit être muni d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations ci-après :

- nom, monogramme ou symbole du fabricant ;
- numéro ou référence du module ;
- Dimensions du module et du verre ;
- Poids du module ;
- puissance-crête (W_c) ;
- courant de court-circuit (A) ;
- tension de circuit ouvert (V) sous les conditions STC (conditions de tests standard) ;
- tension maximale admissible de système pour lequel le module est adéquat ;
- classe de protection ;
- numéro de série.

1.2.1.8. Structure de support des modules solaires

Cette structure doit assurer la stabilité et la fixation correcte des modules durant toute la durée de vie utile de la centrale tout en évitant les légères courbures du cadre des modules. Toutes les pièces constitutives des supports de modules devront être réalisées dans des matériaux résistants à la corrosion (aluminium anodisé ou acier galvanisé à chaud, etc.). Le cadre des modules photovoltaïques est de type aluminium anodisé, extrudé. La hauteur du profilé devra être supérieure ou égale à 35mm ; sinon le constructeur devra justifier la tenue mécanique du cadre par un rapport de test effectué par un organisme indépendant (test de fatigue).

Le cadre doit être conçu de manière à permettre l'évacuation de l'eau qui pourrait se trouver dans les éventuelles chambres du profilé et dans chaque coin, au niveau de la partie inférieure du profilé.

Le cadre comprend des orifices permettant le raccordement pour la mise à la terre.

Tout risque de corrosion par couple électrolytique devra être supprimé. Toutes les pièces en acier galvanisé à installer seront réalisées en acier galvanisé à chaud ; la galvanisation étant réalisée après toutes les opérations d'usinage et de soudures nécessaires à la réalisation des pièces. Les matériaux constitutifs des supports de modules PV doivent être capables de résister à 30 ans d'exposition extérieure sans corrosion ou fatigue notables. Les traitements

anticorrosion mis en œuvre doivent être décrits. Toute la visserie utilisée sera également inoxydable.

Ces structures seront renforcées conformément aux dispositifs antivols listés au point III.1.2.1.10.2.

Les points bas des modules devront être placés à une hauteur minimum de 75 cm par rapport au sol. La structure de support doit être dimensionnée de façon à permettre le nettoyage des modules solaires sur la partie haute sans difficultés en fonction de la hauteur du champ.

L'inclinaison du plan des modules sera de 15° par rapport à l'horizontale et son orientation sera plein sud (sud géographique) et non modifiable par l'utilisateur. Le champ photovoltaïque sera totalement hors de portée de toute ombre sur la période de 8h à 17h de la journée à la latitude du site considéré.

Une configuration Est-Ouest pourra être proposée, cependant une note de calculs détaillée devra être fournie.

La structure support et son système d'ancrage devront garantir la résistance de l'ensemble (modules + structures supports) à des vents de 150 km/h et elle devra être justifiée par une note de calcul.

Les systèmes de fixations (écrous, boulons, rondelles, supports) seront en matériau inoxydables. Une attention particulière sera portée sur ces systèmes de fixations de manière à ne pas créer d'effet électrolytique entre systèmes de fixation et structure support.

Pour pallier au risque d'ensablement aux alentours immédiats du générateur, les massifs en béton armé supportant les structures auront une élévation minimale de 20 cm au-dessus du sol.

Des conditions spécifiques d'agression marine (vents salins) doivent être prises en compte pour toutes les centrales solaires photovoltaïques susceptibles d'être installées dans les régions côtières du Sénégal.

1.2.1.9. Assemblage des modules du générateur solaire

Les modules seront interconnectés entre eux de façon à obtenir plusieurs chaînes (ou strings) constituant le champ PV tout en veillant à limiter les longueurs de câbles d'interconnexions et les pertes électriques associées. Le schéma de raccordement des modules déterminera les gammes de courants et tensions dans les chaînes et aux bornes des entrées de l'onduleur PV.

Les tensions et courant des chaînes devront être compatibles avec les plages de tension et de courant d'entrée des onduleurs PV auxquels elles sont raccordées.

Si les modules sont installés verticalement, la boîte de connexion devra se situer dans la partie haute. La longueur des liaisons prévue entre modules devra permettre de réaliser un câblage en goutte d'eau.

Si les modules sont installés horizontalement les sorties des câbles de branches se feront sur la partie « basse » de la boîte de connexion, le presse étoupe supérieur de la boîte de connexion « haute » (le plus exposé aux intempéries) sera obstrué. En fonction de la taille du générateur, le regroupement pourra se faire dans un ou plusieurs cadres.

Pour réduire les pertes de performances énergétiques du champ photovoltaïque, toutes les chaînes susceptibles d'être mises en parallèle doivent être constituées :

- ☑ d'un nombre de modules en série identique ;
- ☑ de modules de puissance nominale identique et de même technologie, exposés aux mêmes conditions d'ensoleillement (orientation et inclinaison).

1.2.1.10. Installation

1.2.1.10.1. Implantation

Le champ de modules photovoltaïques sera implanté sur le périmètre défini lors de la visite de site et qui se trouve indiqué sur le PV signé entre le maire et le chef de village. Ce périmètre fera l'objet de délibération de terrain par le conseil municipal. La configuration des modules (à savoir, en paysage ou portrait) et le mode de raccordement des chaînes entre elles auront également un impact sur la manière dont le système subit les effets d'ombrage au niveau électrique. Des modules installés en configuration paysage enregistreront généralement des pertes d'ombrage au niveau électrique moindres qu'un système configuré en portrait, les diodes étant généralement connectées sur la longueur d'un module. Ainsi l'écartement entre les rangs doit être choisi de telle sorte que l'ombrage porté par les rangées et les pertes associées à celui-ci soient réduits. Sur chaque site, le lieu d'implantation des modules doit être choisi de telle sorte qu'aucune ombre ne soit portée sur eux entre 90 mn après le lever du soleil et 90 mn avant le coucher du soleil, le terrain doit être plat et non inondable.

NB : Des paratonnerres reliés à chaque structure de support seront prévus lors des installations.

L'adjudicataire fournira le plan d'implantation des modules PV faisant figurer chaque structure de support. Il sera constitué de tables PV inclinées à 15° plein sud avec une tolérance de $\pm 2^\circ$ et fixées sur supports métalliques ancrés dans des semelles en béton armé ou vissés. Il sera soumis aux conditions climatiques définies au point II.2.2.

1.2.1.10.2. Dispositif de sécurité contre les vols des modules et marquage des modules

En raison des vols de modules qui ont atteint un niveau alarmant dans la plupart des pays sahéliens, risquant de compromettre sérieusement l'option d'utilisation de la technologie solaire PV au Sahel, une attention particulière est accordée à la mise en place de dispositifs contre les vols de modules et autres composants solaires. Aussi, il est fait obligation aux soumissionnaires de se conformer strictement aux exigences minimales suivantes :

- marquage des modules (indiquant Pays, Référence du projet, Bailleurs de fonds, Numéro de série et date), le marquage sera indélébile ou/et inamovible ;
- mise en place de visserie antivol avec protection complémentaire en résine (colle à deux composants) synthétique ;
- renforcement de la structure des supports, supports en poteaux bois ;
- surélévation du convertisseur et de tous les boîtiers ;
- structure support et cadre en acier ;
- personnalisation des modules ;
- Une clôture en acier galvanisé avec un système permettant d'éviter que l'on puisse l'escalader doit être mise en place (par exemple l'usage de fils barbelés).

Les solutions alternatives ci-après peuvent retenir l'attention :

- Cadres de champs de modules soudés sur des supports en acier ou ancré dans du béton avec des pattes de scellement ;
- Détecteur d'intrusion par boucles électriques avec des systèmes d'alarmes ;
- Des systèmes de fibre de module antivol peuvent être utilisés. Ces systèmes fonctionnent en enroulant de la fibre plastique autour de tous les modules d'une chaîne. Si un module est retiré, la fibre se brise, déclenchant une alarme.
- Et tout autre dispositif préalablement approuvé par le maître d'ouvrage.

Chacune des centrales photovoltaïques projetées sera équipée d'un dispositif de suivi du fonctionnement. Ce dispositif permettra le suivi et l'enregistrement de toutes les données

électriques (puissance, tension, courant, énergie produite, énergie stockée, énergie issue des batteries de stockage, sonde de température, sonde d'ensoleillement, etc.) du champ photovoltaïque et des onduleurs. Le système de monitoring transmettra à temps réel toutes les alarmes, tous les défauts et avaries des équipements de la centrale.

1.2.2. Système de stockage de Batterie

Les éléments de batterie seront de technologie lithium-Fer-Phosphate (LFP) pour application solaire. La mention de l'application « solaire » devra figurer sur la fiche technique du fabricant. Tout autre type de batterie est exclu. Les batteries doivent répondre aux exigences climatiques et environnementales du Sénégal. Le parc de batteries sera constitué par un assemblage d'éléments d'au moins 3.2 V unitaires raccordés en série et en parallèle pour constituer une batterie câblée selon une tension en adéquation avec les plages de fonctionnement de l'onduleur chargeur. Les éléments de batterie devront être installés dans un cabinet susceptible de fonctionner dans les conditions difficiles de hautes températures. Les batteries doivent être équipées d'un système autonome de d'auto-management comme le BMS (Batteries Management System). Les batteries devront être équipées d'un système de refroidissement des cellules par air ou liquide. Le local où est installée la batterie doit être ventilé, refroidi ou climatisé correctement (selon la norme UTE C 15-712-2). La dissipation thermique doit être prise en compte et calculée en fonction de la variation du coefficient de transfert thermique qui dépend de la hauteur de l'installation des batteries afin d'atteindre la capacité minimale requise. Les valeurs maximales de courant de charge et de décharge en fonction de la capacité des batteries ne doivent jamais être dépassées dans des conditions normales de fonctionnement. L'autodécharge mensuelle doit être inférieure à 3,5 % de la capacité nominale à 25 °C. Le parc de batteries doit être impérativement homogène donc les éléments doivent être :

- ☞ du même type ;
- ☞ de la même marque et modèle ;
- ☞ du même âge.

Les liaisons CC entre parc batterie et le reste du système seront protégées par un disjoncteur ou un coupe circuit avec fusibles calibrés selon les courants et tensions des sous-ensembles.

Un interrupteur courant continu sera installé sur la liaison principale CC entre parc batterie et reste du système.

1.2.2.1. Caractéristiques des batteries

☞ Chaque batterie doit être munie d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :

- ⇒ Tension nominale ;
- ⇒ référence au produit du fabricant ou du fournisseur ;
- ⇒ capacité, avec indication du régime exprimé sous forme de courant ou de temps de décharge ;
- ⇒ nom du fabricant ou du fournisseur ;
- ⇒ date de fabrication (mois et année).

☑ Les éléments des batteries doivent porter au moins le marquage de la polarité de la borne positive :

Forme du marquage : Les symboles utilisés pour le marquage de la polarité doivent correspondre à la CEI 417 :

Le marquage aura la forme du symbole +, réalisé en creux ou en relief, sur le couvercle à proximité de la borne positive.

Si la borne négative porte également un marquage, celui-ci prendra la forme du symbole -, en creux ou en relief, sur le couvercle à proximité de la borne négative.

☞ Tension nominale : 48 V ;

☞ Capacité : ≥ 5 kWh ;

☞ Les batteries seront livrées avec des capots de protection des cosses ;

☞ Durée de vie exprimée en cycles conformément à la norme CEI 60896 ou similaire au minimum 3000 à 80 % de décharge ;

☞ Le niveau de sécurité conformément à la norme EN 50272-2 ou similaire doit être garanti ;

☞ Pas d'effet de mémoire ;

☞ Connexion des batteries sera flexible avec du cuivre isolé avec la possibilité de mesure de la tension des batteries ;

☞ Utilisation mixte d'anciennes et de nouvelles batteries pour répondre aux futures exigences d'expansion de capacité ;

☞ Rack batteries à fournir.

La profondeur de décharge (DOD) sera constamment mesurée par l'onduleur-chargeur. Le seuil d'alerte (DOD alerte) déclenchant une alarme sonore et visuelle sera de 80% de la capacité nominale. Le seuil de décharge maximale autorisé (DOD maxi) sera de 90%. L'atteinte de ce seuil déclenchera la déconnexion automatique de la batterie.

La durée de vie de la batterie (nombre de cycles) doit être supérieure à 8.000 cycles journaliers à 30 % DOD, 5 000 cycles à 50 % DOD, 3000 cycles à 80 % DOD, 2000 cycles à 100 % DOD à 25 °C.

Les batteries ne doivent pas reposer à même le sol ; elles peuvent être installées sur un socle en matériau résistant aux acides et ininflammable (le bois traité est accepté). Elles seront installées verticalement ou horizontalement sur un rack chantier, tout en optimisant l'espace disponible dans le local technique.

Les éléments de batterie doivent être interconnectés par un conducteur flexible en cuivre ou par busbars en cuivre plaqués au plomb. Ce conducteur (ou busbar) devra être isolé par gaine. Les conducteurs non gainés ne seront pas admis. Les batteries seront livrées pré-chargées.

Les batteries doivent être livrées avec un manuel d'installation et de fonctionnement.

Prend en charge l'auto-équilibre actif des modules de batteries et l'insertion mixte d'anciens et de nouveaux modules de batteries

Lorsque plusieurs chaînes de batteries au lithium sont connectées en parallèle, la puissance de sortie n'est pas impactée et doit respecter les exigences du projet.

Les batteries au lithium doivent passer des tests extrêmes, tels que des tests de piqûre d'aiguille, des tests d'immersion dans l'eau et des tests de choc thermique, pour prévenir les incendies et les explosions, garantissant ainsi la sécurité des batteries dans les scénari de communication. Les batteries au lithium prennent en charge un système de sécurité.

1.2.2.1.1. Caractéristiques des cellules

☞ Tension nominale par élément : supérieure ou égale à 3,2 V ;

☞ Lithium fer phosphate (LiFePO₄) ou similaire conforme à la Norme EN 61960 ou équivalente, adaptées pour utilisation sur des systèmes PV ;

☞ Capacité nominale, fonction de la tension du système et des besoins énergétiques ;

☞ Température de fonctionnement 0 °C à +60 °C ;

-
- ✧ le taux d'autodécharge à 25 °C ne doit pas dépasser 3,5 % de la capacité nominale par mois ;
 - ✧ Le bac de la batterie doit être d'épaisseur et de rigidité suffisante pour supporter sans dommage son transport et sa manutention ;
 - ✧ Densité énergétique > 121,9 Wh/kg ;
 - ✧ Rendement énergétique > 98 %.

1.2.2.1.2. Caractéristiques du BMS “Battery Management System”

Le BMS assurera la protection de la batterie contre les températures élevées, les surintensités, les surtensions, les courants de court-circuit et les décharges profondes.

1.2.2.1.3. Caractéristiques du BMU “Battery Management Unit”

Le BMU assurera le contrôle du système de gestion de batterie (BMS). Elle traite les données de tous les autres modules du BMS, prend les décisions nécessaires à la sécurité des BMS.

1.2.2.1.4. Caractéristiques du EMS “Energy Management System”

L'EMS est un système intelligent conçu pour un contrôle efficace du stockage, de la gestion et de la distribution de l'énergie. L'EMS permettra d'ajuster automatiquement la stratégie de charge et de décharge du système de stockage en fonction de l'état de fonctionnement du réseau, de la demande d'électricité et des capacités d'approvisionnement des différentes ressources énergétiques (telles que l'énergie photovoltaïque, les générateurs diesel, etc.)

1.2.2.2. Onduleurs

Les centrales PV prévues dans le cadre du présent projet sont situées dans des zones éloignées et souvent d'accès difficile. L'onduleur couplé AC ou la solution mixte peut être utilisé dans le projet. Toute autre configuration équivalente peut être acceptée si elle est justifiée par le soumissionnaire. La qualité des onduleurs sera certifiée par un organisme international de certification de la qualité de produits. Les onduleurs doivent répondre aux exigences climatiques et environnementales du Sénégal.

La solution sera conçue pour améliorer l'alimentation électrique des clients dotés de technologies avancées, de conceptions efficaces, fiables, sécurisées et économiques. La solution proposée doit être basée sur les exigences suivantes :

-
- ✚ Une longue durée de vie du système, 10 ans minimum ;
 - ✚ Adoption de technologies avancées et matures pour assurer la stabilité et la fiabilité ;
 - ✚ Réduction des OPEX ;
 - ✚ Conception modulaire intégrée, extension de capacité fluide et déploiement rapide ;
 - ✚ Entrée multi-énergie et programmation automatique AI, prenant en charge le PV, la batterie, le générateur diesel et le réseau ;
 - ✚ Réduction de l'utilisation de générateurs diesel ;

1.2.2.3. Onduleurs PV

Les onduleurs PV convertissent directement l'électricité en courant continu (CC) produite par les modules PV en électricité en CA, en respectant dans l'idéal les exigences propres au réseau local. Ils seront de type MPPT. Les onduleurs ne disposant pas cette technologie sont exclus. Une de leurs fonctions principales est de chercher le point de fonctionnement optimal du générateur PV et de l'imposer comme point de fonctionnement du système.

La distribution sera en réseau triphasé avec le neutre distribué. Les onduleurs devront être conformes aux normes CEI 61000-3-2, CEI 61000-3-3 et CEI 61000-3-4 sur la qualité du courant en sortie de l'onduleur ou équivalente. Un modèle d'onduleur unique pour chaque centrale est requis. Les onduleurs PV doivent être compatibles avec la norme de conformité européenne (CE) pour pouvoir être installés au Sénégal. Les onduleurs PV seront logés à l'intérieur du Shelter ou dans le système outdoor. Ils seront installés en respect des distances minimales entre unités pour assurer leur bonne ventilation selon les prescriptions du fabricant sous les conditions climatiques du site. Sa conception doit permettre une circulation d'air intérieur et extérieur du boîtier (effet de respiration), afin d'éviter des phénomènes de condensation à l'intérieur du boîtier.

Afin d'assurer une qualité et une performance élevées et de minimiser les risques, les onduleurs devront répondre aux exigences suivantes :

- ✚ Valeurs admissibles du rapport entre la puissance active nominale totale des onduleurs PV et la puissance crête des panneaux doivent être comprises entre 0,9 et 1,1.
- ✚ Tension nominale de sortie : 400 V AC en triphasé
- ✚ Rendement (euro-éta) : > 97 %
- ✚ Indice de protection : IP 66

-
- ✧ Faible autoconsommation en mode stand-by : < 25 W
 - ✧ Température de fonctionnement compatible avec une ambiante de 50 °C.
 - ✧ Tolérance de puissance nominale + ou – 3 %
 - ✧ Garantie de performance 97 % après dix ans ; 80 % après 25 ans.

La protection de l'onduleur doit inclure :

- ✧ La protection contre les inversions de polarité pour le câble CC ;
- ✧ La protection contre les surtensions y compris celles d'origine atmosphérique et les surcharges ;
- ✧ Le contrôle de l'isolement

Il devra comprendre une interface d'affichage et de programmation. L'affichage inclura au moins les paramètres suivants :

- ✧ Puissance instantanée du champ PV
- ✧ Tension du champ PV
- ✧ Courant et tension de sortie Il devra comporter le marquage CE.

La période de garantie de l'onduleur PV devra être d'au moins 10 ans. Le soumissionnaire doit prendre en considération la facilité à augmenter la capacité du système et la flexibilité de la conception lors de la sélection des onduleurs.

La distorsion harmonique totale (DHT) est une mesure du contenu harmonique de la sortie de l'onduleur. Conformément à la norme CEI 61000-3-2, la DHT pour les onduleurs PV doit être inférieure à trois pour cent (3 %) à partir de l'harmonique de rang 11.

Les onduleurs doivent être accompagnés par les certificats d'essai appropriés, définis par les normes nationales et internationales applicables.

Les onduleurs PV doivent obligatoirement assurer les fonctions suivantes :

- ✧ Déconnexion rapide en moins de 0,2 seconde si la tension efficace de sortie n'est pas comprise entre 85 % et 115 % de la tension nominale de sortie (230 V en monophasé ou 400 V en triphasé). Le réglage de cette valeur limite ne doit s'effectuer qu'en accord avec l'ASER ;
- ✧ Les fréquences inférieures à 45 Hz et supérieures à 55 Hz doivent provoquer un déclenchement en moins de 0,2 seconde ;
- ✧ La résistance d'isolement coté générateur, avant la mise sous tension de réseau, doit être supérieure à 1 k Ω /V par rapport à la tension d'entrée maximum de l'onduleur. Les courants de perte supérieur à 300 mA doivent provoquer un arrêt en moins de 0,3 seconde ;

Ils doivent tolérer sans dommage ou être protégés contre les événements accidentels suivants :

- ✎ Court-circuit sur l'utilisation dont la protection est assurée par un fusible ou équivalent
- ✎ Surtensions induites à l'entrée des modules PV ou à la sortie utilisation (foudre) ;
- ✎ Fonctionnement aux limites de capacités nominales : l'onduleur PV doit tolérer sans dommage un courant d'entrée 25 % supérieur au courant de court-circuit du générateur PV et un courant de sortie utilisation 25 % supérieur au courant nominal maximal (tous appareils allumés) du système PV, pendant une durée à indiquer par le fournisseur.

Comme tout système de production d'énergie, les générateurs photovoltaïques ont besoin d'être suivis pour détecter les pannes et vérifier leur bon fonctionnement. Une stratégie de **monitoring photovoltaïque à distance** qui permettra de remonter un maximum d'informations provenant de l'onduleur PV jusqu'à l'exploitant doit être mise en place. Les onduleurs PV doivent être communicants et intégrer la fonctionnalité de monitoring à distance. Une autre solution équivalente (système de monitoring indépendant connecté aux onduleurs PV, ex : datalogger) peut être acceptée si elle est justifiée par le soumissionnaire. Ce monitoring se fera impérativement avec le protocole GPRS ou Ethernet. Toutefois, si le réseau téléphonique n'est pas disponible au niveau de la localité, le soumissionnaire doit prévoir un système qui permettra à l'exploitant de récupérer régulièrement les données de l'onduleur PV sur site.

Chaque onduleur PV doit être muni d'une plaque signalétique comportant au minimum les informations suivantes :

- ✎ *Nom, monogramme ou symbole du fabricant ;*
- ✎ *Numéro ou référence du modèle ;*
- ✎ *Tension nominale ;*

Courant nominal entrée module et sortie utilisation (A). L'onduleur doit être en mesure de fournir la puissance de sortie maximale requise pour toutes les conditions environnementales et météorologiques dans un endroit donné.

1.2.2.4. Onduleurs chargeurs/ Bidirectionnels

L'ensemble onduleur-chargeur a pour fonctions principales la conversion CC/CA en sortie de batterie et CA/CC en entrée des batteries en vue de :

- ✎ alimenter les clients ;

☞ assurer la charge batterie (conversion CA/CC) par le champ PV et la régulation de cette charge ;

☞ assurer le monitoring de l'état de charge de la batterie ;

☞ déclencher une alerte au seuil de décharge profonde ;

☞ déconnecter la batterie en cas d'atteinte du seuil de décharge maximum.

Éventuellement, et en complément aux fonctions impératives listées ci-dessus, cet équipement pourra déclencher la mise en marche automatique des groupes électrogènes au seuil de décharge maximum des batteries. Les valeurs de courants et tensions seront conformes aux valeurs recommandées par le fabricant des batteries. L'ensemble onduleur- chargeur devra pouvoir être programmé pour assurer automatiquement une charge d'égalisation à intervalles réguliers (Différents modes de charge (absorption, égalisation, boost) avec seuil de tension, période et durée paramétrables).

Les onduleurs-chargeurs seront logés dans le shelter ou le système outdoor. Ils seront installés en respect des distances minimales entre unités pour assurer leur bonne ventilation selon les prescriptions du fabricant sous les conditions climatiques du site. La sortie de l'ensemble onduleur-chargeur sera de type 400 V AC triphasé pour les onduleurs de puissance supérieure à 5 kW. Sa conception doit permettre une circulation d'air intérieur et extérieur du boîtier (effet de respiration), afin d'éviter des phénomènes de condensation à l'intérieur du boîtier ;

La distribution est en réseau triphasé/monophasé avec le neutre distribué. Les onduleurs devront être conformes aux normes CEI 61000-3-2, CEI 61000-3-3 et CEI 61000-3-4 ou équivalentes sur la qualité du courant en sortie de l'onduleur. Un modèle d'onduleur unique pour chaque centrale est requis. Les onduleurs chargeurs doivent être compatibles avec la norme de conformité européenne (CE) pour pouvoir être installés au Sénégal. Afin d'assurer une qualité et une performance élevées et de minimiser les risques, les onduleurs devront disposer des fonctionnalités minimales suivantes et répondre aux contraintes suivantes :

☞ Valeurs admissibles du rapport entre la puissance crête totale installée et la puissance nominale totale des onduleurs chargeurs doivent être comprises entre 0,7 et 1.

☞ Rendement européen min. 96 % ;

☞ Faible auto-consommation en mode stand-by (nuit) : < 30 W

☞ Plage de température de fonctionnement : – 40 °C à + 55 °C ;

☞ Humidité relative : 5–95 % HR (sans condensation) ;

☞ Coefficient de distorsion harmonique en tension < 3 %

☞ IP 54 minimum

☞ Équipés de parafoudre DC de type II suivant les normes NF EN 61723, NF C 17 100, NF C 17 102

☞ Équipés d'interrupteur-sectionneurs DC

☞ Matériel compatible avec ajout dans le bus de communication d'un shunt déporté de mesure de courant batterie, permettant de connaître précisément le SOC batterie,

☞ Disposer d'une séparation galvanique assurée par un transformateur. La séparation galvanique est un élément essentiel dans les systèmes d'onduleurs chargeurs utilisés dans des projets d'électrification solaire, en particulier lorsqu'il s'agit de mini centrales solaires PV afin de réduire considérablement les risques d'incidents électriques (électrocution, perturbations électromagnétiques, surtensions, surintensités et défaut de terre), de vieillissement prématuré des équipements et de dysfonctionnements pouvant compromettre la sécurité des installations et la durabilité du système.

☞ Garantir un courant plus stable en sortie, notamment en supprimant les courants de fuite.

Les onduleurs devront être paramétrés pour une utilisation en site isolé, à savoir avec une plage de fréquence et de tension étendue pour éviter les découplages intempestifs (par exemple +/- 5 Hz et +/- 10 % de U_{nom}).

L'onduleur-chargeur devra inclure la fonction de découplage du réseau. L'objectif de cette fonction de découplage du réseau est de :

☞ éviter d'alimenter un défaut ou de laisser sous tension un ouvrage en défaut.

☞ éviter d'alimenter les autres installations raccordées au réseau 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 à l'onduleur.

Dans le cas où l'onduleur par sa conception ne serait pas en mesure d'assurer la fonction de découplage, un dispositif externe devra alors être mis en œuvre.

L'onduleur-chargeur devra disposer de sonde de température et de relais permettant de commander le dispositif de ventilation ou de climatisation.

Les documents suivants devront être fournis :

☞ Note technique indiquant le mode de fonctionnement, le mode d'installation et les données techniques spécifiques (en langue française dans la mesure du possible),

✂ Un certificat de conformité aux standards internationaux et attestant du respect des spécifications techniques proposées ;

Une garantie produit minimum de cinq (05) ans est demandée pour les onduleurs chargeurs.

Une stratégie de **monitoring photovoltaïque à distance** qui permettra de remonter un maximum d'informations provenant de l'onduleur chargeur jusqu'à l'exploitant doit être mise en place. Les onduleurs chargeurs doivent être communicants et intégrer la fonctionnalité de monitoring à distance. Une autre solution équivalente (système de monitoring indépendant connecté aux onduleurs chargeurs, ex : datalogger) peut être acceptée si elle est justifiée par le soumissionnaire. Ce monitoring se fera impérativement avec le protocole GPRS ou Ethernet. Toutefois, si le réseau téléphonique n'est pas disponible au niveau de la localité, le soumissionnaire doit prévoir un système qui permettra à l'exploitant de récupérer régulièrement les données de l'onduleur chargeur sur site.

1.2.3. Câblages et Protection

1.2.3.1. Câbles CC

Les câbles spécifiquement conçus pour les installations solaires PV (câbles « solaires ») seront utilisés. Les câbles de liaison seront en cuivre enrobé de type VGV ou RODV selon la norme HO7RN-F ou 1000 R-02 V ou équivalent. Les trois critères ci-après doivent être respectés lors du dimensionnement des câbles :

La tension du câble : Les limites de tension du câble auquel la chaîne PV ou le câble de champ sera connecté doivent être prises en compte. Les calculs de la tension VOC maximale des modules, ajustés pour la température conceptuelle minimum du site, seront utilisés pour ce calcul.

La capacité de transport de courant du câble : Le câble doit être dimensionné en fonction du courant maximal. Il est important de tenir compte de l'emplacement du câble, de la méthode de pose, du nombre de cœurs et de la température. Il convient de prendre soin de la taille du câble afin de tenir compte du pire cas de courant inverse dans un panneau.

La minimisation des pertes de câble : La chute de tension de câble et les pertes de puissance associées doivent être aussi faibles que possible. La chute de tension doit être inférieure à trois pour cent (3 %).

Le câblage sera dimensionné pour un courant minimum de 125 % du courant continu nominal du champ PV. En cas de besoin, tous les passages souterrains seront effectués sous gaine souple de type fourreau ou tuyau PVC de diamètre adéquat, à une profondeur minimale de 40 cm et reposant sur un lit de sable. Les sorties de gaine ou tuyau PVC seront élevées à 30 cm au-dessus du sol, et bouchées à l'aide de résine siliconée. Dans tous les cas, les isolants PVC non enterrés sont interdits. Les sections des conducteurs seront telles que les chutes de tension n'excèdent pas les valeurs ci-après :

Liaison	Chute de tension [%]
Module – Module	1
Champ PV – convertisseur	1
Onduleur – coffret départ	3 (idéalement 1 %)

Le soumissionnaire fournira dans son Dossier Technique une note de calcul du dimensionnement de tous les câbles CA et CC. Les caractéristiques mécaniques et électriques des câbles qu'il propose y seront précisées

1.2.3.2. Câblages CA

Il s'agit de l'ensemble des câblages des circuits de courant alternatif (CA), il s'agit notamment des sorties onduleurs, etc. Les câbles CA dans la salle des groupes et dans le shelter ou système outdoor seront placés dans des tranchées couvertes par dalles métalliques affleurantes, amovibles munies de trous pour faciliter les manutentions. Leur indice de charge sera adapté au poids du plus lourd des groupes.

L'ensemble des câbles de liaison utilisés en extérieur ou à l'intérieur du Shelter répondra aux normes en vigueur (isolement, résistance aux rayons ultraviolets, résistance mécanique, etc.), de même que les conduits utilisés pour le cheminement des câbles. Les câbles doivent être dimensionnés pour la bonne tension et leurs conducteurs doivent être dimensionnés, en tenant compte des courants de fonctionnement et des courants de court-circuit (ISC).

Les considérations conceptuelles suivantes doivent être prises en compte :

- Le câble doit être dimensionné pour le courant maximal attendu.
- Le conducteur doit être en mesure de transmettre le courant d'exploitation et l'ISC en toute sécurité.

-
- Le conducteur doit être dimensionné de manière appropriée pour assurer que les pertes produites par le câble sont dans des limites acceptables, et que l'équilibre le plus économique est maintenu entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation (pertes).
 - Les conducteurs doivent être dimensionnés pour éviter les chutes de tension supérieure à 3%.
 - L'isolation devrait être suffisante compte tenu de l'environnement de la centrale.

Les câbles respecteront le code normalisé des couleurs (phase : rouge/marron/noir, neutre : bleu, PE : vert-jaune)

1.2.3.3. Câblage des onduleurs

La partie CA de l'installation photovoltaïque doit répondre aux spécifications de la norme NFC 15-100. Le câble CA de sortie de l'onduleur réseau sera de classe II. Il devra être dimensionné pour limiter la chute de tension à une valeur inférieure à 3 % (idéalement 1 %). Il sera disposé sur cette liaison un disjoncteur CA, dimensionné selon les courants I_{cc} (pouvoir de coupure) et I_{nom} (calibre). Ce disjoncteur secondaire sera étiqueté « Disjoncteur Secondaire Champ PV (CA) » avec un repérage clair des positions ON/OFF. **Une note de calcul du dimensionnement de ce disjoncteur sera incluse au Dossier Technique.**

1.2.3.4. Mise à la terre

Un système de mise à la terre doit être fourni pour se protéger contre les chocs électriques, les risques d'incendie et la foudre. Ainsi l'interconnexion des masses est d'une importance fondamentale pour le bon fonctionnement des protections contre la foudre et les surtensions. L'ensemble des masses métalliques des équipements constituant l'installation de production de l'électricité doit être interconnecté et relié à un réseau de terre unique.

L'interconnexion des masses entre le champ photovoltaïque et les équipements électriques sera réalisée avec un câble cuivre de section minimale 25 mm². Le conducteur de masse sera posé à proximité immédiate des conducteurs actifs afin de limiter la surface de boucle, préjudiciable en cas de surtension due à la foudre.

Toutes les structures métalliques conductrices ainsi que celles des modules (structures support) seront mises à la terre. L'équipotentialité des masses métalliques des équipements électroniques (onduleurs, coffrets de protection, etc.) se fera de la manière suivante :

-
- si la distance est 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 mm².
 - si la distance est 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.

Les directives générales définies ci-dessous peuvent être suivies lors de la mise en œuvre du système de mise à la terre :

- Des tiges de masse doivent être placées à proximité des boîtes de jonction. Des électrodes de masse doivent être connectées entre les tiges de masse et la languette de masse dans la boîte de jonction ;
- Un trajet à la terre continu doit être maintenu dans tout le champ de panneaux PV ;
- Les chemins de câbles doivent être aussi courts que possible ;
- Des dispositifs de protection contre les surtensions peuvent être installés à l'extrémité de l'onduleur du câble CC et des boîtes de jonction du champ de panneaux ;
- si les onduleurs choisis n'incluent pas des parafoudres internes, des dispositifs séparés de protection contre les surtensions doivent être mis en place.

D'une manière générale, l'interconnexion des masses se fera de préférence d'une manière maillée, plutôt qu'en étoile, surtout si les câbles d'interconnexion sont longs.

Le circuit CC sera à potentiel flottant (pratique européenne), c'est à dire qu'aucune des polarités CC ne sera reliée à la terre.

La valeur de la terre de la mini centrale devra être inférieure à 10 Ohms.

1.2.3.5. Coffret de répartition DC

1.2.3.5.1. Coffret de jonction pour la mise en parallèle des strings

Ce coffret contient les liaisons principales CC et permet la mise en parallèle des chaînes de modules PV, la protection et l'isolation du champ PV. Il doit contenir les départs vers les dispositifs MPPT (onduleur PV MPPT). Il devra comporter des étiquettes de repérage et de signalisation de danger : « Armoire de jonction parallèle champ PV » avec une étiquette « danger, conducteurs actifs sous tension durant la journée ». Les étiquettes devront être facilement visibles et fixées d'une manière durable pour résister aux conditions ambiantes (température, humidité, UV...)

Le coffret contient les éléments de protection suivants :

-
- les fusibles ou disjoncteur de chacune des chaînes : ils seront installés sur les polarités positives et négatives de chaque chaîne et correctement calibrés pour les strings auxquels ils sont raccordés
 - un interrupteur-sectionneur général CC sur chaque départ principal CC : il doit permettre d'isoler électriquement le champ PV tout entier. Il sera convenablement dimensionné pour le champ PV
 - un parafoudre CC au départ de chacune des liaisons principales CC

1.2.3.5.2. Connecteurs DC

Des connecteurs débrochables sont généralement utilisés au niveau des modules photovoltaïques, boîtes de jonction, coffrets DC, onduleurs, etc... pour simplifier la procédure d'installation. Ces connecteurs sont également un bon moyen de protection contre les risques de choc électrique. De tels connecteurs sont exigés entre chaque module PV et à l'extrémité de chaque chaîne PV dès que la tension U_{COMAX} est supérieure à 60 V.

Les connecteurs doivent :

- ☑ être spécifiés pour le courant continu et dimensionnés pour des valeurs de tensions et courants identiques ou supérieures à celles des câbles qui en sont équipés.
- ☑ assurer une protection contre les contacts directs ($\geq$ IP2X ou IPXXB)
- ☑ être de classe II
- ☑ résister aux conditions extérieures (UV, humidité, température,...) (= ou $>$ à IP55)
- ☑ être conformes à la norme NF EN 50521

NB. Il est impératif d'utiliser des connecteurs mâles et femelles du même fabricant pour assurer une fiabilité de contact même si à priori le type de connecteurs est identique.

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.

Toutefois, pour éviter tout sectionnement en charge, les dispositifs de connexion accessibles aux personnes non averties ou non qualifiées (par exemple à proximité des onduleurs dans les locaux d'habitation) ne doivent être démontables qu'à l'aide d'un outil par construction ou par installation (exemple : connecteurs DC verrouillables) et ceci après avoir actionné l'interrupteur DC correspondant.

1.2.3.5.3. Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

La mise à la terre des équipements concerne les enceintes métalliques, les boîtes, les supports et les enveloppes de l'installation qui sont connectées à un point de terre de référence de sorte

que le courant dérive à la terre si l'enceinte est mise sous tension ou vient en contact avec un circuit électrique.

Cette protection portera sur :

- L'équipotentialité des masses métalliques ;
- La protection "entrée/sortie" des connexions distantes par varistances à oxyde de zinc ou similaire ;
- La mise à une terre commune des masses d'une polarité et raccordement de l'autre via varistance ;

La protection contre les surtensions se fera via varistances à oxyde de zinc ;

Le dispositif général de protection contre les surtensions d'origine atmosphérique sera détaillé et argumenté dans l'offre par une note spécifique. Le dispositif de protection devra être de type I ou de type II selon niveau kéraunique de la zone.

1.2.3.5.4. Signalisation

Il sera prévu de mettre une signalisation visible et facilement identifiable du danger lié à la présence de sources de tension sur le site. Pour cela, il est demandé la pose de signalisation indiquant la nature du danger à proximité des différents équipements :

- Étiquette « Attention : présence de sources de tension - Isoler les sources avant toute intervention » à proximité des armoires électriques de l'ensemble onduleur-chargeur pour les centrales.
- Étiquette « Ne pas ouvrir en charge » ou « Ne pas déconnecter en charge » à proximité des différents équipements concernés.

Le schéma électrique de l'installation et le schéma d'implantation des composants du générateur photovoltaïque, sous forme de documents plastifiés seront placés à proximité du TGBT.

1.2.4. Détails du local technique de la centrale

1.2.4.1. Généralités

Les différents compartiments du local technique seront implantés de manière à assurer une bonne disposition de l'ensemble des équipements tout en prévoyant de futures extensions des divers équipements. Le local technique devra intégrer la climatisation, les échangeurs de chaleur et les unités de ventilation directe pour répondre aux exigences de contrôle de la température dans différents scénarios de service des équipements.

Les équipements seront pré-câblés conformément à la solution retenue par le fournisseur (bus CA ou équivalent).

Le local technique accueillera les composantes de la centrale (onduleurs PV, onduleurs chargeurs, parc de batteries, câbles et accessoires de raccordement, etc.) et sera fermé et son accès ne sera autorisé qu'au personnel chargé de l'entretien et à l'exploitant de la centrale.

Les façades intérieures du Shelter seront revêtues par des plaques en métallique.

Concernant la peinture pour le Shelter, elle devra avoir les propriétés anticorrosives permettant de préserver le métal contre les agressions quotidiennes.

NB : Dans le cas d'un système conçu pour l'extérieur, un abri sera prévu pour sécuriser le local technique. Les notes de calcul ainsi que les plans d'exécution devront être soumis par l'entrepreneur pour approbation.

Les plaques à BA 13 sont formellement interdits et aucune autre variante n'est prévue dans le présent dossier d'Appel d'Offre.

L'entrepreneur devra dans la réalisation de la centrale prévoir la pose de la plaque d'affichage devant le portail du local technique avec les informations suivantes :

- ***Nom du projet ;***
- ***Financement du projet ;***
- ***Source de financement ;***
- ***Puissance crête de la centrale (kWc);***
- ***Puissance onduleur PV et onduleur Chargeur (kW) ;***
- ***Capacité de stockage des batteries.***

La proposition de ladite plaque sera soumise au maître d'ouvrage pour validation.

1.2.4.2. Détail d'implantation du local technique

Le local sera équipé d'un système d'aération ou de circulation d'air permettant le renouvellement de l'air du local (au moins 25 m³ par heure) afin de garantir une température ambiante de 25 °C.

Dans les zones très chaude, il faudra intégrer un système de refroidissement pour refroidir les batteries. Il sera prévu un système de puissance suffisante fonctionnant en injection directe (prévoir l'automatisme nécessaire) et placé au-dessus des batteries et ne générant pas d'humidité dans le local. Tous les appareils électriques fonctionnant dans le l'espace dédié

aux batteries devront être de type antidéflagrant (directive ATEX 94/9/CE pour utilisation en atmosphère explosive, Zone ATEX à considérer : Zone 22). L'onduleur-chargeur devra disposer de sonde température et relais permettant de commander le dispositif de ventilation ou circulation d'air.

1.2.4.3. Détail d'implantation de l'abri du système à l'extérieur

L'abri reposera sur une dalle en béton armé dont les notes de calculs ainsi que le plan d'exécution seront soumises par l'entrepreneur pour approbation. Le matériau constituant l'abri sera de type acier galvanisé à chaud. La galvanisation étant réalisée après toutes les opérations d'usinage et de soudures nécessaires à la réalisation des pièces. Les matériaux constitutifs de l'abri doivent être capables de résister à 30 ans d'exposition extérieure sans corrosion ou fatigue notables.

NOTA :

- ☑ **Équivalence des normes et codes :** Chaque fois qu'il est fait référence, dans le Marché, à des normes et codes particuliers auxquels doivent se conformer les fournitures et matériaux devant être fournis et les travaux devant être réalisés et contrôlés, les dispositions de la dernière édition ou révision en vigueur des normes et codes correspondants s'appliqueront, à moins que le Marché n'en dispose autrement. Si ces normes et codes sont d'ordre national ou ont trait à un pays ou une région donnés, d'autres normes généralement admises, permettant d'assurer un niveau de qualité égal ou supérieur à celui visé par les normes et codes spécifiés, pourront être acceptées sous réserve d'un examen préalable et d'une approbation écrite au Maître d'ouvrage délégué. Les différences entre les normes spécifiées et celles qui sont proposées devront faire l'objet d'une description écrite détaillée de la part de l'Entrepreneur, et être soumises au Maître d'ouvrage délégué au moins trente (30) jours avant la date à laquelle l'Entrepreneur désire obtenir l'approbation de celui-ci. Si le Maître d'ouvrage délégué estime que les normes proposées n'assurent pas un niveau de qualité égal ou supérieur, l'Entrepreneur devra respecter les normes spécifiées dans les documents.
- ☑ le soumissionnaire doit proposer une structure d'implantation des divers équipements prévus à l'intérieur et à l'extérieur de la centrale et de ses ouvrages annexes ;
- ☑ Tous les équipements (modules PV, les onduleurs PV et onduleurs chargeurs, batteries, etc.) seront réceptionnés en usine en présence de deux représentants du client. Les deux représentants du client seront pris en charge par l'attributaire (Prise en charge Billet,

Hébergement, Transport intérieur et Perdiem). Tout matériel non conforme sera rejeté et devra être remplacé dans les délais ;

- ☑ Pour tous les matériels, une réception sur site est prévue par Maître d'ouvrage délégué avant la pose. Tout matériel rejeté devra être remplacé dans les délais et aux frais exclusifs de l'entrepreneur ;
- ☑ Tous les composants des centrales photovoltaïques et/ou hybrides seront livrés avec un manuel d'installation et de fonctionnement contenant :
 - ☞ les caractéristiques techniques,
 - ☞ la plage de température qui garantit le fonctionnement nominal de l'onduleur
 - ☞ la classe de protection du boîtier,
 - ☞ les instructions relatives à la sécurité
 - ☞ Les instructions relatives à l'installation et l'exploitation
 - ☞ les instructions relatives à la maintenance
 - ☞ les instructions relatives à la recherche de panne
 - ☞ la garantie commerciale.

2. Spécifications techniques du local technique de la centrale :

❑ Local technique en conteneur :

Un conteneur doit remplir le rôle de local technique. Son objectif principal est de réduire le temps d'installation, les travaux de génie civil sur site ainsi que les risques de mauvaise compatibilité du câblage et des équipements, mais surtout de permettre au mini-réseau d'être plus facilement déplacé vers d'autres villages en cas de besoin. La majorité des composants, c'est-à-dire les onduleurs, régulateurs, batterie lithium et tableau de distribution général, doivent être installés, câblés et configurés avant l'expédition du système, et opérationnels lors de la livraison sur le site.

Le conteneur doit respecter les spécifications suivantes :

- ISO 20" ou 40" - isolé et étanche
- protégé par un toit solaire
- extérieur en acier inoxydable
- inclure un système de ventilation et de refroidissement pour maintenir une température ambiante inférieure à 25 °C et un échange d'air d'au moins 25 m³/h. Il doit être contrôlé via un capteur de température et intégré au système de surveillance à distance, incluant une alarme en cas de dépassement des seuils de température. Le calcul du bilan thermique doit être inclus dans l'offre ainsi que les besoins de maintenance (par exemple, échange de filtres, etc.)
- fournir une boîte de connexion AC extérieure pour la connexion avec l'intérieur du conteneur et la grille de la tension électrique
- Verrouillage / accès restreint
- Peint aux couleurs des clients et en lettres personnalisées
- éclairage intérieur et extérieur

Le conteneur doit être posé sur une fondation avec des spécifications adéquates.

Un schéma de la disposition intérieure du conteneur doit être fourni avec l'enchères, indiquant les distances entre les éléments. Les distances minimales selon les spécifications du fabricant doivent être respectées pour tous les composants.

❑ Local technique en Génie civil :

2.1. Terrassement

Le terrassement comprend les travaux ci-après :

- ✅ Débroussaillage, dessouchage, déroctage, démolition, enlèvement des racines, souches et tous débris pierreux ou organiques sur l'emprise du local technique à réaliser et sur une bande de 1 mètre de largeur tout autour de la clôture de chaque centrale photovoltaïque ;

-
- ☑ Décapage, enlèvement de la terre végétale et mise en dépôt, mise à niveau horizontal de la plate-forme recevant les conteneurs et du local du groupe sous toute l'emprise de ceux-ci ;
 - ☑ Implantation des ouvrages à construire et clôture du chantier avec sa matérialisation ;
 - ☑ Fouilles en rigoles et en puits en terrain de toute nature et à toute profondeur, y compris boisage, étais, épaissements éventuels, dressement des parois et réglage à leur côte des fonds et toutes sujétions. Seront prévus les travaux ci-après
 - ☞ Les fondations par semelles ;
 - ☞ Les soubassements ;
 - ☞ Toutes les fouilles nécessaires à l'exécution complète des ouvrages.
 - ☑ Remblai en sable y compris apport, épandage, arrosage, compactage par couche de 20 cm d'épaisseur maximum, réglage et toutes sujétions. Seront prévus les travaux ci-après :
 - ☞ Remplissage des fouilles de part et d'autre de tous les ouvrages en fondations ;
 - ☞ Sous toutes les formes en béton ;
 - ☞ Sous dallage comprenant la fourniture et la pose de sable fin sur une épaisseur de 10 cm soigneusement compacté et finition parfaitement plane.

2.2. Fondations

Béton de propreté en béton de cailloux dosé à 150 kg de CPA, de 0.05 m d'épaisseur minimale coulé en fond de fouille sans coffrage avec débordement en tous sens de 0,05 m du nu des ouvrages en fondations y compris toutes sujétions. Seront prévus les travaux ci-après :

- ☑ Fonds de fouilles sous tous ouvrages en béton et en maçonnerie.

Les fondations devront obligatoirement reposer sur le bon sol (taux de travail : 1,0 bar minimum), et au minimum à 60 cm de profondeur par rapport au sol extérieur. Aucune fondation ne sera coulée avant réception des fonds de fouille par le maître d'œuvre.
- ☑ Agglomérés de ciment pleins de 15 cm d'épaisseur (15 cm x 40 cm x 20 cm) hourdés au mortier de ciment. À prévoir pour les soubassements et les fosses.
- ☑ Agglomérés de ciment pleins de 15 cm d'épaisseur (15 cm x 40 cm x 20 cm) hourdés au mortier de ciment. À prévoir pour les fondations de la terrasse d'entrée et du trottoir périphérique.

2.3. Ouvrages au sol

- ☑ Béton armé pour longrines de (15 x 25 cm) y compris vibrations, aciers et toutes sujétions.

Béton dosé à 350 kg de CPA pour 0,400 m³ de sable et 0,800 m³ de gravillons.

-
- ☑ Béton de forme pour dallage armé (ép. 0,10 m) avec fer T8, mailles 20/20. Le béton sera dosé à 250 kg de CPA pour 0,400 m³ de sable et 0,800 m³ de gravillons, avec joint périphérique.
 - ☑ Béton armé pour terrassement d'entrée et emmarchement y compris vibrations, aciers et toutes sujétions. Le béton sera dosé à 350 kg de CPA pour 0,400 m³ de sable et 0,800 m³ de gravillons.
 - ☑ Béton armé pour socle groupe (ép. 0.20m) y compris vibrations, aciers et toutes sujétions. Le béton sera dosé à 350 kg de CPA pour 0,400 m³ de sable et 0,800 m³ de gravillons

2.4. Ouvrages en élévation

- ☑ Agglomérés de ciment creux (classe B40) de 15 cm d'épaisseur (15 cm x 40 cm x 20 cm), hourdés au mortier de ciment et rejointoyés avec soin. A prévoir pour les murs.
- ☑ Béton armé en élévation pour ouvrages à toutes hauteurs au-dessus du sol y compris vibrations, aciers, réservations pour le scellement d'ouvrages métalliques, coffrage en planches, aciers et toutes sujétions. Le béton sera dosé à 350 kg de CPA pour 0,400 m³ de sable et 0,800 m³ de gravillons.

2.5. Travaux divers

- ☑ Trous, saignées, percements, scellements divers seront à la charge de l'Entrepreneur qui devra exécuter tous les travaux nécessaires à la parfaite réalisation et finition de tous les corps d'état. Ces prestations comprendront l'ouvrage proprement dit, exécuté à la masse ou au poinçon, le calfeutrement, et tous raccords après coup.
- ☑ Calfeutrement et raccords des menuiseries, bâtis, saignées diverses seront réalisés avec du béton fin (grain de riz) dosé à 400 kg/m³ y compris toutes sujétions.

2.6. Menuiserie métallique

L'entrepreneur aura à sa charge :

- ☑ La fourniture de tous les ouvrages suivants :
Bâtis, portes, volets et grilles y compris leur ferrage, leur serrurerie, leur quincaillerie et tous les accessoires, compris butoir fixé au sol.
- ☑ La mise en place et l'ajustement de ces ouvrages dans leurs dormants, de même que la pose des paumelles, verrous, pattes.
Les menuiseries seront livrées, sablées et protégées par une couche de peinture antirouille.

2.7. Electricité

Si nécessaire, le fourreautage se fera avec du tube orange diamètre 11 mm avec une filerie de diamètre différent pour l'alimentation électrique.

2.8. Qualité et provenance des matériaux utilisés

2.8.1. Matériaux d'apport

Les matériaux d'apport utilisés en remblai devront être homogènes et ne contenir ni d'élément purement argileux, ni d'éléments rocheux d'un volume supérieur à 1 dm³, ni gravats d'aucune sorte, ni détritiques, ni déchets organiques.

2.8.2. Gravier pour béton

Les graviers pour toutes les classes de béton seront exempts de toutes matières organiques et dégagés de toutes gangues ou terres provenant de sites préalablement agréés par le Maître d'ouvrage et présentant une distribution granulométrique étalée. Le coefficient d'usure Los Angeles ne sera pas supérieur à 45 %.

Les graviers seront de la classe granulaire 5/25 mm. Les poids des éléments retenus sur le tamis de 20 mm et passant au tamis de 5 mm seront l'un et l'autre inférieur à 10 % du poids initial soumis au criblage, le poids des éléments retenus sur le tamis de 10 mm devra être compris entre le tiers et les deux tiers du poids initial soumis au criblage.

2.8.3. Sables pour bétons et mortiers

Les sables pour bétons et mortiers de tous types seront des matériaux propres, durs, exempts de toutes matières organiques, sels, gangue ou terre, provenant de sites préalablement agréés par le Maître d'ouvrage. Ils seront éventuellement criblés pour obtenir la granulométrie nécessaire et lavés. Les sables auront la granulométrie suivante, d'après leurs emplois :

- ☒ Béton de toutes classes 0/5 mm ;
- ☒ Mortier pour maçonnerie ;
- ☒ Jointoiement de maçonnerie de dalettes 0,2 mm ;
- ☒ Mortier pour enduits 0,1 mm.

2.8.4. Ciment

Le ciment sera de qualité Portland Normal CPA 325 (désignation française) ou d'autre désignation équivalente. En ce qui concerne la qualité et les conditions auxquelles la fourniture de ciment devra satisfaire, ainsi que les normes d'essais et de réception, les prescriptions des normes françaises AFNOR seront d'application.

2.8.5. Eau de gachage

L'eau destinée à la fabrication des mortiers et bétons devra être douce et exempte de toutes matières organiques et répondre aux caractéristiques suivantes :

- ☒ Matières en suspension : 2 grammes par litre (maximum)
- ☒ Sels dissous : 5 grammes par litre (maximum).

2.8.6. Peinture

Tous les produits parviendront sur le chantier dans des récipients clos comportant les marques d'origine et l'identification du type. L'entrepreneur sera responsable de leur bonne conservation sur le chantier. Les récipients ne seront ouverts qu'au moment de l'emploi dans le nombre strictement nécessaire à l'exécution de travaux de peinture à réaliser. Tous les récipients ouverts seront refusés. Il en sera de même pour ceux dont le contenu ne serait pas conforme aux échantillons déposés.

Toutes les peintures, diluants, mastics et colorants devront être de meilleure qualité, adaptée à l'emploi en climat tropical. Les marques des peintures et vernis seront soumises à l'agrément du Maître d'ouvrage. L'emploi des produits sera conforme aux spécifications de fiches techniques du fabricant, notamment en ce qui concerne la nature et la qualité de diluant nécessaire à chaque produit suivant le système d'application.

2.9. Sujétions travaux

Outre les documents qui leur sont remis, les soumissionnaires devront prendre, sur place, tous les renseignements complémentaires qui leur seront nécessaires pour établir leur prix.

Ils devront notamment s'inquiéter, préalablement, à l'établissement de leurs prix, de l'état dans lequel se trouve le terrain. Le prix forfaitaire devra comprendre les conséquences de toutes les sujétions et difficultés d'exécution qui pourront se rencontrer.

Aucun supplément ne sera accordé pour sujétion. L'Entrepreneur est réputé connaître les normes et règlements et usages du pays et devra les appliquer. À défaut de documents propres au Sénégal, ceux appliqués en France serviront de référence. Le CPTP a été établi dans cet esprit. Il appartient toutefois à l'Entrepreneur de signaler lors de sa soumission toute contradiction entre le CPTP et les divers règlements faute de quoi ne pourra pas prétendre à des travaux supplémentaires en cas de litiges sur ce point en cours d'exécution.

Les textes cités dans la suite de ce document ne constituent donc pas une liste exhaustive.

Par ailleurs, il est rappelé que l'entrepreneur est responsable des contraventions de toutes natures qu'il pourrait encourir du fait de la non-observation des règlements locaux et qu'il doit en conséquence, faire toutes les démarches nécessaires auprès des administrations compétentes.

2.10. Dallage – qualité et mise en œuvre

Les niveaux finis seront fixés avec précision par rapport au terrain naturel, lors de l'implantation pour permettre un remblaiement général assurant les pentes nécessaires à l'écoulement des eaux de ruissellement vers l'extérieur de la salle.

Les niveaux bruts supérieurs des dallages ou plancher tiendront compte de l'épaisseur nécessaire à l'exécution des différents revêtements des sols prévus.

Après exécution d'un terre-plein ou terre en sable parfaitement arrosé et pilonné par couches successives de 20 cm. L'exécution d'un dallage en béton armé sera dosé à 300 kg de ciment pour 1m³ d'agréats (3/4 au maximum). L'épaisseur de ce dallage est de 10 cm.

L'armature sera constituée soit de treillis soudés 3/3 mailles 100/100 ou de fer tor HA8 tous les 0,20 m. Il est bien entendu que si la terre provenant des fouilles ou d'apport n'était pas reconnu convenable, elle serait remplacée par du sable de dune.

2.11. Nettoyage

Tous les travaux de nettoyage à l'intérieur des conteneurs et du local du groupe, après les travaux sont à la charge de l'entrepreneur, notamment : les sols, les appareillages électriques, les plaques de propreté, pènes et entrées de serrures, béquilles, les appareils sanitaires et les vitres, etc... seront soigneusement brossés et purgés de toutes traces. Tous les raccords seront dus après les nettoyages, de façon à présenter lors de la réception provisoire un travail exempt de toute critique.

➤Fiches techniques

Les fiches techniques (FT) ci-après sont à remplir par le Soumissionnaire. Les fiches techniques fabricant des équipements proposés doivent être jointes ainsi que les autorisations des fabricants pour l'utilisation de leurs équipements au titre du présent projet. Lorsque plusieurs modèles (taille, puissance, effort, etc.) d'un même type d'équipement sont utilisés, le Soumissionnaire devra remplir une fiche technique pour chaque modèle (par exemple si deux modèles différents d'onduleurs PV sont proposés, chaque modèle devra avoir sa fiche technique).

NB : Le soumissionnaire est tenu de fournir toutes les fiches techniques du matériel proposé même pour ceux fournis et dont le modèle ne figure pas au niveau des tableaux ci-après :

FT n°1 : Module photovoltaïque				
No.	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1	Général			
1.1	Fabricant			
1.2	Type de Modèle de Produit			
2	Caractéristiques du module PV			
2.1	Type de Cellule	Silicium cristallin (mono ou poly)		
2.2	Puissance nominale du module (Pnom)	Wc	$\geq 595 \text{ Wc}$	
2.3	Tension à PMAX (VMPP)			
2.4	Courant à PMAX (IMPP)			
2.5	Tension en circuit ouvert (VOP)			
2.6	Courant de court-circuit (ISC)			
2.7	Efficacité du Module	%	≥ 22	
2.8	Coefficient de température en tension (signe négatif)	- %/°C	$\geq -0,45$	
2.9	Tolérances de Puissance Nominale du Fabricant	%	< 3 % (tolérance Positive uniquement)	
2.10	Tension Maximum du Système du Module	V	1000	
2.11	Dimensions du module	mm		
2.12	Poids du module	kg		
2.13	Épaisseur du cadre	mm	≥ 35	
2.14	Charge statique maximale admissible en face avant	Pa	5400	
2.15	Indice de Protection	IP	65 min	

2.16	Durée de vie utile	ans	≥ 10 ans	
2.17	Indice de protection des connecteurs	IP	67 minimum	
2.18	Garantie de performance	%	≥ 90 % après 10 ans ; ≥ 80 % après 25 ans	
Autres documents à fournir				
Certificat de conformité aux normes CEI -61730 et 61215				
Certificat de test (préciser le laboratoire de test				
Courbes I-V à fournir pour trois plages de température : 25 °, 35° et 45°				

FT n° 2 : Batterie type lithium-Fer-Phosphate (LFP)				
No.	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1.1	Fabricant			
1.2	Technologie			
1.3	Produit/Modèle/Type			
1.4	Tension nominale par élément	V	3.2 V	
1.5	Tension nominale du parc batterie	V	48V	
1.7	Capacité nominale	Ah		
1.8	Rendement énergétique	%	> 98 %	
1.11	Système de refroidissement	Liquide ou air		
1.12	Dimensions	L/H/P(m m)		
1.13	Poids	kg		
1.14	Type (matériau) d'enveloppe			
1.15	Rendement de charge/décharge (round trip efficiency)	%	≥ 98 %	
1.16	Nombre de cycle à 50 % de profondeur de décharge (à 20°C)	Nombre de cycles		
1.17	Taux d'autodécharge	%	<3,5% de la capacité nominale par trimestre	
1.18	Système O&M		O&M accessible par cloud sur PC ou mobile	
1.19	Disponibilité des paramètres dans le BESS		Pour chaque Cellule	
Fournir les courbes caractéristiques et les informations relatives : - au courant de charge et de décharge admissible - aux critères de vieillissement				

FT n°3 : Onduleur PV				
No.	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1	Informations de Base			
1.1	Fabricant			
1.2	Produit/Modèle/Type			
1.3	Puissance nominale	kW		
1.4	Tension et type de sortie AC	V	400V Triphasé	
1.5	Dimensions	L/H/P (mm)		
1.6	Poids	kg		
1.7	Indice de protection (selon CEI 60529)	IP	> IP 66	
1.8	Système de refroidissement	À préciser		
1.9	Nombre d'entrées MPP	À préciser		
2	Caractéristiques de l'Onduleur			
2.1	Efficacité de Conversion Maximum	%	≥ 97 %	
2.2	Rendement Européen	%	≥ 97 %	
2.3	Valeur maximum de tension CC	V	1000	
2.4	Plage de température de fonctionnement	°C	Jusqu'à 55 °C	
2.5	Type d'interface pour communication avec le système de contrôle	À préciser		
2.6	Fréquence	Hz	50	
2.7	Variation du facteur de puissance		Oui (plage à préciser)	
2.8	Distorsion Harmonique Totale	%/	≤ 3	

2.9	Plage de tension d'entrées (MPPT)	V		
2.10	Autoconsommation	W		
2.11	Rendement	%	$\geq 97 \%$	
2.12	Type de protection contre inversion de polarité			
2.13	Type de protection contre surintensité			
2.14	Type de protection contre surtensions transitoires			
2.15	Durée de vie utile	ans	≥ 5 ans	
2.16	Compensation de température			
2.17	Système de monitoring		oui	
2.18	Conformité CE à fournir		oui	

FT n°4 : Onduleur chargeur				
No	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1	Informations de Base			
1.1	Fabricant			
1.2	Produit/Modèle/Type			
1.3	Puissance nominale	kW		
1.4	Puissance nominale (25°C) continue	kW		
1.5	Puissance nominale (45°C) continue	kW		
1.6	Puissance pic 3 secondes	kW		
1.7	Tension et type de sortie AC (monophasé ou triphasé)			
1.8	Dimensions	L/H/P (mm)		
1.9	Poids	kg		
1.10	Indice de protection (selon CEI 60529)	IP	> IP 54	
1.11	Système de refroidissement	À préciser		
1.12	Compatibilité avec technologie et capacité de batterie utilisée		oui	
2	Caractéristiques de l'Onduleur			
2.1	Fonction Source de tension		oui	
2.2	Fonction gestion du réseau (P/Q, court-circuit, etc.)		oui	
2.3	Plage de tension d'entrée batterie CC	V		
2.4	Rendement fonction onduleur	%	97%	

2.5	Rendement fonction chargeur	%	97%	
2.6	Fréquence	Hz	50	
2.7	Variation du facteur de puissance		Oui (plage à préciser)	
2.8	Distorsion Harmonique Totale	%	≤ 3	
2.9	Plage de tension d'entrées (MPPT)	V		
2.10	Tension maxi coté DC.	V	1000	
2.11	Autoconsommation	W		
2.12	Type de protection contre inversion de polarité			
2.13	Type de protection contre surintensité			
2.14	Type de protection contre surtensions transitoires			
2.15	Durée de vie utile	ans	≥ 5 ans	
2.16	Compensation de température			
2.17	Plage de température de fonctionnement	°C	Jusqu'à 55 °C	
2.18	Type d'interface pour communication avec le système de contrôle	À préciser		
2.19	Conformité CE à fournir		oui	

FT n°5 : Coffrets CC				
No.	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1	Général			
1.1	Fabricant			
1.2	Produit/Modèle/Type			
1.3	Approuvé pour les conditions extérieures et adapté à l'environnement des Travaux		oui	
1.4	Résistant aux intempéries et aux UV		oui	
1.5	Côtés positif and négatif (+ et -) séparés dans la boîte de raccordement		oui	
1.6	Fusibles CC pour chaque chaîne		oui	
1.7	Protection contre les surtensions – parafoudre de type II		oui	
1.8	Interrupteur / Sectionneur			
1.9	Protection IP (CEI 60529)	IP	≥ IP 65	
1.10	Tension CC Maximum	V	1000	
1.11	Classe de Sécurité II		requis	

FT n°6 : Câble CC				
No.	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1	Général			
1.1	Fabricant			
1.2	Produit/Modèle/Type			
1.3	Approuvé pour les conditions extérieures et adapté à l'environnement des Travaux		oui	
1.4	Résistant aux intempéries et aux UV		oui	
2	Exigences techniques			
2.1	Section transversale	mm ²	À préciser	
2.2	Conducteur		cuivre	
2.3	Plage de température de fonctionnement	°C	Max. +90 ou mieux	
2.4	Tension CC Maximum	kV	1.8	
2.5	Isolement		Sans halogène	

FT n°7 : Structure de fixation des modules PV				
No.	Description de l'Élément	Unité	Donnée spécifiée	Donnée de l'offre
1	Général			
1.1	Fabricant			
1.2	Type			
2	Caractéristiques techniques			
2.1	Matériau		Acier galvanisé à chaud/ Aluminium	
2.2	Type de fondations prévues			
2.3	Type de traitement anti-corrosion			
2.4	Positions des modules (orientation paysage/portrait)		paysage/portrait	
2.5	Longueur d'une « table » et nombre de modules par tables	m		
2.6	Distance verticale entre le bord inférieur et le sol	m	Minimum 0,75	
2.8	Distance verticale entre le sol et le point le plus haut	m	Maximum 1,4	
2.9	Connexion entre le cadre du module et la structure	oui	La mise à la terre des modules doit être assurée	
2.10	Angle d'ombrage	°	< 19	
2.11	Distance entre rangées	m	> 3	

FT n°13 : Local Technique	
Détail	Quantités/soumission
Fabricant	
Largeur intérieure (mm)	
Longueur intérieure mm	
Hauteur intérieure (mm)	
Température à maintenir	
Structure cadre en acier galvanisé	Oui / non
Une toiture en acier galvanisé	Oui / non
Façade : murs en panneaux sandwich polyuréthane épaisseur 60mm	Oui / non

Toiture en panneaux sandwich polyuréthane épaisseur 80mm	Oui / non
Menuiserie : portes en aluminium panneauté	Oui / non
Fenêtres dans un matériau résistant à la chaleur en double vitrage	Oui / non
Compribande d'étanchéité	Oui / non
Serrure Anti-panique 3 points	Oui / non
Refroidissement	
Eclairage intérieur	Oui / non
Eclairage extérieur	Oui / non
Prise de courant	Oui / non
Détection incendie	Oui / non
Extincteur 6 litre, Mousse carbonique (plage température 5°C à 60°C, Pression d'essai 30 bar)	Oui / non
Détecteur inondation	Oui / non
Porte documents	Oui / non
Extracteur d'air	Oui / non
Prise d'air neuf	Oui / non
Manuel de montage	Oui / non

FT n°14 : FICHE TECHNIQUE SYSTEME SCADA/EMS/BMS et BMU

Composantes	Spécifications Techniques	Exigences minimales	Donnée de l'offre
1. Système Global	- Architecture : Champ PV+ BESS + Onduleur PV + Onduleur Chargeur + EMS/BMS/SCADA	Off-Grid (îlotage permanent) Superviser, piloter et sécuriser l'ensemble du système énergétique	
2. EMS (Energy Management System)	Type	Contrôleur industriel	
	Fonction	Optimisation dynamique de la production, du stockage et de la distribution	
	Protocoles	Modbus TCP/RTU, CAN	
	Interfaces	WebUI, application mobile	
	Fonctions :	Programmation horaire, arbitrage source (PV, batterie, groupe), délestage charges non critiques, stratégie SOC min/max	
	Capacité de traitement :	≥ 1 million de points de données/jour	
	Sécurité :	Authentification multi-niveau, pare-feu intégré	
3. BMS (Battery Management System)	Stockage :	≥ 6 mois en local, extension cloud possible	
	Fonction	Surveillance et protection en temps réel de la batterie	
	Technologies supportées	Li-ion, LFP	
	Mesures	Tension cellule ±5 mV, température ±1°C, courant ±1%, SOC ±2%	
	Sécurité	Coupure automatique en cas de surtension, sous-tension, surchauffe, court-circuit	
	Équilibrage	Passif (≤ 100 mA) ou actif (jusqu'à 2 A)	
	Communication	CAN 2.0B / RS485 / Modbus RTU vers EMS	
4. BMU (Battery Monitoring Unit)	Température de fonctionnement	> à +60 °C	
	Fonction	Interface entre les packs batterie et le BMS principal	

	Surveillance	Cellule à cellule (tension, température), pack (courant, isolation)	
	Communication	RJ45 / RS485, Modbus	
	Alarmes	LEDs de diagnostic, buzzer local	
	Température de fonctionnement	> à +60 °C	
5. SCADA / HMI / Supervision	- Plateforme	cloud-based	
	Interface	Web HTML5	
	Fonctionnalités	Visualisation temps réel, courbes historiques, rapport automatisé, tendances, alarmes	
	Export de données	CSV	
	Accès	Multi-utilisateur, accès distant via VPN ou GSM/4G	
6. Onduleur Chargeur	Compatibilité	Compatibilité EMS/BMS :	
7. Normes et Conformités	Normes électriques	IEC 61724, IEC 62933, IEC 61000, IEC 62109	
	Certification des équipements	CE, UL1973/9540A (pour batteries), ISO 9001	

➤ Surveillance et contrôle à distance, enregistrement de données

L'entrepreneur veillera à ce que, pour chacun des sites, le système de surveillance fournisse les fonctionnalités suivantes :

1. Compteurs

L'entrepreneur doit s'assurer que des compteurs sont installés sur le tableau de bord solaire principal pour mesurer au moins l'alimentation électrique des panneaux photovoltaïques et l'importation / exportation des batteries. Les compteurs doivent être des compteurs d'énergie multifonctions numériques complets avec des TC (si nécessaire) et des fusibles potentiels (si nécessaire). Les compteurs auront les exigences minimales suivantes :

- Côté production
 1. Tension/courant/puissance du réseau PV (courant continu) ;
 2. Énergie production horaire/journalière/mensuelle ;
 3. Capteur d'irradiation solaire ;
 4. Energie produite par les Onduleurs PV ;
 5. Puissance active produite ;
 6. Régulateur et onduleur de batterie ;
 7. Niveau de charge des batteries (Tension, SOC)
 8. Puissance active total fournie au réseau
 9. L'état de la batterie et la durée de vie estimée
 10. Température des batteries
 11. Température extérieur/intérieur.
 12. Affichage d'alarme en temps réel.
- Côté réseau de distribution
 1. Tension/courant/fréquence/puissance du réseau (courant alternatif) ;

2. Connexion

Un système complet de collecte des données doit être intégré dans chaque centrale électrique. Le but du système est de permettre la surveillance à distance par radio, de toutes les stations. La connexion de données principale doit être effectuée par modem GSM. Le système central

doit recueillir et transmettre les performances et l'état de la station sur une base quotidienne et horaire. Les erreurs de système de signalisation d'alerte doivent être transmises par GSM et SMS.

Le système d'alarme de sécurité est connecté au modem GSM.

Le système doit permettre les capacités suivantes :

1. Energie fournie par la station (kWh) réparation au cours du temps ;
2. Consommation, production et niveau de batterie ;
3. Répartition de la production d'énergie par sources (en cas d'extension future de la capacité) ;
4. Etat de charge des batteries (tension, Ah entrant/sortant, SOC, SOH) ;
5. L'état de la batterie (nombre de cycles restants, tension nominale)
6. Pilotage de l'exploitation, alarmes en cas de défaut de fourniture d'énergie ;
7. États de fonctionnement des sources ;
8. Répartition de la puissance produite et fournie ;
9. Tensions, courants, fréquence de puissance courant alternatif ;
10. Tensions, courants des systèmes DC ;
11. Historique des alarmes, défauts, avaries des équipements de la centrale et événements ;
12. L'enregistrement et la déclaration des données des stations météorologiques.

3. Logiciel

Le logiciel utilisé pour surveiller et contrôler l'installation solaire est convivial avec une interface intuitive.

1. Le logiciel peut être accessible à distance à partir du bureau de surveillance de l'ASER ou de l'opérateur aux fins d'analyse de la performance du système photovoltaïque ;
2. Le logiciel est capable d'afficher des données journalières en temps réel ainsi que des données historiques hebdomadaires, mensuelles et annuelles ;
3. Le logiciel est capable de notifications par SMS en cas de défaillance de l'onduleur, de faible rendement, de température interne élevée ou de tension PV solaire faible ;
4. Toutes les capacités doivent également être surveillées et affichées sur place ;
5. Surveiller et afficher sur place la production d'énergie pour chaque jour ainsi que la production d'énergie accumulée ;
6. Détecter les pannes et les conditions de panne dans le système en plus de fournir des détails de sortie pertinents de manière conviviale et accessible ;

-
7. Intégration avec le SCADA sur place et la communication ;
 8. La mesure de puissance pour la puissance fournie par chaque onduleur séparé est disponible séparément pour l'évaluation.

L'exportation de données sera possible à chaque station et au serveur central, de toutes les données au format CSV ou MS Excel. Une interface via smartphone doit être fournie dans le logiciel serveur.

La solution doit comprendre une capacité de surveillance centrale : Visualisation GPS / carte de toutes les stations connectées. La solution doit permettre aussi un rapport sommaire de toutes les stations connectées.

Le serveur doit être situé sur la base du client (Etat du Sénégal). L'entrepreneur doit fournir une formation à ce logiciel à 3 personnes du client et 2 personnes par concessionnaire.

Le support du logiciel doit être inclus pendant 1 an après le transfert du système final à l'Etat du Sénégal qui sera l'administrateur du logiciel en donnant l'accès à chaque partie prenante.

Le logiciel doit pouvoir afficher les données de séries chronologiques dans un graphique.

Tous les logiciels doivent être inclus dans l'offre. Le logiciel doit être compatible avec le système d'exploitation Windows et en français.

➤ EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES (ES)

L'Entrepreneur doit intégrer les éléments suivants dans l'évaluation des coûts du marché :

N°	Prescriptions environnementales et sociales
1	<i>Mesures préalables</i> Recrutement d'un responsable Hygiène/Sécurité/Environnement qui veillera à ce que les règles d'hygiène, de sécurité et de protection de l'environnement sont rigoureusement suivies par tout le personnel ainsi que les tiers. Elaboration d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale du ou des Chantier (PGES-C)¹ Mettre en place un mécanisme de gestion des plaintes : ce MGP vise à assurer le suivi et le traitement efficace des plaintes et réclamations des travailleurs et des populations locales.

¹ Ce Plan comprendra les sections suivantes : les mesures de Formation en environnement, social, sanitaire et sécuritaire (E3S), la Gestion des Installations et Chantiers, la Gestion de la Sécurité au Travail, la Gestion de la Santé ; la Gestion de la Main-D'œuvre, la Préparation et Réponse aux Urgences, la Sécurité Extérieure des Chantiers, Installations, et des Personnes ; l'Engagement des Parties Prenantes ; le Suivi Environnemental et Social

2	<i>Préparation et libération de l'emprise</i> • Information et sensibilisation des populations concernées dans la zone d'influence du Projet
3	<i>Repérage réseaux des concessionnaires</i>
4	<i>Installations de chantier</i> • Préparation • Installations sanitaires et d'eau potable • Installations de sécurité
5	<i>Équipement de protection individuelle et collective du personnel de chantier</i> • Tenue, bottes, gants, casques, masques, etc. • Boite à pharmacie de premiers soins • Formation aux gestes premier secours • CHST • Suivi médical
6	<i>Aménagement de voies d'accès et de déviation</i> • Voies de contournement et chemins d'accès temporaires • Passerelles piétons et accès riverains
7	<i>Signalisation du chantier et des travaux</i> Ce poste recouvre les travaux et prestations relatifs à la pose des panneaux Respect du balisage des fouilles et des stocks de matériaux
8	<i>Mesures de protection lors du transport d'équipements et de matériaux</i> • Arrosage des pistes en terre de circulation • Couverture des camions (bâches, filets, etc.) • Sensibilisation des conducteurs
9	<i>Sensibilisation des ouvriers</i> Ce poste recouvre les travaux et prestations suivants : • Sensibilisation à l'importance de la protection de l'environnement ; • Sensibilisation au respect des us et coutumes des populations de la région où sont effectués les travaux ; • Sensibilisation sur la sécurité et l'hygiène au travail ; • Sensibilisation aux risques des IST et du VIH-SIDA ; • Mise à disposition de préservatifs contre les IST/VIH-SIDA ; • Sensibilisation sur les mesures barrières du COVID -19 ; • Sensibiliser sur les risques liés aux Violences Basées sur le Genre (VBG), les Abus et Exploitation Sexuelle (AES).
10	<i>Gestion des eaux usées et des déchets solides</i> Ce poste recouvre les travaux et prestations suivants : • Couverture et imperméabilisation des aires de stockage • Evacuation des surplus de matériaux • Achat de bacs à ordures • Construction de fosses pour enfouissement des déchets biodégradables et non toxiques
11	<i>Repli de chantier et réaménagement</i> • réaliser tous les aménagements nécessaires à la remise en état des lieux

	• retirer les abris temporaires, le matériel, le bois, les déchets, les matériaux excédentaires, les clôtures et les autres articles connexes ; • rectifier les défauts de drainage • régaler toutes les zones excavées • nettoyer et éliminer toute forme de pollution.
--	--

Dans son offre technique l'entreprise devra démontrer de façon précise comment elle compte planifier et mettre en œuvre de façon rigoureuse tout au long de l'exécution des travaux les prescriptions environnementales et sociales.

Les clauses environnementales et sociales ci-dessous sont à intégrer dans les contrats de travaux :

a. Dispositions préalables pour l'exécution des travaux

Respect des lois et réglementations nationales :

L'Entrepreneur et ses sous-traitants doivent : connaître, respecter et appliquer les lois et règlements en vigueur dans le pays et relatifs à l'environnement, à l'élimination des déchets solides et liquides, aux normes de rejet et de bruit, aux heures de travail, etc. ; prendre toutes les mesures appropriées en vue de minimiser les atteintes à l'environnement ; assumer la responsabilité de toute réclamation liée au non-respect de l'environnement.

Permis et autorisations avant les travaux

Toute réalisation de travaux doit faire l'objet d'une procédure préalable d'information et d'autorisations administratives. Avant de commencer les travaux, l'Entrepreneur doit se procurer tous les permis nécessaires pour la réalisation des travaux prévus dans le contrat : autorisations délivrées par les collectivités locales, les services forestiers (en cas de déboisement, d'élagage, etc.), les services miniers (en cas d'exploitation de carrières et de sites d'emprunt), les services d'hydraulique (en cas d'utilisation de points d'eau publiques), de l'inspection du travail, les gestionnaires de réseaux, les Divisions Régionales de l'Environnement et des Etablissements Classés DREEC), etc. Avant le démarrage des travaux, l'Entrepreneur doit se concerter avec les riverains avec lesquels il peut prendre des arrangements facilitant le déroulement des chantiers.

Réunion de démarrage des travaux

Avant le démarrage des travaux, l'Entrepreneur doit organiser des réunions avec les autorités, les représentants des populations situées dans la zone du projet et les services techniques compétents, pour les informer de la consistance des travaux à réaliser et leur durée, des itinéraires concernés et les emplacements susceptibles d'être affectés. Cette réunion permettra à l'Entrepreneur de recueillir les observations des populations, de les sensibiliser sur les enjeux environnementaux et sociaux et sur leurs relations avec les ouvriers.

Préparation et libération du site

L'Entrepreneur devra informer les populations concernées avant toute activité de destruction de champs, vergers, maraîchers requis dans le cadre du projet. La libération de l'emprise doit se faire selon un calendrier défini en accord avec les populations affectées et l'Entrepreneur. Avant l'installation et le début des travaux, l'Entrepreneur doit s'assurer si c'est le cas que les indemnisations/compensations sont effectivement payées aux ayants droit. Ces processus indemnisations/compensations devront être encadrés par l'administration déconcentrée et en même temps doivent faire l'objet d'une documentation.

Repérage des réseaux des concessionnaires

Avant le démarrage des travaux, l'Entrepreneur doit instruire une procédure de repérage des réseaux des concessionnaires (eau potable, électricité, téléphone, égout, etc.) sur plan qui sera formalisée par un Procès-verbal signé par toutes les parties (Entrepreneur, concessionnaires).

Programme de gestion environnementale et sociale

L'Entrepreneur doit établir un programme détaillé de gestion environnementale et sociale du chantier qui comprend : (i) un plan d'occupation du sol indiquant l'emplacement du chantier et les différentes zones du chantier selon les composantes du projet et les implantations prévues; (ii) un plan de gestion des déchets du chantier indiquant les types de déchets, le type de collecte envisagé, le lieu de stockage, le mode et le lieu d'élimination ; (iii) le programme d'information et de sensibilisation de la population précisant les cibles, les thèmes et le mode de consultation retenu ; (iv) un plan de gestion des accidents et de préservation de la santé précisant les risques d'accidents majeurs pouvant mettre en péril la sécurité ou la santé du personnel et/ou du public et les mesures de sécurité et/ou de préservation de la santé à appliquer dans le cadre d'un plan d'urgence. L'Entrepreneur doit également établir et soumettre, à l'approbation du Maître d'ouvrage, un plan de protection de l'environnement du site qui inclut l'ensemble des mesures de protection du site ; la sécurité, et le plan prévisionnel d'aménagement du site en fin de travaux.

Le programme de gestion environnementale et sociale comprendra également : l'organigramme du personnel affecté à la gestion environnementale avec indication du

responsable chargé de l'Hygiène/Sécurité/Environnemental du projet ; la description des méthodes de réduction des impacts négatifs ; le plan d'approvisionnement et de gestion de l'eau et de l'assainissement ; la liste des accords pris avec les propriétaires et les utilisateurs actuels des sites privés.

b. Installations de chantier et préparation

Normes de localisation

L'Entrepreneur doit construire ces installations temporaires du chantier de façon à déranger le moins possible l'environnement, de préférence dans des endroits déjà déboisés ou perturbés lorsque de tels sites existent, ou sur des sites qui seront réutilisés lors d'une phase ultérieure à d'autres fins. L'Entrepreneur doit strictement interdire d'établir une base vie à l'intérieur d'une aire protégée. L'entrepreneur devra se rapprocher de la DREEC concernée pour toutes les dispositions relatives à l'installation d'une base vie ou une base chantier.

Affichage du règlement intérieur et sensibilisation du personnel

L'Entrepreneur doit afficher un règlement intérieur de façon visible dans les diverses installations de la base-vie prescrivant spécifiquement : le respect des us et coutumes locales, la protection contre les IST/VIH/SIDA, les règles d'hygiène et les mesures de sécurité. L'Entrepreneur doit sensibiliser son personnel notamment sur le respect des ***us et coutumes*** des populations de la région où sont effectués les travaux et sur les risques des IST et du VIH/SIDA ainsi que les risques liés aux Violence Basées sur le Genre (VBG) et aux Abus et Exploitations Sexuelles (AES).

Emploi de la main d'œuvre locale

L'Entrepreneur est tenu d'engager (en dehors de son personnel cadre technique) le plus de main-d'œuvre possible dans la zone où les travaux sont réalisés. A défaut de trouver le personnel qualifié sur place, il est autorisé d'engager la main d'œuvre à l'extérieur de la zone de travail. Il est formellement interdit d'employer des mineurs ou des enfants sur le chantier.

Respect des horaires de travail

L'Entrepreneur doit s'assurer que les horaires de travail respectent les lois et règlements nationaux en vigueur. Toute dérogation est soumise à l'approbation du Maître d'ouvrage. Dans la mesure du possible, (sauf en cas d'exception accordé par le Maître d'ouvrage), l'Entrepreneur doit éviter d'exécuter les travaux pendant les heures de repos, les dimanches et les jours fériés.

Respect des mesures de protection individuelle et collective

L'Entrepreneur doit mettre à disposition du personnel de chantier des tenues de travail correctes réglementaires et en bon état, ainsi que tous les accessoires de protection et de sécurité propres à leurs activités (casques, bottes, ceintures, masques, gants, lunettes, etc.). L'Entrepreneur doit veiller au port scrupuleux des équipements de protection sur le chantier. Un contrôle permanent doit être effectué à cet effet et, en cas de manquement, des mesures coercitives (avertissement, mise à pied, renvoi) doivent être appliquées au personnel concerné. Il est tenu de renouveler ces EPI conformément aux délais fixés par la réglementation. L'entrepreneur doit mettre en place des mesures collectives (trousse de premier secours, formation aux gestes de premiers de secours, formation à l'extinction des feux, Comité d'Hygiène de Sécurité au Travail (CHST), etc.) pour garantir la sécurité du personnel

Responsable Hygiène, Sécurité et Environnement

L'Entrepreneur doit recruter un responsable Hygiène/Sécurité/Environnement qui veillera à ce que les règles d'hygiène, de sécurité et de protection de l'environnement sont rigoureusement suivies par tous et à tous les niveaux d'exécution, tant pour les travailleurs que pour la population et autres personnes en contact avec le chantier. Il devra localiser les centres de santé les plus proches du site afin de permettre à son personnel d'avoir accès aux premiers soins en cas d'accident. L'Entrepreneur doit interdire l'accès du chantier au public, le protéger par des balises et des panneaux de signalisation, indiquer les différents accès et prendre toutes les mesures d'ordre et de sécurité propres à éviter les accidents. Il sera le responsable principal de la mise en œuvre du PGES-C.

Désignation du personnel d'astreinte

L'Entrepreneur doit assurer la garde, la surveillance et le maintien en sécurité de son chantier y compris en dehors des heures de présence sur le site. Pendant toute la durée des travaux, l'Entrepreneur est tenu d'avoir un personnel en astreinte, en dehors des heures de travail, tous les jours sans exception (samedi, dimanche, jours fériés), de jour comme de nuit, pour pallier tout incident et/ou accident susceptible de se produire en relation avec les travaux.

Mesures contre les entraves à la circulation

L'Entrepreneur doit éviter d'obstruer les accès publics. Il doit maintenir en permanence la circulation et l'accès des riverains en cours de travaux. L'Entrepreneur veillera à ce qu'aucune fouille ou tranchée ne reste ouverte la nuit, sans signalisation adéquate. L'Entrepreneur doit veiller à ce que les déviations provisoires permettent une circulation sans danger.

c. Repli de chantier et réaménagement

Règles générales

A toute libération de site, l'Entrepreneur laisse les lieux propres à leur affectation immédiate. Il ne peut être libéré de ses engagements et de sa responsabilité concernant leur usage sans qu'il ait formellement fait constater ce bon état par les services compétents. L'Entrepreneur réalisera tous les aménagements nécessaires à la remise en état des lieux. Il est tenu de replier tous ses équipements et matériaux et ne peut les abandonner sur le site ou les environs.

Une fois les travaux achevés, l'Entrepreneur doit (i) retirer les bâtiments temporaires, le matériel, les déchets solides et liquides, les matériaux excédentaires, les clôtures etc.; (ii) rectifier les défauts de drainage et régaler toutes les zones excavées; (iii) reboiser les zones initialement déboisées avec des espèces appropriées, en rapport avec les services forestiers locaux; (iv) protéger les ouvrages restés dangereux (puits, tranchées ouvertes, dénivelés, saillies, etc.); (vi) rendre fonctionnel les chaussées, trottoirs, caniveaux, rampes et autres ouvrages rendus au service public. Après le repli de tout le matériel, un procès-verbal constatant la remise en état du site doit être dressé et joint au procès-verbal de réception des travaux.

Protection des zones instables

Lors de l'exécution d'ouvrages en milieux instables, l'Entrepreneur doit prendre les précautions suivantes pour ne pas accentuer l'instabilité du sol : (i) éviter toute circulation lourde et toute surcharge dans la zone d'instabilité ; (ii) conserver autant que possible le couvert végétal ou reconstituer celui-ci en utilisant des espèces locales appropriées en cas de risques d'érosion.

Contrôle de l'exécution des clauses environnementales et sociales

Le contrôle du respect et de l'effectivité de la mise en œuvre des clauses environnementales et sociales par l'Entrepreneur est effectué par le Maître de l'ouvrage, dont l'équipe doit comprendre un expert environnementaliste qui fait partie intégrante de la mission de contrôle des travaux. Dans ce sens, l'entrepreneur est appelé à collaborer parfaitement avec le Maître de l'ouvrage.

Gestion des produits pétroliers et autres contaminants

L'Entrepreneur doit nettoyer l'aire de travail ou de stockage où il y a eu de la manipulation et/ou de l'utilisation de produits pétroliers et autres contaminants. Tout déchet issu de ce nettoyage doit faire l'objet d'une gestion adéquate.

Notification

Le Maître d'ouvrage notifie par écrit à l'Entrepreneur tous les cas de défaut ou non-exécution des mesures environnementales et sociales. L'Entrepreneur doit redresser tout manquement aux prescriptions dûment notifiées à lui par le Maître d'ouvrage. La reprise des travaux ou les travaux supplémentaires découlant du non-respect des clauses sont à la charge de l'Entrepreneur.

Sanction

En application des dispositions contractuelles, le non-respect des clauses environnementales et sociales, dûment constaté par le Maître d'ouvrage, peut être un motif de résiliation du contrat. L'Entrepreneur ayant fait l'objet d'une résiliation pour cause de non-application des clauses environnementales et sociales s'expose à des sanctions allant jusqu'à la suspension du

droit de soumissionner pour une période déterminée par le Maître d'ouvrage, avec une réfaction sur le prix et un blocage de la retenue de garantie.

Réception des travaux

Le non-respect des présentes clauses expose l'Entrepreneur au refus de réception provisoire ou définitive des travaux, par la Commission de réception. L'exécution de chaque mesure environnementale et sociale peut faire l'objet d'une réception partielle impliquant les services compétents concernés.

Obligations au titre de la garantie

Les obligations de l'Entrepreneur courent jusqu'à la réception définitive des travaux qui ne sera acquise qu'après complète exécution des travaux d'amélioration de l'environnement prévus au contrat.

d. Clauses Environnementales et Sociales spécifiques

Signalisation des travaux

L'Entrepreneur doit placer, préalablement à l'ouverture des chantiers et chaque fois que de besoin, une pré-signalisation et une signalisation des chantiers à longue distance qui répond aux lois et règlements en vigueur. Dans cette logique, il est dans l'obligation d'utiliser un matériel adéquat pour assurer la visibilité.

Mesures pour la circulation des engins de chantier

Lors de l'exécution des travaux, l'Entrepreneur doit limiter la vitesse des véhicules sur le chantier par l'installation de panneaux de signalisation et des porteurs de drapeaux. Dans les zones d'habitation, l'Entrepreneur doit établir l'horaire et l'itinéraire des véhicules lourds qui doivent circuler à l'extérieur des chantiers de façon à réduire les nuisances (bruit, poussière et congestion de la circulation) et le porter à l'approbation du Maître d'ouvrage.

Protection des sites sacrés et des sites archéologiques

L'Entrepreneur doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour respecter les sites culturels (cimetières, sites sacrés, etc.) dans le voisinage des travaux et ne pas leur porter atteintes. Pour cela, il devra s'assurer au préalable de leur typologie et de leur implantation avant le démarrage des travaux.

Mesures d'abattage d'arbres et de déboisement

En cas de déboisement, les arbres abattus doivent être découpés et stockés. Les populations riveraines doivent être informées de la possibilité qu'elles ont de pouvoir disposer de ce bois à leur convenance. Les arbres abattus ne doivent pas être abandonnés sur place, ni brûlés ni enfouis sous les matériaux de terrassement. Il sera formellement interdit à l'Entrepreneur de procéder aux abattages ou élagages d'arbre sans avoir l'autorisation préalable des services des eaux et forêts. Il devra aussi mettre en place un personnel formé aux bonnes pratiques d'abattage et d'élagage et qui sera dédié à ces tâches.

Gestion des déchets liquides

L'Entrepreneur devra éviter tout déversement ou rejet d'eaux usées, d'eaux de vidange, hydrocarbures, et polluants de toutes natures, dans les eaux superficielles ou souterraines. Les points de rejet et de vidange seront indiqués par l'Entrepreneur.

Gestion des déchets solides

L'Entrepreneur doit déposer les ordures ménagères dans des poubelles étanches et devant être vidées périodiquement. L'Entrepreneur devra strictement éviter de transporter les déchets par ces propres camions de chantier. Pour des raisons d'hygiène, et pour ne pas attirer les vecteurs, une collecte quotidienne est recommandée, surtout durant les périodes de chaleur. L'Entrepreneur doit éliminer ou recycler les déchets de manière écologiquement rationnelle. L'Entrepreneur devra collaborer avec les municipalités afin d'acheminer les déchets vers les lieux d'élimination existants.

Protection contre la pollution sonore

L'Entrepreneur est tenu de limiter les bruits de chantier susceptibles d'importuner gravement les riverains, soit par une durée exagérément longue, soit par leur prolongation en dehors des heures normales de travail. Les seuils à ne pas dépasser sont : 55 à 60 décibels le jour, 40 décibels la nuit.

Protection contre la pollution de l'air

L'Entrepreneur est tenu d'éviter le rejet de toutes substances toxiques, de poussière émanant de ses activités. Il devra veiller à l'entretien préventif et curatif des engins lourds, d'arroser régulièrement les pistes d'accès, de bâcher les camions transportant des matériaux poussiéreux.

Prévention contre les IST/VIH/SIDA et la COVID 19

L'Entrepreneur doit informer et sensibiliser son personnel sur les risques liés aux IST/VIH/SIDA. Il doit mettre à la disposition du personnel des préservatifs contre les IST/VIH-SIDA et des masques et gel hydro alcooliques pour les travailleurs.

L'Entrepreneur doit informer et sensibiliser son personnel sur la sécurité et l'hygiène au travail. Il doit veiller à préserver la santé des travailleurs et des populations riveraines, en prenant des mesures appropriées contre d'autres maladies liées aux travaux et à l'environnement dans lequel ils se déroulent. L'Entrepreneur doit prévoir des mesures de prévention suivantes contre les risques de maladie : (i) instaurer le port de masques, d'uniformes et autres chaussures adaptées ; (ii) installer systématiquement des infirmeries et fournir gratuitement au personnel de chantier les médicaments de base nécessaires aux soins d'urgence.

Journal de chantier

L'Entrepreneur doit tenir à jour un journal de chantier, dans lequel seront consignés les réclamations, les manquements ou incidents ayant un impact significatif sur l'environnement ou à un incident avec la population, l'ensemble des activités, les résolutions mises en œuvre, les matériaux livrés, l'avancement des travaux, etc. Le journal de chantier est unique pour le chantier et les notes doivent être écrites à l'encre. L'Entrepreneur doit informer le public en

général, et les populations riveraines en particulier, de l'existence de ce journal, avec indication du lieu où il peut être consulté.