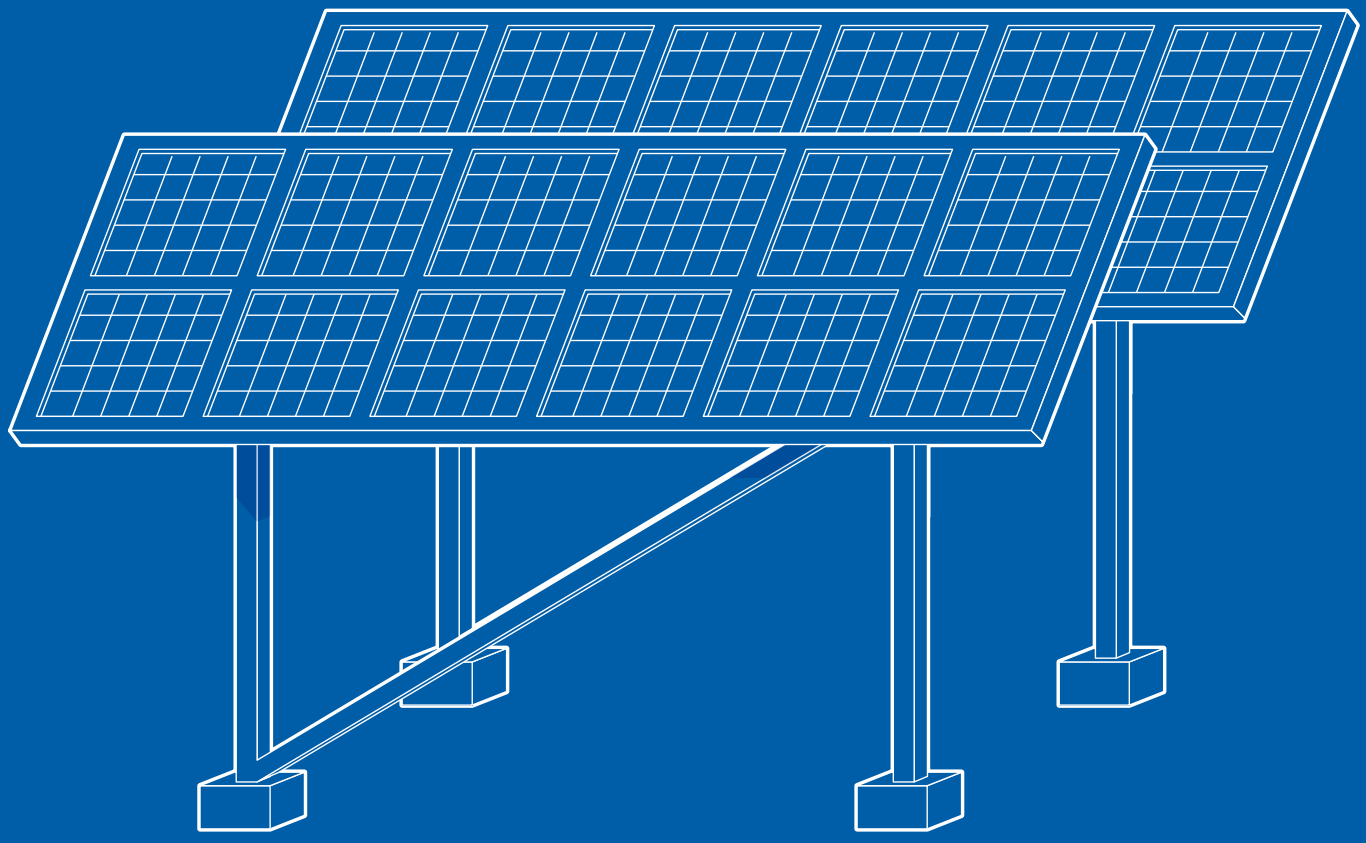
Guide des caractéristiques de la conception d'un PESS

& Liste de vérification de l'évaluation

Une référence pour des participants de la formation avancée en conception de PESS

PARTIE 1	PARTIE 2	PARTIE 3
Lacunes courantes dans les spécifications d'un PESS	Références techniques	Conformité à l'appel d'offres



UTILISATION DE CE GUIDE

Le présent guide est un support à emporter — il ne remplace pas l'expertise d'un spécialiste. Utilisez-le pour rédiger de meilleures spécifications d'appel d'offres, revoir vos conceptions, et savoir quand faire appel à un expert.

★ = Critique — à spécifier dans l'appel d'offres

Table des matières

Partie 1 : LACUNES COURANTES DANS LES SPÉCIFICATIONS D'UN PESS **3**

Partie 2 : RÉFÉRENCE DE SPÉCIFICATION TECHNIQUE **8**

A. Exigences de conception de panneaux solaires & de site 8

B. Dimensionnement des câbles : ampacité et chute de tension 11

C. Dispositifs de protection électrique et d'isolement 12

D. Systèmes AC avec VFD : filtres de fréquence 13

E. Protection contre la foudre et mise à la terre du système 15

F. Protection incendie 16

G. Pièces de rechange, sécurité et étiquetage du système, et documentation O&M 17

H. Conception axée sur la maintenabilité 19

Partie 3 : CONFORMITÉ À L'APPEL D'OFFRES : PRINCIPES CLÉS **20**

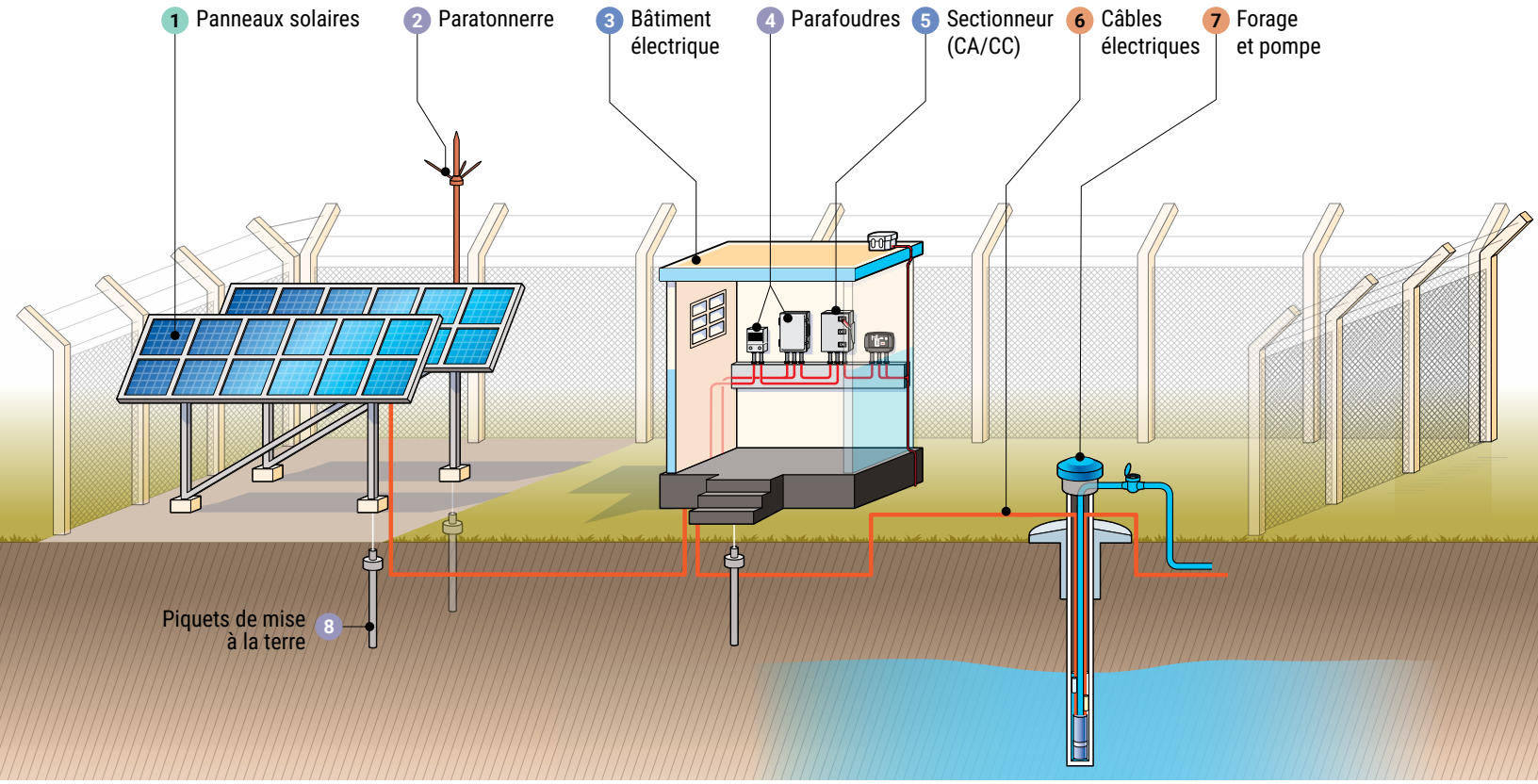
Intégration des spécifications dans les appels d'offres 20

Annexe : SUPPORT ET RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES **21**

Partie 1

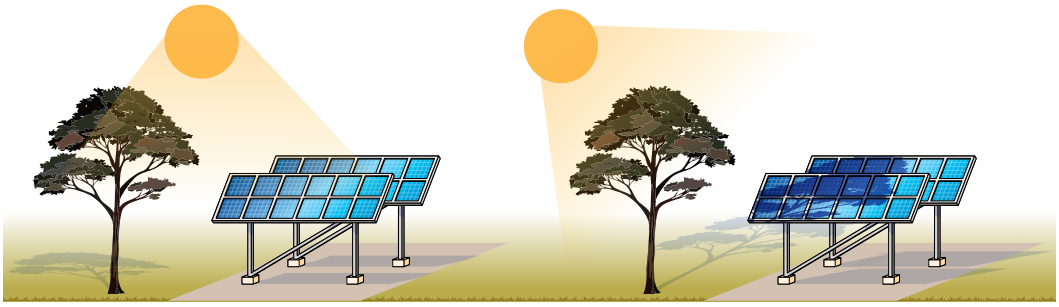
LACUNES COURANTES DANS LES SPÉCIFICATIONS D'UN PESS

14 lacunes courantes dans les spécifications d'appels d'offres de PESS, organisées par composant du système, issues de l'expérience de terrain et des revues techniques de l'UNICEF



PANNEAUX SOLAIRES

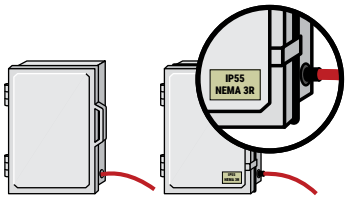
N°	✕ La lacune	✓ Comment y remédier
1. Analyse de l'ombrage	Aucune analyse de l'ombrage saisonnier menée. Dans les zones tempérées, un site qui paraît dégagé en juin peut perdre 15 à 20 % de sa production en décembre, en raison d'angles solaires plus bas et d'ombres plus longues projetées par les arbres, bâtiments ou clôtures. Les arbres et arbustes vont pousser, il faut donc évaluer le risque d'ombrage qu'ils pourraient représenter à l'avenir.	Réalisez une analyse d'ombrage sur les quatre saisons avant de finaliser la position des panneaux solaires. Visez une perte d'ombrage inférieure à 3 % pendant les heures de production de pointe (9h–15h). Utilisez PVsyst, SunEye, ou SolarPathfinder. Identifiez les arbres et arbustes susceptibles de causer de l'ombrage à l'avenir. Documentez et intégrez les résultats dans le dossier de conception.
2. Calculs structurels	Aucun calcul structurel ou de charge de vent spécifié pour le système de montage. Les panneaux solaires peuvent être installés sur des structures sous-dimensionnées qui cèdent dès la première saison de tempêtes, entraînant des dommages des panneaux et des risques de blessures.	Exigez des fournisseurs qu'ils fournissent, dans le cadre de leur réponse à l'appel d'offres, les calculs structurels relatifs à la charge de vent, à la méthode d'ancrage et à la conception des fondations. Spécifiez des matériaux résistants à la corrosion : acier galvanisé à chaud ou aluminium anodisé au minimum.
3. Drainage des eaux pluviales	Aucun plan de drainage des eaux pluviales inclus dans les spécifications de génie civil. L'eau de pluie peut s'accumuler autour des fondations des rangées de panneaux et des structures de contrôle, provoquant de l'érosion, un engorgement du sol et, à terme, l'inondation des équipements électriques.	Un plan de drainage des eaux pluviales doit être fourni dans le cadre des travaux de génie civil. Des canaux de drainage, des tabliers en gravier ou des travaux de terrassement doivent être spécifiés là où le ruissellement de surface constitue un risque. Il doit être spécifié que tous les onduleurs et équipements de contrôle soient surélevés par rapport au niveau maximal de crue du site.



Angle d'incidence estival

Angle d'incidence hivernal

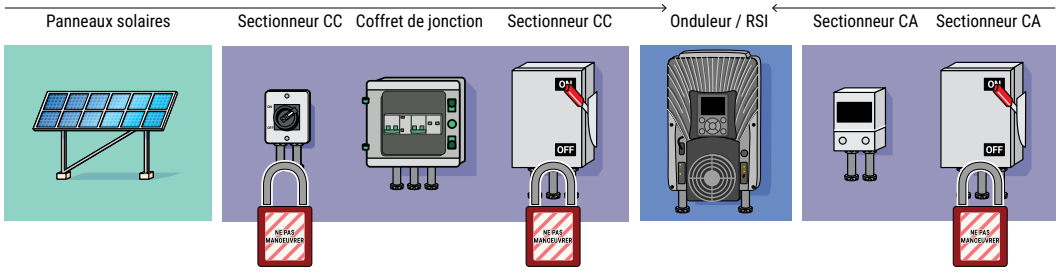
LOCAL DE CONTRÔLE ÉLECTRIQUE



Coffret standard — Coffret conforme aux normes NEMA 3R / IP55



N°	✕ La lacune	✓ Comment y remédier
4. Indice de protection du boîtier	Aucun indice de protection IP ou NEMA du boîtier n'est spécifié. Dans les installations de pompage solaire, l'infiltration d'humidité dans les boîtiers de jonction et les armoires de contrôle constitue l'un des modes de défaillance les plus fréquents à long terme, en particulier sous climats tropicaux, où la condensation constitue un problème persistant.	Mention de « NEMA 3R / IP55 minimum pour tous les boîtiers, y compris les installations intérieures ». La norme Water Mission 5.2.3 impose cette exigence à titre standard. Une mousse d'étanchéité devra être appliquée à tous les points d'entrée de câbles afin de prévenir l'accumulation de condensation.
5. Signalisation de sécurité et consignation (LOTO – Lockout Tagout)	Aucune information relative à la signalisation de sécurité ou à la consignation (LOTO) n'est spécifiée. Un technicien intervenant des années après l'installation, éventuellement sans passation de la part de l'installateur d'origine, ne peut pas identifier ni isoler le système en toute sécurité.	Spécifiez en tant que prestations obligatoires : « Attention — Danger électrique » sur tous les boîtiers ; « Consigner avant intervention » sur tous les sectionneurs ; des étiquettes de tension et de courant sur chaque boîtier ; ainsi qu'un schéma directeur de consignation (LOTO) indiquant tous les points d'isolement, affiché en permanence sur le site.



6. Langage O&M	Le manuel d'exploitation et d'entretien (O&M) est fourni en anglais uniquement. L'exploitant au niveau communautaire ne peut pas le lire, si bien qu'il est classé sans être utilisé et que l'entretien n'est pas effectué. Il s'agit de l'un des constats les plus récurrents issus des évaluations de terrain de l'UNICEF.	Mention de « Manuel O&M requis en anglais ET [langue locale] » — nommez explicitement la langue. Si vous ne la spécifiez pas, elle ne sera pas fournie. Intégrez cet élément aux prestations contractuelles, assorti d'une clause de retenue.
7. Énergie stockée	Le délai d'attente pour la dissipation de l'énergie stockée n'est pas documenté pour les variateurs de fréquence (VFD) ou les onduleurs. Ces dispositifs stockent de l'énergie dans des condensateurs et demeurent sous tension et dangereux pendant 1 à 5 minutes après leur isolement. En l'absence de documentation, un technicien d'entretien risque d'ouvrir le boîtier trop tôt.	Documentez le délai d'attente requis dans le manuel d'exploitation et d'entretien (O&M) ET sur une étiquette apposée sur l'équipement lui-même. Consultez toujours le manuel du fabricant pour connaître le délai d'attente spécifique. Cet élément devra être intégré à la liste des points de contrôle de mise en service.

POMPE, MOTEUR & CÂBLES

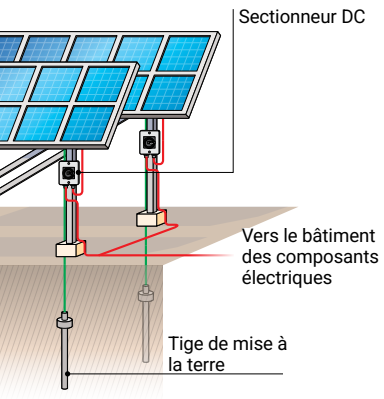
N°	✕ La lacune	✓ Comment y remédier
8. Type de fusible incorrect	Utilisation de « fusibles DC » au lieu de fusibles gPV. Les fusibles AC standard ne peuvent pas interrompre en toute sécurité les arcs DC. En cas de défaut, un fusible mal dimensionné risque de ne pas interrompre le circuit, permettant à l'arc de persister et de provoquer un incendie ou la destruction de l'équipement.	Mention de « Fusibles gPV sur les deux lignes DC positive et négative de chaque chaîne ». gPV est la désignation IEC pour les fusibles homologués photovoltaïque — il convient de le préciser explicitement. Des fusibles AC standard ne doivent en aucun cas être utilisés en remplacement sur un circuit DC.
9. Filtre VFD manquant	Aucun filtre de fréquence ni réactance de sortie n'est spécifié pour les longues lignes de câble entre l'onduleur/variateur de fréquence (VFD) et le moteur de la pompe. Le soumissionnaire proposant l'offre la plus basse ne prévoira pas cet élément. Les variateurs de fréquence (VFD) génèrent des perturbations harmoniques susceptibles d'endommager les enroulements du moteur au fil du temps ; en l'absence de filtrage, le moteur de la pompe peut tomber en panne bien avant sa durée de vie prévue.	Mention de « Filtre dV/dT requis pour les lignes de câble entre le VFD et le moteur excédant 50 m » ; pour les lignes VFD-moteur inférieures à 50 m, spécifiez « réactance de sortie requise ». (Consigne de l'UNICEF) Précisez explicitement le type de filtre, la tension nominale et le courant nominal. Vérifiez systématiquement les exigences du fabricant du VFD.
10. Aucun sectionneur AC.	Aucun sectionneur AC n'est spécifié côté courant alternatif. Le disjoncteur AC et le sectionneur AC sont deux dispositifs distincts : le disjoncteur protège le circuit contre les surintensités, tandis que le sectionneur assure une mise hors tension sûre et verrouillable en vue de l'entretien. Spécifier uniquement le disjoncteur ne permet de disposer d'aucun point d'isolement sûr pour l'entretien.	Spécifiez les deux éléments suivants : 'Disjoncteur AC dimensionné en fonction du courant de sortie de l'onduleur' ET 'Sectionneur AC (verrouillable, compatible LOTO) côté courant alternatif'. Les deux dispositifs doivent être mentionnés dans l'appel d'offres. Un disjoncteur seul ne satisfait pas à l'exigence de sécurité LOTO.

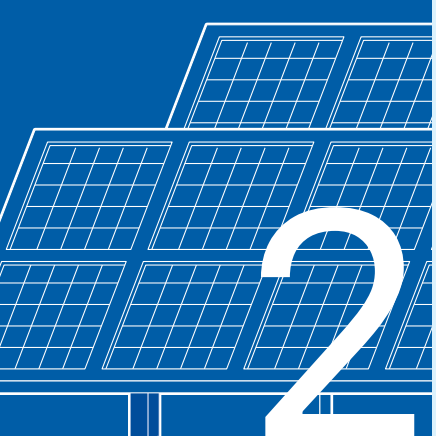
PROTECTION ÉLECTRIQUE — PROTECTEUR DE SURTENSION, FOUDRE ET MISE À LA TERRE

N°	✕ La lacune	✓ Comment y remédier
11. Type de protecteur de surtension manquant	Mention de « protection contre les surtensions » ou « SPD » sans précision du type. Cela laisse au fournisseur toute latitude pour installer n'importe quel dispositif, quel qu'en soit le coût. Les SPD de type I, type II et type III offrent des niveaux de protection très différents ; le type doit être précisé.	Mention de « SPD AC de type II » et « SPD DC de type II » en toutes lettres. Référence IEC 61643-31. Pour les installations situées dans des zones à risque de foudre élevé (plaines dégagées, sommets de collines, régions à fortes précipitations), spécifiez SPD combiné de type I+II côté courant continu.
12. Type de disjoncteur erroné	Disjoncteur calibré AC spécifié ou installé côté courant continu. Les disjoncteurs AC sont conçus pour interrompre un courant alternatif qui s'interrompt naturellement à chaque passage par zéro. Le courant continu ne comporte pas de passage par zéro ; les disjoncteurs AC ne peuvent donc pas éteindre les arcs DC, ce qui crée un risque grave et durable d'incendie et d'électrocution.	Mention explicite de « Disjoncteur calibré DC, dimensionné à 1,25 × Isc du panneau solaire ». La tension DC doit être précisée. Ne jamais autoriser la substitution d'un disjoncteur AC sur un circuit DC. Intégrez ce point à la liste des points de contrôle de mise en service.
13. Essai de résistance de terre	Aucun essai de résistance de terre spécifié. Le système de mise à la terre est installé, mais son efficacité n'est jamais vérifiée. Dans les sols rocheux ou à forte résistivité, la résistance de terre peut largement dépasser les limites acceptables, ce qui signifie que le système n'offre alors qu'une protection réelle très limitée en cas de foudre.	Spécifiez « Essai de résistance de terre requis sur site avant la mise en service - valeur cible < 10 ohms. » Impliquez la compagnie d'électricité locale dès le début du projet ; dans de nombreux pays, elle dispose du matériel de test nécessaire et peut fournir des conseils. Si la résistance est trop élevée, prévoyez des mesures correctives : tiges de terre chimiques, électrodes plus profondes, ou grilles de mise à la terre.
14. Plan de mise à la terre manquant	Le plan de mise à la terre n'est pas inclus dans la documentation de conception. Les différents composants sont mis à la terre de manière isolée les uns des autres, plutôt que reliés à un point de terre commun unique. En cas de défaut ou de coup de foudre, le courant ne dispose d'aucun chemin de faible résistance clairement défini vers la terre, ce qui peut entraîner l'apparition de différences de potentiel dangereuses entre les différentes parties de l'équipement.	Exigez un plan de mise à la terre en tant que document obligatoire de la conception, indiquant toutes les liaisons équipotentielles ainsi que le point de terre commun. Toutes les parties métalliques, telles que cadres des panneaux solaires, structures de montage, boîtiers des onduleurs, logement de pompe, doivent être reliées au point de terre commun unique. La vérification de la continuité de la mise à la terre doit faire partie des points de contrôle lors de la mise en service.



SOURCE : eBay





Partie 2

RÉFÉRENCE DE SPÉCIFICATION TECHNIQUE

A. Exigences de conception de panneaux solaires & de site

Ces quatre domaines font systématiquement défaut dans les spécifications de conception des systèmes de pompage solaire ; et chacun d'entre eux peut être à l'origine de problèmes sérieux après l'installation. Ils doivent figurer dans la documentation de conception et constituer des exigences d'appel d'offres.

A1. Fixation des modules : Calculs structurels

Les panneaux solaires subissent des défaillances lors des tempêtes lorsque les structures de fixation sont sous-dimensionnées. Ceci peut être évité.

- Exigez des fournisseurs qu'ils fournissent, dans le cadre de leur réponse à l'appel d'offres, les calculs structurels relatifs à la charge de vent, à la méthode d'ancrage et à la conception des fondations.
- Les systèmes de fixation doivent être dimensionnés en fonction de la vitesse de référence locale du vent ; consultez le code national de la construction propre à la région concernée.
- L'ancrage des fondations (semelles en béton ou vis de fondation) doit être dimensionné pour résister aux efforts de soulèvement, et non uniquement aux charges verticales descendantes.
- Spécifiez des matériaux résistants à la corrosion : acier galvanisé à chaud, acier peint époxy ou aluminium anodisé au minimum.

A2. Analyse de l'ombrage saisonnier

Les arbres, les bâtiments et les murs projettent des ombres plus longues en hiver. Par exemple, dans des conditions climatiques tempérées, un site apparaissant dégagé de toute ombre en juin peut subir une perte de production de 20 % en décembre. Vérifiez ce point avant de définir la configuration des panneaux solaires.

- Réalisez une analyse d'ombrage sur les quatre saisons avant de finaliser la position des panneaux solaires.
- Objectif : perte due à l'ombrage causé par des obstructions fixes inférieure à 3 % pendant les heures de production maximale (9 h à 15 h).
- Les outils gratuits comprennent le PVGIS (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html), PVsyst, SunEye, et SolarPathfinder. Documentez les résultats dans le dossier de conception.

A3. Planification du contrôle du drainage pluvial

De fortes précipitations peuvent éroder les fondations, inonder les armoires de contrôle et endommager les infrastructures de la pompe. Prévoyez cette problématique dès la phase de conception, et non après coup.

- Un plan de drainage pluvial doit être prévu dans les spécifications des travaux de génie civil.
- Dirigez les eaux pluviales à l'écart des fondations de panneaux solaires, des armoires de contrôle et des structures de la pompe, au moyen de canaux de drainage ou de travaux de terrassement.
- L'onduleur et tous les équipements de contrôle doivent être surélevés par rapport au niveau maximal de crue prévu pour le site.

A4. Système de sécurité

Les systèmes de pompage solaire constituent des cibles de grande valeur dans les communautés disposant d'infrastructures de sécurité limitées. Des mécanismes de sécurité doivent être intégrés dès la conception.

- Clôture périphérique : spécifiez une hauteur minimale de clôture, la qualité du matériau et un portail verrouillable.
- Vidéosurveillance : pour les installations à plus forte valeur ou à risque plus élevé, spécifiez des caméras alimentées par énergie solaire.
- L'éclairage à détection de mouvement et des capteurs d'alarme constituent une mesure dissuasive économique pour la zone d'équipement.
- Schéma de sécurité requis dans le cadre du dossier de documentation de conception.

Outils de référence

Ressource / Outil	Description	Lien / Source
PVGIS	Données d'irradiance et orientation photovoltaïque	https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
Logiciel PVsyst	Analyse d'ombrage, simulation de débit et configuration des panneaux solaires	pvsyst.com
SolarPathfinder	Outil de terrain simple pour l'évaluation de l'ombrage du site	solarpathfinder.com
IEC 61215	Qualification de conception des module photovoltaïques, avec la charge au vent	https://webstore.iec.ch/en/publication/61345
Code de construction local	Exigences minimales de vitesse du vent pour la région	Organisme de normes nationales

B. Dimensionnement des câbles : ampacité et chute de tension

Chaque câble du système doit être dimensionné en tenant compte de deux critères : (1) il doit pouvoir supporter le courant sans surchauffer (ampacité), et (2) il ne doit pas engendrer de perte de tension excessive sur toute sa longueur (chute de tension). Il n'est pas nécessaire d'être ingénieur électricien pour effectuer cette vérification ; les tableaux de référence des fabricants réalisent le calcul à votre place.

Points à vérifier

- Chute de tension : ne pas dépasser 3 % sur les lignes DC, ni 5 % sur les lignes AC. Chute de tension plus importante = perte d'énergie et risque de défaillance des équipements.
- Ampacité : le courant admissible du câble doit être supérieur au courant de fonctionnement du système. Vérifiez à l'aide du tableau de câbles fourni par le fabricant.
- Spécifiez le type de câbles dans l'appel d'offres : Câble homologué photovoltaïque (pour les tronçons DC extérieurs), avec gaine extérieure résistante aux UV. Le câble immergé de la pompe doit être homologué pour une immersion permanente en milieu aquatique.
- Pour les installations à variateur de fréquence (VFD) : câble blindé entre le VFD et le moteur si la ligne dépasse 20 m.



Conseil pour l'appel d'offres : ne mentionnez pas « Câbles de dimension appropriée. » Mentionnez « Câble DC homologué photovoltaïque de 4 mm², avec gaine extérieure résistante aux UV » ; les précisions techniques vous protègent..

Outils de référence

Ressource / Outil	Description	Lien / Source
Calculateur de chute de tension	Outil en ligne gratuit — entrez la longueur, le courant et la section du conducteur.	https://www.jcalc.net/voltage-drop-calculator-as3008
Tableau de sélection en fonction de la longueur du câble	Tableaux d'ampacité et de dimensionnement pour les applications photovoltaïques et de pompage — source à vérifier.	https://franklinwater.eu/media/394151/aid-2-2017-cable-selection-for-borehole-pumps.pdf
IEC 60364-5-52	Outil de dimensionnement des câbles DC	https://elek.com/calculators/cable-sizing-as/

C. Dispositifs de protection électrique et d'isolement

Considérez les dispositifs de protection comme le filet de sécurité de votre système. Chaque dispositif remplit une fonction spécifique, et tous doivent être explicitement nommés dans votre appel d'offres. Un entrepreneur appliquant une approche du prix le plus bas n'inclura pas un dispositif qui n'a pas été spécifié, même s'il s'agit d'une pratique courante ailleurs.



SOURCE : Tronic

SPD DC



SOURCE : Grundfos

Sectionneur AC

Côté AC - Trois dispositifs requis	Côté DC - Quatre dispositifs requis
• Disjoncteur AC - dimensionné au courant de sortie nominal de l'onduleur • Sectionneur AC — interrupteur verrouillable permettant une mise hors tension sûre en vue de l'entretien. NE PAS confondre avec le disjoncteur — spécifier les deux dispositifs séparément. • SPD AC de type II — protection contre les surtensions, installé entre l'onduleur et le tableau de distribution	• Fusibles gPV — fusibles homologués photovoltaïque sur les DEUX lignes POSITIVE et NÉGATIVE. Les fusibles AC standard ne conviennent pas — les fusibles gPV sont homologués pour l'interruption DC. • Disjoncteur DC — calibré DC, dimensionné à 1,25 × Isc • Sectionneur DC : sectionneur verrouillable côté courant continu • SPD DC de type II — installé dans le boîtier de jonction ; envisager un dispositif combiné de type I+II dans les zones à risque de foudre élevé.

Pourquoi cela importe : Les disjoncteurs AC et DC ne sont pas interchangeables. Contrairement aux arcs en courant alternatif, les arcs en courant continu ne s'éteignent pas spontanément — l'utilisation d'un disjoncteur AC sur un circuit DC constitue un risque d'incendie.

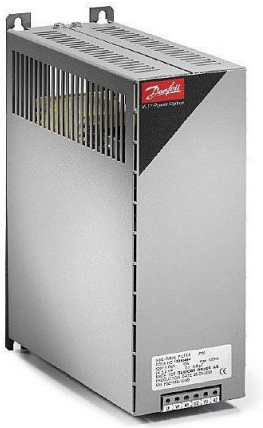
Outils de référence

Ressource / Outil	Description	Lien / Source
Catalogue de disjoncteurs ABB	Tableaux de sélection de disjoncteurs DC basse tension, classés par calibre de courant	https://library.e.abb.com/public/676fe10fedcd484280466863ab50a791/1SDC200012D0202.pdf?x-sign=Uby7RJYrI6IFhxa2af%2bwbdRr1oKqCM4aKpHtoV7S4bzu2tkLEELs0VZ5CTrog9Lb
Catalogue de disjoncteurs ABB	Tableaux de sélection de disjoncteurs AC basse tension, classés par calibre de courant	https://new.abb.com/low-voltage/products/circuit-breakers?utm_source=mwoi_main_segmented_page&utm_medium=products
Guide de conception photovoltaïque Schneider Electric	Recommandations relatives aux disjoncteurs, sectionneurs et fusibles pour les systèmes de pompage solaire.	se.com (recherche : guide de conception de système de pompage solaire)
Guide des SPD Phoenix Contact	Sélection de SPD CA et DC de type II pour systèmes photovoltaïques.	phoenixcontact.com (recherche: SPD solaire)
IEC 61643-31	Exigences relatives aux dispositifs de protection contre les surtensions dans les systèmes photovoltaïques	https://webstore.iec.ch/en/publication/26931

D. Systèmes AC avec VFD : filtres de fréquence

Un variateur de fréquence (VFD) convertit l'énergie DC provenant du panneau solaire en courant AC à la fréquence appropriée, afin d'alimenter le moteur d'une pompe immergée. La problématique : les VFD génèrent des perturbations électriques (harmoniques) qui endommagent les enroulements du moteur au fil du temps. Les filtres suppriment ces perturbations. Sans eux, le moteur de la pompe risque de tomber en panne bien avant sa durée de vie prévue.

Norme minimale UNICEF : Des filtres dV/dT sont requis lorsque la distance de câble entre le VFD et le moteur de la pompe est supérieure à 50 m.



SOURCE : Danfoss

Filtre de sortie

Quel filtre vous faut-il ?

Type de Filtre	Longueur de câble	Recommandations
Réactance de sortie	Lignes de câble < 50 m	Niveau de protection minimal
Filtre dV/dT	Ligne de câble > 50 m	Recommandations de l'UNICEF pour les longues lignes. Offre une protection d'isolation renforcée.
Filtre sinusoïdal	Très longues lignes	Protection maximale, mais à un coût plus élevé. À utiliser avec les moteurs de grande puissance et les longues lignes de câble.
Quand utiliser des filtres	Pratique courante.	https://www.youtube.com/watch?v=eogNcrHouAA

Conseil pour l'appel d'offres : Des filtres dV/dT sont requis lorsque la distance de câble entre le VFD et le moteur de la pompe est supérieure à 50 m.

Outils de référence



Ressource / Outil	Description	Lien / Source
Note d'application VFD Grundfos	Manuel d'ingénierie Grundfos	https://product-selection.grundfos.com
Guide de conception des variateurs Danfoss VLT	Tableaux de sélection de filtres en fonction de la longueur de câble et de la puissance du moteur	https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/drives-expert-hub/knowledge-articles/

E. Protection contre la foudre et mise à la terre du système

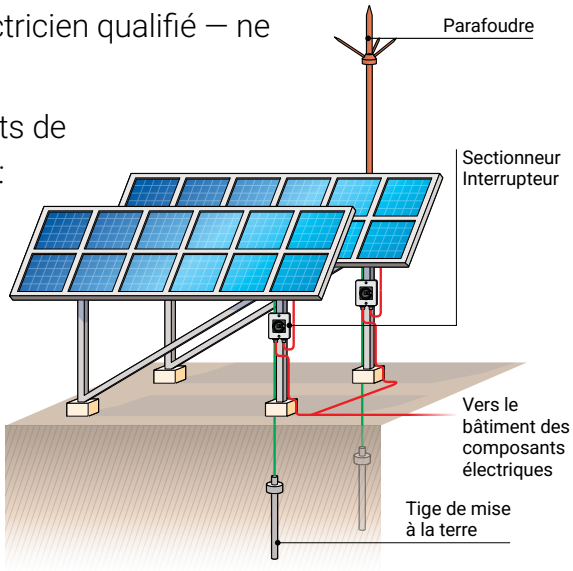
Un impact de foudre à proximité d'un système de pompage solaire peut détruire l'onduleur, le contrôleur et l'électronique de la pompe en quelques millisecondes. Une mise à la terre et une protection contre les surtensions adéquates permettent de limiter ce risque. Les spécificités dépendent de votre site ; cette section indique ce qu'il convient de vérifier et d'inclure dans votre cahier des charges.

Mise à la terre — éléments à spécifier

- Toutes les parties métalliques, telles que cadres des panneaux solaires, structures de montage, boîtiers des onduleurs, logement de pompe, doivent être reliées par liaison équipotentielle à un point de terre commun unique.
- Avant de finaliser la conception de la mise à la terre, effectuez un essai de résistance de terre sur site. Cible : < 10 ohms. Si la résistance du sol est trop élevée (terrain rocheux ou sec), des mesures supplémentaires sont nécessaires : tiges de terre chimiques, électrodes plus profondes, ou grille de mise à la terre.
- Contactez la compagnie d'électricité locale. Dans de nombreux pays, la compagnie d'électricité nationale dispose du matériel nécessaire à la réalisation d'essais de résistance de terre et peut fournir des conseils. Sollicitez-les avant le début des travaux.

Protection contre la foudre — éléments à spécifier

- L'emplacement du paratonnerre est déterminé conformément à la norme IEC 62305 (ou son équivalent local). Cette tâche requiert l'intervention d'un ingénieur électricien qualifié — ne pas improviser.
- Pour les sites dégagés (plaines, sommets de collines, régions à fortes précipitations) : faites réaliser une évaluation du risque de foudre avant le début des travaux.
- Matériaux : les tiges de terre en cuivre et le feuillard de cuivre sont la norme. Le dimensionnement dépend de la résistivité du sol et du courant du système.



Outils de référence

Ressource / Outil	Description	Lien / Source
IEC 62305	Norme internationale relative à la protection des structures contre la foudre	https://webstore.iec.ch/en/publication/27136
Manuel de protection contre la foudre Dehn	Guide pratique pour la mise à la terre des systèmes photovoltaïques (téléchargement gratuit).	https://www.dehn-international.com/en/downloads#catalogues
Guide Fluke de test de mise à la terre	Comment effectuer des essais de résistance de terre	https://www.fluke.com/en-us/products/electrical-testing/earth-ground?srsltid=AfmBOoqOLIpjC_bLG5x66CcpyKR1ilE7bZv5U5mYv7qG1z0Mds4asygL
Compagnie d'électricité locale	Recommandations relatives aux essais de résistance de terre et à la mise à la terre	Spécifique à chaque pays : à traiter au niveau local

F. Protection incendie

Des défauts sur les composants électriques du local de contrôle, tels que l'onduleur et le boîtier de jonction, peuvent provoquer des incendies. Le risque est faible, mais les conséquences sont graves. Ces mesures simples doivent être prévues dans la conception et spécifiées dans l'appel d'offres.

Équipements	Construction & installation
• Extincteur à CO_2 ou à poudre sèche, situé à moins de 5 m de l'onduleur/du tableau, clairement étiqueté • Détecteur de fumée ou de chaleur dans des locaux techniques fermés, relié à une alarme sonore • Signalisation « Interdiction de fumer / feu ouvert interdit » dans la zone des équipements	• Murs et toiture du local technique : matériaux non combustibles uniquement (béton, brique, bardage métallique - bois ou chaume proscrits). • Tous les points d'entrée de câbles dans les locaux techniques doivent être obturés à l'aide d'un matériau coupe-feu (mousse intumescente ou mastic coupe-feu).



SOURCE : Affrosonic

Extincteur

Conseil pour l'appel d'offres : préciser le type d'extincteur, sa capacité (2 kg minimum) et son emplacement de fixation. Les détecteurs de fumée et les dispositifs d'obturation coupe-feu des câbles doivent être inclus dans les prestations obligatoires.

G. Pièces de rechange, sécurité et étiquetage du système, et documentation O&M

Pièces de rechange

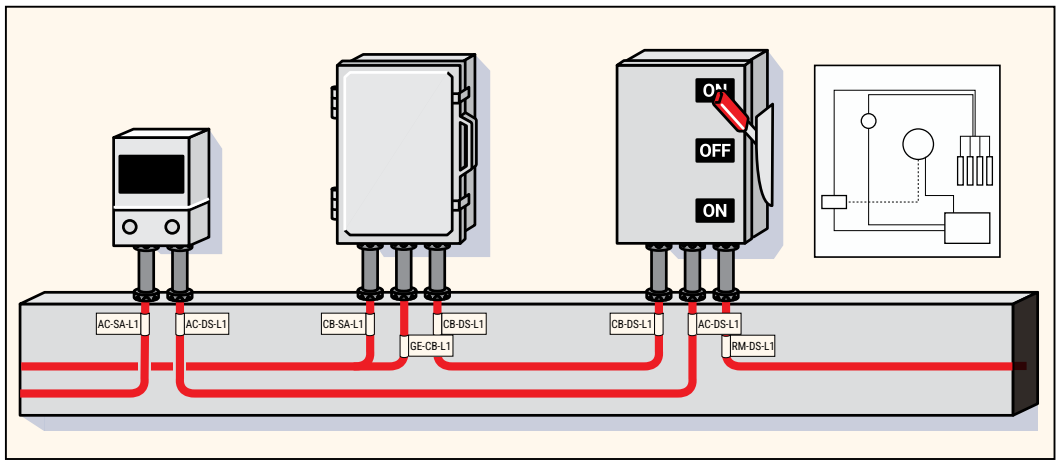
Les pièces de rechange non disponibles localement en stock peuvent nécessiter des semaines, voire des mois, de délai de commande, privant ainsi la communauté d'accès à l'eau. Les besoins en pièces de rechange sont à intégrer à chaque dossier d'appel d'offres.

- À mentionner dans votre appel d'offres : « l'entrepreneur devra fournir un lot de pièces de rechange recommandé par le fabricant, couvrant une durée minimale de 2 ans. Sites distants : 3 à 5 ans. »
- Pièces de rechange critiques : fusibles gPV, cartes de commande, capteurs de pression, interrupteurs à flotteur, condensateurs de moteur (systèmes AC).
- Déterminez si les pièces de rechange doivent être stockées sur site ou chez un distributeur local ; les deux options sont valables, mais la décision doit être prise dès la phase de conception.

Étiquetage du système

Un technicien intervenant sur un système qu'il n'a jamais vu auparavant, parfois plusieurs années après l'installation, doit être en mesure d'identifier chaque câble et chaque dispositif sans avoir à deviner.

- Tous les câbles doivent être étiquetés à leurs deux extrémités avec un numéro de fil correspondant au schéma de câblage conforme à l'exécution.
- Chaque disjoncteur, fusible et sectionneur doit être étiqueté avec sa fonction et son calibre.
- Schéma unifilaire plastifié affiché à l'intérieur du tableau de contrôle principal.
- Conducteurs DC positif et négatif : code couleur cohérent sur l'ensemble de l'installation.



Manuels O&M

Consigne de l'UNICEF : Les manuels O&M doivent être fournis dans la ou les langues locales concernées. Si l'exploitant au niveau communautaire ne peut pas lire le manuel, celui-ci ne sera pas utilisé. À spécifier dans chaque appel d'offres.

- Schémas de câblage conformes à l'exécution : documents obligatoires lors de la passation.
  Pas de schémas = pas de paiement final.
- Rapport d'essai de mise en service : document obligatoire. Doit confirmer que tous les dispositifs de protection fonctionnent.
- Le calendrier d'entretien (annuel au minimum) doit être inclus dans le manuel O&M.

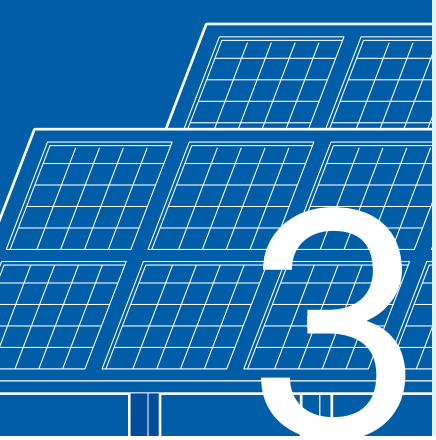
Remarque : Transformez ces éléments en prestations contractuelles, pas en requêtes. Intégrez-les dans le calendrier des prestations, assorties d'une clause de retenue.

H. Conception axée sur la maintenabilité

Conception axée sur la maintenabilité

Chaque décision de spécification dans le présent guide a une conséquence sur la maintenance. Les systèmes qui font défaut aux communautés sont rarement ceux qui ont été mal construits ; ce sont ceux qui n'ont pas pu être entretenus en toute sécurité lorsqu'un problème est survenu. Gardez ces principes à l'esprit tout au long de la phase de conception :

- L'accessibilité en premier lieu : Les sectionneurs et dispositifs de coupure doivent être physiquement accessibles par une seule personne, sans avoir à pénétrer dans un espace confiné ni à grimper. Si un technicien ne peut pas atteindre le sectionneur, le système ne peut pas être mis hors tension en toute sécurité.
- Pièces de rechange au bon endroit : un stock de pièces de rechange pour 2 ans, entreposé dans un entrepôt de la capitale, n'est d'aucune aide pour une communauté isolée. Précisez le lieu de stockage des pièces de rechange et veillez à ce que la chaîne d'approvisionnement locale puisse remplacer un composant critique dans un délai raisonnable.
- Étiquetage de l'infrastructure d'entretien : Les numéros de fils, les étiquettes de coffrets et le schéma de câblage dans le panneau ne sont pas des accessoires de conformité ; ce sont les informations dont un technicien a besoin pour intervenir en toute sécurité sur un système qu'il n'a jamais vu auparavant, parfois des années après l'installation.
- Les SPD et les filtres nécessitent un contrôle : les SPD (dispositifs de protection contre les surtensions) sont équipés d'indicateurs de défaillance et doivent faire l'objet de contrôles périodiques. Les réactances de sortie de VFD et les filtres dV/dT doivent figurer au calendrier d'entretien annuel. S'ils ne sont pas répertoriés, ils ne seront pas vérifiés.
- La mise en service est le point de référence : Le rapport d'essais de mise en service ne constitue pas un simple document contractuel, il est également celui auquel on se réfère pour mesurer tous les futurs contrôles d'entretien. Sans celui-ci, il est impossible d'identifier une dégradation progressive.
- L'énergie stockée est un danger pour l'entretien : les VFD et les onduleurs stockent de l'énergie dans des condensateurs et demeurent sous tension pendant 1 à 5 minutes après leur isolement. Ceci doit être documenté dans le manuel O&M ainsi que sur l'équipement lui-même, et non simplement mentionné lors de la mise en service.



Partie 3

CONFORMITÉ À L'APPEL D'OFFRES : PRINCIPES CLÉS

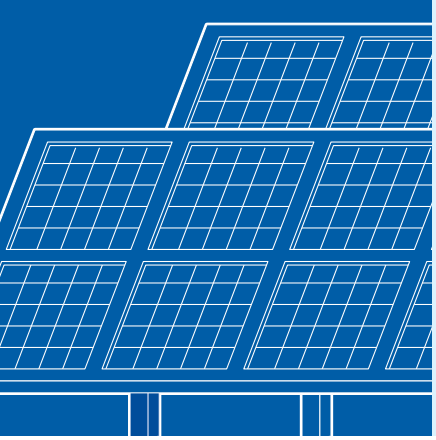
Intégration des spécifications dans les appels d'offres

La principale leçon tirée de l'expérience de l'UNICEF en matière d'approvisionnement PESS : les éléments non mentionnés dans les spécifications de l'appel d'offres ne seront pas fournis. Il ne s'agit pas de négligence de la part des entrepreneurs, c'est ainsi que fonctionne l'appel d'offres concurrentiel. La spécification est le contrat. Si un élément n'y figure pas, il n'est pas requis.

Cinq principes pour de meilleures spécifications

1. Être précis	N'indiquez pas « Protection contre les surtensions ». Écrivez « SPD AC de type II, 40 kA, 230 V monophasé, conforme à la norme IEC 61643-31 ». Un entrepreneur ne peut pas remplacer par un dispositif moins cher si la spécification est claire.
2. Nommez la norme	L'indication de la norme : « filtre dV/dT conforme aux exigences d'installation du fabricant du VFD » est bien plus difficile à ignorer que « filtrage approprié ».
3. Exigez un tableau de conformité	Demandez à chaque soumissionnaire de fournir une déclaration de conformité : point par point, confirmer la conformité ou justifier tout écart. Cela permet de faire apparaître les échanges avant la signature du contrat.
4. Exigez la documentation dans les prestations	Intégrez les manuels O&M (en anglais et dans la langue locale), les plans conformes à l'exécution et les rapports d'essais de mise en service dans le calendrier des prestations. Suspendez le paiement final jusqu'à leur livraison.
5. Intégrez une nomenclature	Pour toute installation de PESS, exigez que l'entrepreneur soumette une nomenclature complète (Bill of Materials) avec son offre. Cela permet de repérer facilement les éléments manquants avant l'attribution du marché.

Rappelez-vous : de meilleures spécifications protègent la communauté, pas seulement le projet. Un système qui tombe en panne en année 3 parce que les fusibles adéquats n'ont pas été spécifiés coûte bien plus cher à réparer que de les spécifier correctement dès le départ.



ANNEXE

SUPPORT ET RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

Où obtenir de l'aide supplémentaire

Appui technique

- Un support à la révision de la conception est disponible via le WASH COE.
- Un support à la conception spécifique à un pays peut être organisé de manière indépendante via les budgets des programmes nationaux.

Chaîne d'approvisionnement locale

- Les distributeurs de pompes (Grundfos, Lorentz, Franklin, Shakti et autres) disposent d'ingénieurs d'application pouvant apporter leur aide pour le dimensionnement, la sélection des filtres et le stockage local des pièces de rechange.
- Les distributeurs d'équipements électriques (ABB, Schneider, Eaton) peuvent conseiller sur le choix des disjoncteurs et des sectionneurs, et fournir des tableaux de dimensionnement.
- Les compagnies nationales d'électricité peuvent souvent effectuer des tests de résistance de terre et conseiller sur les systèmes de mise à la terre ; sollicitez-les tôt, c'est généralement gratuit.

Références techniques de Water Mission (fournies avec ce cours)

Les documents Water Mission suivants sont remis avec la présent guide et constituent les principales références vérifiées quant au contenu relatif à la sécurité électrique et aux principes associés :

Ressource / Outil	Description	Lien / Source
Water Mission 5.1 Principes électriques	Principes fondamentaux de l'électricité, courant AC/DC, photovoltaïque solaire, batteries, sources d'alimentation. Lecture de référence pour comprendre la logique de spécification des dispositifs de protection.	Fourni avec les supports de cours
Water Mission 5.2 Principes électriques	Dangers électriques, codes de sécurité (IEC/ NEC), arc électrique, procédure LOTO, liaison équipotentielle/mise à la terre, électricité et eau, EPI, indices de protection des coffrets, signalisation de sécurité.	Fourni avec les supports de cours

Normes clés référencées dans le présent guide

Ressource / Outil	Description	Lien / Source
IEC 62305	Protection contre la foudre pour les structures et les systèmes électriques	iec.ch
IEC 61643-31	Dispositifs de protection contre les surtensions pour systèmes photovoltaïques	iec.ch
IEC 60364-5-52	Sélection et installation des systèmes de câblage	iec.ch
IEC 61215	Qualification de conception des module photovoltaïques, avec la charge au vent	iec.ch
ISO 9633	Systèmes de pompage - Essais de réception	iso.org
NEC / NFPA 70	Code électrique national des États-Unis (NEC) - référencé dans les normes Water Mission	nfpa.org
Code élect. local	Toujours vérifier la conformité avec la réglementation nationale sur le câblage	Organisme de normes nationales



SOURCE : Global Water Center (GWC)