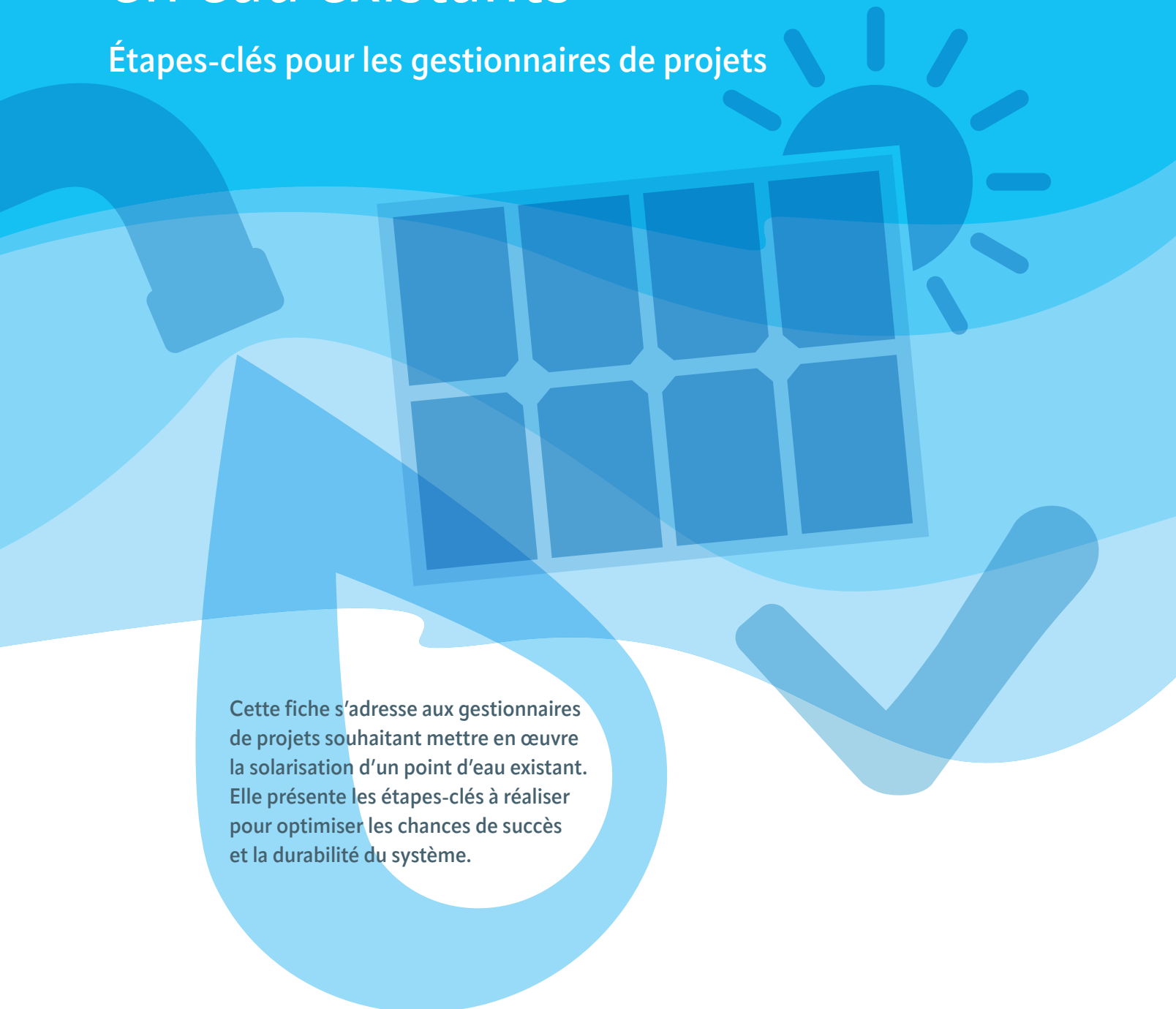


Pompage solaire durable pour les systèmes d'approvisionnement en eau existants

Étapes-clés pour les gestionnaires de projets



Cette fiche s'adresse aux gestionnaires de projets souhaitant mettre en œuvre la solarisation d'un point d'eau existant. Elle présente les étapes-clés à réaliser pour optimiser les chances de succès et la durabilité du système.

01

ÉTAPES DE CONCEPTION

Contrôles préliminaires

- ✓ S'assurer que le système d'approvisionnement en eau s'intègre dans une gestion durable des ressources (étude hydrogéologique du bassin versant, de l'aquifère, de la recharge et de la qualité de l'eau).
- ✓ Évaluer le site en termes d'espace nécessaire/ disponible, des aspects sécuritaires, dégagement sans ombres portées pour les panneaux solaires, sources de contamination du point d'eau, etc.
- ✓ Vérifier l'alignement du projet avec les directives et spécifications techniques nationales.
- ✓ Vérifier que les capacités techniques, l'équipement et les pièces de rechange soient disponibles dans la région/le pays.
- ✓ Vérifier la faisabilité sociétale : inclusion et appropriation du projet par les bénéficiaires, disponibilité et formation du personnel technique, etc.
- ✓ S'assurer qu'un budget d'investissement comprenant les coûts de fonctionnement et d'entretien est disponible pour une période de 5-10 ans.

Détermination de la demande en eau et de la période d'exploitation

- ✓ Calculer le volume d'eau journalier nécessaire et définir l'horizon temporel de sorte à pouvoir tenir compte de l'évolution des besoins futurs en eau. Il est recommandé de faire cette planification sur une période de 5-10 ans. Cela correspond à la période où des parties importantes de l'équipement (pompe, onduleur, etc.) devront être changées.

Caractéristiques spécifiques du point d'eau

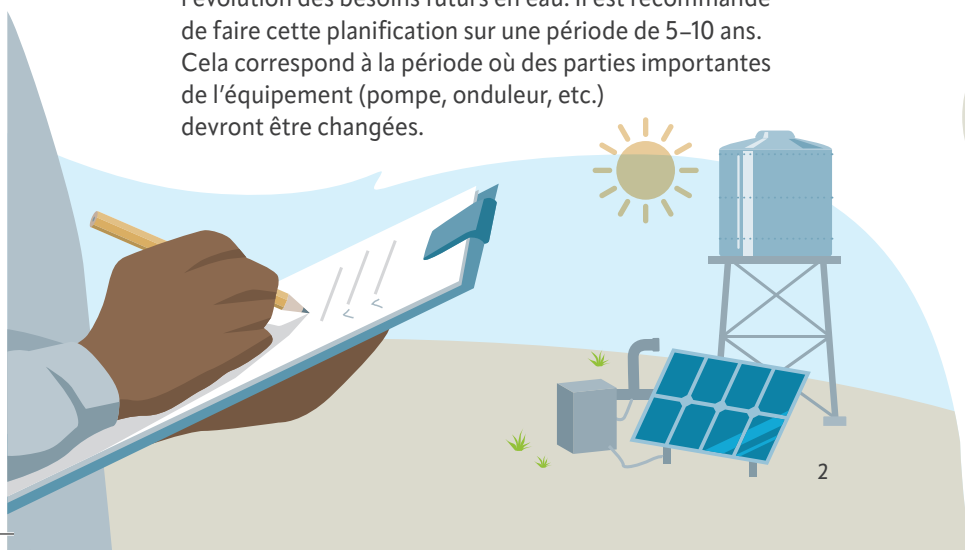
- ✓ Récolter les informations liées au point d'eau. Pour le cas d'un forage : profondeur, diamètre, position des crépines, niveau statique, variations saisonnières, résultats des essais de pompage (au min. un pompage par paliers pour définir les caractéristiques du forage, le débit critique et le débit admissible ; éventuellement un pompage à débit constant pour définir les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère).
- ✓ Il est indispensable de réaliser/répéter une inspection du forage (par caméra) et un essai de pompage par paliers en cas de données lacunaires ou si le forage a déjà plusieurs années d'exploitation.

Définition du mois de référence

- ✓ En général, le mois de référence correspond à celui ayant le rayonnement solaire le plus faible. Cependant si la consommation d'eau varie beaucoup selon les saisons (p.ex. si le système est utilisé pour l'eau de boisson et pour l'irrigation), le mois de référence correspondra à celui ayant le rapport le plus faible entre rayonnement solaire et volume d'eau requis.
- ✓ Le rayonnement solaire est exprimé en heures d'ensoleillement de pointe (HEP). Le volume d'eau journalier divisé par HEP permet de définir grossièrement le débit horaire requis et de le comparer avec le débit admissible du puits. Si le débit requis est inférieur au débit admissible, le pompage solaire est possible ; s'il est supérieur, une analyse plus précise devra être menée (p.ex. logiciels de dimensionnement) pour déterminer si un tel système est possible, s'il faut opter pour un système hybride ou s'il s'agit de trouver une source d'eau complémentaire.
- ✓ Dans le cas d'un système hybride, vérifier la pertinence financière par rapport au système conventionnel en effectuant une analyse du coût du cycle de vie.



NOTE : il existe différentes plateformes qui permettent de calculer le rayonnement solaire pour un lieu et un mois spécifique. Certains fournisseurs de systèmes de pompage solaire ont également développé des logiciels permettant de dimensionner entièrement un projet de pompage solaire. Voir les références en page 7.



Dimensionnement du système

RÉSERVOIR DE STOCKAGE

- ✓ Le volume du réservoir de stockage doit respecter les directives nationales en la matière. Dans le cas du pompage solaire, il faut tenir compte du fait que le remplissage se fera durant les heures médianes de la journée, lorsque la consommation est faible. Afin d'optimiser le volume de stockage, comparer le débit de pompage horaire par rapport au débit de consommation horaire pour le mois le moins favorable de l'année.
- ✓ L'emplacement du réservoir dépend du type de projet et du réseau de distribution d'eau auquel il est rattaché. Le réservoir doit être suffisamment élevé pour alimenter, par gravité, le réseau de distribution et, en même temps, être le plus proche possible du point d'eau afin de minimiser l'énergie que devra fournir la pompe. Des compromis doivent ainsi être trouvés. Pour les projets complexes, différents scénarios sont évalués à l'aide de logiciels.

CALCUL DE LA HAUTEUR MANOMÉTRIQUE TOTALE (HMT), CHOIX DE LA POMPE

- ✓ La pompe est placée dans une section pleine du forage min. 1 à 2 mètres sous le niveau dynamique correspondant au débit d'exploitation. Si elle doit être placée dans une section crépinée, il est indispensable de prévoir un manchon.
- ✓ La hauteur manométrique totale (HMT), correspond à la hauteur entre le niveau dynamique et la cote du réservoir. À cela il faut ajouter les pertes de charge linéaires (liées à la friction dans les conduites) et spécifiques (liées aux pièces).
- ✓ Le choix de la pompe se fait en comparant le point de fonctionnement du système (débit requis – HMT) avec la courbe caractéristique de la pompe (càd le débit fourni en fonction de la hauteur manométrique). Une pompe est adaptée si le point de fonctionnement coïncide avec la courbe et s'il se situe, en plus, dans la plage de rendement maximal de la pompe (point de fonctionnement optimal).
- ✓ Dans la mesure du possible préférez les pompes DC (durée de vie plus longue, plus efficaces, économie du convertisseur DC/AC).

DIMENSIONNEMENT ET EMPLACEMENT DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

- ✓ Les panneaux photovoltaïques devraient se situer au plus près du point d'eau pour minimiser les pertes dans les câbles et devraient être accessibles pour le nettoyage régulier.
- ✓ Le nombre et la configuration (en série et parallèle) des panneaux est définie par l'énergie nécessaire à la pompe pour amener l'eau au réservoir. Bien que ce calcul puisse se faire manuellement, on utilise en général des logiciels de dimensionnement (voir les références).

- ✓ La majorité des panneaux disponibles sur le marché sont de type mono- ou polycristallin. Un accent particulier doit être mis sur la qualité en vérifiant les certifications et l'authenticité.
- ✓ L'efficacité des panneaux PV diminue avec la température. Prévoir un espace entre les panneaux et en dessous, pour favoriser la circulation de l'air. Dans les climats chauds, il convient de comparer les spécificités techniques et préférer les panneaux avec le plus petit coefficient de température. L'utilisation de modules en silicone amorphe peut s'avérer utile si la température moyenne est supérieure à 40°C.
- ✓ L'orientation des panneaux doit se faire en direction de l'équateur (vers le sud dans l'hémisphère nord et vice versa). L'inclinaison doit correspondre à la latitude du lieu, avec un minimum de 15° pour optimiser l'autonettoyage lors de précipitations. Il est essentiel que les panneaux ne soient pas ombragés (objets proches, végétation ou rangée de panneaux antérieure).
- ✓ Le choix de la structure porteuse dépend des spécificités locales. On différencie en général le montage au sol (résistant, facile d'entretien mais espace condamné et sensible au vol ou au vandalisme), sur poteaux (sensible au vent, moins accessible, possibilité d'utiliser l'espace au sol) ou sur une structure existante, p.ex. un toit (utilisation d'un espace existant, moins accessible, mais limité par la géométrie du bâtiment).

DISPOSITIFS DE CONTRÔLE ET ÉLÉMENTS DE PROTECTIONS

- ✓ La boîte de commande doit aussi se situer à proximité du point d'eau, dans un endroit protégé, à l'ombre et ventilé (en général sous les modules PV ou dans un petit local dédié)
- ✓ Interrupteur DC entre le panneau solaire et l'onduleur/ le boîtier de commande (se rappeler que les panneaux sont toujours sous tension pendant la journée, même si la pompe n'est pas en marche).
- ✓ Prévoir en outre : bon dimensionnement du câble d'alimentation de la pompe, protecteur de surtension, protection contre la marche à sec, protection de la tête de puits, interrupteur de réservoir plein, parafoudre et mise à la terre des modules PV.

CHOIX DES ACCESSOIRES

- ✓ Mesure du niveau d'eau dans le forage : tube piézométrique accessible à partir de la tête de puits ou installation d'un capteur de pression dans le puits
 - ✓ Débitmètre sur la ligne de refoulement
 - ✓ Capteur du rayonnement solaire
 - ✓ Pompe doseuse (pour chloration)
- Etc.

02

ANALYSE DU COÛT DU CYCLE DE VIE

Gestion des coûts

- ✓ Etablir la liste des coûts :
 - > **Coûts d'investissement**
acquisition, transport et installation compris
 - > **Coûts récurrents**
exploitation (y.c. salaires), maintenance,
remises en état, remplacement d'équipements
- ✓ Etablir la période d'analyse. On se cale sur l'élément ayant la plus longue durée de vie, c'est-à-dire les panneaux PV typiquement 25 ans.
- ✓ Ramener les coûts futurs à la valeur d'aujourd'hui, c'est-à-dire appliquer le taux d'intérêt réel du pays concerné
- ✓ Comparer les coûts entre le système solaire (ou hybride) avec le système conventionnel (existant).

03

PROCESSUS D'APPEL D'OFFRES

Qualité des composants

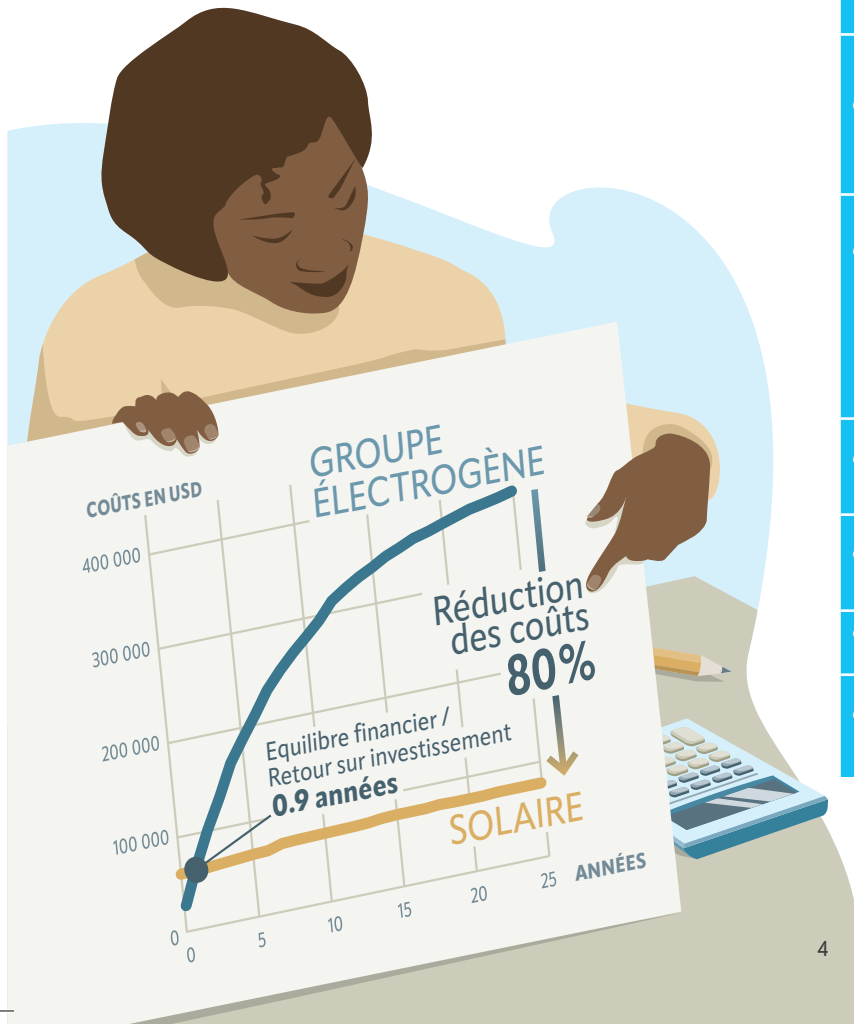
- ✓ Faire une évaluation en termes de performance, efficacité, fiabilité, conformité aux standards de certification, durabilité, solidité et viabilité.

Qualification des fournisseurs

- ✓ Évaluer le système de gestion de la qualité du fournisseur (p.ex. ISO9000), fiabilité de la livraison et des délais, expérience et réputation, capacités techniques et formation du personnel, service après-vente et garanties.

ÉLÉMENTS DU DOSSIER D'APPEL D'OFFRES (PARTIE TECHNIQUE)

- > **Informations générales** : localisation, contexte du projet et objectifs
- > **Informations sur le projet** : portée, demande en eau, information sur la source d'eau exploitée, détails sur les modalités de fonctionnement et la configuration du système
- > **Spécifications de l'équipement** : besoins en termes de maintenance et pièces de rechange, facilité d'emploi, détails des modules photovoltaïques, détails des structures portantes, pompe et moteur, boîte de commande, équipements annexes et systèmes de protection
- > **Garanties, modalités du service après-vente et du service d'entretien**
- > **Livrables** : note de livraison, certificats de tests, installation et mise en service
- > **Qualification du fournisseur** : cf. ci-dessus
- > **Évaluation de l'offre** : critères d'évaluation, calendrier, obligations, contenu du dossier de soumission



04

INSTALLATION ET CONTRÔLES



NOTE : l'expérience montre qu'il est important de respecter l'ordre d'installation des équipements, même si une planification minutieuse a été réalisée. Cela permet de modifier le projet en cas de surprises.

1

Installation de la pompe

- ✓ Réalisation professionnelle de l'épissure du câble ; contrôle sur place (mesure de la résistivité et/ou essai de la pompe dans un bac immergé).
- ✓ Contrôle des spécifications de la pompe avant installation.
- ✓ Installation d'une protection de la marche à sec.
- ✓ Installation des accessoires (p.ex. sonde de pression).
- ✓ Câbles attachés à la conduite de refoulement et installation simultanée d'une canule (pour piézomètre).

2

Montage de la boîte de contrôle

- ✓ À proximité des panneaux PV et du puits (pour limiter les pertes liées aux câbles).
- ✓ Installation dans un endroit protégé et ventilé.
- ✓ Installation de protecteur de surtension et disjoncteur.

3

Installation des structures portantes et des panneaux PV

- ✓ Vérifier que les panneaux sont du même fabricant et du même modèle (pas de modules différents).
- ✓ Veiller à la bonne orientation et inclinaison
- ✓ Mesures de protection contre le vol.
- ✓ Câblage bien ordonné, connecteurs type MC3 (éventuellement MC4) ; contrôle de l'agencement parallèle/série des modules.
- ✓ Mises à la terre, paratonnerre, protecteur de surtension.

4

Autres éléments

- ✓ Réservoir
- ✓ Chlorateur
- ✓ Accessoires
- Etc.

5

Contrôles de mise en service

- ✓ Outre les contrôles à réaliser lors de l'installation des différentes parties, il faut prévoir un test de mise en service et de performance ainsi qu'un rapport de test. La transmission officielle du système peut alors avoir lieu.

05

FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN

Stratégies efficaces

- ✓ Veiller à une présentation correcte du système et de son entretien ainsi qu'à la formation du personnel d'exploitation. Etablir des fiches et des checklists de fonctionnement.
- ✓ Établir le calendrier des tâches de l'entretien de routine (nettoyages réguliers, contrôle de fuites, contrôle du remplissage, du chlore résiduel libre, etc.) ; en général réalisé par le personnel en charge du fonctionnement
- ✓ Établir le calendrier de l'entretien préventif (inspections et vérifications de la bonne marche du système) ; en général réalisé par un spécialiste. Veiller à ce que les accords de service soient clairs pour les propriétaires de systèmes solaires (savoir qui contacter en cas de défaillance).
- ✓ Diagnostic de pannes et remises en état (spécialiste).

CONTRAT

NOTE : il est souvent préférable de planifier un contrat/service d'entretien avec l'entreprise chargée de l'installation.

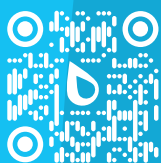
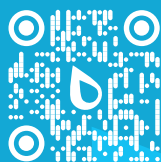


RÉFÉRENCES



Ouvrages de références

Le pompage solaire pour l'approvisionnement en eau. Exploiter l'énergie solaire dans le contexte de l'action humanitaire et du développement
par W.Kiprono et A.I.Llarío
> <https://bit.ly/3Gg4wbx>



Pompage solaire: les bases
Groupe de la banque mondiale
> <https://bit.ly/3Eliatp>



Systèmes d'adduction d'eau par l'énergie solaire: Guide de conception et d'installation
Water Mission et UNICEF
> <https://bit.ly/3EBfBmV>



Pompage solaire: conception et réalisation de la partie électrique du pompage / guide
Action contre la Faim
> <https://bit.ly/4ihG2vj>

Sites internet dédiés à la thématique

The solar Hub: > <https://thesolarhub.org>

Global Water Center: > <https://globalwatercenter.org/learn-with-us>

Irradiation solaire

Solargis: > <https://solargis.com/resources/free-maps-and-gis-data>

Global solar atlas: > www.globalsolaratlas.info/map

NASA power Data Viewer: > <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

Système d'information géographique sur le photovoltaïque de la Commission européenne:

> https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/tools.html

Dimensionnement de pompe

Lorentz (logiciel de dimensionnement de systèmes solaires, pour les clients): > www.lorentz.de/fr/

Grundfos (dimensionnement et sélection des pompes en ligne):
> <https://product-selection.grundfos.com/size-page?sQcid=2414899245>

Franklin: > <https://franklin.config.intelliquip.com/config/franklin/cos/index.jsf>

Certification panneaux photovoltaïques

TÜV Rheinland: > www.certipedia.com

MENTIONS LÉGALES

PUBLIÉ PAR :

Université des Sciences Appliquées et des Arts de la Suisse du Nord-Ouest (FHNW)

Hofackerstrasse 30
CH - 4132 Muttenz
fhnw.ch

LIEU ET DATE DE PUBLICATION :

Suisse, 02.2025

RÉVISION ET RELECTURE PAR:

Sandra Fürst, Susanna Germanier
et Matthias Saladin, Skat Foundation

AUTEUR:

Gabriel Chevalier

REVISÉE PAR :

Alberto Ibáñez Llarío

CONTENU BASÉ SUR :

« Le pompage solaire pour l'approvisionnement en eau. Exploiter l'énergie solaire dans le contexte de l'action humanitaire et du développement »
par W.Kiprono et A.I.Llarío, 2020
<https://bit.ly/3Gg4wbx>

CONCEPTION, MISE EN PAGE, ILLUSTRATION:

Christine Lüdke, büro lüdke, Allemagne

CONTACT:

Hands for health,
Dr. Maryna Peter
Université des Sciences Appliquées et des Arts de la Suisse du Nord-Ouest (FHNW)

hands4health.dev

DROIT D'AUTEUR:



Ce document est publié
sous licence CC BY-SA 4.0.

Projet de recherche visant à améliorer l'hygiène, la qualité de l'eau et l'assainissement dans les établissements de soins de santé et les écoles primaires qui ne sont pas reliés à des systèmes d'approvisionnement en eau fonctionnels.



PARTENAIRES DU CONSORTIUM



FINANCEMENT



hands4health est principalement financé par la Direction du développement et de la coopération (DDC). Le cofinancement est assuré par les membres du consortium et par des tiers.