



CONCEPTION et REALISATION

D'une INSTALLATION

De POMPAGE SOLAIRE AU FIL DU SOLEIL

www.africarriatenergie.com (portail technique)



A - PREALABLES

- Volume d'eau nécessaire
- Caractéristiques du forage
- Ensoleillement du site
- Le château d'eau
- Les canalisations
- Les fontaines

**B - CHOIX des ELEMENTS d'une
INSTALLATION**

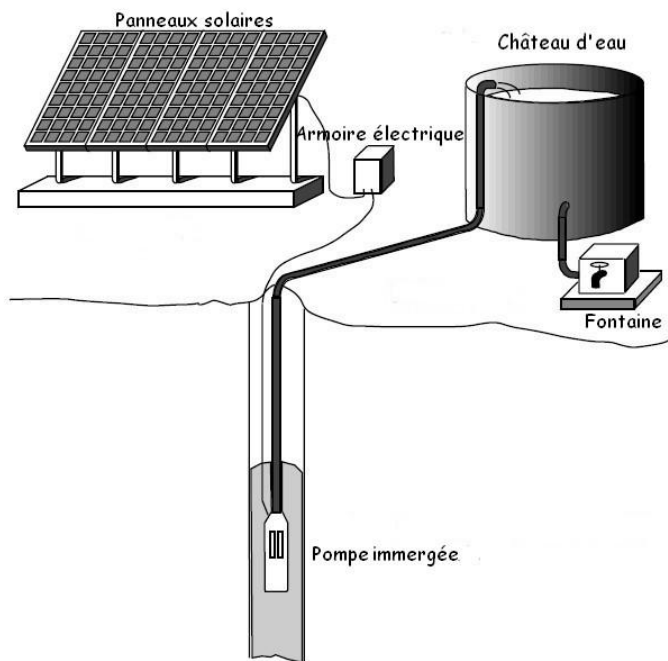
- Energie électrique nécessaire par jour
- Estimation de l'ensoleillement
- Dimensionnement des panneaux solaires
- Choix de la pompe
- Choix du convertisseur

Concevoir et réaliser une installation de pompage solaire au fil du soleil

Le pompage au fil du soleil permet d'utiliser un système photovoltaïque plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système avec batterie. Le stockage de l'eau se fait dans un château d'eau, l'eau est ensuite distribuée par gravité aux fontaines.

A - PREALABLES :

Avant toute étude il est nécessaire de connaître :



- La **quantité d'eau** requise en m³ par jour
- Les **caractéristiques du forage** et les disponibilités en eau :
 - a) la profondeur
 - b) le niveau statique et dynamique
 - c) le débit maximal
- L'**ensoleillement** du site durant l'année en kWh/m².
- La hauteur du **château d'eau**, les caractéristiques des différentes **canalisations** hydrauliques (longueur, diamètre, débit, raccordement) et des **fontaines**....

1) Volume d'eau nécessaire.

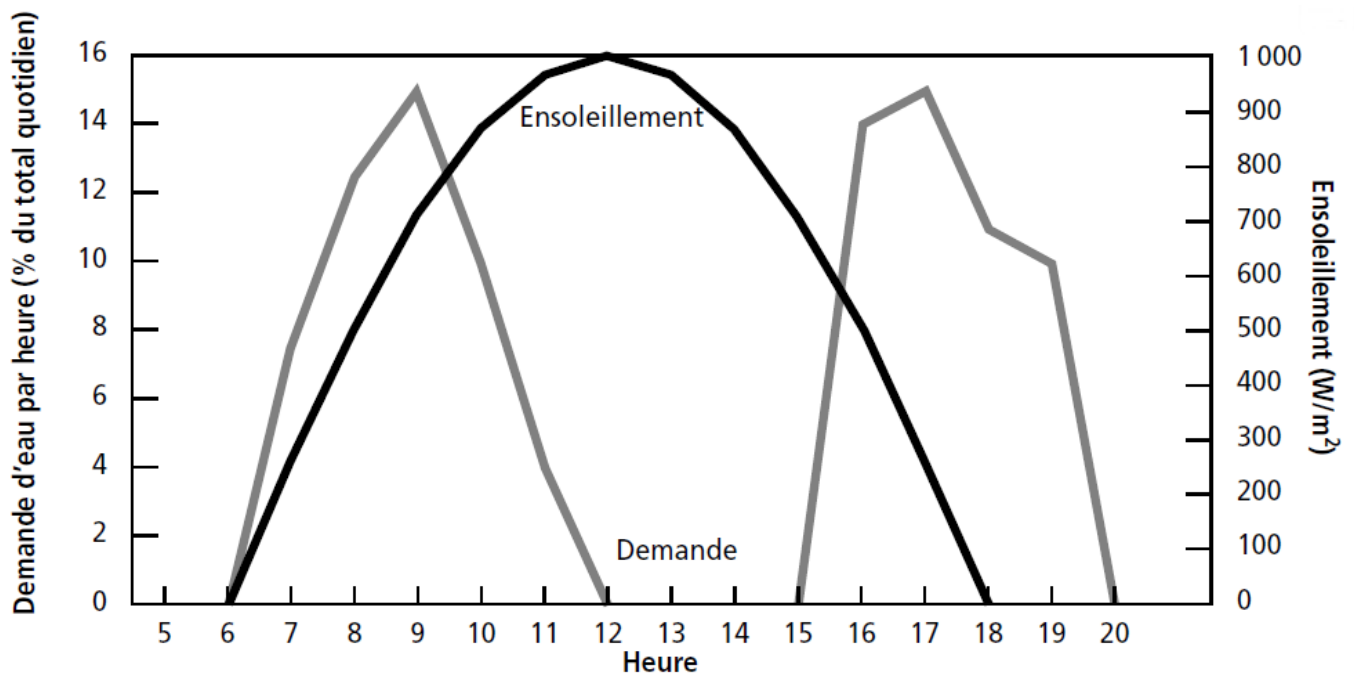
Tout projet nécessite une concertation avec les bénéficiaires concernés afin d'évaluer les besoins présents et futurs.

Notre expérience, dans le cas d'une AEPA (Adduction d'eau potable et assainissement) nous permet d'évaluer les besoins en eau sur la base de 20 l par jour et par personne soit 10m³ pour un village de 500 personnes.

Besoins en eau communément retenus

Humains	
5l/jour	
10l/jour	
30l/jour	
Animaux	
Bœuf	40l/jour
Mouton, chèvre	5l/jour
Cheval	40l/jour
Ane	20l/jour
Chameau	20l/jour (réserve de 8 jours)
	Survie Minimum admissible Conditions de vie normales en Afrique

Les châteaux d'eau à destination d'environ 500 bénéficiaires sont généralement de 5 à 10 m³. Si, par exemple, les besoins en eau sont de 25 m³ par jour il sera nécessaire d'organiser la distribution de l'eau afin de ne pas vider le château d'eau, par conséquent peut-être changer les habitudes des bénéficiaires en consommant l'eau durant les périodes les plus favorables, c'est-à-dire les plus ensoleillées. Une répartition de la distribution d'eau **sur toute la journée** permettra de garder une réserve d'eau après 20 h. Cette organisation devra être gérée par le Comité de Gestion responsable du point d'eau.



2) Caractéristiques du forage.

Avant de transformer un pompage manuel (ici pompe Volanta) en pompage solaire, il est nécessaire de connaître les caractéristiques suivantes :



- Profondeur et diamètre du forage

- Ns : Le niveau statique d'un puits ou d'un forage, soit la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage (pompe à l'arrêt).

- Nd : Le niveau dynamique d'un puits ou d'un forage, soit la distance du sol à la surface de l'eau lorsque la pompe fonctionne à un débit donné.

Rm : La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée le **rabattement**

Qm : C'est le débit maximal (m³/h) que peut fournir le forage pour respecter la capacité de recharge de la nappe phréatique. **En aucun cas le débit pompé ne devra atteindre Qm**

Si le point d'eau est ancien, il est conseillé de faire réaliser un **soufflage du forage** afin de retrouver les conditions d'origine.

Exemple de fiche de soufflage

Province : Boulgou
Village/Ville : Garango
Quartier/ site : Orphelinat des soeurs

Date : 09 05 2007

FICHE DE DEVELOPPEMENT/ SOUFFLAGE

NS : 26,50m / sol

Profondeur avant soufflage: 46,50m / sol

Profondeur finale (Fin soufflage) : 48m / sol Niveau dynamique (eau) : 35m / sol

Temps en heures	Temps en minutes	Débit Q en secondes	Débit en m ³ /h	Turbidité eau
8h10	00	44''	0,800	Eau très trouble
8h25	15	42''		Eau trouble
8h40	30	41''		Eau peu claire
8h55	45	35''		Eau peu claire
9h10	60	31''	1,200	Eau assez claire
9h40	90	31''		Eau claire
10h10	120	31''	1,200	Eau très claire

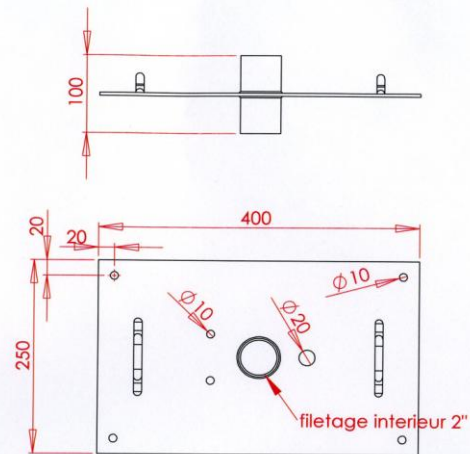
Pour un volume de 10 litres

- Qualité de l'eau : Il est important de s'assurer de la qualité de l'eau si elle est destinée à la consommation humaine. Les eaux de surface et les eaux souterraines doivent être vérifiées afin d'éliminer les problèmes liés aux micro-organismes pathogènes, aux minéraux dissous, aux sédiments en suspension. Des analyses simples doivent être réalisées: température, conductivité, pH. La tête de forage devra être étanche et protégée des chocs extérieurs par un capot en tôle par exemple.



Tête de forage et compteur

Dimensions d'une tête de forage en acier inoxydable



3) Ensoleillement du site :

Définir les conditions du site :

village de :

Latitude :

Saison d'exploitation : toute l'année

Température moyenne de fonctionnement : 25 - 40 °C

Consulter la carte d'ensoleillement de la région où est installé l'équipement. Toujours choisir la période de l'année la moins ensoleillée.

L'ensoleillement est habituellement exprimé en kWh/m²/j.

Ex : Données de localisation solaire : **Garango, Burkina Faso**

Février : 6,7 kWh/m²/j

Mai : 6,2 kWh/m²/j

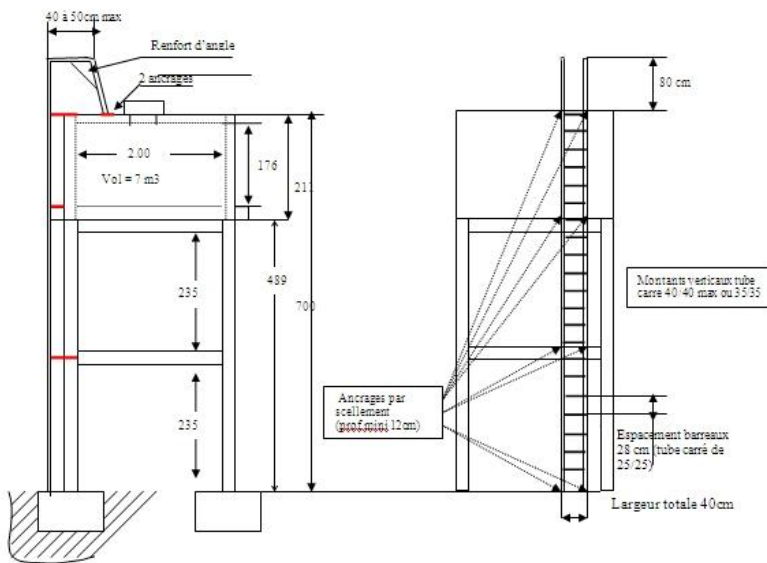
Aout : 5,7 kWh/m²/j

Octobre : 6,4 kWh/m²/j

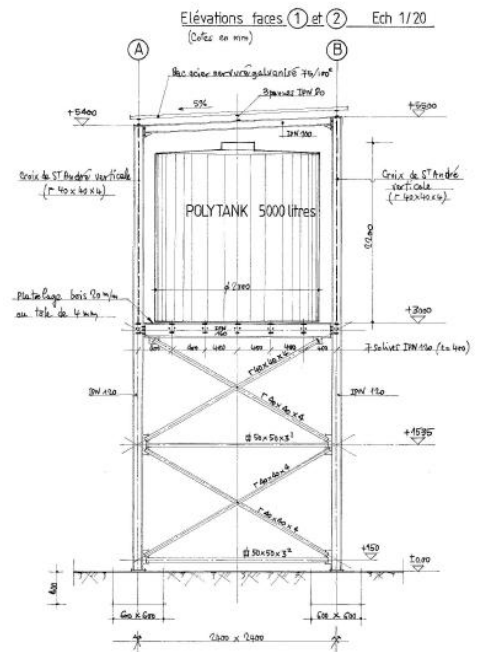
Equivalent à l'énergie d'ensoleillement sur une journée ; **EI** : durée en h/j d'un éclairement de puissance constante 1000 W/m². (Les constructeurs de panneaux solaires définissent la Puissance crête Pc pour un éclairement de 1000 W/m²).

Pour notre exemple : à Garango, en Aout EI = 5,7 h/j à 1000 W /m²

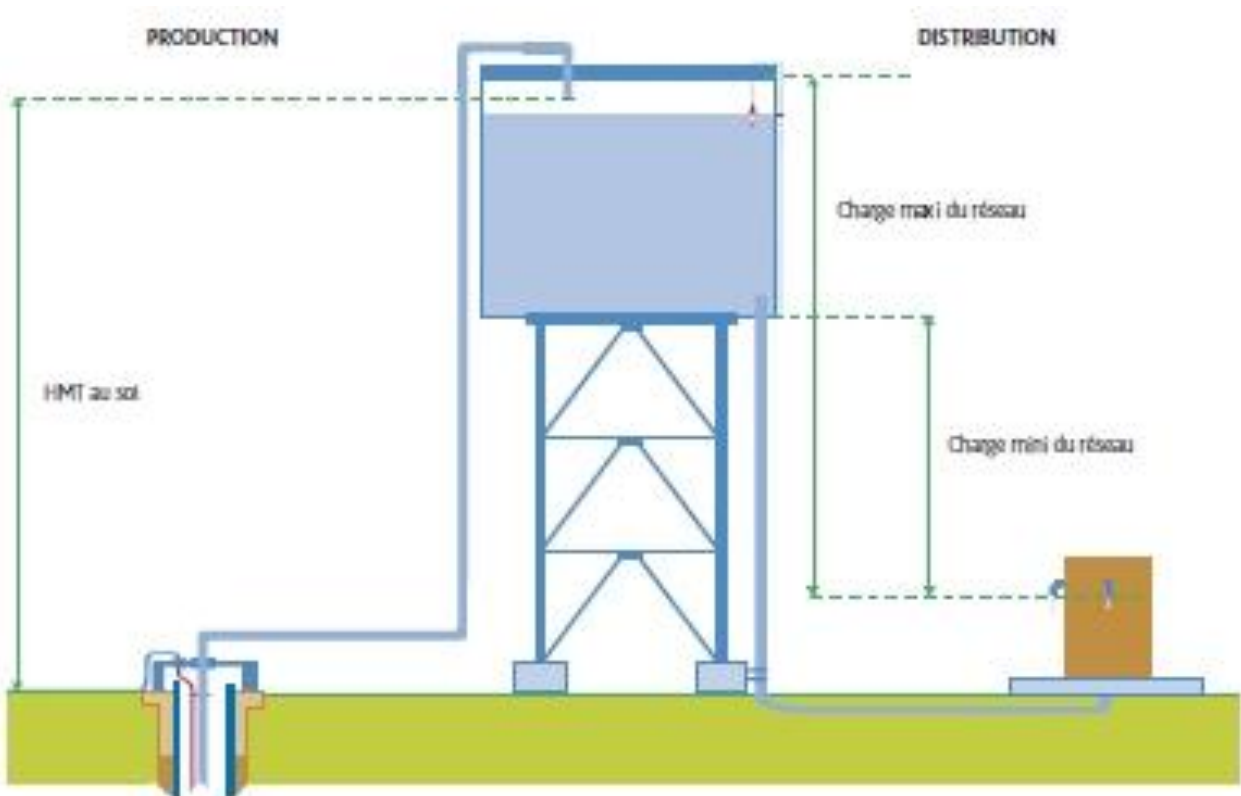
4) Le château d'eau : Le stockage de l'eau est fait dans un château d'eau d'une hauteur suffisante pour pouvoir alimenter les fontaines avec assez de pression. Il est donc nécessaire de bien connaître la topographie du terrain. Le château d'eau pourra être en béton armé, en acier, en plastique alimentaire. Une trappe d'accès est à prévoir en haut pour le montage et l'entretien (nettoyage 2 fois par an). Un capteur (électrique ou mécanique) de niveau haut de l'eau est à prévoir pour l'arrêt du remplissage. Après construction, bien assurer l'étanchéité de la trappe pour éviter tout problème de pollution de l'eau.



Château d'eau béton armé de 7 m³



Polytank de 5m3 sur structure métallique



Attention ! La hauteur du château d'eau sera un des critères importants à prendre en compte pour le choix de la pompe et des panneaux solaires. La distance entre le château d'eau et le forage doit être la plus courte possible afin d'éviter les pertes de charge dues à une longueur excessive de canalisation.

Un indicateur mécanique externe pour visualiser la hauteur d'eau dans le château est recommandé afin de mieux gérer la distribution d'eau : on peut ainsi fixer l'heure d'arrêt de la distribution le soir pour réserver de l'eau pour les besoins du matin.

5) Les canalisations : La tuyauterie de remplissage doit être en acier galvanisé et de diamètre égal au diamètre de la tuyauterie de sortie de la pompe (1,5" soit 40-49 mm à 2" soit 50-60 mm)

La tuyauterie d'exhaure est en matériau souple autoporteur et de diamètre correspondant à la sortie de la pompe (1,5" à 2")



tube polyuréthane Flexwell à faibles Po



La tuyauterie de distribution sera en Plymouth (polyéthylène) de diamètre 40 ou 50mm, adapté à la distance entre le château et les fontaines afin d'éviter au maximum les pertes en charge. Elle sera enterrée et signalée par un grillage bleu.

Prévoir ; filtre à sable, clapet anti retour, compteur, vannes $\frac{1}{4}$ de tour, raccords union (pour un démontage plus pratique du matériel).

6) Les fontaines : L'emplacement des fontaines sera bien sûr déterminé en concertation avec les bénéficiaires. Il convient de prévoir l'évacuation naturelle des éclaboussures qui se produisent au cours du remplissage et du transport, faute de quoi les lieux deviennent rapidement insalubres.

Un socle bétonné autour de la fontaine est idéal pour garder une propreté convenable. A défaut, un empierrage peut convenir. Il est impératif d'éviter toute eau stagnante ; ainsi l'assainissement minimal consistera à creuser un puits perdu (à entretenir par la suite !!).



Fontaine simple



Fontaine avec réservoir



Abreuvoir

B – CHOIX DES ELEMENTS D'UNE INSTALLATION

Cette étude permet de déterminer et de faire le choix des différents composants ; pompe, panneaux solaires, électronique de commande, d'une station de pompage solaire au fil du soleil.

1) Calcul de l'énergie électrique nécessaire par jour: E_{elec} pour transférer à une certaine hauteur d'élévation (en m) une certaine quantité d'eau Q en (m³/jour) avec une pompe électrique de rendement R se calcule ainsi:

$$E_{elec} = \frac{\text{constante hydraulique} \times \text{Quantité d'eau} \times \text{Hauteur d'élévation (HMT)}}{\text{Rendement du groupe de pompage}}$$

Constante hydraulique = 2,725 (Cette constante hydraulique dépend de la gravité et de la densité de l'eau)

Rendement du groupe de pompage : $R = \text{rendement moteur} \times \text{rendement pompe}$

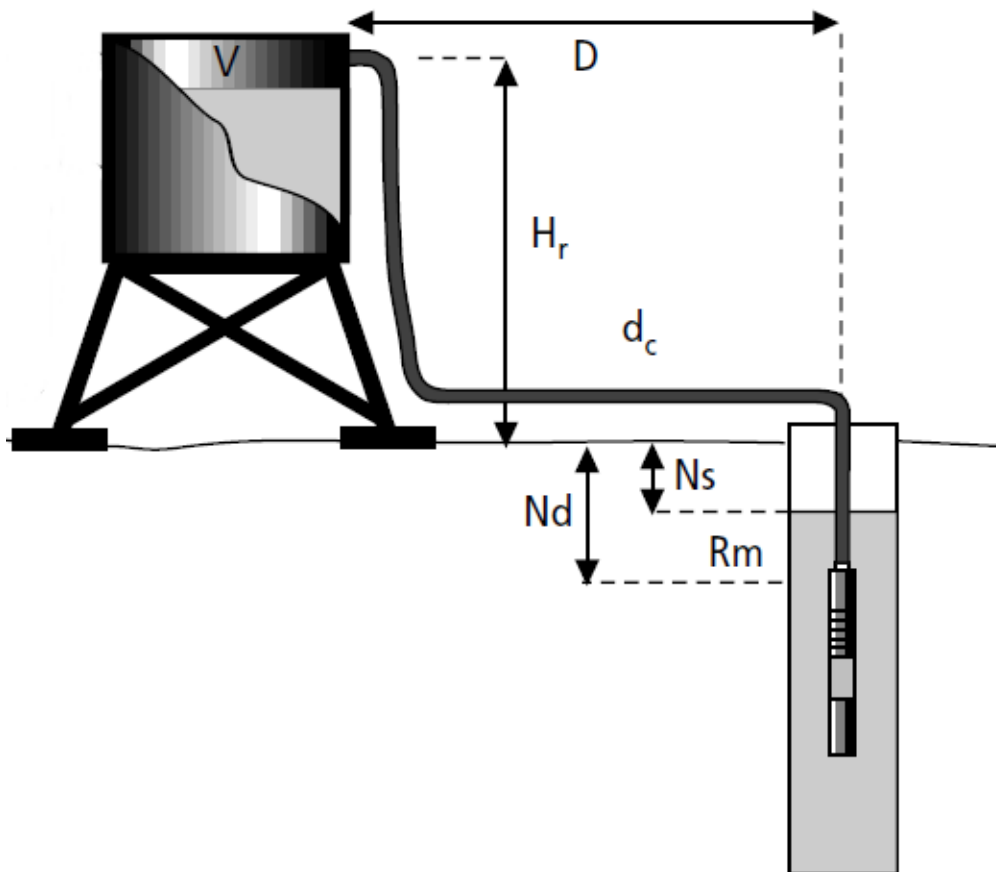
Rendement moteur de 75% à 85% on prendra 80%

Rendement pompe de 45% à 65% on prendra 55%

$$\text{Soit } R = 0,8 \times 0,55 = 0,44 \quad \text{soit } 44\%$$

Quantité d'eau : Définie par le comité de gestion du village : en m³/jour

Hauteur d'élévation : C'est la **HMT** totale du système (Hauteur Manométrique Totale)



$$HMT = H_r + N_d + P_c \quad (\text{en m})$$

H_r : hauteur du château d'eau(m) N_d : niveau dynamique du forage(m)

P_c = pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la longueur des conduites, de leur diamètre, du débit de la pompe et du nombre d'appareils sur la canalisation (vannes, compteur, clapet anti-retour, coudes.....). Ces renseignements se trouvent dans tous les catalogues constructeurs. Les P_c s'expriment en mètres. Le diamètre des conduites doit être calculé afin que ces pertes de charge correspondent au maximum à 10 % de la hauteur géométrique totale.

$$E_{elec} = \frac{2,725 \times Q \times HMT}{R}$$

Exemple : Château d'eau : $H_r = 7\text{m}$

Niveau dynamique : $N_d = 25\text{ m}$

Pertes en charge : $P_c = 3\text{ m}$

$HMT := 7+25+3 = 35\text{ m}$

Rendement : $R = 0,44$ (44%)

Quantité d'eau : $Q = 15\text{ m}^3/\text{jour}$

$$E_{elec} = \frac{2,725 \times 15 \times 35}{0,44} = 3250\text{ Wh par jour}$$

2) Estimation de l'ensoleillement :

Consulter la carte d'ensoleillement de la région où est installé l'équipement. Toujours choisir la période de l'année la moins ensoleillée. L'ensoleillement est habituellement exprimé en $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{j}$.

Ex : Données de localisation solaire : Garango , Burkina Faso

Février : $6,7\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{j}$ Mai : $6,2\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{j}$ Aout : $5,7\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{j}$

Octobre : $6,4\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{j}$

Equivalent à l'énergie d'ensoleillement sur une journée ; durée **EI en h/j** d'un éclairage de puissance constante $1000\text{ W}/\text{m}^2$.

(Les constructeurs de panneaux définissent la Puissance crête P_c pour un éclairage de $1000\text{ W}/\text{m}^2$)

A Garango, en Aout **EI = 5,7 h/j à $1000\text{ W}/\text{m}^2$**

3) Dimensionnement des panneaux solaires : Calcul de la puissance crête P_c

L'énergie fournie par les panneaux solaires en une journée doit être égale à l'énergie journalière consommée par la pompe

$$E_{elec} = P_c \times EI \times K$$

$\text{Wh}/\text{j} \quad \text{W} \quad \text{h}/\text{j}$

K : Rendement du système d'alimentation (panneaux solaires, chaleur, poussière, chute de tension en ligne....) de 0,7 à 0,9.

On prendra $K = 0,8$

$$P_c = \frac{E_{elec}}{EI \times K}$$

Pour notre exemple : $P_c = \frac{3250}{5,7 \times 0,8} = 713 \text{ W}$ (8 panneaux de 90 W)

a - Choix des panneaux solaires : Il est obligatoire de connaître la tension de fonctionnement de la pompe avant de définir le type et le nombre de panneaux solaires ainsi que leur couplage

Exemple : - Pour une pompe 12 V : 8 panneaux de 90 W en parallèle

- Pour une pompe 24 V : 4 groupes en parallèle de 2 panneaux montés en série

- Pour une pompe $U > 120\text{V}$: 8 panneaux montés en série

Toujours utiliser ensemble des panneaux solaires de même marque, de même puissance

Montage en série des panneaux : On augmente la puissance et la tension, on garde le même courant

Montage en parallèle des panneaux : On augmente la puissance et le courant, on garde la même tension

b - Installation des panneaux solaires :

Orientation plein sud dans l'hémisphère nord

Inclinaison par rapport à l'horizontale :

- Inclinaison = latitude. Pour les latitudes inférieures à 20° (minimum 15° pour assurer l'auto-nettoyage)
- Inclinaison = latitude + 10° pour les latitudes de 20 à 35°
- Inclinaison = latitude + 15° pour les latitudes de 35 à 40°

Assurer un nettoyage régulier en l'absence de soleil

Relier la structure de montage des panneaux solaires à la terre

A Garango les panneaux sont inclinés à 15°

4) Choix de la pompe :

- Pour un niveau dynamique : $N_d < 6 \text{ m}$ (puits) , utilisation d'une pompe de surface
- N_d de 10 m à 100 m , utilisation d'une pompe immergée centrifuge
- $N_d > 100 \text{ m}$, utilisation d'une pompe immergée volumétrique.

- **Pour une pompe centrifuge** : Son diamètre est soit de 4" (95 mm), soit de 6" (142 mm). Le corps de pompe est en acier inoxydable, les roues et les diffuseurs étant soit en acier inoxydable, soit en matériau synthétique. Ces matériaux présentent une très bonne résistance à l'abrasion. Le corps d'aspiration est protégé par une crépine contre les grosses impuretés $> 3\text{mm}$. Un clapet anti-retour est intégré à la tête de pompe, qui est taraudée pour le raccordement au tuyau d'exhaure/de refoulement. La lubrification est assurée par l'eau pompée. Le nombre d'étages est lié à la hauteur manométrique totale de refoulement. Le type d'aubage de chaque étage est lié à la puissance hydraulique à fournir pour la HMT nominale.

Les rendements hydrauliques des pompes solaires sont élevés (utilisation de technologies de pointe).

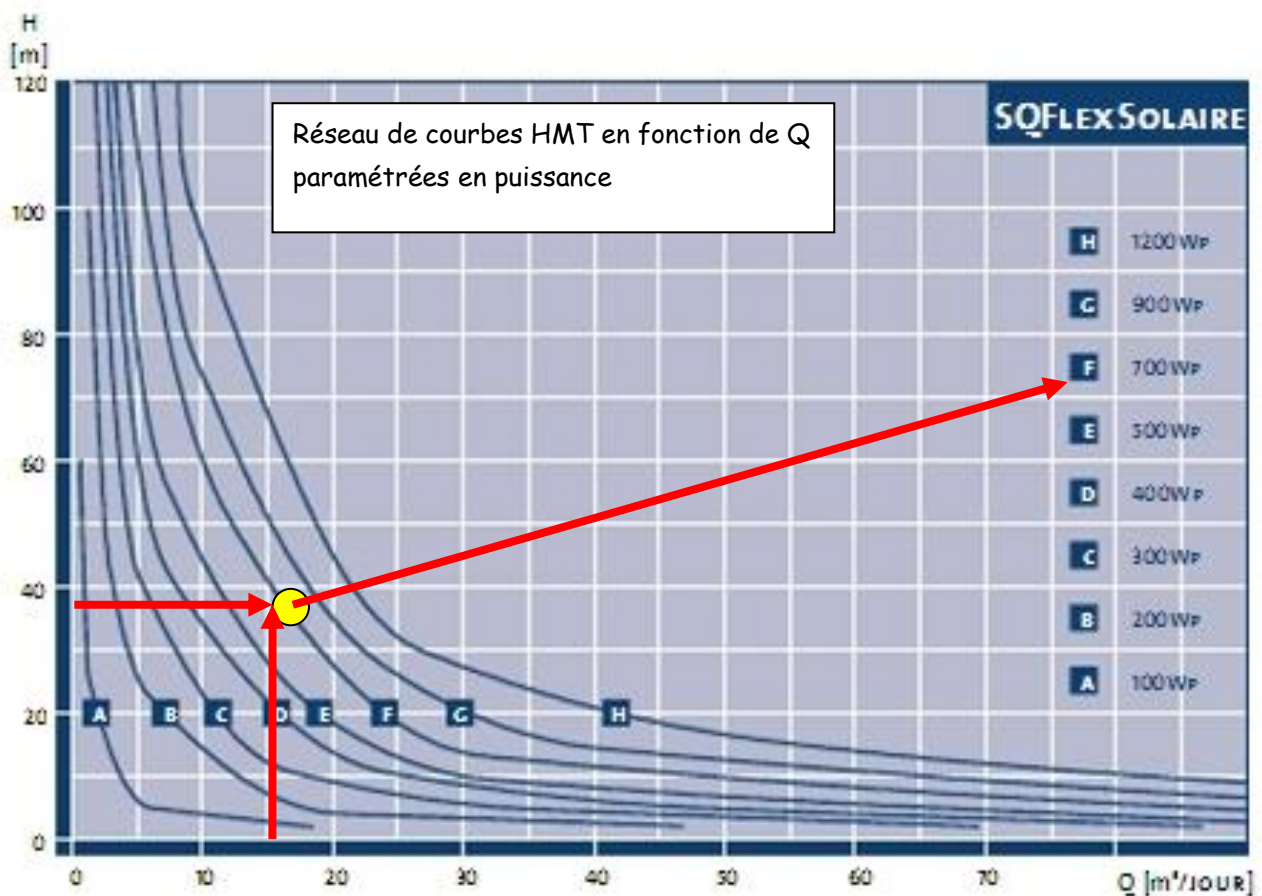
Pour les pompes de petite puissance (petite HMT et faible débit journalier) les moteurs sont en courant continu sans balais et de faible tension ; 12V ou 24V.

Pour les pompes de moyenne puissance (HMT de 10 à 60 m et débit journalier moyen) les moteurs sont en monophasé ou triphasé avec un convertisseur continu/alternatif (onduleur), extérieur ou intérieur à la pompe. La tension d'alimentation peut être soit en continu soit en alternatif <250V.

Il faut vérifier sur les courbes des constructeurs que la pompe est capable de fournir le débit voulu à la HMT désirée.

Exemple pour des pompes GRUNDFOS

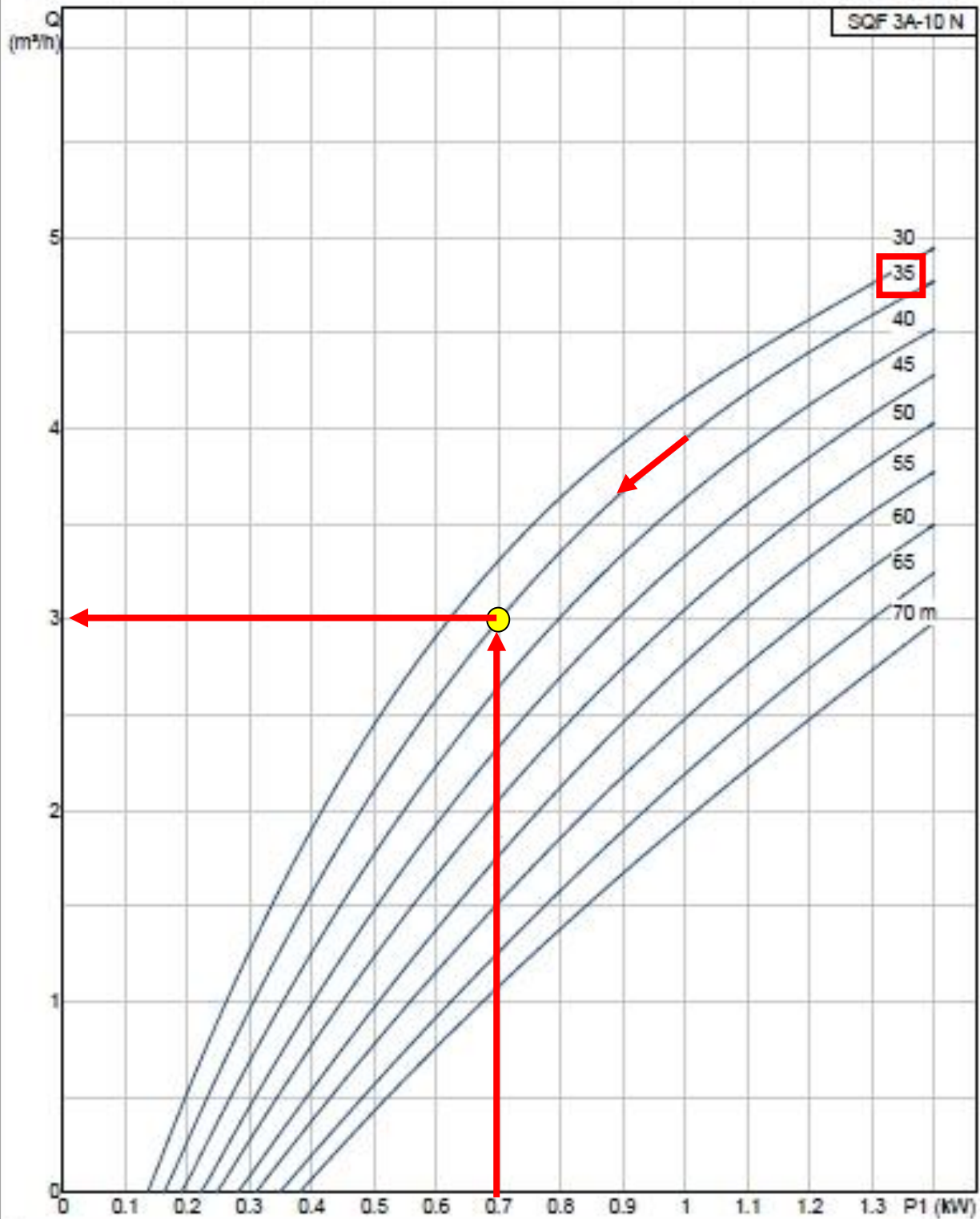
Détermination de la Puissance des panneaux en fonction de Q et HMT



Pour l'exemple que nous avons traité : $Q=15 \text{ m}^3/\text{jour}$ HMT = 35 m on trouvait $P_c = 713 \text{ W}$
Le point jaune correspond à la courbe F ce qui donne 700 W en puissance de panneaux solaires.

Sur la courbe ci-dessous on vérifie bien que pour une puissance P_c de 713W et une HMT de 35m le débit est de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ donc en 5,7 h on obtiendra bien les 15 m^3 désirés. Par conséquent le choix de la pompe GRUNDFOS SQF 3A-10N est pertinent !

95027357 SQF 3A-10 N



4) choix du convertisseur

a) Pour les pompes avec **moteur courant continu** : Le convertisseur électronique permet d'obtenir en permanence le meilleur point de fonctionnement de la pompe (maximum de débit) malgré les variations de l'ensoleillement. Dans la plupart des cas, il permet également de gérer le fonctionnement de la pompe en cas de manque d'eau dans le forage ou le puits, et le remplissage maximum du château d'eau.

Exemple : pompe PS150 C de Lorentz



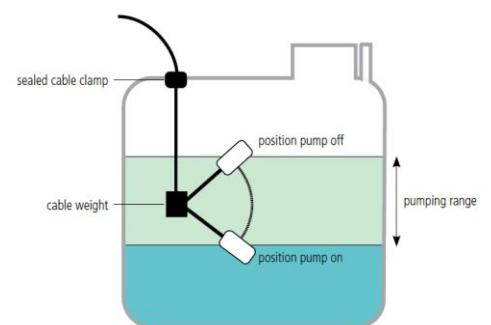
Convertisseur



Pompe PS 150C



Capteur manque d'eau



Capteur niveau haut du château

CARACTERISTIQUES

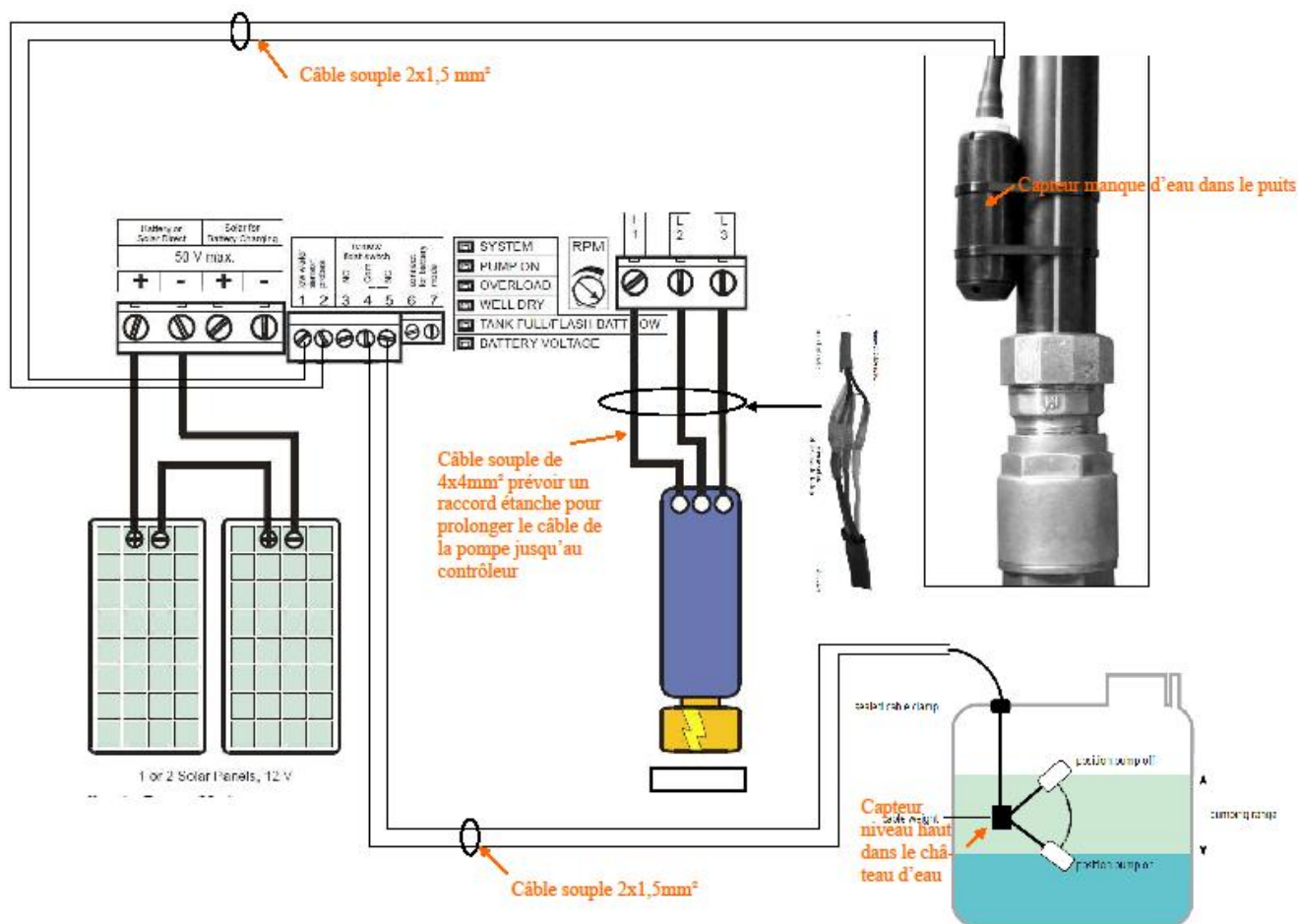
Fonctionnement solaire ou sur batterie 12 à 24V

Chargeur pour batterie 12/24 V

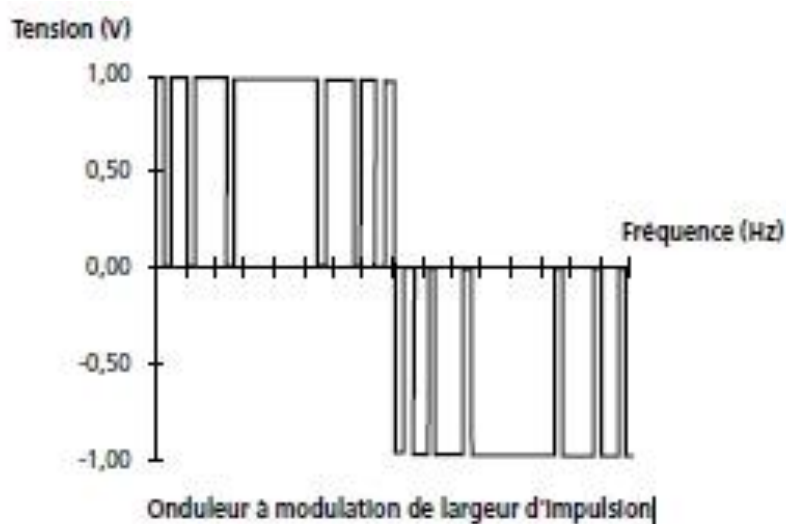
Relevage jusqu'à 22 mètres Débit jusqu'à 5m³/h

Clapet anti-retour

Sortie tuyau G 1" $\frac{1}{4}$



b) Pour les pompes à **courant alternatif monophasé ou triphasé** le convertisseur électronique permet de convertir le courant continu produit par les panneaux solaires en un courant alternatif dont la fréquence et l'amplitude sont contrôlées et ajustées en fonction de l'ensoleillement pour avoir le maximum de débit sur la pompe.



Pour les pompes de forte puissance l'onduleur triphasé est situé dans une armoire extérieure à la pompe,

Pour les pompes solaire SQF de Grundfos l'onduleur triphasé est situé dans le corps même de la pompe. Un contrôleur électronique CU 200 situé en surface communique par courant porteur avec la pompe (courant haute fréquence superposé au courant continu qui alimente la pompe). Des informations sont lisibles sur afficheurs numériques, indiquant la puissance de la pompe, les sécurités internes, le manque d'eau dans le forage ...etc. Un capteur de niveau haut du château d'eau ajouté sur le CU 200 permet l'arrêt de la pompe.

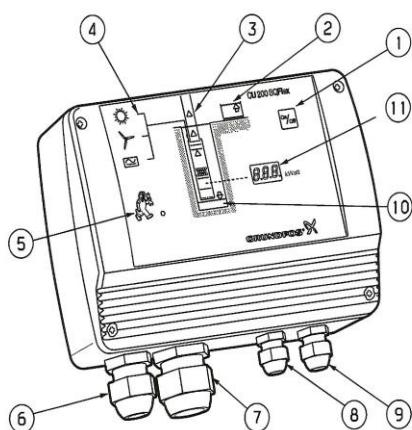
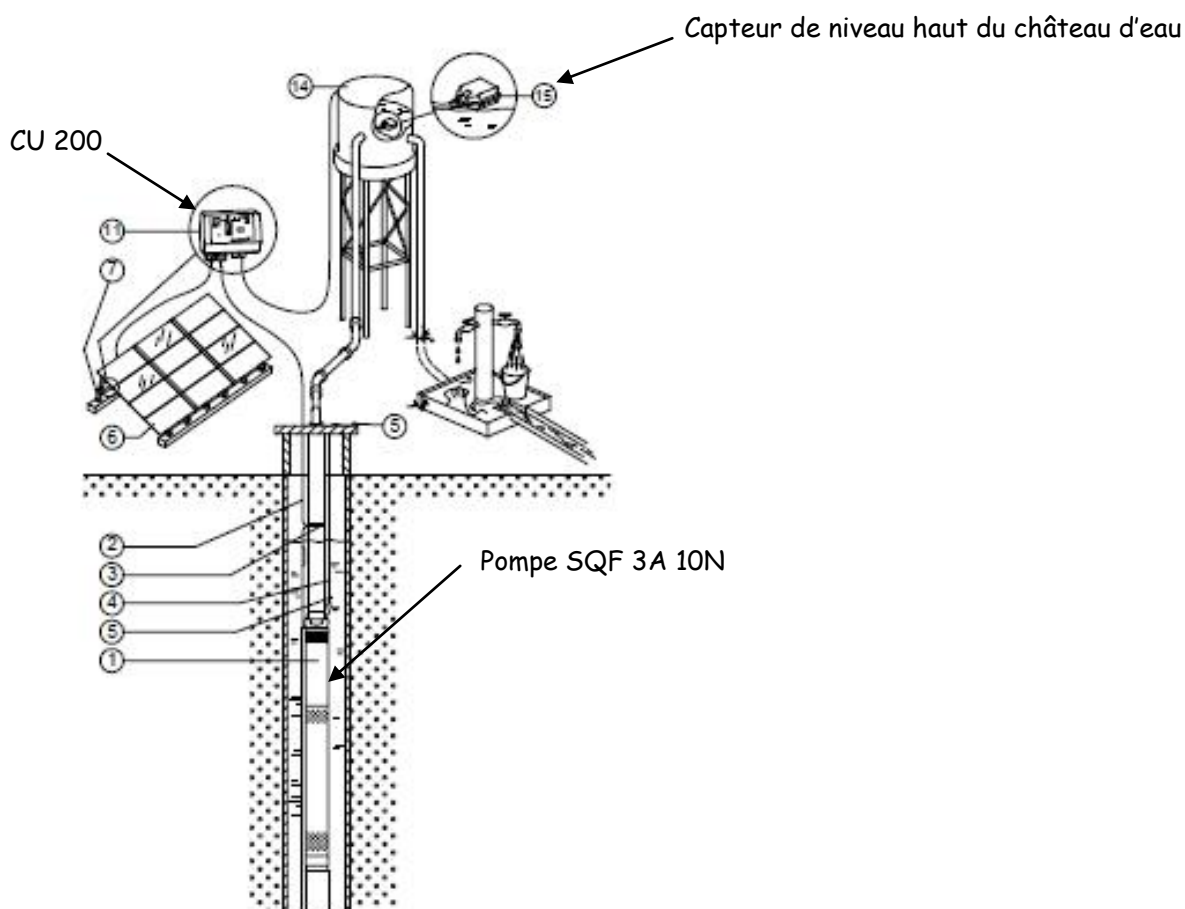


Fig. 76 CU 200 SQFlex

1. bouton ON/OFF- diodes rouge et verte.
2. diode réservoir plein.
3. diode fonctionnement de la pompe.
(a. diode allumée : la pompe fonctionne ; b. aucune diode allumée : la pompe est arrêtée).
4. symbole des sources d'énergie : panneaux solaire, éolienne Générateur.
5. diode d'alarme pour travaux de maintenance (diode rouge allumée : alarme).
6. entrée câble d'alimentation (panneaux solaires)
7. entrée câble submersible (alimentation-pompe)
8. entrée câble terre.
9. entrée câble d'interrupteur de niveau.
10. diode de fonctionnement à sec : voyant rouge allumé → manque d'eau.
11. Affichage de la puissance d'entrée.

Entretien d'une installation de pompage solaire.

L'existence d'un comité de gestion du point d'eau est obligatoire.

Pour assurer la pérennité du système de pompage il est absolument indispensable que la communauté s'organise pour prendre en charge les frais réguliers de fonctionnement du système (robinets, lavage du château d'eau, désensablement éventuel, assainissement ...) ainsi que les frais d'intervention d'un spécialiste extérieur en cas de dysfonctionnement.

La production journalière de la pompe doit être valorisée: **l'eau doit avoir un coût pour les bénéficiaires.**

Elle peut être vendue directement au m³, à la bassine, à la barrique ou valorisée par le versement d'une cotisation annuelle ou mensuelle par famille et par animal.