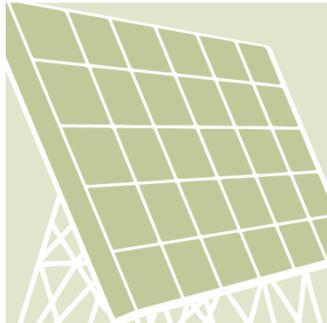


POWERING
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE
FOR DEVELOPMENT



Module 1 : S'informer



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agro-industries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development*, PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SIES

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.
<https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC, aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées

d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

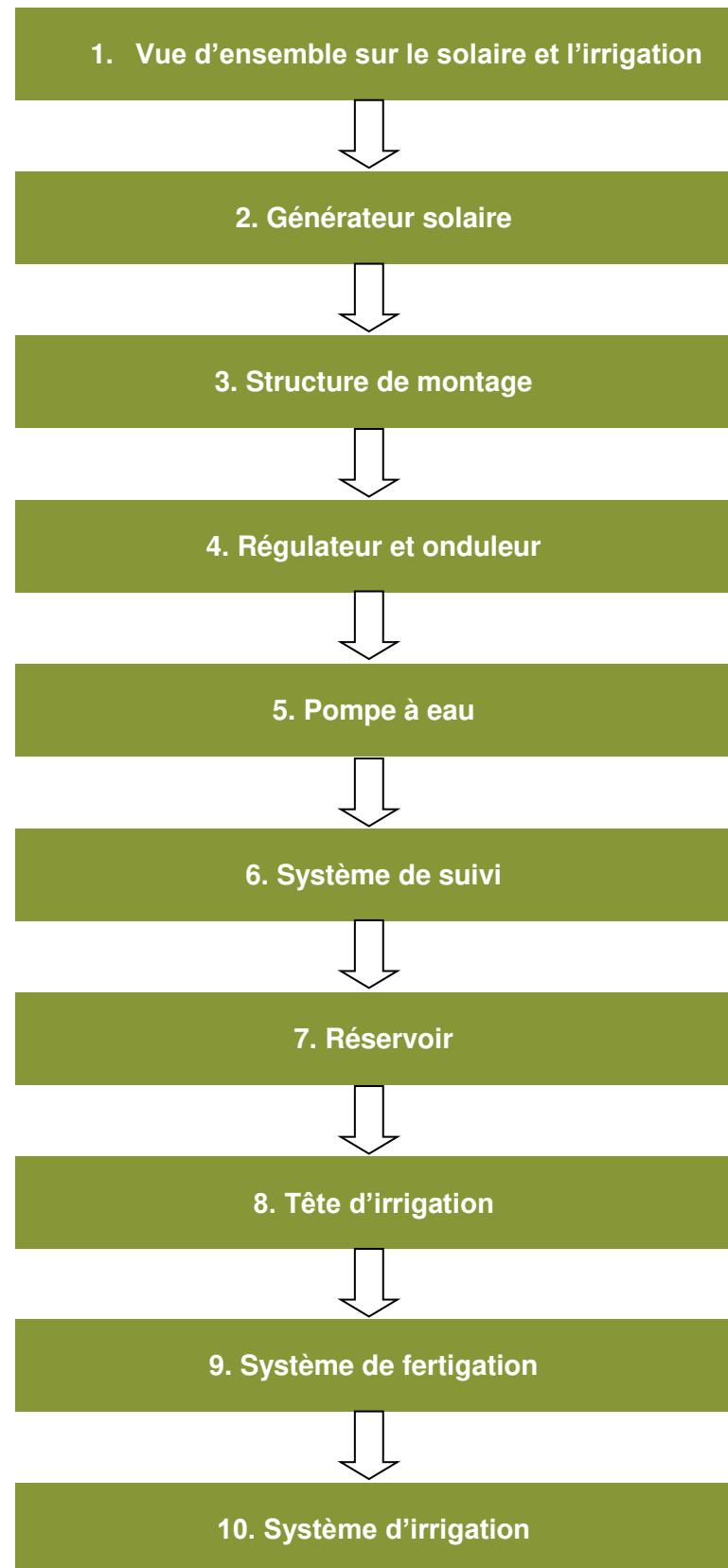
© GIZ et FAO, 2018



ABREVIATIONS

| | |
|----------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

S'INFORMER



OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

En raison d'avancées technologiques significatives et d'une baisse des prix des panneaux solaires, les pompes solaires sont devenues une alternative économique et viable sur les plans technique et écologique aux systèmes de pompage conventionnels.

Cependant, peu de personnes sont conscientes du potentiel et des risques associés à l'utilisation du pompage solaire pour l'irrigation. Souvent, la pompe solaire n'est pas intégrée de manière optimale au système d'irrigation, ce qui entraîne une perte d'efficacité. Il en résulte que la demande des exploitants agricoles est faible et que les établissements financiers sont extrêmement réticents à financer de tels systèmes.

Le module **S'INFORMER** fournit aux conseillers agricoles et aux prestataires de services financiers des informations essentielles pour comprendre le principe de fonctionnement d'un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS) et identifier les différents éléments de ce dernier. Ce module décrit tout d'abord comment les différentes configurations des éléments sont susceptibles d'influer sur la performance de l'ensemble du système. Le module **S'INFORMER** permettra aux prestataires de services agricoles et financiers d'aider les utilisateurs potentiels d'un SPIS en leur

fournissant des informations actualisées sur les avantages et les inconvénients de cette technologie et sur les différents éléments qui la compose.

BREVE DESCRIPTION DU MODULE

Contrairement aux systèmes énergétiques conventionnels, l'utilisation de l'énergie solaire présente des caractéristiques spécifiques dont il convient de tenir compte lors de la planification d'un SPIS (cf. le module **CONCEVOIR**).

Les étapes suivantes présentent de façon détaillée les configurations disponibles et les différents éléments d'un SPIS utilisé dans des conditions qui changent constamment en raison des variations quotidiennes et saisonnières.

La description des différents éléments d'un système d'irrigation à énergie solaire ainsi que les relations qui existent entre eux, et précédée d'informations sur les principes fondamentaux de l'énergie solaire et de l'irrigation. La combinaison de l'énergie solaire et de l'irrigation au sein d'un système de production, forme ce qui est communément appellé un système d'irrigation à énergie solaire. Les configurations types d'un SPIS sont présentées dans ce module et dans le module **CONCEVOIR**.

1. VUE D'ENSEMBLE SUR LE SOLAIRE ET L'IRRIGATION

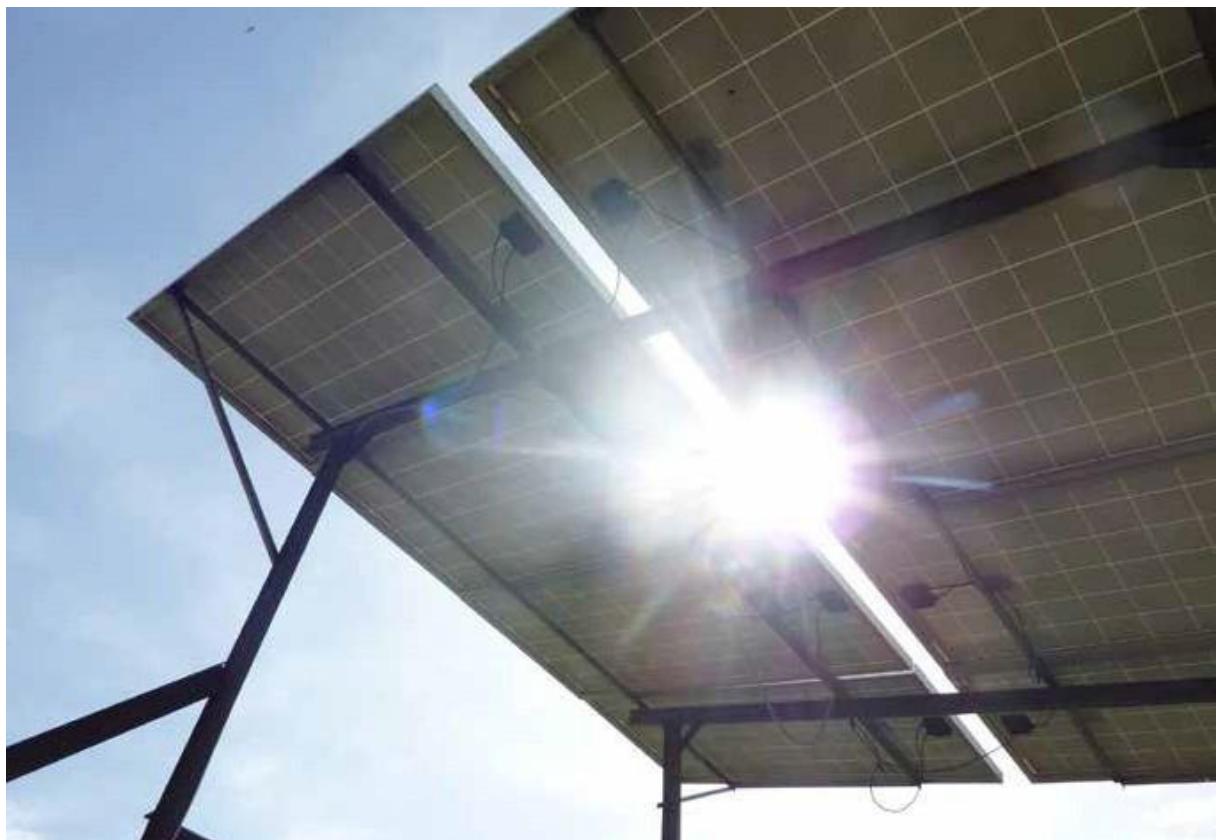
L'ALTERNATIVE SOLAIRE

Si les technologies de pompage traditionnelles, telles que les pompes manuelles ou à traction animale, atteignent leurs limites techniques, le pompage de l'eau d'irrigation se fait traditionnellement au moyen de pompes fonctionnant au diesel, au gaz ou à l'essence. Ces pompes conventionnelles présentent cependant le double inconvénient de demander beaucoup d'entretien ainsi qu'un approvisionnement régulier en combustible et une présence physique pour les faire fonctionner. C'est ainsi notamment que dans les régions excentrées des pays en développement, l'accès aux pièces de rechange, aux structures d'entretien ou aux combustibles peut être limité, ce qui entraîne des arrêts fréquents de plusieurs jours ou plus.

Le manque d'eau qui en résulte peut conduire à une baisse ou à une

insuffisance de rendement, constituant alors un risque considérable pour l'exploitation agricole.

Dans les régions non électrifiées de la planète, l'énergie solaire pourrait contribuer à permettre l'accès à un approvisionnement énergétique écologique et fiable. Mais notamment dans les pays en développement, l'extension du réseau électrique et la mise en place d'un approvisionnement en électricité fiable et sans interruption dans les zones rurales reste une perspective lointaine. L'électrification des zones rurales économiquement défavorisées d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine reposera en grande partie sur des investissements dans des solutions locales hors-réseau pour l'électrification des ménages (consommation de base), en tenant peu compte des utilisations productives de l'énergie.



Accès à l'électricité partout où le soleil brille

(Source : Lennart Woltering)

Si l'on dispose des connaissances adéquates sur le fonctionnement et l'entretien appropriés des pompes solaires photovoltaïques, les pannes sont beaucoup moins susceptibles de survenir qu'avec des systèmes de pompage conventionnels.

Depuis 2010, les pompes solaires sont de plus en plus utilisées pour l'irrigation. C'est ainsi, par exemple, que l'Inde est un important marché pour la technologie des systèmes d'irrigation à énergie solaire. Plus de 12 millions de systèmes de pompage électriques pour l'irrigation et près de 9 millions de systèmes au diesel, approvisionnent en eau quelques 39 millions d'hectares de terres irriguées. Si 50 % seulement des pompes au diesel étaient remplacées par des pompes photovoltaïques, la consommation de diesel pourrait diminuer de près de 225 milliards de litres par an dans cette région.

Mais les avantages sont plus nombreux encore pour l'environnement. Remplacer une unité de générateur diesel classique par un système à énergie solaire permettra de réduire les émissions de CO₂ de 1 kg par kilowattheure, ce qui prend déjà en compte les émissions au cours du cycle de vie du système photovoltaïque. En outre, les systèmes de pompage d'eau photovoltaïques permettent d'éviter tout risque de contamination du sol et des eaux souterraines par des combustibles et des lubrifiants. Un moteur diesel produit quelque 300 kg d'huiles usées au cours de son cycle de vie. L'élimination de ces déchets dans le respect de l'environnement n'est pas assurée partout. D'autre part, le soleil constituant une source d'énergie illimitée pour le pompage, il existe un risque de pompage excessif des ressources en eau souterraine et de surface si les systèmes ne sont pas correctement dimensionnés et planifiés (cf. le module **PRÉSERVER L'EAU**).



Vieille pompe au diesel

(Source : Andreas Hahn, 2015)



Ouvrier agricole ayant l'expérience des panneaux photovoltaïques

(Source : Andreas Hahn, 2015)

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Rayonnement solaire

L'énergie solaire présente certaines caractéristiques dont il convient de tenir compte lorsque l'on planifie l'installation d'un système d'irrigation à énergie solaire. Le rayonnement solaire capté par un panneau solaire n'est jamais constant du fait des variations quotidiennes et saisonnières du rayonnement. L'intensité du rayonnement solaire sur une surface est appelée irradiance (S). L'irradiance s'exprime en watts par mètre carré [W/m²].

L'irradiance varie au cours de la journée, les valeurs maximales étant d'environ 1 000 W/m² vers midi par temps clair sur une surface horizontale située au niveau de la mer. L'énergie transportée par rayonnement sur une surface au cours d'une période donnée est appelée rayonnement solaire global (G). Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m²].

Angle d'inclinaison

La plupart des panneaux solaires sont installés avec un angle d'inclinaison fixe « α » pour optimiser le rendement énergétique. L'angle d'inclinaison dépend de chaque site et doit être calculé. Ce

calcul peut se faire facilement au moyen d'outils logiciels tels que la base de données météorologiques METEONORM, qui fournit des données climatologiques pour la quasi-totalité des régions du monde. Une estimation rapide de l'angle d'inclinaison correct α peut être réalisée en fonction de la latitude à laquelle le système de pompage est installé.

Les valeurs type de l'angle d'inclinaison peuvent être estimées ainsi :

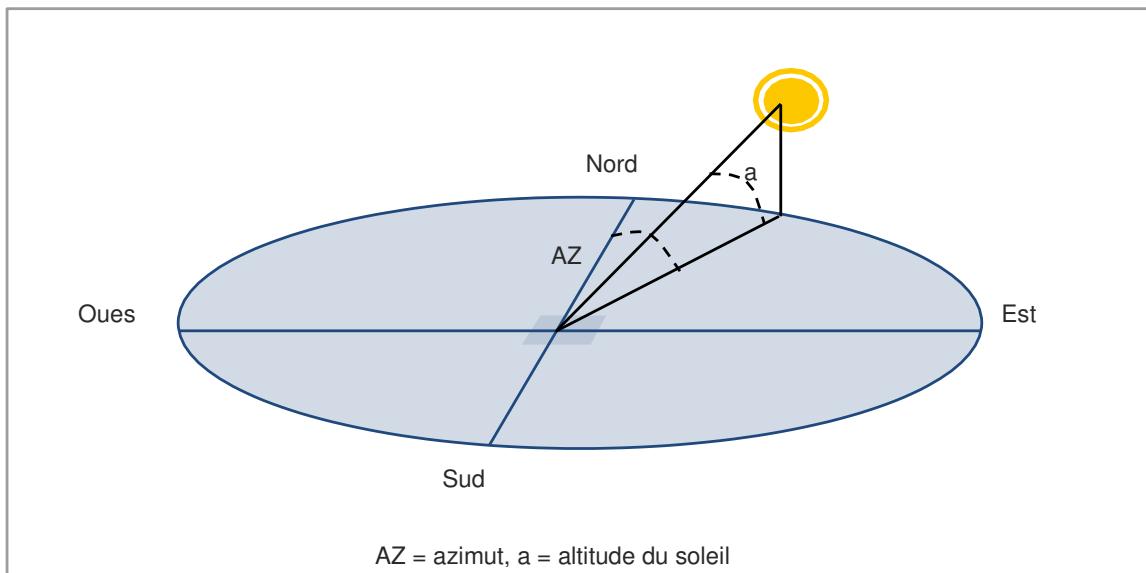
α = valeur absolue de la latitude géographique
+ / - 10°

Pour permettre à l'eau de pluie et aux poussières accumulées de s'écouler de la surface du panneau, l'angle d'inclinaison doit être d'au moins 15°, même si le système est installé près de l'équateur. Pour que l'exposition des panneaux solaires soit optimale en hiver, l'angle d'inclinaison peut être augmenté jusqu'à +10°, tandis qu'en été, il peut être réduit jusqu'à -10°.

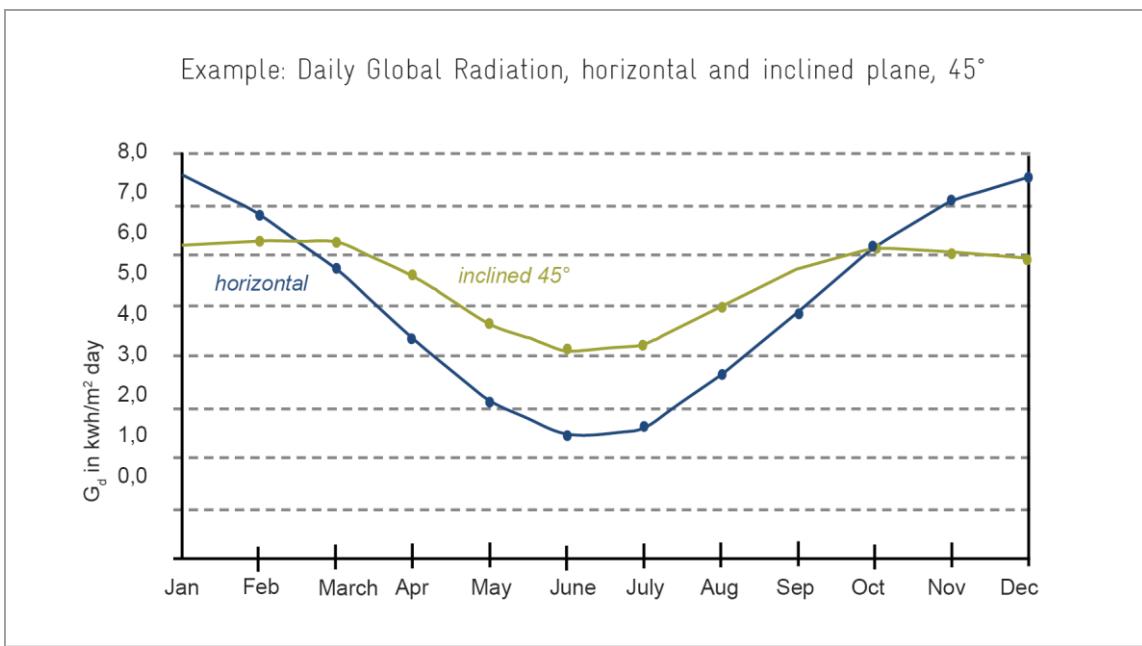
Orientation du générateur solaire

Dans l'hémisphère nord, il convient d'orienter les panneaux vers le sud pour optimiser le rendement énergétique, tandis qu'ils doivent l'être vers le nord dans l'hémisphère sud. Des écarts sont possibles par rapport au nord/sud réel, mais ils entraînent une baisse mineure du rendement énergétique global.

Une autre manière d'améliorer le rendement énergétique d'un générateur solaire est le suivi solaire (cf. chapitre 2).



Mouvement quotidien du soleil dans l'hémisphère sud
(Source : Reinhold Schmidt 2012)



Variation du rayonnement global au cours de l'année sur une surface horizontale et sur une surface inclinée
(Source : Reinhold Schmidt, Aplicaciones de Energía Solar Fotovoltaica; Diseño, Implementación, Experiencias, junio 2012)

PRINCIPES DE L'IRRIGATION

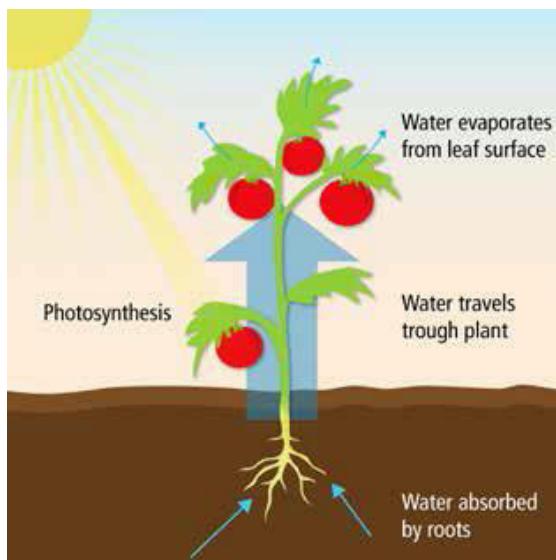
L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. L'eau utilisée pour l'irrigation provient des lacs, des bassins de retenue, des rivières ou des puits (eau souterraine) avoisinants, mais également de sources non conventionnelles comme les eaux usées traitées, les eaux désalinisées ou les eaux de drainage. L'eau d'irrigation est amenée jusqu'aux terres cultivées par des canalisations, des tuyaux ou des canaux d'irrigation.

Les exploitants agricoles qui irriguent leurs terres sont moins dépendants des précipitations irrégulières pour leur production. Ils peuvent compenser le manque de pluie par l'irrigation pour apporter la quantité d'eau nécessaire aux cultures. De plus, le contrôle de l'eau améliore l'efficacité des autres intrants utilisés pour augmenter le rendement, comme les engrains et les produits phytosanitaires. La capacité des exploitants agricoles à contrôler les

rendements est ainsi renforcée. Cet aspect est important pour obtenir une productivité stable et favoriser l'intégration sur les marchés.

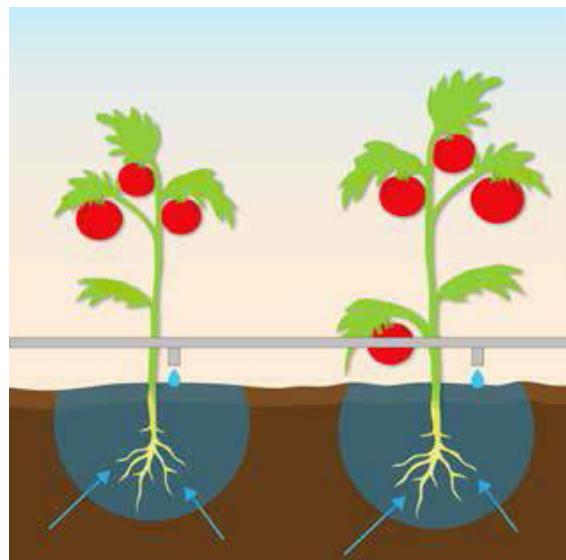
L'irrigation permet de reconstituer les réserves d'eau stockées dans le sol au niveau de la zone racinaire des plantes. Le soleil et la photosynthèse entraînent une absorption de l'humidité du sol par les racines des plantes. Cela déclenche la circulation des nutriments de la tige vers les feuilles, à partir desquelles l'eau **s'évapore** ensuite dans l'atmosphère sous l'effet de la transpiration des feuilles. Ainsi, seule l'eau absorbée par le système radiculaire contribue à la croissance des plantes et des fruits.

Important : la majeure partie de l'eau amenée au champ par l'irrigation doit se concentrer autour de la zone racinaire de la plante, le volume d'eau irrigué ne devant pas excéder la capacité des plantes à l'absorber.



La photosynthèse transforme l'énergie du rayonnement en énergie chimique qui déclenche la circulation des nutriments dans la plante.

(Source : GFA)



Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est amenée directement là où elle est nécessaire, c'est-à-dire au niveau de la zone racinaire.

(Source : GFA)

BESOINS EN EAU

La quantité d'eau nécessaire aux plantes cultivées s'exprime en termes de besoins en eau des cultures (BEC). Elle dépend du climat, de la culture, de la gestion ... et des conditions environnementales. C'est dans les endroits ensoleillés, chauds, secs et venteux qu'il est le plus élevé. Les espèces cultivées, la variété de la culture et la phase de croissance déterminent la quantité d'eau que les racines doivent absorber pour assurer une croissance optimale des plantes. Les exploitants agricoles peuvent diminuer les besoins en eau des cultures en recourant par exemple au paillage, à la modification de la densité initiale des plantes et à différentes technologies d'irrigation.

Les besoins en eau d'une culture donnée sont donc bien spécifiques au site et varient d'un jour à l'autre. Le calcul de ces besoins requiert la collecte de données régionales sur place, par exemple avec le soutien des services de vulgarisation agricole locaux (cf. le module **CONCEVOIR**). Le plus souvent, les besoins en eau des cultures s'expriment en millimètres (mm) ou en mètres cube par hectare (m³/ha). En temps normal, les cultures ont besoin de 2 à 10 m³ d'eau par hectare et par jour. Des informations détaillées concernant cette évaluation figurent dans le module **CONCEVOIR**.

Il est important de noter que l'eau est un produit payant (frais d'utilisation, coût du pompage) et une ressource rare dans la mesure où d'autres utilisateurs se font concurrence pour l'utiliser (industrie, énergie, consommation domestique, etc.). Il convient d'en tenir compte dans les évaluations de faisabilité financière et écologique.

EFFICACITE DE L'IRRIGATION

Lors de l'irrigation, il est important d'appliquer la bonne quantité d'eau au bon moment. Une trop faible quantité provoquera le flétrissement des plantes et une diminution du rendement. L'excès peut entraîner le gaspillage de l'eau, le

ruissellement et l'érosion ainsi que le lessivage des nutriments dans le sol, et la salinisation, ce qui conduit à terme à une diminution du rendement. Un système d'irrigation pleinement efficace fournira une même quantité d'eau à toutes les plantes cultivées dans le champ.

Toutefois, celles qui se trouvent près de la source d'approvisionnement ont tendance à recevoir une plus grande quantité d'eau que celles qui sont situées à l'extrême du champ. De ce fait, les rendements de l'exploitation sont compromis, car certaines plantes reçoivent trop d'eau et d'autres pas assez. Dans les grandes exploitations agricoles, cela peut avoir de graves conséquences sur les frais de fonctionnement et sur la gestion des ressources hydriques. L'uniformité de la distribution de l'eau dans le champ est déterminée par la technologie d'irrigation choisie. Les trois méthodes d'irrigation les plus souvent utilisées sont les suivantes :

- l'irrigation de surface ;
- l'irrigation par aspersion ;
- l'irrigation goutte à goutte.

Les modes d'irrigation de surface tels que l'irrigation en bassin, en rigoles et par planches n'atteignent pas plus de 60% d'efficacité des apports d'eau sur le terrain, car seule une quantité limitée d'eau s'infiltre jusqu'à la zone racinaire.

Les systèmes d'irrigation par aspersion et goutte à goutte s'appuient sur un réseau de tuyaux pour distribuer l'eau dans le champ, réduisant ainsi les pertes dues au transport, qui sont fréquentes avec les modes d'irrigation de surface. Les systèmes d'irrigation par aspersion enregistrent en moyenne une efficacité d'application sur le terrain de 75 %, tandis que les systèmes d'irrigation goutte à goutte peuvent atteindre jusqu'à 95 % d'uniformité. L'irrigation goutte à goutte permet de délivrer lentement l'eau au niveau de la zone racinaire des plantes. De ce fait, les conditions d'humidité du sol sont bonnes et il n'y a aucune « perte » d'eau entre les plantes, ou sur les plantes. Il est ainsi possible de doubler les

rendements des cultures et de réaliser des économies considérables d'eau, d'énergie et de main-d'œuvre.

SYSTEMES D'IRRIGATION A ENERGIE SOLAIRE

L'utilisation de l'énergie solaire pour l'irrigation est extrêmement judicieuse. En premier lieu parce que l'irrigation est souvent mise en place dans des zones rurales où l'accès à des sources d'approvisionnement fiables en électricité ou en énergies fossiles est limité. Ensuite parce que le rayonnement solaire représente une ressource abondante dans de nombreux pays en développement où l'irrigation est indispensable à la sécurité alimentaire et au commerce international. Et enfin parce que les systèmes d'irrigation à énergie solaire s'autorégulent de manière passive, dans la mesure où le volume d'eau pompée augmente par temps chaud et clair, lorsque les plantes ont besoin d'une plus grande quantité d'eau, et vice versa. Il est important de noter qu'un SPIS n'est pas une simple pompe solaire utilisée pour l'irrigation. Les panneaux, les pompes et les systèmes d'irrigation sont conçus en fonction des quantités d'eau disponibles et des besoins en eau des cultures locales. Le système d'irrigation à énergie solaire est un système où les différents éléments, de la pompe à la culture, sont intégrés et harmonisés.

Principe de fonctionnement

Le fonctionnement d'un SPIS repose sur un principe simple. Un générateur solaire alimente en électricité une pompe à moteur électrique qui distribue l'eau directement dans le système d'irrigation ou l'amène vers un réservoir surélevé. La conception d'un SPIS répond à des critères fondamentaux : entretien minimum, fiabilité maximale et utilisation rationnelle des ressources. L'une des caractéristiques spécifiques des SPIS tient au fait qu'une batterie de secours n'est en général pas nécessaire. Ce qui représente un avantage dans la mesure où les batteries demandent beaucoup d'entretien, sont onéreuses et doivent être remplacées régulièrement.

Éléments d'un SPIS

Les différents éléments constitutifs d'un système d'irrigation à énergie solaire sont présentés dans les sections suivantes. Le tableau ci-dessous montre les différentes solutions technologiques disponibles en fonction des conditions propres au site et des capacités de l'exploitant agricole. Les éléments et les technologies alternatives peuvent être combinés les uns avec les autres de nombreuses façons, mais certaines configurations sont plus adaptées selon la situation sur le terrain.

Principales technologies alternatives pour les principaux éléments d'un SPIS

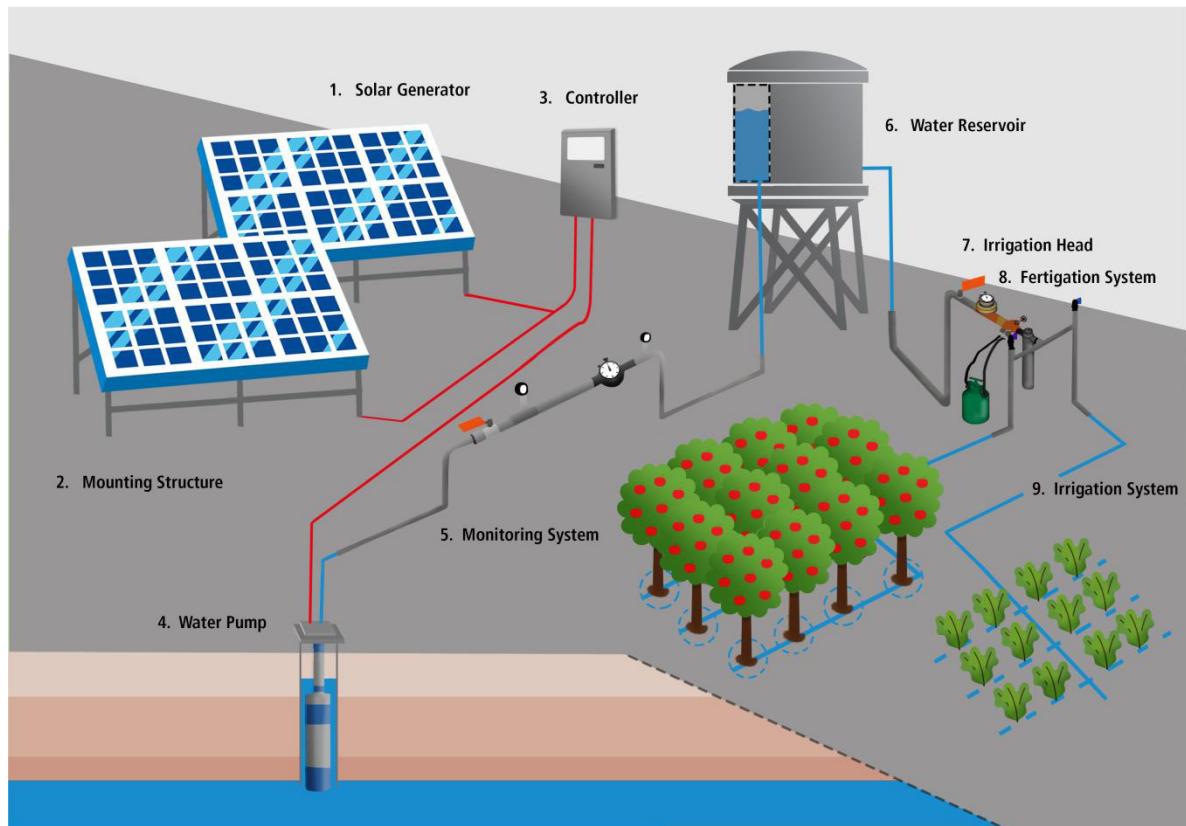
| Élément | Technologies alternatives | | Dépend : |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|--|
| Système à énergie solaire | fixe | avec suiveur solaire | des coûts et de l'intensité de l'entretien |
| Pompe | de surface | immergée | des coûts et de l'hydro(géo)logie |
| Réservoir | réservoir | pas de réservoir | des coûts et du système d'irrigation |
| Système d'irrigation | de surface | goutte à goutte ou aspersion | des coûts et du système de pompage |

Configurations des SPIs

Un générateur solaire sur une structure de montage fixe qui alimente en électricité une pompe immergée installée dans un forage est la configuration la plus courante des systèmes d'irrigation à énergie solaire. L'eau est pompée vers un réservoir situé à quelques mètres au-dessus du champ. Elle est stockée à une pression constante et envoyée vers un système d'irrigation goutte à goutte à basse pression, où elle est filtrée et mélangée avec de l'engrais avant d'être libérée lentement au niveau des plantes. Cette configuration est illustrée dans la figure ci-dessous.

Cependant, l'installation du filtre à eau à la sortie du réservoir peut s'avérer critique/problématique, dans la mesure où les pertes de pression dans le filtre peuvent facilement atteindre plusieurs mètres : l'eau ne s'écoule alors plus dans les réservoirs peu élevés. Il est par conséquent recommandé d'installer le filtre à l'entrée du réservoir pour maintenir l'eau propre à l'intérieur de ce dernier.

Cette configuration est également possible avec un système de suiveur solaire, mais elle demande un investissement plus important et davantage d'entretien que pour des panneaux solaires fixes. Le réservoir assure une pression et un apport d'eau stables au système d'irrigation goutte à goutte pour que la distribution d'eau soit la plus uniforme possible. Le système d'irrigation goutte à goutte est moins performant lorsque les émetteurs sont obstrués par de petites particules présentes dans l'eau. Les filtres permettent d'éviter ce problème, à condition qu'ils soient conçus spécifiquement en fonction de la qualité de l'eau et du système d'irrigation et qu'ils soient nettoyés régulièrement. Il est donc fortement recommandé de n'utiliser un système d'irrigation goutte à goutte qu'avec de l'eau souterraine, car celle-ci est généralement plus propre que celle des rivières ou des réservoirs. En outre, il est recommandé d'installer un système de contrôle entre la pompe et le réservoir afin de mesurer le débit et la pression de l'eau.

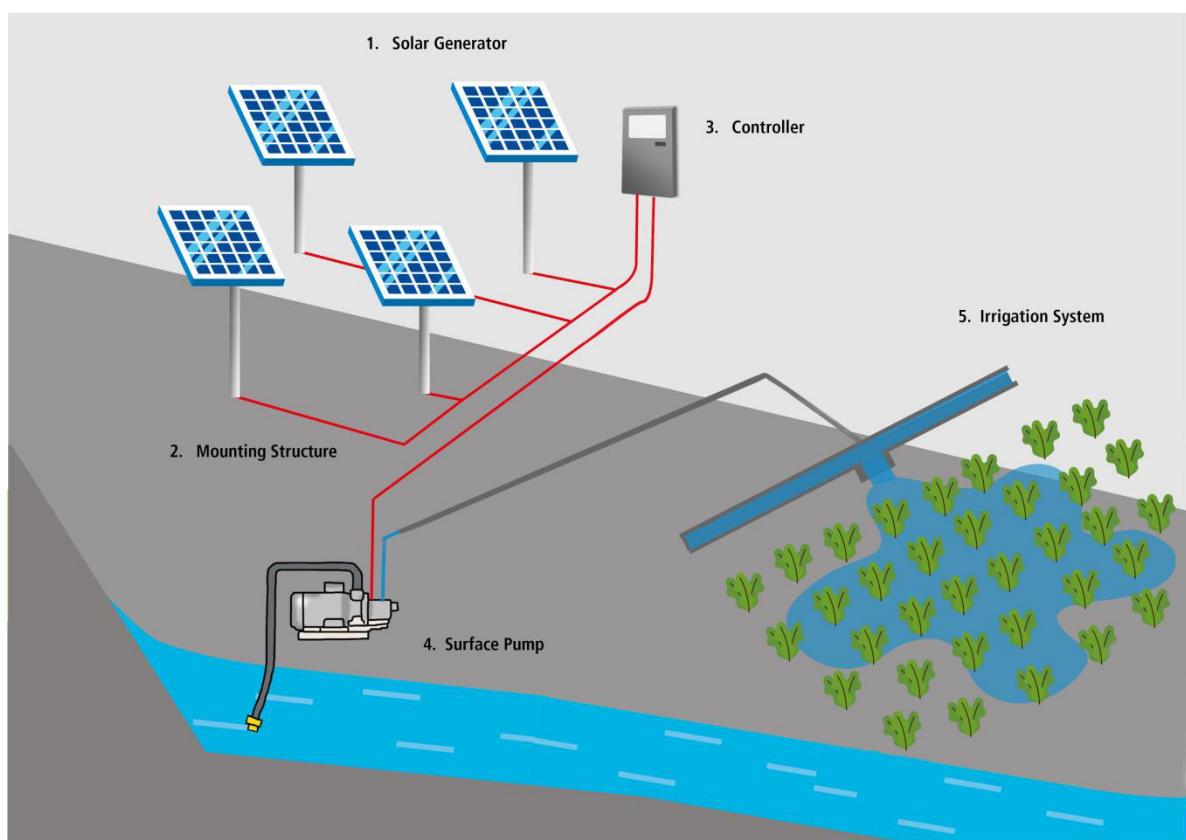


Meilleure pratique concernant la configuration des différents éléments d'un système d'irrigation à énergie solaire
(Source : GFA)

Un générateur solaire sur une structure de montage fixe qui alimente en électricité une pompe de surface installée au niveau d'un bassin de retenue ou d'une rivière est la configuration la plus simple des systèmes d'irrigation à énergie solaire. L'eau est alors pompée directement vers un système d'irrigation de surface par un réseau de canaux ouverts, par exemple. Dans cette configuration, l'eau pompée ne passe pas par un réservoir surélevé. La pression et le débit de la pompe vers le système d'irrigation correspondent à l'irradiance solaire effective, qui varie au cours de la journée, notamment avec un générateur solaire fixe. La simplicité d'installation et les coûts relativement bas

sont le principal avantage de cette configuration. Il y a toutefois un inconvénient : l'exploitant agricole a peu de contrôle sur la distribution de l'eau dans le champ au fil de la journée car il n'y a pas de réservoir pour réguler le débit et la pression. L'exploitant devra utiliser des vannes volumétriques (cf. **TÊTE D'IRRIGATION**) ou diviser son champ en plusieurs zones pour faciliter la gestion et contrôler au mieux l'irrigation des cultures.

Il existe une autre configuration de type **hybride**, où une pompe solaire et une pompe diesel sont utilisées conjointement pour l'irrigation.



Configuration simple – avec système de suiveur solaire – des différents éléments d'un SPIS

(Source : GFA)

2. GENERATEUR SOLAIRE

Le générateur solaire fournit l'électricité nécessaire pour faire fonctionner l'unité pompe-moteur. Il se compose d'un ensemble de panneaux constitués de cellules solaires (ou photovoltaïques). Les cellules solaires utilisent ce que l'on appelle l'effet photovoltaïque, qui convertit directement la lumière en électricité. Les cellules solaires sont fabriquées à partir de matériaux semi-conducteurs conçus spécifiquement, tels que le silicium cristallin. Lorsque la lumière touche la surface du semi-conducteur, un champ électrique se développe. C'est lorsque le soleil atteint directement les cellules que le système fonctionne le mieux, mais il fonctionne également avec un rayonnement solaire indirect. Par temps nuageux, les panneaux solaires peuvent généralement produire 10 à 25 % de leur puissance nominale. En reliant un fil à l'arrière de la cellule photovoltaïque, la tension du champ électrique fait circuler un courant électrique.

La cellule photovoltaïque

Afin de protéger les cellules contre les contraintes mécaniques et l'humidité, les chaînes de cellules sont intégrées dans un matériau de liaison transparent (par. ex. EVA) qui isole aussi les cellules électriquement. Pour garantir la stabilisation structurelle et l'isolation électrique, elles sont généralement placées entre un revêtement en plastique à l'arrière et en verre à l'avant. Le stratifié est ensuite protégé par un cadre en aluminium permettant le montage des panneaux sur une structure de montage.

Les panneaux solaires sont généralement certifiés par la Commission électrotechnique internationale et ce certificat de conformité est aujourd'hui reconnu partout dans le monde comme l'un des labels de qualité pour les panneaux solaires. Toutefois, les essais normalisés de l'IEC n'évaluent pas la durabilité des modules photovoltaïques

sur une période de 25 ans. Les panneaux répondant à la norme IEC s'accompagnent généralement d'une garantie produit de 10 ans et d'une garantie de performance linéaire de 25 ans assurant au moins 80 % de puissance de sortie après 25 ans d'utilisation.

Remarque : Les panneaux solaires sont classés en watts-crête (Wc) en fonction de leur puissance déterminée dans les conditions de test standards (CTS) définies au niveau international :

(Irradiance = 1 000 W/m², température des cellules = 25°C, masse d'air (AM) = 1,5)

La puissance électrique des panneaux dépend principalement du rayonnement solaire capté et de la température des cellules photovoltaïques. Cette dernière augmente considérablement en mode de fonctionnement normal et peut facilement atteindre 40 à 65 °C en fonction des conditions propres au site. Cela entraîne une diminution de la puissance par rapport aux conditions de test standard. Le coefficient de température (CT) décrit la diminution de la puissance pour chaque degré d'augmentation de température, une diminution qui est d'environ 0,5 % par degré Celsius pour les cellules en silicium cristallin.

Les panneaux d'un ensemble de panneaux solaires sont reliés les uns aux autres en série, en parallèle, ou une combinaison des deux, en fonction de la production électrique requise (tension, courant et puissance). Combiner les panneaux en série signifie connecter la borne positive d'un panneau solaire à la borne négative du panneau suivant. Cela permet d'augmenter la tension au niveau désiré (contrairement à la connexion en parallèle, qui augmente le courant/l'ampérage).

3. STRUCTURE DE MONTAGE

En plus de l'irradiance et de la température des cellules, la puissance d'un panneau solaire dépend également de l'orientation et de l'angle d'inclinaison de la surface du panneau. Pour obtenir une puissance maximale, il faut trouver l'orientation optimale spécifique à chaque site.

Options de montage :

Il existe fondamentalement deux options pour installer des panneaux solaires sur une structure métallique :

- une installation avec un angle d'inclinaison fixe ;
- une installation sur un suiveur solaire à orientation variable.

L'installation fixe de panneaux solaires sur une structure rigide est la méthode la moins chère, la plus fiable et la plus couramment utilisée. En général, il est recommandé d'utiliser des supports métalliques qui s'enfoncent dans le sol pour les systèmes plus grands. Ils rendent inutile l'utilisation de fondations en béton et permettent d'économiser le coût de la main-d'œuvre et des matériaux. En revanche, de simples fondations en béton sont souvent utilisées pour les petites installations dans les pays en développement, où elles représentent une solution adéquate à condition que les exigences relatives à la stabilité soient satisfaites. L'installation est généralement orientée vers le nord ou le sud pour que la répartition du rendement soit relativement bonne tout au long de la journée.

Lorsque l'orientation de la structure de montage est variable sur un ou deux axes, on parle de **suiveur solaire** (cf. la figure page suivante).

Le suivi solaire présente deux avantages :

- gain en rayonnement solaire : la quantité de rayonnement solaire reçue par les panneaux augmente de 25 à 35 % (valeur moyenne

annuelle) en fonction du type de suiveur solaire et du site d'installation ;

- répartition uniforme de l'irradiance tout au long de la journée : l'électricité produite, et donc le débit d'eau de la pompe, sont quasiment constants au cours de la journée. Cet élément est important pour la configuration d'un SPIS où l'eau est pompée directement vers le champ sans passer par un réservoir.

Inconvénients du suivi solaire :

- le suivi solaire est coûteux et augmente considérablement le coût global du système ;
- les composants mécaniques et le moteur électrique du système de suivi requièrent un entretien régulier et des pièces de rechange.

Cela doit être pris en compte, en particulier pour les installations prévues dans des régions excentrées ou dans des zones où les services techniques sont limités.

Les **installations orientées vers l'est ou l'ouest** – qui sont relativement nouvelles – constituent une alternative intéressante au suivi solaire. Elles demandent toutefois davantage de panneaux pour obtenir un rendement stable au cours de la journée. Mais compte tenu de la baisse des prix des panneaux solaires, cela pourrait représenter une alternative intéressante pour les zones excentrées et les systèmes de dimensions modestes, car ces derniers sont moins chers et nécessitent moins d'entretien (à l'instar des solutions de suivi solaire).

Pour ces deux options de montage, il est important d'éviter la corrosion galvanique lors du raccordement des structures métalliques. Cela peut se faire en sélectionnant des matériaux présentant

des potentiels de corrosion similaires ou en coupant la connexion électrique en isolant les deux métaux l'un de l'autre.

Structure de montage et système antivol

Le type et la qualité de la structure de montage sont également des facteurs déterminants compte tenu du risque de vol des panneaux solaires. L'utilisation accrue d'installations photovoltaïques pour produire de l'électricité augmente les risques de vol. Les mesures de prévention d'usage contre le vol consistent à :

- utiliser des contre-écrous ;
- marquer l'identifiant du propriétaire avec une peinture en aérosol indélébile à l'arrière des panneaux ;
- intégrer les panneaux solaires dans la structure de montage (non détachable) ;
- placer la structure de montage hors de portée en utilisant des structures surélevées, des barrières ou des systèmes de panneaux solaires flottants.



Systèmes solaires (Source : Reinhold Schmidt, 2015) :

1. installation fixe
2. suiveur solaire 1 axe, azimut
3. suiveur solaire 2 axes, azimut et inclinaison
4. suiveur solaire 1 axe, inclinaison de l'axe sud + nord
5. Suiveur solaire 1 axe horizontal, axe sud/nord.





4. REGULATEUR ET ONDULEUR

Régulateur

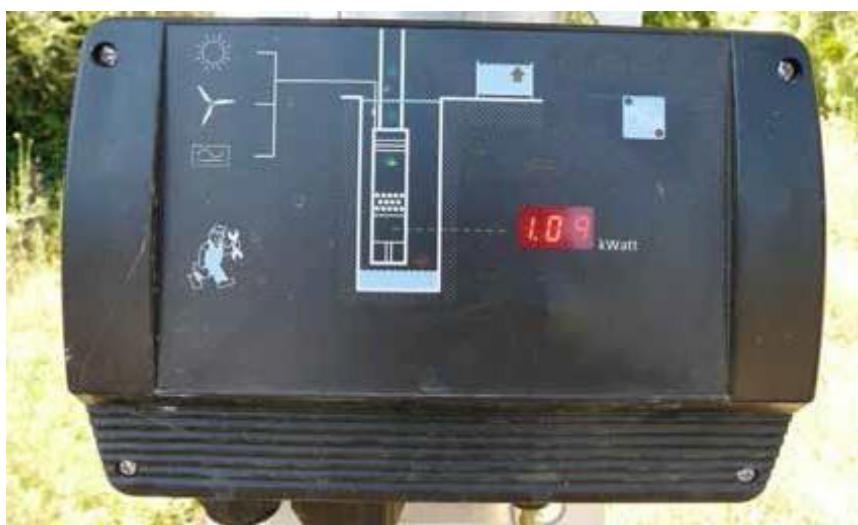
Le régulateur, qui constitue le lien entre le générateur solaire et la motopompe, joue un rôle essentiel pour la fiabilité du système. Il permet d'ajuster les fluctuations de la fréquence de sortie du générateur solaire résultant des différents niveaux du rayonnement solaire. Les régulateurs modernes intègrent de l'électronique de puissance extrêmement efficace et utilisent la technologie de suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking, MPPT) pour optimiser la consommation d'énergie du générateur solaire. Le régulateur régule le nombre de tours du moteur et protège la pompe contre les surtensions et les sous-tensions, les inversions de polarité, les surcharges et les surchauffes.

Onduleur

Les générateurs solaires fournissent toujours un courant continu (CC). La plupart des moteurs électriques des pompes à eau solaires sont alimentés par un courant continu. Les moteurs à courant continu ayant généralement un rendement supérieur à celui des moteurs à courant alternatif (CA) de même taille, ils tendent à être préférés par les fabricants de pompes solaires. Les moteurs à courant continu sans balais remplis d'eau sont de plus en plus utilisés car ils ne demandent aucun entretien et ne sont pas affectés par les

démarrages/arrêts fréquents caractéristiques des systèmes à énergie solaire.

Certaines pompes solaires sont encore équipées de moteurs CC à balais relativement bon marché. Le principal inconvénient de ce type de moteurs est que les balais sont sujets à l'usure et doivent être régulièrement remplacés (tous les deux ans environ). Les moteurs à courant continu sont principalement utilisés pour les systèmes d'irrigation de petite taille et de taille moyenne, tandis que les moteurs à courant alternatif sont de plus en plus utilisés dans les cas où des combinaisons rendement/hauteur de charge plus élevées sont requises. Le régulateur doit être équipé d'un onduleur si le moteur de la pompe est à courant alternatif. Les innovations réalisées dans la technologie des onduleurs CC/CA ont conduit au développement d'onduleurs de pompes conçus spécifiquement pour commander les moteurs à courant alternatif conventionnels. Des combinaisons onduleur/moteur non compatibles peuvent réduire la durée de vie prévue du moteur à courant alternatif conventionnel. C'est la raison pour laquelle il est recommandé d'adopter des combinaisons régulateur/moteur bien adaptées et testées pour améliorer la fiabilité du système.



Contrôleur avec affichage et indicateur LED de défauts

(Source : Andreas Hahn, 2015)

5. POMPE A EAU

Selon la source d'approvisionnement en eau, deux systèmes de pompe différents peuvent être installés : pompe immergée ou pompe de surface. Les pompes de surface sont souvent installées près de la source d'eau et aspirent l'eau par un côté avant de l'expulser par l'autre côté de la pompe. Les pompes de surface peuvent pomper l'eau jusqu'à 6 mètres de profondeur. Les pompes immergées sont installées sous l'eau, dans les puits et forages, et « repoussent » l'eau vers le haut.

Les pompes immergées sont installées à des profondeurs variant de 10 à 120 mètres de profondeur. Grâce à l'utilisation d'interrupteurs de commande (comme les interrupteurs à flotteur dans les réservoirs et les puits), les pompes immergées peuvent fonctionner en mode automatique. En revanche, les pompes de surface requièrent généralement la présence d'un opérateur qui vérifie régulièrement le comportement d'amorçage de la pompe. L'utilisation de chambres primaires et de clapets anti-retour permet d'éviter le désamorçage.

Les pompes de surface présentent plusieurs avantages par rapport aux pompes immergées : elles sont moins chères, plus faciles à installer, plus aisément accessibles pour l'entretien, et peuvent être utilisées pour une fertigation simple et aisée du côté admission/aspiration.

Les pompes à eau solaires sont généralement fabriquées avec de l'acier inoxydable non corrosif et conçues pour pomper de l'eau propre sans corps solides ni fibres. La durée de vie d'une pompe immergée dépend fortement de la qualité de l'eau et de l'installation. Si elle est installée dans un puits foré avec un tubage adéquat (et donc un dépôt réduit de sédiments), sa durée de vie peut atteindre 7 à 10 ans. Dans les puits et les forages mal construits présentant une

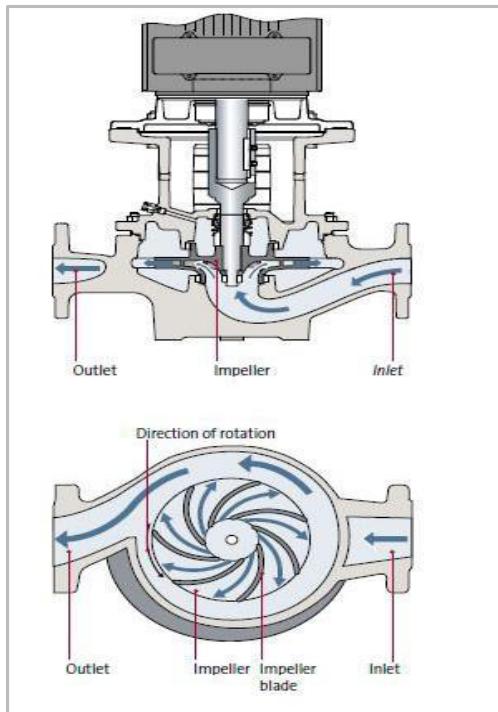
teneur en sédiments élevée, il est possible que la partie hydraulique de la pompe à eau doive être remplacée après 2 ou 3 ans d'utilisation. Afin de garantir un fonctionnement sûr du système, deux dispositifs de sécurité sont nécessaires :

- un capteur de niveau d'eau installé dans le réservoir de stockage qui arrête la pompe afin d'éviter tout débordement ;
- un deuxième capteur de niveau d'eau installé vers la base du puits pour éviter le fonctionnement à vide de la pompe.

On retrouve généralement deux types de pompes dans les systèmes de pompage solaires actuels : les pompes centrifuges et les pompes à rotor hélicoïdal.

Pompe centrifuge

Une pompe centrifuge crée une augmentation de pression en transférant l'énergie mécanique du moteur vers le fluide à travers la turbine. Le fluide s'écoule par l'entrée de la pompe vers le centre de la roue, puis le long de ses aubes. La force centrifuge augmentant la vitesse du fluide, l'énergie cinétique est transformée en pression. La pression peut être augmentée en ajoutant simplement plusieurs étages en série. Les pompes centrifuges sont généralement utilisées lorsque les hauteurs de pompage sont faibles et la demande en eau élevée. C'est pourquoi les pompes centrifuges constituent l'option de prédilection pour les systèmes d'irrigation.



Pompe centrifuge

(Source : Grundfos).

Pompe à rotor hélicoïdal

Une pompe à rotor hélicoïdal est un type de pompe à cavité progressive fonctionnant grâce à la rotation d'un rotor hélicoïdal disposé de manière étanche par rapport à une paroi hélicoïdale et poussant des sections discrètes de fluide à travers le dispositif.

Cette action de type tire-bouchon assure un écoulement sans pulsations et sans qu'il y ait besoin de valves, car le rotor hélicoïdal sépare de manière étanche les sections discrètes de fluide. Le débit est déterminé par la vitesse du rotor et est indépendant de la pression de sortie. Les pompes à rotor hélicoïdal se trouvent généralement dans des applications présentant des hauteurs de pompage élevées et de faibles débits d'eau, par exemple pour l'approvisionnement en eau potable.



Pompe de surface sur structure mobile

(Source : Lennart Woltering)

6. SYSTEME DE CONTROLE

Géré par l'exploitant agricole sur le terrain ou en ligne, le système de contrôle permet de mesurer la pression, le débit et le niveau d'eau et d'évaluer la performance du système.

Il est utilisé pour :

- observer et effectuer le suivi du fonctionnement et de la performance du système ;
- contrôler les quantités d'eau pompée vers le système d'irrigation ;
- fournir des données sur le système pour le test d'acceptation après l'installation ;
- éviter les impacts négatifs sur l'environnement (par exemple l'épuisement des eaux souterraines).

Enfin, le contrôle est important pour veiller à ce que le système fonctionne de manière à assurer la durabilité de la productivité à long terme de l'exploitation agricole.

Certains fabricants de pompes solaires ont inclus des systèmes de contrôle dans leurs gammes de produits. Chaque SPIS devrait disposer d'un système de contrôle de base comprenant des manomètres, un débitmètre et une sonde de niveau d'eau. Cette dernière est un outil simple permettant de vérifier le niveau d'eau dans un puits. Lorsque l'électrode métallique atteint la nappe phréatique, une lumière clignote et la valeur exacte peut être lue sur le ruban de la sonde. Contrôler le niveau d'eau plusieurs fois par jour permet d'obtenir une indication sur le comportement dynamique du puits. Le niveau d'eau dynamique est un paramètre important pour déterminer la hauteur de pompage totale (se reporter au module **CONCEVOIR**).

Lorsque l'eau est pompée directement vers le système d'irrigation sans passer

par un réservoir surélevé, il est important de surveiller le débit et la pression de l'eau dans le système d'irrigation, car la quantité d'eau distribuée aux plantes peut varier considérablement dans un même champ. La photo ci-dessous montre un système de contrôle composé d'un débitmètre et de manomètres de chaque côté du filtre permettant de contrôler la perte de pression à travers le filtre.

Un système de contrôle plus perfectionné comprendrait des capteurs pour mesurer

- l'irradiance solaire (par ex. sur des surfaces horizontales et inclinées) ;
- les précipitations, l'humidité relative et la vitesse du vent ;
- la hauteur de pompage totale.



Système de suivi

(Source : Reinhold Schmidt, 2015)

En outre, le système de contrôle peut comporter des capteurs dans le réservoir et dans le système d'irrigation lui-même.

Des dispositifs de contrôle plus sophistiqués (et plus coûteux) peuvent comprendre l'enregistrement automatique des données. L'enregistreur de données enregistre et stocke en continu tous les paramètres du système sur une période relativement longue. Un logiciel d'évaluation spécial permet une analyse rapide des données sur le terrain. Dans les régions excentrées non raccordées au réseau public, les enregistreurs de données fonctionnent généralement à

l'énergie solaire et peuvent même inclure des dispositifs de communication modernes (GSM) dotés de la possibilité de vérifier la performance du système à l'aide d'un smartphone (cf. également le module **ENTREtenir**).

7. RESERVOIR

Un réservoir peut exercer plusieurs fonctions pour un système d'irrigation : il permet d'accumuler et de stocker l'eau pompée au cours de la journée, de générer de la pression pour que le système d'irrigation distribue l'eau sur l'ensemble du champ et, dans les petits systèmes d'irrigation goutte à goutte, il peut être utilisé pour le mélange d'engrais solubles. La production des pompes solaires variant au cours de la journée en raison de l'irrégularité du rayonnement solaire, un réservoir peut être utilisé pour préserver la quantité d'eau disponible pour l'irrigation.



Réservoir surélevé

(Source : Andreas Hahn)

Il existe de nombreuses manières de stocker l'eau, qui vont des simples réservoirs creusés à ciel ouvert jusqu'aux coûteuses citernes métalliques surélevées, en passant par les réservoirs en béton et en plastique.

Les **réservoirs à ciel ouvert** sont peu coûteux et relativement faciles à construire, mais présentent des inconvénients majeurs : les pertes élevées d'eau par évaporation, l'accumulation rapide de débris et de sédiments et la prolifération des algues. Ces effets peuvent être réduits de manière significative en couvrant le réservoir d'une

bâche en plastique, par exemple. L'installation des panneaux solaires sur des structures de montage flottantes permet de diminuer l'évaporation de l'eau et la prolifération des algues.

Réservoirs surélevés : il s'agit de la configuration classique d'un SPIS. L'eau pompée est stockée dans un réservoir d'eau surélevé et l'irrigation fonctionne par gravité. Le réservoir surélevé joue le rôle d'une batterie où l'énergie est stockée sous forme d'eau. La pression du système d'irrigation dépend de la hauteur du niveau d'eau dans le réservoir de stockage. Ce dernier permet également d'irriguer avant le lever du soleil. Les réservoirs en plastique prêts à l'emploi sont disponibles dans différentes tailles, faciles à installer et ne se corrodent pas, contrairement aux réservoirs en métal ou en ciment.

Afin d'assurer un fonctionnement sûr du système, il convient d'installer, dans le réservoir, un capteur de niveau d'eau qui arrête la pompe pour éviter tout débordement. (Dans le cas où une pompe immergée est installée dans un puits, un deuxième capteur de niveau d'eau devra être installé pour éviter le fonctionnement à vide de la pompe. Ces capteurs sont souvent intégrés par défaut dans la motopompe). Les réservoirs d'eau stockant généralement d'énormes quantités d'eau, il est important que leurs fondations et leur structure de soutien répondent aux exigences d'ordre statique.



Réservoir à ciel ouvert avec bâche

(Source : Jan Sass, 2014)

8. TETE D'IRRIGATION

La tête d'irrigation est la partie du système d'irrigation où sont gérées la quantité, la qualité et la pression de l'eau. Elle est indispensable dans les systèmes d'irrigation qui fonctionnent sous pression, comme l'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte.

Une tête d'irrigation se compose habituellement des éléments suivants :

- des **vannes** permettant de contrôler la quantité d'eau qui s'écoule vers les différentes sections d'un système d'irrigation ;
- des **filtres** permettant d'éliminer les particules susceptibles d'obstruer les émetteurs ou les buses de l'aspergeur ;
- un **système de fertigation** permettant de mélanger des engrains hydrosolubles dans l'eau d'irrigation ;
- des **régulateurs de pression**.

Dans les systèmes d'irrigation de surface, la tête d'irrigation peut être composée

uniquement de vannes. La tête d'irrigation des systèmes goutte à goutte et par aspersion contient au moins une vanne et un filtre.

Vannes

Le système d'irrigation est généralement divisé en plusieurs sections pour améliorer le contrôle de la quantité et de la pression de l'eau dans le champ. L'eau circulant dans chaque section est contrôlée par des vannes manuelles ou automatiques. Les vannes automatiques peuvent être contrôlées en fonction du volume ou de la durée. L'exploitant agricole détermine le volume d'irrigation requis par section et la vanne automatique se ferme dès que la valeur cible est atteinte. Il est recommandé d'utiliser des vannes volumétriques, en particulier lorsque l'eau est directement pompée vers le système d'irrigation sans passer par un réservoir. Les vannes automatiques ont pour inconvénients leur coût élevé et la nécessité d'un remplacement régulier, elles ont également besoin d'électricité pour faire fonctionner le dispositif.



Tête d'irrigation avec un filtre à disques et plusieurs vannes qui guident l'eau vers différentes sections du système d'irrigation

(Source : Lennart Woltering).

Filtre

Un filtre est un élément essentiel dans tout système d'irrigation par aspersion ou goutte à goutte, car il réduit le risque d'obstruction des buses et des émetteurs. L'obstruction est causée par des matières inorganiques comme le sable et l'argile, ainsi que par des matières organiques comme les algues et les bactéries, qui s'accumulent et bloquent l'émetteur. Les filtres doivent être nettoyés plusieurs fois par jour en fonction de la qualité de l'eau d'irrigation (sédiments, sels dissous, etc.).

Une première analyse de l'eau peut renseigner, sur la taille et la quantité des particules, des informations permettant d'identifier la technologie nécessaire pour le filtre. Cette solution n'est toutefois pas réalisable par toutes les exploitations agricoles, car certaines n'ont pas accès aux kits de test ou aux laboratoires. L'eau de surface d'un réservoir ou d'une rivière doit être filtrée beaucoup plus fréquemment que l'eau d'un puits ou d'un forage, qui est filtrée naturellement dans le sol.

En choisissant un filtre pour un système d'irrigation à énergie solaire, il est important d'avoir à l'esprit que :

- les filtres doivent être adaptés au débit de la pompe ;
- la perte de pression à travers le filtre doit être réduite au minimum et contrôlée ;
- l'entretien doit être facile et la durée de vie assez longue.

Il existe trois principaux systèmes de filtre :

1. filtre à tamis : filtre utilisant un tamis en acier inoxydable (maillage), en polypropylène, en nylon ou en polyester pour séparer les particules de l'eau. La perte de pression dans les filtres à tamis tendant à être assez élevée, il n'est pas recommandé de les utiliser dans les systèmes d'irrigation à énergie solaire.

2. filtre à disques : un filtre à disques comprend une pile de disques comprimés présentant des rainures qui se chevauchent. L'eau non filtrée passe à travers la pile de disques étroitement comprimés et elle est obligée de s'écouler à travers les rainures d'emboîtement des bagues de disques où les débris sont piégés. Les impuretés sont retenues sur une très grande surface, ce qui explique une perte de pression relativement faible. Pour le nettoyage manuel, les bagues du filtre doivent être retirées et rincées à l'eau claire. Lors de l'utilisation de filtres à disques pour SPIS, il est conseillé d'installer le modèle de taille supérieure pour réduire la chute de pression caractéristique, proportionnelle au débit, ou d'installer deux filtres opérant en parallèle. L'entretien doit être effectué à intervalles rapprochés afin de réduire de manière significative la perte de pression accumulée. Les systèmes de rétro-rinçage automatique fonctionnent avec une pression beaucoup plus élevée et ne sont donc pas adaptés au concept de réduction au minimum de la pression des SPIS.

3. filtre à granulés/sable : ces filtres ont une grande capacité d'élimination des particules de l'eau. Cette dernière est acheminée à travers un réservoir métallique rempli de sable, lequel retient les grosses et les petites particules. La saleté s'accumule dans l'espace se trouvant entre les particules de sable, ce qui requiert un rétro-rinçage à l'eau claire. Le filtre à sable demande des pressions élevées pour le fonctionnement et le rétro-rinçage, ce qui le rend moins adéquat pour un SPIS.

9. SYSTEME DE FERTIGATION

La fertigation est l'injection d'**engrais** dans un système d'irrigation. Ce terme est formé des mots « fertilisation » et « irrigation ». Le système de fertigation est relié à la tête d'irrigation.

La fertigation est très répandue dans l'agriculture commerciale et l'horticulture et sert principalement à apporter des nutriments supplémentaires aux plantes. Elle est généralement pratiquée sur des cultures à forte valeur ajoutée telles que les légumes et les arbres fruitiers. Du fait de leur fréquence d'utilisation et de la possibilité pour l'exploitant agricole de contrôler facilement l'application d'eau, les systèmes d'irrigation goutte à goutte sont particulièrement bien adaptés à la fertigation. Les engrains liquides présentent souvent un risque d'obstruction attribuable à l'occurrence fréquente d'une réaction chimique entre les matières organiques et inorganiques présentes dans l'eau d'irrigation. Pour réduire cet effet d'obstruction, il est conseillé de rincer le système avec de l'eau pure après avoir utilisé de l'engrais liquide. Les engrains livrés sous forme de solution peuvent être injectés directement dans le système d'irrigation. En revanche, les engrains sous forme de granulés secs (par exemple l'urée) ou de cristaux doivent être mélangés avec de l'eau pour former une solution. Compte tenu de la pression de fonctionnement relativement faible (0,2-0,5 bar) d'un SPIS, les options de fertigation suivantes peuvent être envisagées :

1. réservoirs à pression différentielle ;
2. buses de type Venturi ;
3. pompes doseuses électriques ;
4. pompes doseuses hydrauliques.

1. **Les réservoirs à pression différentielle**, souvent appelées « réservoirs de charge », sont des dispositifs d'injection simples où la quantité d'engrais injectée diminue

lentement au fil du temps, comme si un seau se vidait. Si la concentration chimique doit rester relativement constante pendant l'injection, les réservoirs de charge ne sont pas appropriés.

2. La **buse de type Venturi** utilise « l'effet Venturi ». En raison de la perte de pression élevée des buses Venturi et du fait que la pression fournie par une pompe à eau photovoltaïque n'est pas constante (ce qui entraînerait une forte variation de la concentration d'engrais), la buse Venturi n'est pas recommandée pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire.
3. Les **pompes doseuses électriques** sont les dispositifs d'injection les plus onéreux, mais elles assurent une concentration constante et précise et sont des systèmes robustes.
4. Pour les applications hors réseau, les **pompes doseuses hydrauliques** installées directement dans la conduite d'alimentation en eau peuvent être utilisées dans les SPIS. Elles fonctionnent à des pressions relativement faibles et la dose sera directement proportionnelle au volume d'eau entrant dans la pompe de dosage, indépendamment des variations de débit et de pression qui peuvent se produire dans la canalisation principale.

En outre, la forme la plus simple de fertigation consiste à mélanger un engrais soluble (par exemple de l'urée) dans le réservoir surélevé d'un système d'irrigation goutte à goutte à basse pression.

La difficulté de la fertigation consiste à contrôler la concentration au fil du temps. Un surdosage aura un impact négatif sur l'environnement et sur les coûts de production.

Dans les cas où des pompes de surface sont utilisées pour la fertigation, il est

recommandé d'injecter l'engrais par le côté aspiration : c'est là un moyen bon marché, facile et fiable de pratiquer la fertigation.

La chimigation est le terme général utilisé pour désigner l'injection **d'engrais**, d'amendements du sol et d'autres produits hydrosolubles dans un système d'irrigation. Dans un système d'irrigation goutte à goutte, la chimigation peut être utilisée pour injecter des produits chimiques destinés à diluer les débris et autres matières qui ont tendance à obstruer les sorties ou les coudes étroits. Après un certain temps, l'eau traitée, y compris la matière dissoute, est évacuée de chaque ligne de goutte à goutte. Il est nécessaire de faire appel à des hydrauliciens qualifiés pour élaborer un plan de chimigation adapté aux besoins de l'exploitant agricole et correspondant à la qualité de l'eau de l'exploitation.

10. SYSTEME D'IRRIGATION

L'eau est l'intrant le plus important pour la croissance des plantes dans la production agricole. L'irrigation consiste dans l'application contrôlée d'eau par des systèmes artificiels afin de satisfaire les besoins en eau des plantes auxquels les seules précipitations ne peuvent pas répondre. Différentes méthodes peuvent être utilisées pour l'irrigation (à commencer par le simple arrosage des plantes avec un pot ou un seau). Le choix d'un système d'irrigation particulier dépend principalement des cultures à irriguer, de la disponibilité de l'eau, des besoins en eau d'irrigation, de l'approvisionnement en énergie ainsi que de la capacité financière de l'exploitant agricole. Les pompes solaires pompent l'eau vers l'exploitation agricole, d'où elle peut être collectée pour être distribuée manuellement. L'eau peut également être pompée directement vers le champ grâce à un système de canaux (irrigation de surface) ou de tuyaux (irrigation par aspersion et goutte à goutte). En principe, les pompes solaires peuvent être utilisées pour fournir de l'eau à n'importe quel type de système d'irrigation. La taille (et le coût) du générateur photovoltaïque est déterminée en grande partie par les besoins en eau et

en pression du système d'irrigation. Il convient toutefois de tenir compte du fait que les SPIS sont relativement chers, ce qui oblige les exploitants agricoles à cultiver des denrées à haute valeur ajoutée pour garantir leur viabilité financière. Par ailleurs, les économies d'eau ont des répercussions positives sur les coûts d'investissement du système de pompage solaire et sur l'environnement.

Les systèmes d'irrigation de surface ne conviennent pas toujours à une production agricole à haute valeur ajoutée et leur efficacité hydrique laisse à désirer. Toutefois, les SPIS comportant des systèmes d'irrigation de surface sont largement utilisés car ils ne nécessitent pas l'adoption d'une nouvelle méthode d'irrigation par le producteur. Les SPIS sont rarement associés à l'irrigation par aspersion du fait que le fonctionnement de cette dernière demande des pressions d'eau relativement élevées, ce qui nécessite des générateurs photovoltaïques coûteux.

Les technologies d'irrigation économes en eau qui fonctionnent à des pressions de service relativement basses sont la solution privilégiée en ce qui concerne les systèmes de pompage photovoltaïques.



Émetteur externe

(Source : Andreas Hahn, 2015)

Les systèmes d'irrigation goutte à goutte fonctionnent normalement à des pressions élevées de 1 à 10 bars. Heureusement, la technologie a été adaptée pour tenir compte des basses pressions et permettre un fonctionnement plus simple. Ces systèmes d'irrigation goutte à goutte à basse pression peuvent assurer une application d'eau uniforme à 80 %, même à partir de quelques bars de pression. La performance du système dépend

fortement de la pression, de la taille et de la forme du champ irrigué. L'irrigation goutte à goutte à énergie solaire est le résultat du « mariage » de deux systèmes qui vont très bien ensemble. L'irrigation goutte à goutte est idéale pour la production de cultures à haute valeur ajoutée telles que les légumes et les fruits, et en raison de son rendement élevé, la pompe solaire peut avoir une taille assez classique.

Adéquation des méthodes d'irrigation au pompage photovoltaïque

| Mode de distribution | Efficacité habituelle de l'application d'eau | Hauteur habituelle | Adéquation d'utilisation avec des pompes photovoltaïques |
|---|--|--------------------|--|
| Irrigation par submersion | 40-50 % | 0,5 m | peu rentable |
| Canaux ouverts | 50-60% | 0,5-1 m | dépend des conditions locales |
| Pulvérisateur | 70-80% | 10-20 m | Non |
| Irrigation goutte à goutte à basse pression | 80% | 1-10 m | Oui |
| Irrigation goutte à goutte à haute pression | 85-95 % | 10-100m | Non |

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLEMENTAIRES

Autres lectures :

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith M. (1998) : Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements (« Évapotranspiration des cultures - Orientations pour calculer les besoins en eau des cultures »). Dans : *FAO Irrigation and drainage paper 56*. Extrait de https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Allen_FAO1998.pdf

Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R. & Pasternak, D. (2009) : Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano–Sahel (« L'irrigation goutte à goutte solaire améliore la sécurité alimentaire dans la région Soudan-Sahel »). Dans : *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107 (5), 1848–1853. doi: 10.1073/pnas.0909678107. Extrait de <http://www.pnas.org/content/107/5/1848.abstract>

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) (2008) : Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers (« Planification et installation de systèmes photovoltaïques: Guide à l'intention des installateurs, architectes et ingénieurs ») : Earthscan (Planning and Installing Series). Extrait de https://books.google.de/books?id=fMo3jJZDkpUC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Hahn, A., Sass, J. & Fröhlich, C. (2015) : Manual and tools for promoting SPIS. Multicountry - Stocktaking and Analysis Report (« Manuel et outils de promotion des SPIS. Bilan et rapport d'analyse multinational »). GFA Consulting Group. Extrait de http://energypedia-uwe.idea-sketch.com/wiki/File:Stocktaking_and_Analysis_Report_-_Final_Draft.pdf

KPMG (2011) : The Rising Sun. A point of View on the Solar Energy Sector in India (« Le Soleil Levant. Un point de vue sur le secteur de l'énergie solaire en Inde »). Inde. Extrait de <https://www.kpmg.de/docs/The-Rising-Sun.pdf>

Laboratoire national des énergies renouvelables (NREL) (2012) : Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics (« Émissions de gaz à effet de serre lors du cycle de vie des dispositifs solaires photovoltaïques »). Extrait de <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf>

Raghavan, S. V., Bharadwaj, A., Thatte, A. A., Harisch S., Ilychettira, K.K., Perumal, R. & Nayak, G. (2010) : Harnessing solar energy: Options for India (« Exploiter l'énergie solaire : options pour l'Inde »). Center for Study of Science, technology and Policy (CSTEP). High Grounds, Bangalore. Extrait de <https://www.slideshare.net/abyshares24/harnessing-solar-energyoptionsforindiafull-report>

Schmidt, R. (2012) : Aplicaciones de Energía Solar Fotovoltaica; Diseño, Implementación, Experiencias (« Applications de l'énergie solaire photovoltaïque : conception, mise en œuvre, expériences »).

Woltering, L., Pasternak, D. & Ndjeunga, J. (2011) : The African Market Garden: The Development of an Integrated Horticultural Production System for Smallholder Producers in West Africa (« Le jardin maraîcher africain : développement d'un système intégré de production horticole pour les petits producteurs en Afrique de l'Ouest »). Dans : *Irrigation and Drainage* 60 (5), 613-621. doi: 10.1002/ird.610.

Liens

Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne (2012) : Système d'information géographique sur l'énergie photovoltaïque (Photovoltaic Geographical Information System, PVGIS). Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology (« Évaluation géographique des ressources solaires et des performances de la technologie photovoltaïque »). Extrait de <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.

Irrigation Association (2017) : Glossaire de l'irrigation. Extrait de <http://www.irrigation.org/IAGlossary>.

Meteonorm : Logiciel Meteonorm. Irradiation data for every place on Earth (« Données concernant l'ensoleillement de chaque endroit de la Terre »). Extrait de <http://www.meteonorm.com/en/>.

NASA (2016) : Surface meteorology and Solar Energy (« Météorologie de surface et énergie solaire »). Avec la collaboration du Centre de données des sciences atmosphériques (« Atmospheric Science Data Centre »). Extrait de <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>.

Certains fabricants de systèmes de montage/suiveurs proposent des outils de conception spécifiques aux produits, que l'on peut généralement trouver sur le site Web du fabricant.

Outils SPIS

Aucun outil pour ce module.

GLOSSAIRE TECHNIQUE

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture, de la gestion et des conditions environnementales. S'apparente à l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « aspergeur ». |
| Évaporation | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. [mm] |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (ET ₀ pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |

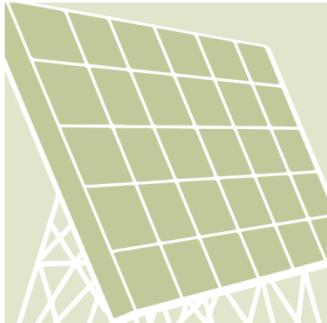
| | |
|--------------------------------|---|
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des approches de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) ainsi que d'une estimation de la sensibilité des éléments de coût et de revenu. |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |

| | |
|--|--|
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit) |

| | |
|----------------------------------|--|
| | Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. |
| | Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont : l'irrigation par sillons : l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ; l'irrigation en bassin : l'eau est amenée sur une surface entièrement plane entourée de digues et l'irrigation par inondation : l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures. |
| Transpiration | Eau absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |

POWERING
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE
FOR DEVELOPMENT



Module 2 : Promouvoir et Initier



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems, SPIS*) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.
<https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées

d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

© GIZ et FAO, 2017



ABREVIATIONS

| | |
|----------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

PROMOUVOIR ET INITIER

1. Analyser les possibilités et les risques



2. Analyser l'accès au financement



3. Définir les groupes cibles et les parties prenantes



4. Définir une stratégie de promotion



5. Planifier et mettre en œuvre des activités de promotion



6. Assurer le suivi

OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

La promotion de systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS) modernes et efficaces doit être menée de manière proactive par les professionnels chargés de leur développement, leurs fournisseurs et les prestataires de services de vulgarisation agricole en raison d'une sensibilisation insuffisante du groupe cible. Le présent module présente les principales étapes à suivre lors de la diffusion ou de l'application à plus grande échelle de systèmes d'irrigation à énergie solaire.

Les activités de promotion sont la partie la plus visible d'une campagne de promotion. Toutefois, ce type de campagne doit reposer sur une analyse préalable approfondie des objectifs, du groupe-cible et des parties prenantes ainsi que des potentialités, possibilités, risques et restrictions associés au projet. En outre, toute campagne doit s'accompagner d'un suivi systématique mis en place dès le départ.

ETAPES DU PROCESSUS

Le module s'ouvre sur la présentation de trois processus importants qu'il convient de suivre pour la promotion de toute technologie. Dans un premier temps, il est capital de comprendre les avantages et les inconvénients des SPIS dans la zone ciblée. Cela ne remplace pas l'analyse détaillée de la viabilité de la technologie dans un contexte agricole spécifique, qui est l'objectif des modules suivants de la boîte à outils.

Une fois que les objectifs et le groupe-cible des interventions de promotion sont clairement définis, il faut créer le matériel de promotion/sensibilisation, puis planifier

la mise en œuvre des activités de promotion.

L'initiation de projets ou d'investissements concrets motivés par la campagne de promotion est un processus qui demande, comme cela a déjà été mentionné, l'initiative du professionnel chargé du développement et du conseiller agricole. Dans les dernières étapes du module **PROMOUVOIR & INITIER**, des informations sont données sur la manière de mener à bien cette tâche.

1. ANALYSER LES POSSIBILITES ET LES RISQUES

Les activités de promotion fournissent des informations spécifiques aux producteurs ciblés. Cela permet de prendre des décisions destinées à garantir et/ou augmenter le potentiel de production agricole grâce à la modernisation et à l'amélioration des capacités d'irrigation. Il est donc important de mener une réflexion préliminaire sur les bénéfices potentiels de telle ou telle option technologique, la perspective de son application dans le contexte rural donné et les possibilités qui en résultent.

Le module **S'INFORMER** familiarise le conseiller agricole ou le professionnel chargé du développement (promoteur) aux principaux aspects de la technologie. Ensuite, le promoteur doit obtenir des informations sur les produits et systèmes proposés sur le marché local.

L'outil **PROMOUVOIR – Évaluation rapide du SPIS** aide à comprendre le marché des SPIS dans un pays et/ou une région d'intervention. Cet outil fournit un modèle de rapport qui guide l'auteur à travers les aspects d'un SPIS à évaluer, notamment :

- une évaluation de l'agriculture irriguée, de l'énergie solaire et du financement agricole spécifique à un pays/projet ;
- les technologies, les mécanismes de promotion et de financement existants ; et
- une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités et menaces).

Important : les solutions technologiques et les services associés ne sont pas disponibles partout ; sur les marchés locaux, l'offre d'options technologiques peut être limitée.

Il peut exister de fortes différences régionales au sein d'un même pays !

Avec une bonne base d'informations sur la disponibilité et les spécificités des options technologiques, le promoteur est en mesure d'analyser le potentiel des différentes solutions ou approches et de réfléchir aux possibilités qui en résultent. Cette étape fournit des orientations sur CE qu'il faut demander à QUI.

Il est essentiel de recueillir des informations sur les aspects suivants :

- **Disponibilité** :
 - Quels sont les options technologiques et les services de soutien disponibles/ accessibles dans la zone de promotion donnée ?
- **Compatibilité** :
 - L'environnement est-il propice à la promotion à grande échelle de SPIS ?
 - Les eaux superficielles et les eaux souterraines du bassin versant sont-elles suffisantes pour mettre en place une irrigation à court et à long terme (cf. **PRÉSERVER L'EAU**) ?
 - Autres conditions préalables importantes : sols et climat (par ex. irradiance) adaptés, accès aux marchés des intrants et des produits, sécurité des infrastructures.
- **Acceptabilité** :
 - Quel est le niveau d'acceptation de la technologie des SPIS par les différentes parties prenantes ?
 - Le rapport coûts-bénéfices des SPIS est-il meilleur dans une zone donnée que celui des technologies alternatives ?
 - Quels sont les moyens adaptés pour diffuser et promouvoir des informations

sur les SPIS dans la zone d'intervention cible ?

- **Capacité de soutien :**

- Des programmes de soutien/appui existent-ils ou sont-ils prévus dans la zone cible pour les SPIS ou leurs composantes, et sont-ils accessibles aux producteurs ? L'accès aux subventions pour d'éventuels projets d'irrigation spécifiques est un aspect important. Les subventions peuvent concerner des options de modernisation (photovoltaïque, mais aussi électricité, diesel et réseau) susceptibles d'avoir un impact important sur la viabilité financière.
- À quels prestataires de services les producteurs peuvent-ils faire appel ?

Toutefois, il est aussi très important de fournir des informations honnêtes correctes sur les éventuels risques et restrictions liés aux SPIS.

- Les **restrictions** sont dues à des facteurs techniques (accès aux solutions et services techniques), environnementaux (accès à l'eau, aux ressources solaires, compatibilité avec certaines cultures) et économiques (accès aux financements, retour sur investissement et prix du marché, prix du diesel, subventions). La conception d'un système d'irrigation doit tenir compte de ces restrictions afin de garantir une plage de fonctionnement optimale.
- Les **risques** sont principalement imputables à un écart entre la plage de fonctionnement prévue et les principes de fonctionnement. Cet écart peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement (prélèvement d'eau excessif, surirrigation) et sur le rapport coûts-bénéfices de la production

(le manque d'eau cause une baisse de la production, etc.).

Important : toutes les technologies d'irrigation ne se prêtent pas à toutes les cultures et méthodes de production. Outre les restrictions techniques et agronomiques, le rapport coûts-bénéfices est un aspect crucial à considérer ! Par ailleurs, il est important de noter que l'évolution d'une pratique agricole va bien au-delà de l'agronomie et qu'elle a des répercussions sociales, économiques, environnementales et sur l'égalité des sexes qu'il convient d'évaluer au niveau local.

L'analyse des restrictions et des risques englobe des aspects techniques, environnementaux et économiques associés à l'application des options technologiques :

- les risques environnementaux sont liés à l'éventuelle surexploitation des ressources hydriques (cf. **PRÉSERVER L'EAU**),
- les risques techniques dus à l'utilisation du système pour un usage autre que celui prévu peuvent entraîner une augmentation des frais d'entretien, de réparation et de remplacement,
- le risque de vol et de vandalisme de l'installation dans une zone particulière et,
- les risques financiers liés à une mauvaise gestion de l'eau (pas assez d'eau ou surirrigation), défaillances des installations, etc.

Le promoteur doit recouper et comparer les informations obtenues auprès de différentes sources pertinentes :

- Les fabricants et les prestataires de services technologiques promeuvent et commercialisent activement leurs produits et mettent en avant leurs avantages et potentiels – ces informations peuvent être facilement obtenues auprès des fournisseurs et des

- intégrateurs de systèmes ainsi que via le site Internet des fabricants.
- Il se peut que les organisations de producteurs aient déjà recueilli ou évalué les expériences de leurs membres relativement à certains systèmes d'irrigation et de pompage. Elles peuvent aussi mettre le promoteur en relation avec d'autres producteurs familiers des technologies de pointe.
- Il se peut que les acteurs de la coopération et du développement international (dont des ONG) aient déjà mis en œuvre et évalué des projets pilotes basés sur la technologie en question – cette information devrait être accessible dans les groupes de travail sectoriels, etc.

Recommandation : lorsque vous contactez des prestataires de technologie, des organisations de producteurs et des acteurs du développement en vue d'obtenir des renseignements, il faut systématiquement demander les projets de référence. La visite de ces projets/installations et l'échange d'informations avec le producteur en charge de leur utilisation est utile.

À partir de ces informations, le promoteur pourra établir un profil des différentes technologies qui feront l'objet d'une campagne de promotion. Ce profil devra mentionner de manière spécifique :

- les possibilités d'utiliser la technologie dans un but précis ;
- les principaux avantages pour le producteur (impacts sur le fonctionnement de l'irrigation, travail agricole, production, accès aux marchés, budget de l'exploitation) ;
- les principales exigences et conditions préalables (accès à l'eau à court et long terme, ressources en terres, travaux, adaptation de la production et du

- marketing, adaptation du fonctionnement de l'irrigation, besoins en matière de formation) ;
- mécanismes et offres de soutien (prestation de services par le secteur privé, services de vulgarisation et de conseil, programmes de promotion et de subvention) ;
- impacts négatifs potentiels sur la nappe phréatique, l'environnement et les aspects socio-économiques.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseiller agricole/professionnel chargé du développement ;
- producteur (organisations) ;
- grossistes (qui achètent les produits agricoles) ;
- autorités en charge de la gestion des ressources hydriques (gestion des droits/permis d'utilisation de l'eau) ;
- organisations jouissant d'expériences reconnues en matière d'irrigation et de pompage solaire ;
- fournisseur de technologie.

RESULTAT/PRODUIT

- Analyse de la disponibilité, compatibilité, acceptabilité et capacité de soutien des options technologiques ;
- profil des potentialités et des possibilités pour chaque option technologique ;
- synthèse des conditions-cadres (par ex. droit d'utilisation de l'eau, subventions, etc.) ;
- utilisation de l'outil **PROMOUVOIR** – **Évaluation rapide du SPIS** pour obtenir une analyse structurée.

DONNEES NECESSAIRES

- Recouplement de différentes sources d'information pour obtenir des données techniques, économiques et environnementales.

POINTS IMPORTANTS

- L'accès à une option technologique définie peut être limité (il peut aussi y avoir des différences sous-régionales).
- Le recouplement (à l'aide de différentes sources d'information) est nécessaire pour obtenir un aperçu réaliste des potentialités et des possibilités.
- Évaluation des avantages et des inconvénients des SPIS dans le pays et/ou la région du projet pour disposer d'une base de connaissance solide en vue de la promotion des SPIS.



Pratiques de culture innovantes dans l'agriculture irriguée

(Source : Andreas Hahn)

2. ANALYSER L'ACCÈS AUX FINANCEMENTS

De manière générale, l'introduction d'une technologie d'irrigation moderne requiert des investissements relativement élevés qui sont souvent hors de portée pour un exploitant agricole. Cela vaut aussi pour les SPIS. La promotion d'une technologie d'irrigation doit donc tenir compte de l'accès aux capitaux nécessaires.

Les sources suivantes, seules ou combinées, peuvent servir à financer les investissements dans l'irrigation :

- fonds propres du ménage agricole ;
- prêts et contrats de location commerciaux (conditions du marché) ;
- prêts bonifiés à l'emprunteur final ;
- plans d'épargne et prêts collectifs ;
- subventions et aides au développement ;
- parrainage.
- Crédits fournisseurs (paiement différé des équipements avec échéancier)

Le manque de financements extérieurs constitue souvent un frein pour les ménages agricoles de taille moyenne en raison de leur capital limité et de leur coût de crédit réduite auprès des organismes de financement commercial. Par ailleurs, les institutions financières sont souvent extrêmement réticentes à accorder un prêt pour de nouvelles technologies dans le secteur agricole en raison de la durée de remboursement souvent longue et des risques associés aux mauvaises récoltes. En outre, l'absence de garantie classique représente un obstacle pour les banques. Ces questions sont détaillées dans le module FINANCER, qui fournit des informations et des outils destinés aux prestataires de services financiers qui financent ou envisagent de financer un SPIS.

Il est essentiel que les promoteurs connaissent les aides financières disponibles pour les SPIS et disposent des contacts avec les institutions concernées, car les utilisateurs potentiels de SPIS seront très intéressés par ces aspects. La question de l'accès aux financements doit être impérativement abordée dans l'analyse préliminaire et le dossier d'information établi par le promoteur. Souvent, au niveau local, les producteurs n'ont pas accès aux informations sur des options de financement alternatives pour les innovations.

Le gouvernement a un rôle important à jouer dans l'amélioration des conditions-cadres, notamment pour minimiser les distorsions du marché, promouvoir l'engagement du secteur privé et soutenir les biens publics et les infrastructures financières et physiques. Pour les gouvernements, les **subventions** constituent un instrument essentiel grâce auquel ils peuvent permettre à des ménages agricoles de taille moyenne d'accéder à des technologies d'irrigation modernes. Il existe généralement des subventions pour les différents éléments d'un système d'irrigation, comme le système de pompage (subventions pour le pompage photovoltaïque), le stockage de l'eau (subventions pour les citernes d'eau et les étangs agricoles), et pour le système d'irrigation (subventions pour les systèmes d'irrigation par aspersion ou de micro-irrigation). Elles sont généralement soumises à conditions (économies d'eau et d'énergie, intensification des cultures) et limitées dans le temps, le taux de subvention diminuant au fil du temps.

Le promoteur doit fournir ces informations dans son matériel de promotion ; elles constitueront une base pour lancer des projets. Il est important de ne pas fournir uniquement des informations sur l'existence de sources de financement,

mais aussi d'indiquer comment accéder à ces sources.

En ce qui concerne les éventuelles activités de suivi relatives à l'évolution de la position du secteur financier sur le financement de techniques d'irrigation modernes, le Partenariat mondial pour l'inclusion financière (GIFI) et la Société financière internationale (IFC) recommandent les orientations suivantes :

- Il convient de mettre en place un soutien efficace du gouvernement.
- L'infrastructure financière doit être renforcée (agences d'évaluation du crédit, registres de garanties améliorés, autres formes de garantie).
- Il faut établir des sources de données cohérentes et fiables pour les emprunteurs finaux et les opérateurs financiers (options et conditions de financement, production agricole, chaînes d'approvisionnement et informations sur les prix du marché).
- Les producteurs et les prestataires de services financiers doivent être soutenus afin de renforcer leurs connaissances et leurs capacités en matière de financement de techniques d'irrigation modernes et d'offrir des solutions innovantes. Par exemple, les systèmes de garantie partielle et les mécanismes de partage de risques peuvent être des outils efficaces pour favoriser les prêts destinés à financer la modernisation de l'irrigation.

RESULTAT/PRODUIT

- Fiche d'information sur les options de financement (avec conditions, organismes, coordonnées) ;
- recommandations de financement, options pour divers groupes-cibles.

DONNEES NECESSAIRES

- Coûts d'investissement usuels pour les options technologiques ;
- informations sur les options de financement dans la région ;
- informations sur les systèmes de subventions dans la région, sur les structures de donateurs et d'aides.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseiller agricole/professionnel chargé du développement ;
- organismes de financement ;
- services gouvernementaux ;
- donateurs et projets de développement soutenus par des donateurs.

POINTS IMPORTANTS

- Les techniques d'irrigation modernes nécessitent un financement extérieur (partiel).
- Il existe souvent des systèmes de subventions pour accompagner la mise en place d'une technologie d'irrigation moderne.
- Les technologies de l'information et de la communication (TIC) et/ou la diffusion régulière d'informations pourraient permettre d'améliorer l'accès aux financements.

3. DEFINIR LES GROUPES CIBLES ET LES PARTIES PRENANTES

L'analyse effectuée durant les étapes précédentes permet d'établir un profil de potentialités, de possibilités, de restrictions et de risques associés à la promotion de SPIS. Le promoteur doit aussi avoir une bonne connaissance des différentes formes de soutien financier pour un SPIS. Si certains ménages agricoles peuvent avoir accès à des services financiers commerciaux, d'autres peuvent avoir besoin d'une subvention ou d'une aide intégrale pour introduire ce type de technologie dans leur exploitation.

À partir de cette analyse, le promoteur devra définir un groupe-cible spécifique pour les options technologiques promues. Cibler un marché spécifique qui n'implique pas d'exclure les personnes qui ne correspondent pas aux critères fixés. Un marketing ciblé permet au contraire de centrer le budget marketing et le message publicitaire sur un marché spécifique qui sera plus susceptible d'acheter ce produit plutôt qu'un autre. C'est une manière bien plus économique et efficace d'atteindre des clients potentiels et de générer des activités commerciales. Personne n'a les moyens de cibler tout le monde.

Dans le cas de la technologie des SPIS, cela concerne généralement les ménages agricoles de taille moyenne qui bénéficient d'un bon accès aux marchés et ont le potentiel d'adapter et d'intensifier leur production. Les grandes entreprises agricoles, elles, obtiennent généralement les informations nécessaires directement auprès de prestataires de services du secteur privé et prennent leurs décisions d'investissement en fonction de leur plan de développement (et de leurs capitaux propres).

Les petits exploitants agricoles ayant un faible accès aux marchés et les ménages agricoles de subsistance ne sont généralement pas en mesure de satisfaire aux exigences opérationnelles et d'assumer les coûts associés à des

investissements lourds comme ceux qu'entraîne un SPIS, même en bénéficiant de subventions ou d'aides. Pour eux, les plans collectifs avec partage d'installations de pompage constituent une alternative aux systèmes individuels. Cette option peut aussi permettre de favoriser les communautés agricoles défavorisées et pauvres qui ont uniquement accès aux terrains communaux. Dans bien des cas, cela permet aux femmes et aux enfants d'obtenir des droits fonciers, ce qui est souvent une condition préalable à l'accès au crédit et au financement en fonds propres.

L'analyse précédente permet également d'identifier les acteurs importants pour la promotion :

- fournisseur de la technologie et prestataires de services – pour apporter la preuve du bon fonctionnement des configurations SPIS ;
- organismes de financement – pour donner accès aux fonds permettant d'acquérir un SPIS ;
- services de vulgarisation agricole et prestataires de services – pour promouvoir la technologie et optimiser la productivité et la rentabilité ;
- institutions gouvernementales qui gèrent les systèmes de subventions – pour sensibiliser aux aides possibles et améliorer l'accès aux subventions et à d'autres formes d'aide ;
- organisations et groupes de producteurs – pour créer des économies d'échelle afin d'acheter, de vendre et d'accéder à des informations et services ;
- donateurs et ONG – pour soutenir l'accès aux services, améliorer la capacité organisationnelle, et

piloter et expliquer les configurations du SPIS.

Les parties prenantes identifiées et leur rôle (réel et potentiel) doivent être répertoriés dans la synthèse des informations. Certaines de ces parties prenantes peuvent également jouer le rôle de diffuseur d'information durant la campagne de promotion.

RESULTAT/PRODUIT

- Fourchette (taille) définie des ménages agricoles ciblés et critères complémentaires (accès aux marchés, potentiel d'intensification) ;
- liste des parties prenantes avec leurs rôles et responsabilités.

DONNEES NECESSAIRES

- Profil des ménages/entreprises agricoles dans la zone de promotion ;

- fonctions et fonctionnement des parties prenantes.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseiller agricole/professionnel chargé du développement ;

POINTS IMPORTANTS

- Les entreprises agricoles ne sont pas toutes en mesure d'amortir un investissement dans une technologie d'irrigation moderne en raison de leur accès limité aux marchés et de leurs possibilités restreintes d'adapter et d'intensifier leur production.
- Des plans collectifs comportant le partage des systèmes de pompage peuvent être envisagés pour les producteurs de subsistance, les communautés défavorisées et les femmes et les jeunes ayant accès aux ressources.



Réunion d'un groupe d'exploitants agricoles

(Source : Lennart Woltering)

4. DEFINIR UNE STRATEGIE DE PROMOTION

Définir une stratégie de promotion est l'un des principaux rôles du promoteur : ce processus implique des décisions clés relatives à l'identité des clients, à la façon de les contacter et au contenu du message. Les étapes précédentes ont permis d'identifier le groupe-cible ainsi que ses priorités et besoins. Vous devez maintenant déterminer quel moyen utiliser pour les atteindre : presse, publicité (ou autres médias) ou contact personnel. Puis il vous faut définir clairement vos arguments commerciaux (uniques) afin de créer une demande pour les services du promoteur.

Pratiquement partout dans le monde, des acteurs ont l'expérience de campagnes de promotion et de sensibilisation dans le secteur agricole. Des approches qui se sont avérées efficaces peuvent être proposées par les services de vulgarisation et les partenaires de développement, comme les donateurs et les ONG. Les approches qui fonctionnent ont toujours un groupe-cible précis et tiennent compte de la culture locale. Il convient d'accorder une attention particulière à l'accès à l'information des communautés défavorisées et notamment des femmes et des jeunes. Les réunions et séminaires de diffusion sont généralement dominés par les hommes chefs de ménages et les principaux producteurs.

Les activités de promotion doivent prévoir des instruments axés sur la communication et l'interaction, car la simple diffusion de brochures et de fiches d'information ne permet généralement pas d'atteindre tous les ménages ciblés.

Exemples d'activités :

- journées « portes ouvertes » chez le producteur et foires technologiques du producteur (peuvent aussi être organisées en

coopération avec les prestataires de services technologiques) ;

- « tournées de présentation dans les villages » pour y présenter les technologies ;
- séminaires de vulgarisation avec les principaux producteurs qui seront chargés de propager l'information.

Recommandation : les prestataires de la technologie et les ONG doivent être associés autant que possible au concept de promotion, car ils peuvent apporter des informations précieuses. Il convient de trouver un accord sur l'impartialité des informations fournies. Il est aussi recommandé d'inviter des représentants des banques/institutions financières locales aux activités de promotion afin de favoriser leur connaissance des nouvelles technologies.

En outre, il existe différents moyens de diffusion passive qui demandent également une préparation approfondie des supports :

- bulletins diffusés par les radios rurales ;
- bulletins brefs à la télévision locale ;
- préparation d'affiches ;
- vidéos sur Internet (postées via YouTube, etc.).

En fonction de la méthode et des instruments de promotion choisis, créer le matériel de promotion peut s'avérer fastidieux. Le design et la mise en page des documents doivent être adaptés au groupe-cible et les ressources budgétaires doivent être suffisantes pour produire des supports de qualité. En outre, le promoteur doit être sûr de sa propre capacité (ressources humaines et financières) à mettre en place et en œuvre une bonne campagne de promotion.

Important : le principal objectif des activités de promotion d'une technologie d'irrigation est toujours de fournir au producteur des informations qui lui permettent de prendre une décision en vue du maintien et/ou de la hausse de son potentiel de production. La promotion du point de vue du développement ne consiste pas à commercialiser un produit spécifique !

- Les prestataires de la technologie et les ONG doivent être associés au concept de promotion car ils peuvent apporter des informations précieuses.

RESULTAT/PRODUIT

- Identification de la méthode et des instruments de promotion ;
- accord avec les parties prenantes concernées sur les activités de coopération ;
- conception et mise en page du matériel de promotion.

DONNEES NECESSAIRES

- Expérience de différents instruments et méthodes de promotion (secteur agricole) ;
- ressources humaines et capacité financière propres permettant d'entreprendre une campagne de promotion.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseiller agricole/professionnel chargé du développement ;
- fournisseur de technologie.
- organisations de producteurs ;
- donateurs et ONG ;
- prestataires de services financiers.

POINTS IMPORTANTS

- Les activités de promotion doivent prévoir des instruments axés sur la communication et l'interaction.
- Il faut tenir compte de l'accès à l'information des communautés défavorisées, des femmes et des jeunes.

5. PLANIFIER ET METTRE EN ŒUVRE DES ACTIVITÉS DE PROMOTION

La mise en œuvre des activités de promotion ne doit commencer que quand le matériel de promotion est prêt et disponible. Idéalement, la campagne de promotion doit reposer sur une approche interactive, ce qui signifie que la planification de la mise en œuvre des activités doit être effectuée bien à l'avance et dans un effort conjoint avec les partenaires. Les producteurs ont souvent très peu de temps au cours de l'année pour assister à des séminaires et des réunions. La planification doit donc être adaptée au calendrier agricole et aux pics d'activité régionaux afin de garantir un taux de participation élevé. Le fait que les femmes et les jeunes aient peu de temps libre doit aussi être pris en compte.

La planification doit également inclure l'identification de modérateurs/intervenants ou de formateurs compétents qui ont déjà eu affaire au groupe-cible donné. Il est recommandé d'associer les principaux producteurs pour propager l'information et coprésenter les réunions de diffusion. Afin d'accéder aux femmes et aux jeunes, il faut que l'équipe de promotion soit représentative des deux sexes et des différentes classes d'âge. La présence de membres d'ONG locales, par exemple, peut favoriser la réussite des activités. Le promoteur et les présentateurs doivent non seulement bien connaître le matériel de promotion, les objectifs et les messages-clés de la campagne, mais également être formés pour animer des réunions de vulgarisation, etc. Les événements locaux doivent être annoncés à l'avance pour favoriser une plus grande participation.

Les annonces peuvent être diffusées de la façon suivante :

- tableau d'affichage au bureau de vulgarisation agricole ;
- distribution de prospectus ;

- magasins du fournisseur de la technologie ;
- journal local ;
- radio rurale ;
- SMS.

La mise en œuvre des événements de promotion doit toujours placer le producteur au centre du concept de vulgarisation. L'objectif de chaque événement n'est pas seulement de fournir des informations basées sur l'anticipation des besoins des producteurs ; il doit également permettre d'effectuer une démonstration pratique, de répondre à des questions, d'échanger et de comprendre les attentes et besoins des producteurs.

L'avis des participants aux événements de promotion et de vulgarisation doit être systématiquement sollicité pour continuer à améliorer la didactique. Le fait de consigner soigneusement les avis et les manifestations d'intérêt/besoins d'informations complémentaires permettra ultérieurement d'effectuer un suivi efficace et ciblé.

RESULTAT/PRODUIT

- Programme/plan pour les événements de promotion et de vulgarisation locaux en fonction du calendrier agricole ;
- annonces au moyen de prospectus/d'affiches, dans les médias locaux ;
- avis et demandes d'informations et de suivi complémentaires recueillis auprès des producteurs.

DONNEES NECESSAIRES

- Informations sur les pics d'activité locaux dans le secteur agricole ;
- informations sur les lieux/sites adaptés aux événements de promotion ;

- informations sur d'autres événements de vulgarisation ;
- coordonnées des parties prenantes locales importantes comme les banques/organismes de financement, organisations de producteurs, ONG, associations du secteur privé, etc. (à inviter).

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseiller agricole/professionnel chargé du développement ;
- producteur ;
- fournisseur de technologie.
- organisations de producteurs ;

- prestataire de services financiers ;
- donateurs et ONG.

POINTS IMPORTANTS

- Il faut inciter les producteurs à approcher les promoteurs/présentateurs pour leur poser des questions, leur demander de donner leur avis et d'exprimer des besoins/demandes d'informations complémentaires.
- L'avis des producteurs et leurs demandes d'informations complémentaires doivent être consignés par écrit.



Visite de terrain d'un SPIS en Inde

(Source : Lennart Woltering)

6. ASSURER LE SUIVI

Les activités de promotion peuvent donner lieu à des demandes d'informations complémentaires et aux premières manifestations d'intérêt pour la nouvelle technologie. Dans de nombreuses zones, la structure de services des prestataires de technologie et des prestataires de services d'installation associés n'est pas très développée. Bien souvent, le fournisseur n'a que quelques antennes (voire une seule) dans le pays. Pour de nombreux producteurs intéressés par une technologie moderne comme un SPIS, il n'est pas possible de se rendre dans la capitale afin d'obtenir des renseignements complémentaires. Il est donc nécessaire de consigner soigneusement les demandes et besoins d'informations exprimés durant les événements de promotion et de vulgarisation et de fournir aux producteurs les coordonnées des personnes concernées en vue d'une consultation ultérieure.

Le promoteur doit systématiquement traiter les demandes des producteurs qui ont été consignées et un suivi doit être mis en place immédiatement après le premier contact établi durant l'événement de promotion. Le suivi enclenché après l'activité de promotion peut initier un futur projet potentiel. Le promoteur doit alors choisir la meilleure manière d'assurer ce suivi. Les scénarios possibles sont les suivants :

- établissement de contacts directs entre le producteur et un fournisseur de technologie/développeur de projet ;
- recommandation d'activités de suivi aux partenaires de développement actifs au niveau local (ONG, donateurs).

Les étapes suivantes de ce processus consisteront en une première évaluation de la compatibilité des différentes options technologiques avec le contexte agricole donné. Cela demande une visite sur site et

une réflexion approfondie menée conjointement avec le producteur. Les modules suivants de cette boîte à outils, notamment **CONCEVOIR**, **INSTALLER** et **ENTREtenir**, guident le conseiller et le professionnel chargé du développement pour réaliser cette évaluation préliminaire.

RESULTAT/PRODUIT

- Contact entre le producteur et le prestataire de service/partenaire de développement pour les activités de suivi ;
- lancement des activités de développement du projet.

DONNEES NECESSAIRES

- Coordonnées du producteur et du prestataire de service/partenaire de développement pour le développement du projet.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseiller agricole/professionnel chargé du développement ;
- producteur ;
- fournisseur de technologie.
- donateurs et ONG.

POINTS IMPORTANTS

- Les prestataires de technologie ont généralement un réseau limité d'antennes, ce qui requiert une gestion proactive des contacts.
- Les activités de suivi doivent être mises en place rapidement après une demande d'informations complémentaires pour conserver la confiance du producteur.

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLEMENTAIRES

Autres lectures :

Hahn, A., Sass, J. & Fröhlich, C. (2015) : Manual and tools for promoting SPIS. Multicountry - Stocktaking and Analysis Report (« Manuel et outils de promotion des SPIS. Bilan et rapport d'analyse multinational »). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Accès au site [https://energypedia.info/wiki/Solar Powered Irrigation Systems - Technology, Economy, Impacts](https://energypedia.info/wiki/Solar_Powered_Irrigation_Systems - Technology, Economy, Impacts)

Société financière internationale (2011) : Scaling Up Access to Finance for Agricultural SMEs Policy Review and Recommendations (« Élargir l'accès au financement pour les PME agricoles. Examen des politiques et recommandations »). Accès au site [https://www.gpfi.org/sites/default/files/documents/G20 Agrifinance Report%20\(FINAL%20NLINE\).pdf](https://www.gpfi.org/sites/default/files/documents/G20_Agrifinance_Report%20(FINAL%20NLINE).pdf)

Outils SPIS

PROMOUVOIR – Évaluation rapide du SPIS

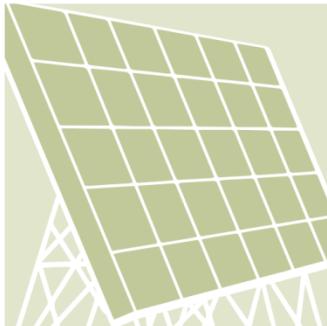
GLOSSAIRE TECHNIQUE

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperleur ». |
| Évaporation | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (ET ₀ pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |

| | |
|--------------------------------|---|
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des approches de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) ainsi que d'une estimation de la sensibilité des éléments de coût et de revenu. |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |

| | |
|--|--|
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Pompe | <p>Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit)</p> <p>Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau.</p> <p>Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau.</p> |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | <p>Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont :</p> <p>l'irrigation par sillons : l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ;</p> <p>l'irrigation en bassin : l'eau est amenée sur une surface entièrement plane entourée de digues et</p> <p>l'irrigation par inondation : l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures.</p> |
| Transpiration | Eau absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |



Module 3 : Préserver l'eau



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

[https://energypedia.info/wiki/Toolbox on SPIS](https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS)

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.
<https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à

condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

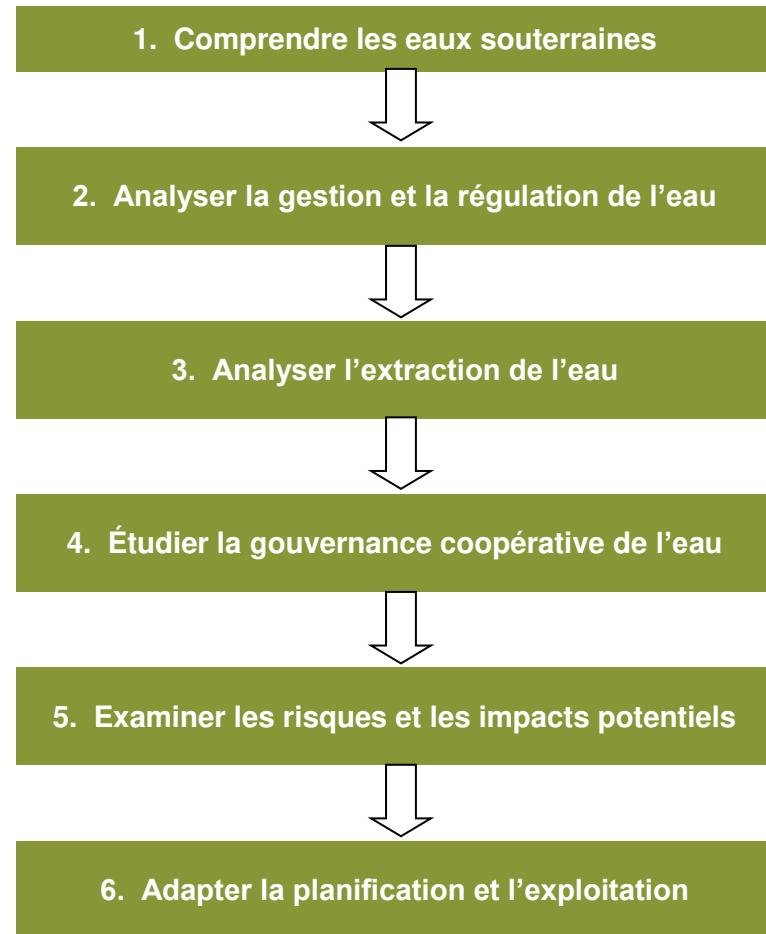
© GIZ et FAO, 2018



ABREVIATIONS

| | |
|----------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

P R E S E R V E R L ' E A U



OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

Le module **PRÉSERVER L'EAU** présente la gestion des eaux souterraines et les principes de la gestion durable de l'eau. Il examine en outre les risques et les répercussions liés à une utilisation excessive de ces ressources. Cela devrait sensibiliser le planificateur et le futur utilisateur d'un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS) à une utilisation responsable et durable des ressources en eau qui doivent dans la plupart des cas être partagées avec les exploitants agricoles ou d'autres utilisateurs voisins. Enfin, ce module définit des orientations pratiques visant à intégrer la gestion de l'eau dans la planification et l'exploitation des SPIS.

La croissance démographique et l'élévation des niveaux de vie, le développement de la production agricole sur des terres arides ou marginales et les répercussions des changements climatiques augmentent les besoins de nourriture, d'énergie et d'eau. Grâce à une viabilité financière satisfaisante, les SPIS peuvent remplacer les solutions classiques d'extraction et de pompage de l'eau pour économiser l'énergie et accroître la production agricole. Les gouvernements et les agences internationales de développement soutiennent la mise en œuvre des SPIS car ces derniers présentent plusieurs avantages :

- l'utilisation d'énergie renouvelable verte est neutre en CO₂ et ne contribue pas à l'émission de gaz à effet de serre et donc au changement climatique ;
- des certificats de CO₂ peuvent être vendus aux utilisateurs d'énergies fossiles ;
- l'énergie solaire décentralisée ne dépend pas de l'infrastructure des réseaux énergétiques et de

l'approvisionnement régulier en combustible, ce qui est particulièrement intéressant dans les zones rurales moins développées ;

- l'irrigation au moyen de l'énergie solaire peut permettre la pratique de l'agriculture dans des zones considérées comme inappropriées ou non rentables et augmenter ainsi production et sécurité alimentaires.

Cependant, l'obstacle financier ne représente plus un frein majeur au développement d'une agriculture irriguée à l'énergie solaire, à savoir que les faibles coûts énergétiques du diesel ou de l'électricité, s'effacent à mesure des avancées technologiques de ces systèmes et leur gain en compétitivité. La réduction des coûts de production d'énergie résultant de l'utilisation des SPIS est certaine, ce qui fragilise le recours à des technologies et à des modèles de culture favorisant les économies d'eau. La technologie des SPIS a le vent en poupe à l'heure où le prélèvement des eaux de surface et des eaux souterraines à des fins agricoles augmente au niveau mondial et dépasse souvent les ressources disponibles en eaux souterraines renouvelables. En Inde, par exemple, on considère qu'environ 30 % des aquifères sont dans un état critique¹. À l'échelle mondiale, les prélèvements d'eaux souterraines non renouvelables contribuent à hauteur de 20 % à satisfaire la demande brute en eau d'irrigation². Dans certains cas, l'agriculture irriguée est même pratiquée en exploitant les eaux souterraines fossiles, qui ne sont pas du tout renouvelables.

Les SPIS pourraient donc entraîner ou aggraver une surexploitation de ressources hydriques limitées, ce qui aurait sur l'environnement, l'économie et la société des effets indésirables tels que :

¹ Source : Central Ground Water Board of India 2014. Dynamique des ressources en eaux souterraines de l'Inde à compter de 2011 ». Faridabad.

² Valeurs pour l'année 2000, selon Wada et al. 2012. Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global

assessment (« Eaux souterraines non durables utilisées pour l'irrigation : une évaluation mondiale »). Dans : Water Resources Research 48, W00L06.

- l'assèchement des puits et des sources, ce qui à terme compromet la disponibilité des ressources hydriques et accroît le risque de mauvaises récoltes ;
- la salinisation des aquifères et l'intrusion d'eau de mer ont des conséquences à long terme sur la productivité agricole ;
- l'augmentation des risques de conflits entre différents utilisateurs (par exemple les exploitants agricoles, les sociétés de distribution d'eau du pays, les utilisateurs industriels) ;
- des répercussions environnementales sur les écosystèmes dépendant des eaux souterraines, comme l'assèchement des zones humides et la diminution du débit de base des cours d'eau.

L'irrigation requiert l'intégration des principes de gestion durable de l'eau, en particulier lorsque la réglementation et la protection des eaux souterraines dans les pays cibles sont faibles, voire inexistantes. Le présent module vise à sensibiliser les développeurs de SPIS aux processus fondamentaux liés à l'utilisation des eaux souterraines et à la réglementation en la matière. Il est dans l'intérêt des agriculteurs et des parties prenantes au développement d'une agriculture reposant sur l'énergie solaire d'utiliser les eaux souterraines de manière durable. Ce qui implique de respecter strictement les mécanismes existant en matière de régulation et de contrôle de l'eau, comme nous le verrons plus en détail dans les chapitres suivants.

L'eau est une des ressources naturelles les plus importantes pour l'agriculture. La conservation, la protection, l'utilisation et la



gestion durables de l'eau constituent un enjeu mondial du 21e siècle.

L'eau propre est une ressource vitale

(Source : Institut fédéral des géosciences et des ressources naturelles [BGR])

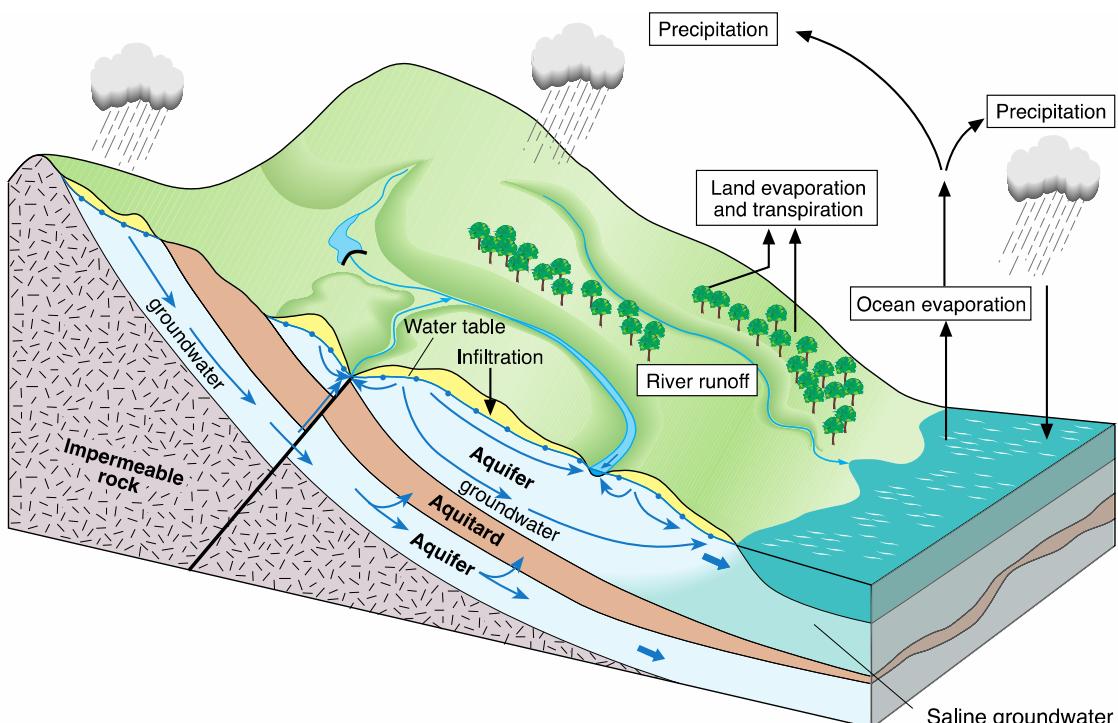
1. COMPRENDRE LES EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines dans le cycle hydrogéologique

Les SPIS sont basés sur le prélèvement des eaux souterraines dans les puits à ciel ouvert ou les puits tubulaires. Il est donc nécessaire de comprendre le fonctionnement des systèmes d'eaux souterraines pour gérer ces dernières de manière durable. L'eau souterraine est celle que l'on trouve sous terre dans les fissures et les pores du sol, du sable et de la roche, qu'on appelle aquifère. Les aquifères stockent d'importantes quantités d'eau souterraine et constituent de ce fait un réservoir et un régulateur importants dans le cycle hydrologique (cf. la figure ci-dessous).

(Source : BGR)

La recharge des eaux souterraines se fait naturellement par les précipitations ou l'infiltration des eaux provenant des rivières et les lacs. Le mouvement des eaux souterraines, passant des zones d'alimentation aux zones de déversement des aquifères par des sources et l'infiltration vers les rivières, les lacs, les zones humides et les zones côtières est appelé écoulement des eaux souterraines. Ce dernier se fait de manière naturelle et le plus souvent lentement par les fissures et les pores des matières rocheuses. En fonction de la composition géologique de l'aquifère, la vitesse d'écoulement de l'eau varie d'un mètre par jour à un mètre par an ou par décennie. Les vitesses de débit des rivières sont par contre beaucoup plus rapides et s'expriment en mètre par seconde. Le niveau des eaux



Le cycle hydrologique

souterraines peut varier en fonction des saisons et des années. Il est élevé après la

saison des pluies et faible à la fin de la saison sèche.

Équilibre des eaux souterraines

Dans des conditions naturelles, le stockage des eaux souterraines au sein des aquifères est équilibré. Ces derniers se rechargent pendant la saison des pluies et fournissent de l'eau pour alimenter le débit de base des rivières, des lacs et des zones humides au cours de l'année. Cet équilibre peut être troublé par des interventions humaines pouvant affecter les volumes de recharge et de décharge.

Importantes activités agricoles ayant des effets sur l'équilibre des eaux souterraines

| Recharge | | |
|------------------------|--|--|
| Activité agricole | Processus | Exemples de mesures réglementaires |
| Utilisation des terres | L'imperméabilisation du sol accélère l'écoulement de surface au détriment de l'infiltration d'eau de pluie et de surface, tandis que l'accroissement du couvert végétal retarde l'écoulement de surface et favorise l'infiltration | Planification de l'utilisation des terres favorisant l'infiltration d'eau de pluie au niveau local |
| Choix des cultures | Les cultures ayant des effets différents sur l'humidité du sol et l'écoulement de surface, leur choix influe sur la quantité d'eau de pluie qui s'infiltra dans le sol et donc sur la recharge, en particulier celle des eaux souterraines peu profondes | Régimes de culture et types de plantation préconisés |
| Compactage du sol | En raison des conditions naturelles d'assèchement et d'humidité, de l'utilisation de machines lourdes et d'un travail du sol inapproprié, la surface du sol et le sous-sol sont compactés et la recharge des nappes d'eau souterraine diminue | Réglementations pour les pratiques de travail du sol et l'utilisation des machines |
| Irrigation excessive | L'irrigation elle-même peut constituer un facteur important dans la mesure où le surplus d'eau d'irrigation peut s'infiltrer et recharger les eaux souterraines | Bonne planification de l'irrigation et techniques adaptées |

Décharge

Prélèvement des eaux souterraines

Le pompage des eaux souterraines dans les puits diminue le niveau de la nappe phréatique

Quotas de prélèvement des eaux souterraines, autorisation des puits forés

Afin de préserver l'équilibre des eaux souterraines et de faciliter la planification de leur utilisation, leur gestion durable doit reposer sur la capacité de recharge du bassin. Cette dernière est appelée rendement durable (ou rendement sans risque) d'un système d'eaux souterraines et correspond à la quantité pouvant être extraite sans nuire aux écosystèmes et aux communautés qui en dépendent. Pour déterminer le rendement durable, il convient de quantifier la recharge des nappes phréatiques.

Les processus de recharge étant complexes et dépendant de nombreux processus hydrogéologiques, les autorités et les responsables de la gestion de l'eau devraient disposer des données les plus précises possibles concernant les aspects suivants :

- total des eaux souterraines prélevées du fait des activités humaines (pompage de l'eau souterraine) et des sources naturelles ;
- lorsque c'est possible, l'estimation de la décharge doit s'appuyer sur des relevés de pompage chiffrés et sur des mesures concernant son débit ;
- pour évaluer la recharge, il est nécessaire de disposer de données à haute résolution sur les précipitations, l'évapotranspiration et le ruissellement. En outre, les données hydrogéologiques sur l'écoulement des eaux souterraines et les caractéristiques du stockage

souterrain (provenant par exemple de tests de pompage) devraient être prises en compte ; la cartographie de l'occupation des terres et de la végétation/des cultures du bassin hydrogéologique permet de quantifier avec plus de précision les variables d'évapotranspiration et d'écoulement ;

- en fonction des données et des ressources disponibles, la recharge peut être estimée à l'aide de formules standards et des connaissances spécifiques, mais aussi au moyen de modèles hydrologiques (informatiques) plus sophistiqués.

Dans certains cas, les eaux souterraines peuvent également être rechargées de manière artificielle, ce qui se traduit par une infiltration planifiée de l'eau jusqu'à la nappe souterraine au moyen de procédés techniques. À l'heure actuelle, certaines communautés choisissent de recharger leurs aquifères de manière artificielle afin de préserver les ressources en eaux souterraines. C'est ainsi par exemple que dans la région du Terraï (nord du Bengale, en Inde), des barrages de correction et des digues ont été construits par les comités d'agriculteurs locaux pour retenir l'eau de pluie et améliorer la recharge des nappes phréatiques. Cela a permis de stabiliser les nappes souterraines et de réduire l'impact des périodes de sécheresse sur la riziculture pluviale. L'intensité de culture a ainsi pu être doublée et la production ainsi que les revenus des agriculteurs ont augmenté. En conséquence, l'intensité des cultures pourrait être doublée et les rendements ainsi que le

revenu des agriculteurs pourraient être améliorés³.

Surexploitation des eaux souterraines

Si les prélèvements d'eaux souterraines sont supérieurs à leur recharge à long terme, le niveau des eaux souterraines baisse dans l'ensemble de la région. C'est ce processus qu'on appelle surexploitation des eaux souterraines. En pratique toutefois, lorsqu'on parle de surexploitation des eaux souterraines, on est toujours beaucoup plus préoccupé par les conséquences des prélèvements intensifs que par leur niveau absolu. La définition la plus appropriée de la surexploitation serait donc sans doute la suivante : on parle de surexploitation lorsque le coût global des impacts négatifs de l'exploitation des eaux souterraines est supérieur aux avantages nets provenant de leur utilisation, bien que ces impacts ne soient pas toujours faciles à prévoir et/ou à quantifier en termes monétaires. Il est également important de souligner que certains de ces impacts négatifs peuvent survenir bien avant que le taux de prélèvement des eaux souterraines ne soit supérieur à la recharge moyenne à long terme.

Important : un pompage excessif peut entraîner l'épuisement des eaux souterraines. Cela signifie que ces dernières sont prélevées plus rapidement qu'elles ne peuvent se reconstituer. L'épuisement des aquifères peut entraîner la perte d'écosystèmes et de zones humides, l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, l'affaissement du sol et l'émergence de conflits sociaux avec d'autres utilisateurs d'eau.

³ Tuinhof et al. 2012. Profit from storage. The costs and benefits of water buffering (« Bénéfices du stockage. Les

coûts et les avantages de la régulation hydrique »). Wageningen : 3R Water Secretariat.

Le pompage des eaux souterraines provoque une baisse du niveau de la nappe phréatique, laquelle correspond à la surface de la zone saturée en eau souterraine. Lors du pompage de l'eau souterraine, le niveau de la nappe phréatique diminue aux environs du puits de pompage. Des cônes de dépression se forment dans les *aquifères non confinés*

en raison de la baisse des niveaux d'eau (cf. figure ci-dessous). Dans les *aquifères confinés*, c'est-à-dire situés sous des couches géologiques peu perméables (aquitard ou aquiclude), la pression diminue aux environs du puits de pompage lors du prélèvement de l'eau.

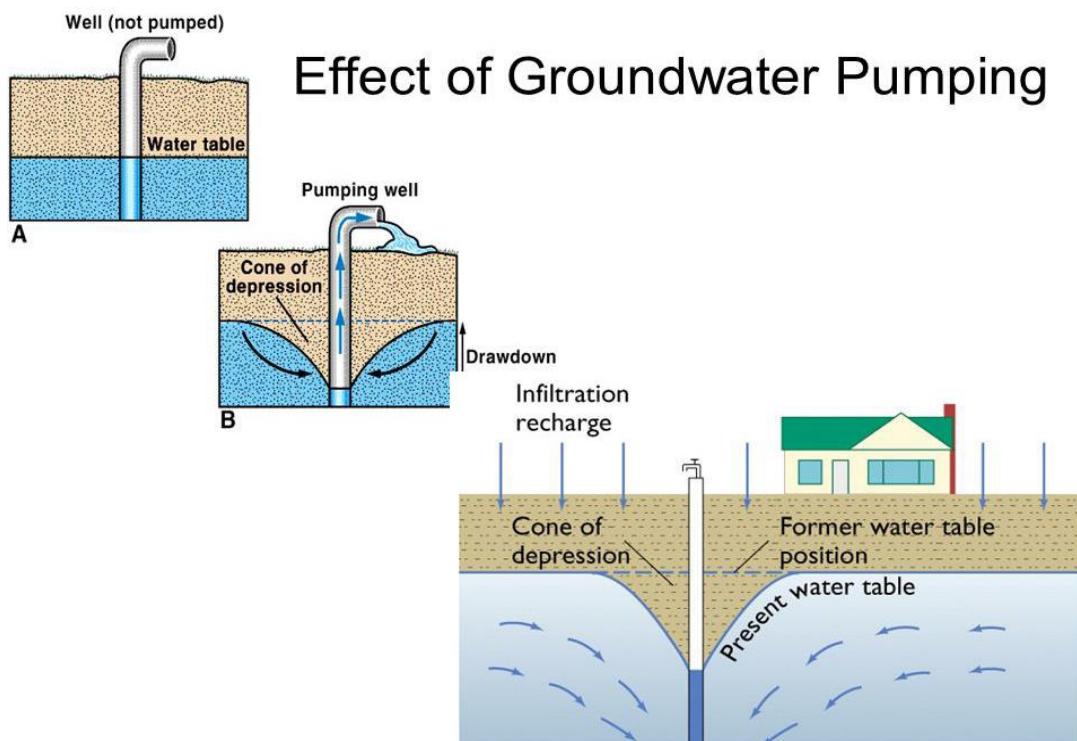


Figure : Effet du pompage des eaux souterraines

(Source : Thomas V. Cech)

Interférence des puits

Lorsque deux cônes de dépression se chevauchent, des interférences se produisent entre les puits et le débit d'eau disponible diminue pour chacun d'entre eux. Les interférences entre puits peuvent poser un problème lorsque ces derniers sont trop proches les uns des autres et captent l'eau provenant du même aquifère, en particulier s'ils se trouvent à la même profondeur.

Déconnexion des eaux souterraines et de l'écoulement des eaux de surface

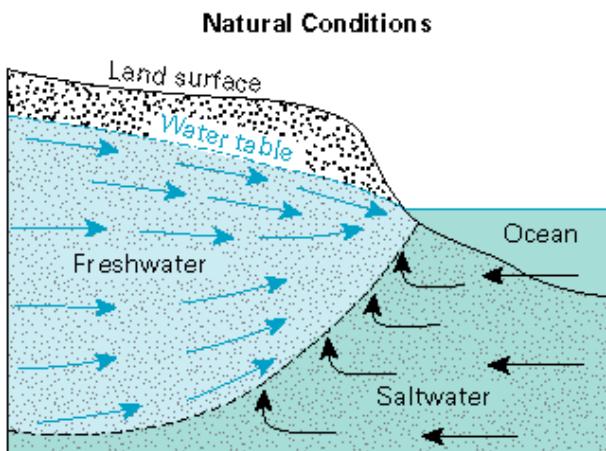
Les eaux souterraines et les eaux de surface interagissent souvent étroitement. Les premières assurent le débit de base des rivières, même durant les périodes de sécheresse, et alimentent les écosystèmes d'eau douce. En cas de pompage excessif des eaux souterraines, les sources, les écoulements de base et les infiltrations tendent à s'assécher, parfois de façon

permanente. Les écosystèmes dépendant des eaux souterraines subissent également des dommages et la disponibilité des eaux souterraines est réduite pour les communautés d'utilisateurs.

Salinisation des eaux souterraines

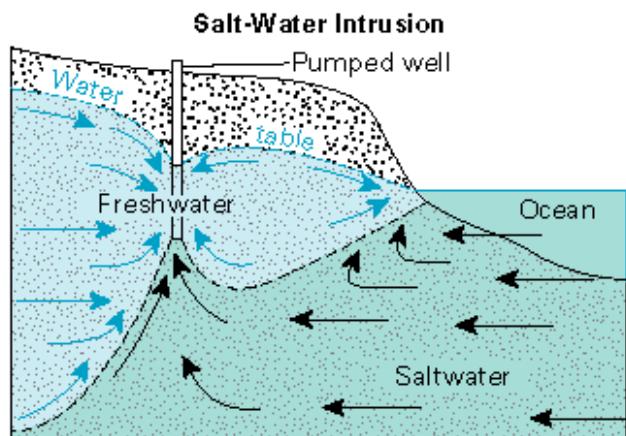
La salinisation des eaux souterraines représente une grave menace liée à un pompage excessif. Ce phénomène se produit en raison de la remontée dans le cône de dépression d'eaux salées qui se mélangent avec de l'eau douce, entraînant une salinisation irréversible des aquifères. Cette

fossiles situées en profondeur. Une attention particulière doit être accordée aux zones côtières, car l'eau de mer peut s'introduire dans les zones d'eau douce des aquifères. La figure ci-dessous représente de manière simplifiée le processus d'intrusion de l'eau de mer, qui peut empêcher pendant des décennies l'utilisation des eaux souterraines



'eau salée provient d'eaux paléo-salines ou

Natural Conditions



pour l'agriculture.

Salinisation des eaux souterraines

(Source : USGS – <https://pubs.usgs.gov/gip/gw/images/Intrusion.gif>)

Pertinence de la gestion durable

Nonobstant les risques mentionnés, les eaux souterraines gérées de manière durable constituent la ressource essentielle pour l'agriculture, la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations rurales. Dans bien des régions, il est relativement aisé d'avoir accès à ces eaux et de les prélever, surtout lorsqu'un approvisionnement en énergie solaire décentralisé est disponible. Les eaux souterraines peuvent permettre d'atténuer les effets de la sécheresse et d'accroître la production agricole dans les régions qui manquent d'eau, car elles sont moins sensibles à la variabilité et aux changements climatiques que les eaux de surface.

Cependant, les utilisateurs des eaux souterraines – et donc l'agriculteur qui utilise un SPIS – ont chacun leur part de responsabilité dans la gestion durable de ces

ressources. De plus, afin de tirer profit à long terme des eaux souterraines, l'intérêt propre de l'exploitant agricole utilisant un SPIS consiste à éviter la surexploitation des aquifères et les conflits socio-économiques et juridiques qui en découlent. Ce qui implique certaines responsabilités et obligations de la part de l'exploitant :

- respect du cadre juridique et réglementaire lors de l'obtention des droits d'accès et des permis d'utilisation de l'eau ainsi que des conditions et des quantités définies ;
- s'il n'existe aucune réglementation applicable en matière d'eau, les exploitants agricoles devraient faire pression pour que soit mis en place un cadre réglementaire afin d'assurer la sécurité de planification et de production (cf. étape 4) ;

- suivi et documentation de l'utilisation de l'eau en fonction des droits et des permis accordés.

juridiques et réglementaires en vigueur ainsi que dans la planification et le suivi de la gestion des eaux et des eaux souterraines locales.

Important : tout développement d'un SPIS doit donc être intégré dans les cadres

2. ANALYSER LA GESTION ET LA RÉGLEMENTATION DE L'EAU

La gestion et la gouvernance durables des eaux souterraines sont basées sur le principe de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Les trois principaux piliers de la GIRE, et de la durabilité en général, sont les suivants :

- **la durabilité environnementale** – les impacts négatifs tels que la dégradation des ressources en eau des aquifères ainsi que les incidences sur les écosystèmes dépendant des eaux souterraines devraient être évités ;
- **l'efficience économique** – l'eau est un bien essentiel nécessaire à la consommation humaine et à la production agricole et industrielle ;
- **l'équité sociale** – l'accès à des ressources d'eau potable est essentiel pour tous les êtres humains et constitue un droit inerrant à l'homme. L'égalité d'accès à l'eau est garantie par la mise en place de systèmes de droits d'accès à l'eau transparents et égalitaires.

Il est dans l'intérêt de tous les utilisateurs d'utiliser les ressources en eau de manière durable à long terme, également en ce qui concerne la disponibilité des ressources pour des investissements pérennes dans le secteur agricole. Par conséquent, tous les utilisateurs devraient avoir un intérêt à la mise en place d'un cadre institutionnel fonctionnel permettant de préserver les ressources en eau et de garantir la sécurité hydrique aux fins de l'irrigation agricole. Les principaux aspects de l'administration des ressources en eau sont la planification de la gestion de l'eau et la réglementation de l'eau.

La planification de la gestion de l'eau est généralement assurée au niveau des bassins par les ministères responsables de la gestion de l'eau ou les organismes de bassin. Au mieux, un plan de gestion de l'eau intègre les besoins de tous les secteurs concernés (eau potable, assainissement, agriculture irriguée,

industrie, environnement), en faisant correspondre les ressources disponibles aux demandes actuelles et futures. Outre la planification de l'eau, les autorités agricoles (par exemple, les ministères) peuvent également élaborer des plans de développement de l'irrigation permettant de définir des domaines et des objectifs prioritaires pour le développement de l'irrigation.

La gestion des ressources en eau comprend les activités de planification, de développement, de distribution et de gestion de l'utilisation des ressources en eau. La gestion durable des ressources en eau tient compte de toutes les demandes d'eau qui entrent en concurrence et cherche à attribuer l'eau de manière équitable pour satisfaire l'ensemble des utilisations et demandes. La durabilité à long terme du développement et de l'utilisation des ressources en eau repose sur le respect du principe de rendement durable des aquifères.

La réglementation des ressources en eau repose généralement sur la législation nationale et sur un ensemble de règles et d'institutions adéquates qui régissent le suivi de l'état quantitatif et qualitatif de l'eau et l'utilisation des ressources, prévenant ainsi la surexploitation et la pollution des ressources hydriques et garantissant une répartition équitable entre les différents utilisateurs et intérêts. Dans de nombreux endroits, les autorités publiques dans le domaine de l'eau sont chargées du contrôle des ressources en eau à différents niveaux gouvernementaux. Ces autorités s'appuient sur des lois relatives à l'eau et à l'environnement pour réglementer l'utilisation de l'eau, en octroyant des droits d'accès à l'eau et des permis d'utilisation de l'eau (puits, infrastructures hydrauliques) par exemple. Dans de nombreux pays, des organismes non gouvernementaux (auto)réglementent également l'utilisation de l'eau, c'est le cas notamment des associations

d'utilisateurs d'eau. De telles réglementations peuvent reposer sur les coutumes et traditions locales régissant l'utilisation de l'eau et la répartition entre le propriétaire de la source et ses utilisateurs.

Les informations réunies dans cette étape du processus constitueront la base de la conception et de la planification techniques et agronomiques dans les modules suivants. Si elle est correctement appliquée, cette étape du processus permettra de mettre en évidence les possibilités et les limites du développement de l'irrigation envisagé dès le début de la phase d'élaboration du SPIS.

L'étape « Analyser la gestion et la réglementation de l'eau » est étroitement liée aux étapes « Analyser l'extraction d'eau » et « Étudier la gouvernance coopérative de l'eau ». Ces trois étapes définissent le cadre dans lequel un SPIS peut être développé selon une perspective de gestion durable des ressources en eau.

L'étape « Analyser la gestion et la réglementation de l'eau » s'appuie sur la collecte d'informations, de données et de caractéristiques principales concernant la source, l'accès à l'eau et la situation juridique en matière de permis d'utilisation de l'eau. L'objectif de cet exercice est de bien comprendre sur le plan juridique quelles sources peuvent être exploitées, les droits d'accès à l'eau qu'il convient d'obtenir et les limites à respecter en ce qui concerne le prélevement d'eau.

La **Liste de contrôle pour la gestion des ressources en eau – PRÉSERVER L'EAU** de cette boîte à outils fournit des lignes directrices pour le recueil et l'examen des informations et des données dans la section 1. Cette section de l'outil nécessite une compilation des informations provenant des autorités publiques, des organismes de gestion de l'eau et des groupes d'utilisateurs.

Pour définir l'échelle de l'infrastructure du SPIS, l'exploitant agricole ou le conseiller doit tenir compte de plusieurs **limites et restrictions** :

- **type de source d'eau** : le type de source (puits à ciel ouvert ou tubé, bassin/réservoir, lac ou rivière) et ses dimensions (taille, profondeur, niveau d'eau sous la surface) sont déterminants pour les exigences techniques concernant un éventuel prélevement d'eau – ces informations sont également prises en compte dans le module CONCEVOIR ;
- **gestion de l'eau et planification de l'irrigation** : les plans respectifs devraient guider les décisions des organismes de réglementation de l'eau quant aux permis d'utilisation de l'eau et aux droits d'accès à l'eau. Par conséquent, il est important que l'exploitant agricole/le conseiller aligne le projet envisagé sur ces plans ;
- **droits et obligations en matière d'eau** : la propriété de la source d'eau (privée, publique ou commune, propriété fondée sur l'utilisation ou la possession) est un facteur déterminant pour l'accès de l'exploitant agricole à une source d'eau;
- **informations sur le permis d'utilisation de l'eau et aspects liés aux autorisations** : le droit de prélever l'eau de la source doit être fondé sur un permis d'utilisation de l'eau reconnu juridiquement. L'existence d'une telle disposition légale pour le prélevement d'eau est le principal élément déterminant pour tout développement de l'irrigation. Elle détermine également les quantités (quantités annuelles ou quotas mensuels), les conditions et les restrictions émises par les autorités responsables de la gestion de l'eau.

Ces informations peuvent être obtenues auprès des autorités/organismes chargés de la gestion des permis d'utilisation de l'eau.

Important : Les informations et les données requises pour cette étape du processus devraient être obtenues auprès de sources reconnues sur le plan juridique et vérifiées. Ne prenez pas de décision sur la base d'informations obtenues auprès de sources secondaires non vérifiées.

De même, les accords informels devraient intégrer toutes les informations importantes notifiées par les autorités publiques, en particulier les droits d'accès, les quotas de prélèvement et les restrictions/conditions.

Un permis de prélèvement d'eau est obligatoire ! La conception et la planification d'un SPIS ne pourront avoir lieu qu'après la délivrance d'un permis de prélèvement d'eau ! La conception et la planification d'un SPIS devraient être basées sur les quantités admises et les conditions prévues par un permis de prélèvement d'eau juridiquement valable.

- les quantités/quotas de prélèvement et les restrictions prévues par le permis de prélèvement d'eau ont force obligatoire ;
- les accords informels devraient être dûment enregistrés et reconnus juridiquement.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Exploitants agricoles et conseillers agricoles

RÉSULTAT/PRODUIT

- Compilation des données et des informations relatives à la source d'eau, aux droits d'accès à l'eau et aux permis de prélèvement d'eau ;
- évaluation de la possibilité de développer un SPIS sur la base d'une source d'eau spécifique.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Informations sur les principales caractéristiques de la source d'eau ;
- informations sur l'admissibilité à l'eau et sur les types de droits d'accès à l'eau ;
- informations sur le type et les caractéristiques du permis de prélèvement d'eau.



- Autorités responsables de la gestion de l'eau et des permis
- Organisations d'agriculteurs / groupes d'utilisateurs de l'eau

POINTS IMPORTANTS

- Un permis de prélèvement d'eau juridiquement valable est indispensable au développement d'un système d'irrigation ;

Pompage des eaux souterraines et stockage à court terme

(Source : BGR)

3. ANALYSER L'EXTRACTION D'EAU

L'extraction d'eau doit être régie par un permis de prélèvement d'eau légalement institué qui fournit également des informations sur les quantités/quotas annuels ou mensuels autorisés et sur des conditions ou restrictions spécifiques telles que les limites saisonnières. Cette étape porte sur la collecte d'informations concernant la méthode d'extraction existante ou prévue (gravité, levage manuel ou pompe à moteur) et la pompe à eau. Il convient en outre d'évaluer la disponibilité réelle de l'eau. Ces deux aspects sont essentiels pour déterminer si un système d'irrigation existant ou planifié peut être exploité de manière durable.

La **Liste de contrôle pour la gestion des ressources en eau – PRÉSERVER L'EAU** de cette boîte à outils donne des indications sur les informations et les données à collecter et examiner dans la section 2. L'analyse du potentiel d'extraction d'eau d'un puits nécessite des informations techniques qui sont généralement fournies par les prestataires de services techniques (société de forage, fabricants de pompes, fournisseurs des systèmes d'irrigation et installateurs de pompes).

L'aspect principal de ce processus consiste à évaluer la disponibilité de l'eau dans la source d'eau choisie. Pour les sources d'eau de surface (bassin/réservoir, lac et rivière pérenne), une évaluation générale est réalisée afin de déterminer si les quantités d'eau requises peuvent être fournies chaque mois de l'année. Pour les puits et les forages exploitant les ressources en eaux souterraines, un test doit être réalisé pour examiner les propriétés hydrauliques du système aquifère et établir un taux de prélèvement durable. Cela se fait au moyen d'un test de pompage (également appelé test d'aquifère), lequel doit être effectué après l'installation d'une pompe. Un test de pompage est un test effectué sur le terrain, au cours duquel l'eau est pompée dans un puits à un débit contrôlé et le rabattement est mesuré dans un ou plusieurs puits d'observation alentours et éventuellement dans le puits où l'eau est pompée ; les données relatives au rabattement obtenues suite au test de pompage sont utilisées pour estimer les propriétés hydrauliques des aquifères, évaluer la performance des puits et identifier les limites des aquifères. Habituellement, les propriétés de l'aquifère sont estimées à partir d'un test de pompage à débit constant en ajustant des modèles mathématiques (courbes types) aux données de rabattement selon une procédure connue sous le nom de concordance des courbes et en tenant compte de la configuration géologique de l'aquifère.

Sur la base des données obtenues, il est possible de comparer les principales valeurs liées au prélèvement d'eau (débit, exprimé en m³/heure ou en m³/jour) :

- **capacité de prélèvement d'eau** : quantités d'eau pouvant techniquement être prélevées d'une source d'eau au moyen du dispositif d'extraction/de pompage installé ;
- **Permis de prélèvement d'eau** : quantité maximale d'eau à laquelle un détenteur de permis a légalement droit dans une période donnée (par année, mois ou jour) ;
- **prélèvement d'eau escompté** : quantité d'eau qui devrait s'avérer nécessaire selon la pré-planification du système d'irrigation.

L'objectif de cet exercice est de s'assurer que la capacité de pompage :

- ne dépasse pas la capacité prévue par le permis de prélèvement d'eau ;
- répond aux besoins en eau des cultures et aux exigences techniques de stockage.

Recommandation : demander à la société d'installation du puits et à l'installateur de la pompe d'effectuer l'analyse et de fournir les données correspondantes avant d'entreprendre toute autre planification pour le SPIS.

Important : Si un ou plusieurs des principes ci-dessus concernant les différents débits ne sont pas applicables lors de la comparaison des données, le système ne peut pas être exploité de façon durable et son fonctionnement peut avoir de graves conséquences écologiques (assèchement des puits, bilan hydrique négatif dans l'aquifère, baisse du niveau des nappes phréatiques) et financières (surdimensionnement du système, disponibilité insuffisante de l'eau pour la production agricole). Il est donc nécessaire d'apporter les ajustements nécessaires à la conception du système, voire d'abandonner le projet.

RÉSULTAT/PRODUIT

- Compilation des données et des informations sur les débits pour la source d'eau, la pompe et le système ;
- comparaison des débits pour un rendement sécurisé de la source d'eau, le permis de prélèvement d'eau, la pompe et le système d'irrigation.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Débit de la source d'eau ;
- quota prévu par le permis de prélèvement d'eau ;
- courbe de débit de la pompe à eau ;
- prévisions de la demande d'eau du système d'irrigation.

POINTS IMPORTANTS

- Un rendement sécuritaire (prélèvement durable) de la source d'eau est le facteur déterminant pour une exploitation durable ;
- un test de pompage ou d'aquifère doit être effectué et nécessite une expertise particulière ;
- des informations sur les sources d'eau existantes et l'installation de pompage sont disponibles auprès des prestataires de services techniques.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Exploitants agricoles et conseillers agricoles
- Autorités responsables de la gestion des ressources en eau et des permis ;
- Organisations d'agriculteurs / groupes d'utilisateurs de l'eau
- Prestataires de services techniques ;

4. ÉTUDIER LA GOUVERNANCE COOPÉRATIVE DE L'EAU

Chaque système d'irrigation est développé dans un environnement hydrologique, socio-économique et culturel. Le développement de l'irrigation à énergie solaire peut affecter les intérêts des autres utilisateurs d'eau. Cependant, de bonnes relations entre les utilisateurs d'eau voisins d'une ressource en eau commune leur permettront non seulement d'éviter les conflits, mais également de créer des opportunités de coopération et d'en tirer des avantages mutuels. Quel que soit le cadre institutionnel chargé de réglementer l'accès à l'eau, un fonctionnement durable des systèmes d'irrigation exige un haut degré de responsabilité et le respect des règles et règlements par l'exploitant agricole. Dans ce contexte, l'autocontrôle et l'autoréglementation dans l'exploitation agricole et entre les utilisateurs de l'eau d'une ressource en eau commune peuvent contribuer à mettre en œuvre efficacement les réglementations des autorités publiques responsables en matière d'utilisation des ressources. Par conséquent, l'action collective des utilisateurs de l'eau doit être prise en compte dans la conception du système pour permettre une exploitation durable. La connaissance qu'a l'exploitant agricole du système de gouvernance locale et des limites et restrictions que ce dernier impose à son projet d'irrigation est essentielle pour la durabilité de ce projet.

L'étape du processus « Étudier la gouvernance coopérative de l'eau » suggère de prendre en compte trois niveaux pertinents de gouvernance de l'eau d'irrigation pour la planification du projet :

- **Niveau de l'exploitation agricole :** le prélèvement d'eau à partir de sources d'eau et l'utilisation de l'eau prélevée devraient être basés sur le cadre prévu par le permis de prélèvement d'eau et les principes de rendement sécuritaire (voir ci-dessus). Cela nécessite une mesure précise de l'eau à la sortie de la

pompe et à l'entrée du système et une discipline d'autocontrôle.

- **Niveau du milieu environnant :** comme le pompage des eaux souterraines entraîne la formation d'un cône de dépression au niveau de la nappe souterraine locale (voir ci-



dessus), les utilisateurs situés dans la « **zone d'influence** » d'un puits peuvent être affectés par le prélèvement d'eau pour le système d'irrigation envisagé. De même, le prélèvement d'eau par ces utilisateurs a une influence sur la disponibilité de l'eau pour le projet envisagé. Afin de garantir un prélèvement d'eau durable à partir d'une source d'eau spécifique, il convient d'établir un accord d'utilisation et de mettre en place un processus d'autocontrôle.

Mesure du niveau de l'eau de la source au moyen d'un compteur d'eau proportionnel

(Source : M. Eichholz/ BGR)

- **Niveau des utilisateurs d'eau ou niveau de l'organisation agricole :** les utilisateurs d'eau d'irrigation sont souvent organisés en groupes ou organisations d'utilisateurs qui sont chargés d'élaborer et de gérer les

règles et règlements pour le prélèvement d'eau et le fonctionnement de l'infrastructure d'irrigation collective. Une organisation implique le respect d'obligations et d'exigences, mais présente également des opportunités de partage des risques en cas de pénurie d'eau.

- L'analyse des résultats du test de pompage réalisé au cours de l'étape précédente permet d'identifier l'utilisateur pouvant être affecté par (ou pouvant affecter) le prélèvement d'eau prévu.
- Sur la base de cette délimitation spatiale, une évaluation des aspects suivants doit être effectuée :
 1. Existe-t-il des mécanismes de coordination ou d'autres accords institutionnalisés entre les utilisateurs ?
 2. L'accord reflète-t-il les principes fondamentaux de la gestion durable des ressources en eau ? Ces principes peuvent-ils être inclus ?
 3. Toutes les exploitations agricoles/tous les utilisateurs voisins surveillent-elles(ils) et mesurent-elles(ils) leur prélèvement d'eau et leur utilisation de l'eau ? Les utilisateurs des eaux souterraines situés dans le rayon d'influence disposent-ils de moyens techniques pour cela ? Les données de contrôle sont-elles traitées de manière transparente ? De quelle manière ? (par exemple, l'association, l'autorité ou le grand public).
 4. Les accords d'utilisation intègrent-ils une disposition pour une adaptation uniforme et transparente des prélèvements d'eau en période de disponibilité limitée de l'eau ou d'autres situations (restrictions dues aux pollutions accidentelles, établissement de points d'extraction supplémentaires, etc.) ou cela peut-il être convenu ? Existe-t-il des mécanismes de coopération en cas de sécheresse ?

Recommandation : l'action collective des utilisateurs d'eau est une approche très efficace pour aider les exploitants agricoles/producteurs utilisant une ressource commune à préserver la source d'eau de manière conjointe et à respecter les principes d'une gestion durable des ressources en eau. Les accords et mesures peuvent intégrer des aspects importants tels que les quotas de prélèvement d'eau pour chaque exploitant agricole, la liste des cultures saisonnières, l'utilisation de technologies d'irrigation économes en eau, l'approche et la méthode de prélèvement d'eau et de suivi de l'utilisation et l'échange d'informations en cas de crise/d'urgence.

Important : l'irrigation solaire ne peut contribuer à une bonne gouvernance de l'eau que si le système d'irrigation est conçu de manière durable et exploité avec prudence. Cela inclut une conception du système et des dépenses basées sur les quantités d'eau autorisées et l'intégration de la mesure du niveau d'eau tout au long du processus de production. En outre, l'action collective des utilisateurs doit s'appuyer sur un avis scientifique permettant de sensibiliser les utilisateurs aux aspects de la gestion durable des ressources en eau et leur fournissant des informations sur les cultures économes en eau, les technologies d'irrigation et les méthodes de culture.

RÉSULTAT/PRODUIT

- Évaluation des exploitants agricoles/utilisateurs supplémentaires dans la zone d'influence ;
- évaluation des règles et des institutions en place relatives aux eaux souterraines, telles que les accords d'utilisation et les systèmes d'autocontrôle ;
- évaluation des mécanismes de coordination et de coopération entre les utilisateurs des eaux souterraines voisins ;

- sensibilisation des exploitants agricoles/utilisateurs.

DONNEES NECESSAIRES

- Rayon d'influence (se reporter à « Analyser l'extraction d'eau ») ;
- renseignements concernant les accords d'utilisation.

POINTS IMPORTANTS

- Il convient d'intégrer des dispositions techniques de contrôle du prélèvement

et d'utilisation de l'eau dans la conception du système ;

- les services de conseil devraient promouvoir les accords d'utilisation de manière proactive.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Exploitants agricoles et conseillers agricoles
- Autorités responsables de la gestion de l'eau et des permis
- Organisations d'agriculteurs / groupes d'utilisateurs de l'eau

5. EXAMINER LES RISQUES ET LES IMPACTS POTENTIELS

Grâce à un examen approfondi des risques et impacts liés au prélèvement d'eau des sources d'eau disponibles, le conseiller agricole ou le professionnel du développement (le **promoteur**) pourra identifier les limites et les contraintes du projet d'irrigation.

Les étapes précédentes visent à recueillir des informations sur les quantités d'eau disponibles et les droits d'utilisation. Dans de nombreux pays, ces informations sont détenues par différentes autorités et sont souvent fragmentaires ou incomplètes. Il est donc important que le promoteur recoupe les informations provenant de différentes sources pertinentes. Il peut s'agir d'autorités publiques, d'associations d'utilisateurs d'eau, de professionnels du secteur de l'eau ainsi que d'institutions scientifiques chargées de la gestion locale de l'eau.

- En particulier lorsqu'il s'agit de données hydrologiques et d'estimations des quantités disponibles, il est important de noter qu'il est rare de trouver des conditions stables dans le cycle de l'eau. La variabilité ainsi que les changements du climat et les exploitations des ressources hydriques en amont peuvent modifier les prévisions concernant les quantités d'eau utilisées lors de la conception d'un système d'irrigation. Cela peut concerner les quantités globales comme les variations saisonnières.
- Les modifications de la disponibilité de l'eau peuvent constituer un risque pour la productivité de l'exploitation agricole et, par conséquent, pour la viabilité financière d'un projet.
- L'octroi de droits d'accès à l'eau et d'un permis de prélèvement est obligatoire pour la mise en place d'un projet d'irrigation. Le non-respect de la

réglementation sur l'eau peut entraîner des sanctions, des poursuites judiciaires et la suspension du projet.

- Il est important de vérifier si les permis qui réglementent le prélèvement d'eau sont à jour et d'en vérifier les termes. En outre, les organisations d'agriculteurs ou les groupes d'utilisateurs d'eau peuvent fournir des informations sur les quantités d'eau disponibles et éventuellement sur les calendriers et les restrictions d'utilisation.
- Les organismes de subvention ou de financement peuvent se voir imposer des obligations/restrictions particulières concernant le développement de l'irrigation si un soutien financier est apporté – cela peut concerner le type d'irrigation, la taille du système, l'utilisation productive ainsi que le respect des principes de durabilité lors du prélèvement et de l'utilisation de l'eau.

Recommandation : L'examen des risques et impacts potentiels d'un projet d'irrigation devrait reposer sur des informations officielles et fiables recueillies au cours des étapes précédentes. Le processus de planification et de conception d'un système d'irrigation ne devrait être poursuivi qu'après l'octroi d'un permis de prélèvement d'eau valide.

En résumé des questions relatives à l'eau soulevées dans ce module, il est essentiel qu'en sus de la réglementation par les autorités publiques, chaque exploitant agricole ayant recours à l'irrigation doit être conscient de son rôle et des risques liés au partage des ressources en eau. Lors de la planification de l'irrigation solaire, il convient d'aborder les **enjeux critiques** concernant les risques potentiels suivants et leur impact sur le projet :

| Principales questions | Enjeux critiques | Conséquences éventuelles |
|----------------------------------|--|--|
| Disponibilité de l'eau et permis | Aucun permis | Aucune base pour le développement du système Nécessité d'identifier un autre site |
| | Disponibilité insuffisante d'eau en termes de quantité ou de qualité | Besoin d'adapter la taille et la conception du système Limitations saisonnières du fonctionnement Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs |
| | Restrictions/limites d'utilisation | Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière |
| | Coûts élevés de l'eau (abonnement et consommation basée sur la quantité) | Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière |
| Gestion et gouvernance de l'eau | Autres utilisateurs affectés par le prélèvement d'eau | Adaptation du prélèvement d'eau selon un calendrier harmonisé Nécessité d'adapter l'exploitation et la production |
| | Restrictions/limites prévues par la législation/les lois | Adaptation du prélèvement d'eau selon un calendrier harmonisé Nécessité d'adapter l'exploitation et la production |
| | Établissement des principes de fonctionnement et spécifications concernant la conception technique | Nécessité d'adapter la conception du système Nécessité d'adapter l'exploitation et la production Risque potentiel de manque de viabilité financière |
| | Nécessité d'investir dans des contrôles supplémentaires et dans des installations conjointes | Nécessité d'adapter la conception du système Risque potentiel de manque de viabilité financière |
| Planification de la source d'eau | Rendement durable limité de la source d'eau | Nécessité de réhabiliter/d'étendre l'installation de la source Nécessité d'adapter la conception du système Limitations saisonnières du fonctionnement Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts |

| Principales questions | Enjeux critiques | Conséquences éventuelles |
|---------------------------------------|---|---|
| | Nécessité de partager avec les autres utilisateurs | <p>environnementaux et économiques négatifs</p> <p>Nécessité de réhabiliter/d'étendre l'installation de la source Besoin d'accords et de cogestion Limitations saisonnières du fonctionnement Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</p> |
| | Planification de la source d'eau indépendamment de la conception/planification du système d'irrigation | <p>Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement de l'installation de la source Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs Risque potentiel de manque de viabilité financière</p> |
| | Planification de la source d'eau sans étude hydrologique | <p>Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement de l'installation de la source Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs Risque potentiel de manque de viabilité financière</p> |
| Conception technique et planification | Conception et planification du système d'irrigation indépendamment de la planification de la source d'eau | <p>Adaptation insuffisante de la conception du système à la disponibilité de l'eau Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement du système d'irrigation Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière</p> |
| | Conception et planification du système d'irrigation sans planification agronomique | <p>Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement du système d'irrigation Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière</p> |
| | Conception et planification de | Adaptation insuffisante de la conception du système à la disponibilité de l'eau |

| Principales questions | Enjeux critiques | Conséquences éventuelles |
|-----------------------|---|---|
| | système d'irrigation basées sur le modèle du projet | Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement du système d'irrigation Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière |
| | Conception et planification du système d'irrigation limitées en raison des prescriptions de l'autorité de subvention /financement | Adaptation insuffisante de la conception du système à la disponibilité de l'eau Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement de l'installation de la source Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière |

Aucune question ne peut être examinée de manière indépendante, car elles sont toutes étroitement liées. Il s'agit là d'un aspect clé de l'évaluation.

L'évaluation peut identifier à divers moments le **risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs**. Comme indiqué dans les étapes de précédentes, ce risque implique de nombreux impacts négatifs :

Impacts écologiques liés à la surexploitation des ressources en eau

- Épuisement des eaux/assèchement des biotopes et disparition de la végétation ;
- dégradation des sols ;
- réduction des niveaux d'eau/du débit des eaux de surface ;
- pollution et salinisation des ressources en eau.

Impacts économiques liés à la surexploitation des ressources en eau

- Augmentation du coût de pompage due à une exploitation plus profonde (apport d'énergie plus élevé, pompes de plus grande capacité) ;
- augmentation des coûts en raison des exigences de traitement de l'eau polluée/salée ;
- limites de l'irrigation en raison de l'assèchement périodique/de la diminution du débit des sources d'eau.

Impacts sociaux liés à la surexploitation des ressources en eau

- Conflits entre les utilisateurs en raison de la diminution de la disponibilité de l'eau ;
- discrimination/marginalisation des utilisateurs disposant de ressources financières limitées en raison de l'assèchement des puits à ciel ouvert/peu profonds (et impossibilité d'investir dans une exploitation plus profonde) ;
- approvisionnement en eau potable menacé en raison de la concurrence entre l'irrigation et l'approvisionnement en eau sanitaire pour les populations.

RÉSULTAT/PRODUIT

- Analyse générale des risques et impacts du projet de SPIS ;
- identification des risques potentiels susceptibles de menacer la viabilité du projet ;
- vérifier si des facteurs interdépendants ont été pris en compte.

DONNEES NECESSAIRES

- Informations sur la réglementation et la législation relatives à la disponibilité de l'eau et au prélèvement d'eau ;
- informations sur la gestion de l'eau et le cadre réglementaire /les organisations de gouvernance ;
- informations sur les prescriptions/obligations en matière de conception des systèmes émanant des organismes de subvention/financement ;
- données sur les caractéristiques et les capacités des sources d'eau ;
- données sur les besoins en eau des composants du système d'irrigation.

POINTS IMPORTANTS

- Un système d'irrigation ne peut être développé sans un permis de prélèvement d'eau/octroi de droits d'accès à l'eau ;
- les quotas de prélèvement d'eau sont contraignants et représentent la disponibilité maximale en eau pour une demande maximale ;
- la coordination entre les parties prenantes de la conception et de la planification n'est pas chose acquise et doit faire l'objet d'une promotion active ;
- le recoupage des données (en utilisant différentes sources d'information) est nécessaire pour obtenir une vue d'ensemble réaliste et complète ;
- les systèmes d'irrigation devraient être intégrés dans le contexte hydrologique, social et économique de la région. Les systèmes prêts à l'emploi sont à éviter.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Exploitants agricoles et conseillers agricoles
- Autorités responsables de la gestion de l'eau et des permis
- Services hydrologiques
- Organisations d'agriculteurs / groupes d'utilisateurs de l'eau
- Société de gestion des puits
- Constructeur et prestataire de technologie
- Organisme de subvention/financement

6. ADAPTER LA PLANIFICATION ET L'EXPLOITATION

L'étape finale du processus de ce module s'appuie sur les résultats des étapes précédentes 2 à 5, dans lesquelles des facteurs importants liés à une utilisation durable des ressources en eau destinées au système d'irrigation ont été évalués. Aucune de ces étapes ne doit être ignorée et il est très important que l'analyse sous-jacente, adoptant la logique de ces étapes du processus, soit réalisée avant que le projet de SPIS ne soit conçu et planifié.

Il est presque certain que les résultats des étapes 2 à 5 du processus aboutissent à des limites et à des restrictions en ce qui concerne la conception et le coût de tous les composants du système, ainsi qu'à des solutions pour la production agricole. Les ressources en eau étant limitées et de plus en plus restreintes, les critères de durabilité en matière d'exploitation des ressources en eau devraient toujours prévaloir. Le facteur déterminant pour le développement du système d'irrigation est donc la disponibilité durable de l'eau – **la conception et la planification du système et de la production sont basées sur le rendement sécuritaire de la source d'eau ciblée !**

Il peut être essentiel d'adapter et d'ajuster les systèmes prédéfinis ou sur mesure en se basant sur le principe ci-dessus en cas :

- **d'absence de permis de prélèvement d'eau ou d'un permis insuffisant :** dans le pire des cas, un projet d'irrigation ne serait pas possible en raison de l'absence de droits de prélèvement d'eau ou de quotas de prélèvement trop faibles pour permettre une production acceptable. Très souvent, les limites et les conditions définies par les permis de prélèvement nécessitent une réduction de la puissance du système (en raison de la disponibilité limitée de l'eau) et/ou l'adaptation de la rotation des cultures (disponibilité limitée de l'eau, restriction concernant les végétaux pouvant être cultivées de manière saisonnière, restriction concernant l'utilisation des intrants agricoles en raison de la protection des sols et de l'eau). Cela peut également avoir des répercussions sur la gestion et l'exploitation du système ;
- **d'une faible disponibilité de l'eau et des variations saisonnières :** l'évaluation du rendement sécuritaire d'une source d'eau peut limiter davantage encore les solutions d'irrigation et de production – les restrictions saisonnières sont fréquentes (par exemple pendant les saisons sèches). Il est important de garder à l'esprit que le rendement sécuritaire (durable) d'une source d'eau peut être inférieur au quota prévu par le permis de prélèvement d'eau ;
- **de multiples demandes pour une ressource en eau commune :** d'autres restrictions – et donc la nécessité d'adapter/d'ajuster la conception/le coût du système, la production et l'exploitation – peuvent résulter d'une analyse des effets de proximité dans la zone d'influence du projet d'irrigation. Les intérêts et les droits de tous les exploitants agricoles/utilisateurs concernés doivent être pris en compte et harmonisés. Cela peut se faire au moyen d'accords d'utilisation bilatéraux entre agriculteurs voisins ou sous l'égide des associations d'utilisateurs de l'eau et aboutir à des restrictions sur les cultures saisonnières, la distribution tournante de l'eau, la réduction des débits) ;
- **d'exigences en matière de conception de la part d'une entité de financement :** les conditions et les restrictions des organismes de

financement/subvention posent un problème particulier. Ces conditionnalités sont souvent liées à l'utilisation d'une technologie particulière (par exemple la micro-irrigation économe en eau) ou à la mise en place de cultures particulières (par exemple, x % de la rotation des cultures doit s'appliquer aux oléagineux ou d'autres cultures) et peuvent également limiter les options concernant la conception du système et pour une production viable.

Recommandation : tout système d'irrigation doit être conçu et organisé sur la base d'une planification rigoureuse s'appuyant sur une analyse minutieuse des conditions cadres et des paramètres de conception, comme expliqué plus en détail dans le module **CONCEVOIR**.

La disponibilité de l'eau peut évoluer lorsque le système d'irrigation a été installé conformément aux permis délivrés. Compte tenu de l'augmentation de la variabilité du climat à l'échelle mondiale, il est recommandé de concevoir un système d'irrigation flexible et résilient face à la pénurie d'eau. Les étapes vers l'irrigation résiliente à la sécheresse peuvent inclure, par exemple, la sélection de cultures peu exigeantes en eau, l'utilisation très efficace de l'eau et des mécanismes d'adaptation tels que des systèmes de stockage de l'eau ou des assurances. Dans ce contexte, le rôle de l'action collective et du partage des risques entre les utilisateurs de l'eau devraient être pris en compte.

Important : ignorer les diverses conditions cadres limitatives et les restrictions peut conduire au surdimensionnement ou au sous-dimensionnement de la capacité du système et à une exploitation non durable. En ce qui concerne les systèmes surdimensionnés, un prélèvement d'eau supérieur au rendement sécuritaire aura un impact négatif sur l'environnement et pourrait constituer une violation du permis d'utilisation de l'eau/de prélèvement d'eau délivré. Un prélèvement d'eau trop faible peut entraîner un faible taux

d'utilisation du système ou une sous-irrigation, ce qui aura des conséquences sur la viabilité financière. Il n'est possible d'atteindre la durabilité environnementale et financière que si la disponibilité de l'eau, la conception/le coût du système, la production agricole et la gestion et l'exploitation de l'irrigation sont harmonisés dès la phase de conception.

Au sens d'une gestion adaptative, il est important de réévaluer les conditions cadres à intervalles réguliers car certains facteurs peuvent changer, tels que les restrictions saisonnières concernant certaines cultures (qui nécessitent beaucoup d'eau) ou les modifications des modèles/quantités d'allocation de l'eau. Ces changements peuvent nécessiter des ajustements concernant l'exploitation du système et la planification de la production après la construction du système d'irrigation.

RÉSULTAT/PRODUIT

- Ajustement/adaptation de la conception/du coût du système vers une gestion adaptative ;
- ajustement/adaptation de l'exploitation du système axé(e) sur l'efficacité ;
- ajustement/adaptation de la production.

DONNEES NECESSAIRES

- Résultats des étapes du processus 2 à 5

POINTS IMPORTANTS

- Des ajustements/adaptations insuffisant(e)s de la conception, de l'exploitation ou de la production du système ont des impacts écologiques et financiers négatifs ;
- les ajustements/adaptations ne prennent pas fin après la construction du SPIS ; il s'agit d'un processus continu.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Exploitants agricoles et conseillers agricoles
- Autorités responsables de la gestion de l'eau et des permis
- Organisations d'agriculteurs / groupes d'utilisateurs de l'eau
- Fournisseurs de technologie et de services

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Lectures complémentaires

Cech, T. V. (2010) : Principles of Water Resources: History, Development, Management, and Policy (« Principes régissant les ressources en eau : histoire, développement, gestion et politiques »). USA : John Wiley & Sons.

Hahn, A., Sass, J. & Fröhlich, C. (2015) : Manual and tools for promoting SPIS. Multicountry - Stocktaking and Analysis Report (« Manuel et outils de promotion des SPIS. Bilan et rapport d'analyse multinational »). GFA Consulting Group. Extrait de http://energypedia-uwe.ideas-sketch.com/wiki/File:Stocktaking_and_Analysis_Report_-_Final_Draft.pdf

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (2010) : Sustainable Management of Water Resources in Agriculture (« Gestion durable des ressources en eau dans le secteur agricole »). Extrait de <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/sustainablemanagementofwaterresourcesinagriculture.htm>

Ponce, V.M. (2006) : Groundwater Utilization and Sustainability (« Utilisation des eaux souterraines et durabilité »). Extrait de <http://groundwater.sdsu.edu/>

Shah, T. (2014) : Groundwater Governance and Irrigated Agriculture (« Gouvernance des eaux souterraines et agriculture irriguée »). Dans : *Tec Background Series* 19. Stockholm, Suède. Elanders. Extrait de http://www.gwp.org/globalassets/global/tools/publications/background-papers/gwp_tec_19_web.pdf

Tuinhof, A., Van Steenbergen, F., Vos, P. & Tolk, L. (2012) : Profit from Storage. The costs and benefits of water buffering (« Bénéfices du stockage. Les coûts et les avantages de la régulation hydrique »). Wageningen, Pays-Bas. Extrait de <https://www.un-igrac.org/file/767/download?token=wMZRuxFp>

Sites Web

Ground Water Governance. A global Framework for Action (« Gouvernance des eaux souterraines. Un cadre d'action mondial »). Extrait de <http://www.groundwatergovernance.org/home/en/>

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffen (BGR) : Trainings manual - Integration of Groundwater Management into Transboundary Organizations in Africa (« Manuel de formation - Intégration de la gestion des eaux souterraines dans les organisations transfrontalières en Afrique »). Extrait de https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Politikberatung_GW/Produkte/Trainings_Manual.html

Duffield, G. M. : Aquifer Testing 101. Pumping Test (« Tester un aquifère 101. Test de pompage »). AQTESOLV. Extrait de <http://www.aqtesolv.com/pumping-tests/pump-tests.htm>

Illinois Environmental Protection Agency : Groundwater Quality Protection Program (« Programme de protection de la qualité des eaux souterraines »). Extrait de <http://www.epa.illinois.gov/topics/water-quality/groundwater/>

Outils

- **PRÉSERVER L'EAU – outil de gestion des besoins en eau** : outil permettant de calculer les besoins mensuels en eau des différentes cultures et du bétail
- **PRÉSERVER L'EAU – liste de contrôle pour la gestion des ressources en eau des SPIS** : comprend des lignes directrices en vue d'un contrôle régulier du prélèvement durable et légal d'eau
- **IRRIGUER– Outil « sol »** : calculateur permettant de déterminer l'intervalle d'irrigation en fonction de la situation géographique, des précipitations, du type de culture et du type de sol

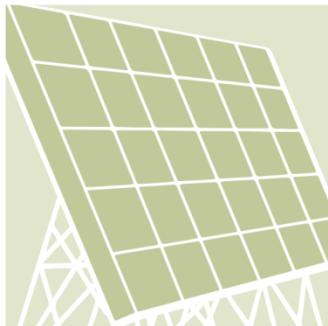
Glossaire technique

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperseur ». |
| Évaporation | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. [mm] |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (ETo pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |

| | |
|--------------------------------|---|
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des méthodes de la valeur actualisée nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) et en estimant la sensibilité des éléments de coût et de revenu (voir le module FINANCER). |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |

| | |
|--|--|
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit) |
| | Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. |
| | Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |

| | |
|-----------------------------|---|
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | <p>Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont :</p> <p>l'irrigation par sillons : l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ;</p> <p>l'irrigation en bassin : l'eau est amenée sur une surface entièrement plane entourée de digues et</p> <p>l'irrigation par inondation : l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures.</p> |
| Transpiration | Eau absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |



Module 4 : Commercialiser



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



SWEDEN



La boîte à outils pour les conseillers en systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development - PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solution énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire financier de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement
<https://poweringag.org>

Version

1.0 (avril 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces

dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ

Auteur

Projet de la GIZ Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

En savoir plus et contact

<https://poweringag.org>

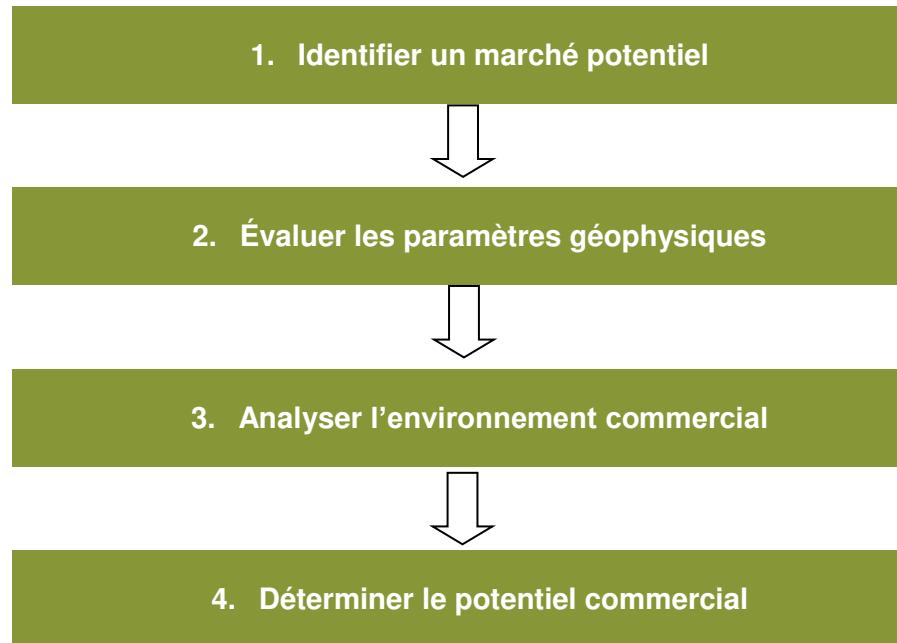
Powering.Agriculture@giz.de

© GIZ, 2018

ABRÉVIATIONS

| | |
|-------|---|
| USAID | Agence des États-Unis pour le développement international (United States Agency for International Development) |
| PAEGC | Propulser l'agriculture : un grand défi pour le développement (Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development) |
| Sida | Agence suédoise de coopération internationale au développement (Swedish International Development Cooperation Agency) |
| BMZ | Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement |
| OPIC | Overseas Private Investment Cooperation (Société de promotion des investissements du secteur privé à l'étranger) |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RISE | Indicateurs de réglementation pour l'énergie durable (Regulatory Indicators for Sustainable Energy) |
| SPIS | Systèmes d'irrigation à énergie solaire (Solar Powered Irrigation Systems) |
| ODD | Objectifs de développement durable |
| MAN | Modèle altimétrique numérique |
| SIG | Système d'information géographique |
| ZAE | Zones agro-écologiques |
| GAEZ | Zones agro-écologiques mondiales (Global Agro-ecological Zones) |
| IIASA | Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués |

MARCHÉ



1. OBJECTIF DU MODULE ET ORIENTATION

Le module intitulé **MARCHÉ** se propose de donner une méthode théorique de haut niveau pour mener à bien les analyses de potentiel de marché des systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS) dans un pays ou une région donnée. Il énonce un ensemble de paramètres à prendre en considération, lesquels peuvent être appliqués par les différentes parties prenantes (telles que les entreprises privées de SPIS, les décisionnaires, les institutions financières et les professionnels du développement) pour évaluer le potentiel commercial des systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS).

Le module part du principe que l'évaluation du potentiel commercial d'un SPIS implique de la part de l'utilisateur d'avoir identifié une zone cible. Le **Chapitre 1 : Identification du marché potentiel** énonce les facteurs à prendre en compte dans l'identification du marché et donne les outils susceptibles d'être utilisés dans ce but.

Parallèlement, le Module identifie les deux grandes catégories de paramètres indispensables pour mener une évaluation de haute qualité du potentiel commercial des SPIS dans un pays ou une région cible : 1) les caractéristiques géophysiques et 2) l'environnement commercial. Le **Chapitre 2 – Évaluation des paramètres géophysiques** et le **Chapitre 3 – Analyse de l'environnement commercial** exposent

les paramètres spécifiques de chaque catégorie. Ces chapitres proposent des définitions des paramètres et mettent en lumière pourquoi ceux-ci sont considérés comme des éléments clés de l'analyse du marché.

Les paramètres identifiés sous les attributs géophysiques comprennent : l'occupation et l'utilisation des sols, le rayonnement solaire, la disponibilité en eau, la topographie, les cultures et les élevages et les températures ambiantes.

Les paramètres affectant l'environnement commercial incluent : l'action gouvernementale et non gouvernementale, le financement, la disponibilité et les coûts des énergies non solaires, le niveau des capacités techniques liées aux SPIS, les niveaux de sensibilisation aux technologies photovoltaïques et d'irrigation à énergie solaire, la part de l'agriculture dans l'économie, les régimes fonciers et les droits d'utilisation des sols ainsi que les infrastructures de transport et de communication.

Le module s'accompagne de l'élément **MARCHÉ – Outil d'analyse du marché** qui examine les paramètres géophysiques de base et donne des recommandations et des pondérations pour analyser les paramètres qui permettent de définir un environnement favorable pour un SPIS.

2. IDENTIFIER DES MARCHÉS CIBLES

La première étape consiste à identifier un marché intéressant puis à analyser le potentiel de ce marché pour un SPIS. L'élément clé du processus d'identification ayant un impact sur l'évaluation du marché est la question de savoir **QUI** est intéressé par la promotion et l'adoption de SPIS et **POURQUOI**. Plusieurs possibilités sont envisageables ; il peut s'agir de sociétés privées de SPIS désireuses de s'implanter sur de nouveaux marchés ou d'agences de développement désireuses de promouvoir des objectifs de développement durables (ODD) dans une région ou encore de décideurs politiques ou d'agences gouvernementales intéressés par la croissance ou par la diversification de l'économie de leur pays. Les paramètres présentés dans ce module et leurs pondérations associées peuvent donc être considérés comme des paramètres s'appliquant autant à l'évaluation du marché qu'à l'analyse de l'écart.

L'identification de marchés cibles pour les SPIS implique l'analyse de nombreux paramètres, parmi lesquels différents paramètres géophysiques et économiques. Ceci peut s'avérer fastidieux et exiger un fort investissement en temps pour les parties prenantes n'ayant pas encore envisagé de marché cible précis ou simplement soucieuses de se faire une idée des zones potentielles dans lesquelles les systèmes pourraient être mis en place ou utilisés.

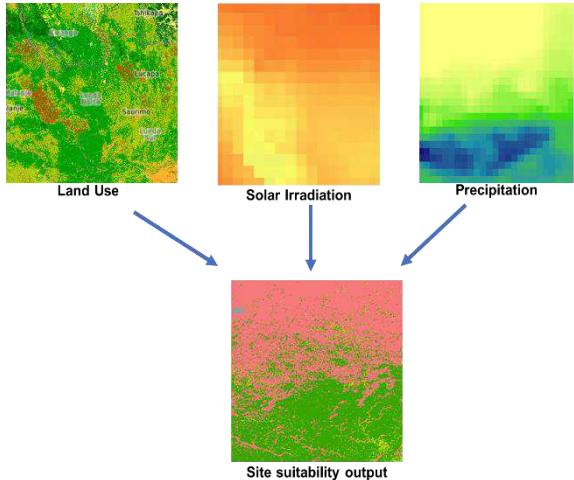
Étant donné que les recommandations données aux chapitres 2 et 3 servent davantage à déterminer si un emplacement pré-identifié est potentiellement intéressant pour les SPIS plutôt qu'à identifier un marché cible, le présent chapitre vise à faciliter le processus d'identification en proposant quelques considérations essentielles à prendre à compte lors de l'identification d'un marché.

Trois paramètres géophysiques sont considérés comme essentiels pour la viabilité des SPIS dans une zone : l'irradiation solaire, les précipitations et l'occupation et l'utilisation des sols. Ces paramètres géophysiques sont listés ci-dessous et développés ultérieurement dans la partie de ce module qui leur est consacrée.

- **L'irradiation solaire** se réfère à l'énergie incidente par unité de surface de la terre exprimée en kilowattheure par mètre carré (kWh/m^2). Bien que les progrès des technologies photovoltaïques solaires permettent désormais l'exploitation de faibles niveaux d'irradiation, il est généralement admis que plus les niveaux d'irradiation sont faibles moins la viabilité économique d'un SPIS est garantie, en raison du montant dissuasif du capital d'investissements nécessaire.
- **Les précipitations** sont considérées comme un facteur essentiel d'autant que l'on part du principe que les régions recevant des précipitations au-delà d'un certain seuil n'ont pas besoin d'irrigation. La canne à sucre par exemple est considérée comme ayant le plus fort besoin saisonnier en eau, soit 1 500 à 2 500 mm, ce qui revient à un besoin mensuel moyen de 200 mm selon la FAO. Ceci signifie donc que les zones recevant des volumes de précipitations supérieurs à 200 mm par mois représentent un intérêt limité en termes de viabilité pour les SPIS.
- **L'occupation et l'utilisation des sols** constituent un paramètre qui permet d'éliminer les zones inappropriées comme les forêts, les zones urbaines et les zones enneigées.

Les cartes d'aptitude fournissent un excellent aperçu des pays ou des régions disposant de vastes superficies de terres propices à l'irrigation à énergie solaire. Ces cartes peuvent guider les parties

prenantes pour effectuer une analyse plus approfondie des paramètres géophysiques et économiques au sein des pays identifiés.



Principaux paramètres géophysiques de cartographie de l'aptitude

(Source : EED Advisory, Kenya, 2018)

RÉSULTAT / PRODUIT

- Marché cible pour SPIS

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données relatives aux précipitations
- Données relatives à l'occupation et à l'utilisation des sols

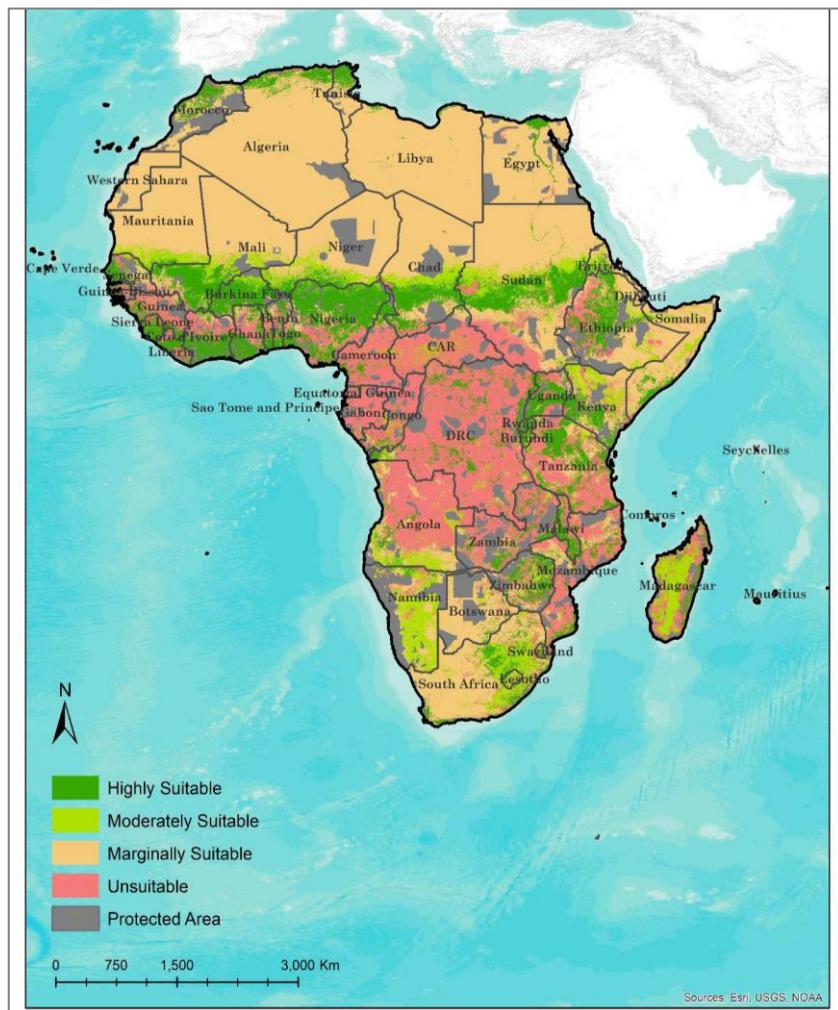
- Données relatives à l'irradiation solaire

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Sociétés de SPIS privées
- Décideurs politiques
- Institutions financières
- Professionnels du développement
- Gouvernements nationaux et régionaux

POINTS IMPORTANTS

- Les recommandations données dans les chapitres suivants seront plus utiles pour déterminer si un emplacement précis a un potentiel pour un SPIS plutôt que pour identifier un marché cible.
- L'outil Cartes d'aptitude fournit une analyse pointue en superposant les données relatives à l'irradiation solaire, aux précipitations ainsi qu'à l'occupation et à l'utilisation des sols.



Exemple de carte d'aptitude pour SPIS (données Esri, USGS, NOAA)

(Source : EED Advisory, Kenya, 2018)

3. ÉVALUER LES PARAMÈTRES GÉOPHYSIQUES

Plusieurs paramètres géophysiques peuvent être utilisés pour analyser les marchés de SPIS. Le présent module en retient trois particulièrement importants pour la viabilité des applications SPIS comme mentionné au Chapitre 1, à savoir : l'occupation et l'utilisation des sols, l'irradiation solaire et les précipitations (abordé au point « Disponibilité en eau »). Si ces trois critères sont défavorables dans la région en cours d'évaluation, il est peu probable que les SPIS puissent être utilisés. Quatre autres paramètres, essentiels à l'évaluation du marché quant à l'utilisation d'un SPIS, ont également été identifiés – qui n'affectent en rien la viabilité d'un SPIS mais peuvent avoir, au cas par cas, une influence sur le succès de son adoption. Les sept paramètres sont exposés ci-après.

OCCUPATION ET UTILISATION DES SOLS

Par occupation des sols, on entend la couverture (bio)physique de la surface terrestre, y compris notamment l'eau, les sols nus, les sols boisés, les sols artificialisés. L'utilisation des sols se réfère, quant à elle, à la façon les populations utilisent, que ce soit par exemple pour les loisirs, pour l'agriculture ou encore pour l'habitat faunique.

L'occupation et l'utilisation des sols font partie des paramètres fondamentaux à prendre en compte au cours de l'identification de marchés potentiels pour un SPIS parce qu'ils aident à déterminer des emplacements potentiellement intéressants pour l'agriculture dont d'autres paramètres dépendent à leur tour. L'occupation des sols se mesure soit par des observations directes sur le terrain, soit grâce à des techniques de télédétection impliquant l'analyse d'images satellites et aériennes. Pour obtenir les données d'utilisation des sols, l'analyse de l'occupation des sols sera complétée par

des données supplémentaires. L'ensemble de ces données aident les décisionnaires et les parties prenantes des secteurs transversaux à mieux comprendre les dynamiques à l'œuvre dans un environnement en évolution et à assurer un développement durable.

Les données sur l'occupation des sols sont généralement classées en 8 catégories, à savoir les zones humides, les plans d'eau, les zones urbaines, les zones arbustives, les prairies, les forêts, les sols nus, les sols cultivés. Ces catégories peuvent néanmoins varier en fonction de la provenance des données. Ainsi, la classification de la FAO quant à l'aptitude des sols à une utilisation agricole distingue elle quatre catégories allant de « Très apte » à « Non apte ». Selon ce système, pour les huit catégories citées ci-dessus, les terres agricoles peuvent être considérées comme *très aptes* et les « prairies » qui nécessitent un défrichage et un nivellement, comme *moyennement aptes*. Les zones arbustives et les zones dénudées, qui nécessitent un investissement initial plus important pour la préparation de la terre, peuvent être considérées comme *peu aptes* tandis que les forêts, les plans d'eau, les zones urbaines et les zones humides peuvent être considérées comme *non aptes*.

Lors de l'analyse du potentiel de marché d'un SPIS pour un pays ou une région donnée, les parties prenantes doivent évaluer la viabilité de l'irrigation du site cible en se référant aux données d'occupation et d'utilisation des sols. Ainsi le potentiel d'un SPIS sera plus élevé dans les zones classées comme très aptes que dans les zones fortement urbanisées ou humides.

Il convient de rappeler que l'analyse des données d'occupation et d'utilisation des sols étant réalisée à l'aide de techniques de télédétection, une vérification sur le terrain devrait s'ensuivre afin de valider l'occupation et l'utilisation des sols dans

les régions sélectionnées, et ce avant l'investissement.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Classification des sols basée sur l'aptitude à une utilisation agricole
- Sélection de sites optimaux pour la promotion de l'irrigation à énergie solaire.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données d'occupation et d'utilisation des sols
- Classification de l'aptitude des sols (par ex. FAO)

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Arpenteurs-géomètres
- Analystes en télédétection
- Ministères chargés du territoire

POINTS IMPORTANTS

Il est important de toujours faire suivre l'analyse de l'occupation des sols d'observations de terrain des régions sélectionnées. Les images satellites et aériennes sont certes généralement très détaillées, mais peuvent s'avérer inexploitables si les données utilisées ne sont pas à jour.

IRRADIATION SOLAIRE

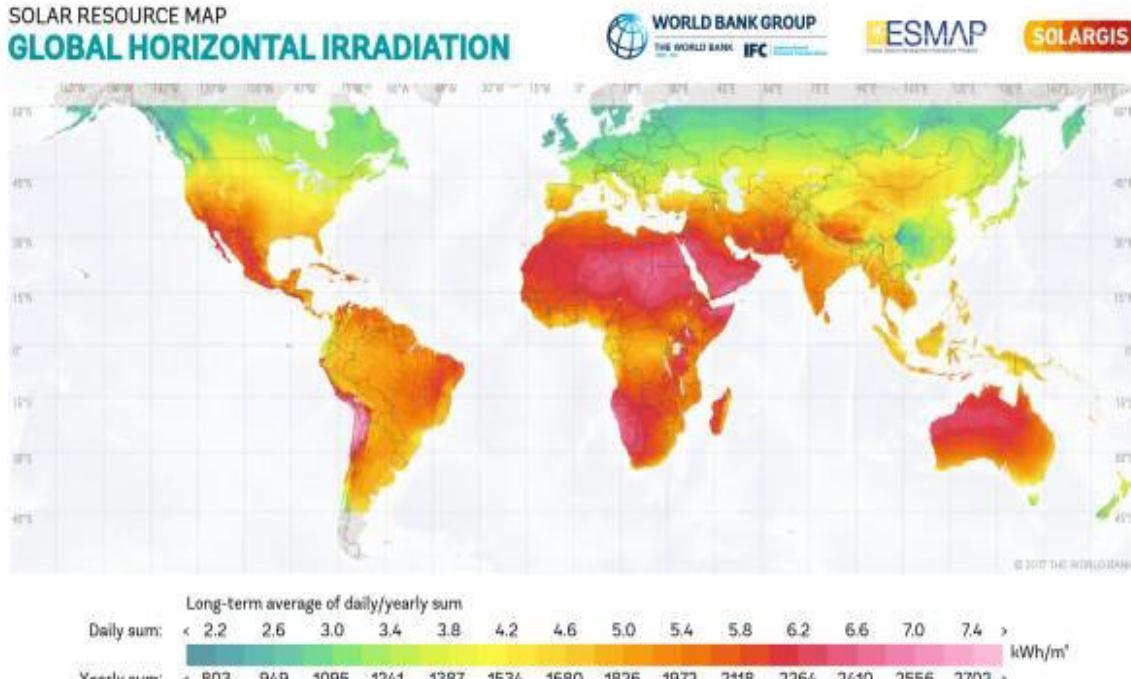
L'irradiation solaire est un facteur clé pour analyser le potentiel de marché d'un SPIS dans une région donnée. Il s'agit de la quantité d'énergie incidente par unité de surface à la surface de la Terre, exprimée en wattheures par mètre carré. Les systèmes PV utilisent l'éclairement global horizontal (GHI) qui est la quantité totale de rayonnement reçu d'en haut sur un plan horizontal donné. L'éclairement global horizontal comprend à la fois l'éclairement direct en incidence normale (DNI) – soit la quantité de rayonnement solaire reçu par unité de surface sur un plan donné et perpendiculaire aux rayons et l'éclairement diffus horizontal, soit la quantité de rayonnement reçue par unité de surface sur un plan donné et n'arrivant pas directement du soleil mais ayant été dispersé par les molécules et les particules présentes dans l'atmosphère.

L'éclairement solaire peut être classé en quatre niveaux : les seuils inférieurs à $2,6 \text{ kWh/m}^2$ sont qualifiés à faible irradiation solaire, les seuils compris entre $2,6$ et 3 kWh/m^2 sont considérés comme une irradiation solaire modérée, ceux compris entre 3 et 4 kWh/m^2 comme une forte irradiation solaire et ceux supérieurs à 4 kWh/m^2 correspondent à une très forte irradiation solaire. Il est important de noter que cette classification est utilisée en vue de distinguer l'efficacité des systèmes dans un contexte où les progrès réalisés dans le domaine des technologies solaires ont permis d'installer des systèmes dans presque toutes les régions quel que soit le niveau d'éclairement solaire. Dans les régions à faible éclairement solaire, l'efficacité du système sera compromise du fait d'un rendement inférieur des panneaux solaires. D'autre part, l'installation de panneaux solaires dans de telles régions peut entraîner des coûts d'installation élevés en raison de l'utilisation d'un nombre plus important de panneaux pour obtenir le même rendement que dans des régions à fort éclairement solaire. Il faut rappeler qu'en raison des progrès technologiques,

l'irradiation solaire est davantage une considération économique qu'une

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Installateurs de systèmes PV



question de faisabilité technique.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Classification des régions en fonction de l'éclairement horizontal global ou du rendement des systèmes PV
- Identification des sites optimals pour SPIS

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données d'éclairement horizontal global

- Prestataires de services météorologiques
- Fournisseurs d'équipement solaire

POINTS IMPORTANTS

- Il existe outre l'éclairement solaire, plusieurs autres facteurs susceptibles d'impacter le fonctionnement d'un système PV. Deux de ces facteurs les plus importants constituent la température et l'orientation qui sont décrits ci-après aux paragraphes « Température ambiante » et « Topographie » du présent module.

Irradiation globale horizontale

(Source : World Bank Group, 2018)

DISPONIBILITÉ EN EAU

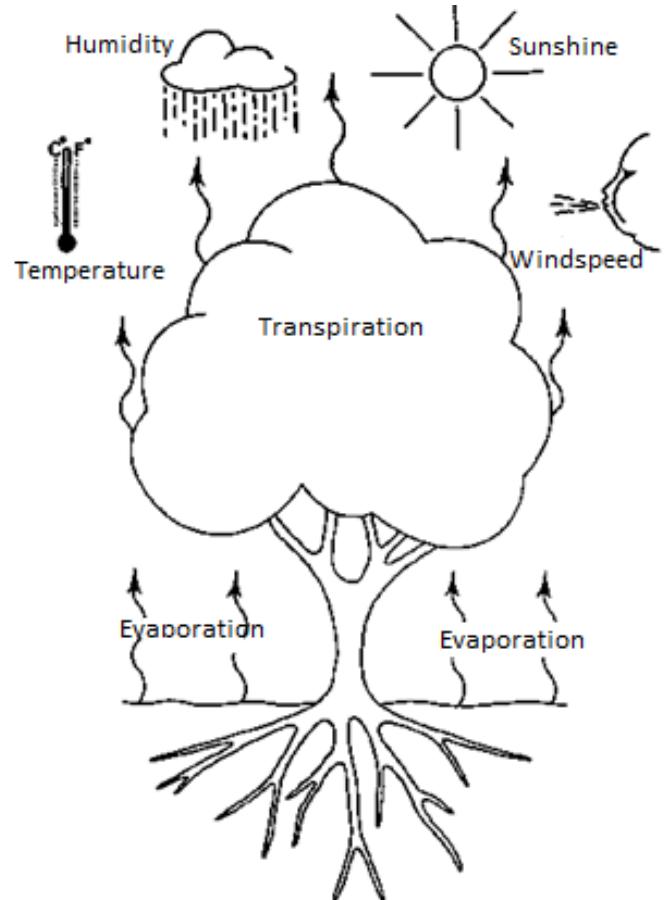
Ce paramètre s'intéresse à la quantité et à la qualité de l'eau disponible pour l'irrigation dans une zone potentielle d'utilisation d'un SPIS. Les besoins en eau d'irrigation dépendent de l'équilibre entre les besoins en eau des cultures et la disponibilité en eau.

On entend par **besoins en eau des cultures** la quantité d'eau nécessaire à une plante pour pousser ; ils se mesurent en millimètres par jour, mois ou saison. Ils peuvent être affectés par divers facteurs, dont :

1. **Les conditions climatiques** comme la température, l'humidité et la vitesse du vent. Les besoins en eau pour une culture donnée varient donc en fonction des différentes conditions climatiques, avec des besoins élevés dans les régions chaudes, sèches, exposées au vent et ensoleillées ;
2. **Le type de culture** a un impact sur les besoins en eau, à court terme (journaliers) et à long terme (saisonniers) ;
3. **Le stade de croissance** d'une culture particulière peut avoir un effet sur ses besoins en eau. Ainsi, un plant de maïs à un stade mûr peut avoir besoin de plus d'eau qu'une jeune pousse. Les données locales sur les besoins en eau des cultures sont souvent disponibles auprès des bureaux de vulgarisation agricole. L'outil de gestion des besoins en eau du **Module PRÉSERVER L'EAU** ainsi que les ressources fournies par la FAO peuvent également être utilisés pour estimer les besoins en eau.

La disponibilité en eau pour la croissance des cultures dépend de trois facteurs : les précipitations, les eaux souterraines et les ressources en eau de surface.

Les précipitations, soit la quantité de pluie reçue dans une région, ont une



Principaux facteurs climatiques impactant les besoins en eau des cultures

(Source : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

influence directe sur les besoins en irrigation d'une région. Si la quantité de précipitations reçues dans une région est suffisante pour répondre aux besoins en eau des cultures, l'irrigation n'est pas nécessaire ; lorsque les volumes de précipitation ne sont pas suffisants, l'approvisionnement en eau sous forme d'irrigation à partir des ressources en eaux souterraines ou de surface devient essentiel pour les cultures. L'adéquation des précipitations peut être évaluée en comparant les précipitations efficaces et les besoins en eau des cultures à l'aide de **PRÉSERVER L'EAU – Outil de gestion des besoins en eau**.

Les précipitations efficaces – on entend par ce terme la quantité d'eau de pluie tombée dans une région et à disposition des cultures. Ce volume est influencé par différents facteurs comme la texture et la structure des sols, le climat, la topographie et la profondeur de la zone racinaire¹ des cultures, notamment. Ces facteurs influencent à leur tour le taux de ruissellement et la percolation ou l'infiltration de l'eau au-delà de la zone racinaire. La quantité d'eau de pluie retenue dans la zone racinaire des plantes et pouvant être utilisée par les plantes est appelée « précipitations efficaces ». La plupart des pays ont mis au point des outils permettant de les déterminer. Néanmoins en l'absence de données (par ex. en l'absence de données quant au type de sol prévalent, à la fiabilité des pluies et à la topographie), les estimations approximatives établies par la FAO à partir des précipitations tombées peuvent être utiles.

Sources d'eau souterraines et de surface – le potentiel de marché d'un SPIS naît de la nécessité d'exploiter ces ressources pour répondre au déficit en eau de pluie. Il est néanmoins important de noter que les facteurs comme la

proximité et le rendement de sources d'eau, les taux de recharge de l'aquifère, la qualité de l'eau, les permis d'utilisation de l'eau et les droits relatifs à son prélèvement, pour ne citer qu'eux, doivent être pris en compte lorsqu'il s'agit d'identifier et de concevoir un SPIS dans des zones spécifiques. Le rendement des sources d'eau, par exemple, a une influence direct sur le type d'irrigation sélectionné. Dans un contexte d'approvisionnement en eau insuffisant, de sols sensibles ou d'eau de mauvaise qualité (sédimentation, salinité et dureté de l'eau), il convient d'adopter de préférence des méthodes adaptées comme l'irrigation au goutte à goutte ou par aspersion. L'irrigation de surface sera quant à elle à préférer lorsque l'eau d'irrigation contient de grandes quantités de sédiments, susceptibles d'obstruer le système d'irrigation goutte à goutte ou par aspersion. Ces éléments de réflexion sont décrits plus en détail dans le **Module CONCEVOIR**.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Classification des régions sur la base des besoins en eau des cultures comparés aux précipitations efficaces.
- Identification des sources d'eau souterraine et de surface.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données relatives aux précipitations mensuelles
- Données relatives aux plans d'eau de surface et aux systèmes acquifères d'eau souterraine
- Permis d'utilisation de l'eau et droits relatifs à son prélèvement
- Débit de la source d'eau
- Besoins en eau des cultures

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Prestataires de services météorologiques

¹ La zone racinaire peut être définie comme la zone où s'étend la racine d'une plante et à partir de laquelle elle puise l'eau nécessaire à sa croissance.

- Autorités de gestion des ressources en eau et autorités chargées de la délivrance des permis de prélèvement
- Conseillers agricoles et agents de vulgarisation
- Comités et organismes d'irrigation

POINTS IMPORTANTS

- L'analyse des précipitations et des ressources en eau souterraine et de surface doit s'accompagner d'une vérification sur le terrain des données fournies par les organismes publics concernés (par exemple les instituts météorologiques nationaux et les autorités de gestion des ressources en eau) avant l'investissement.
- La détermination des besoins en eau des cultures peut être effectuée à l'aide de l'OUTIL DE GESTION DES BESOINS EN EAU du module PRÉSERVER L'EAU.
- L'adoption d'un SPIS devrait garantir un captage durable de l'eau à partir de sources d'eau identifiées. Le module PRÉSERVER L'EAU fournit des informations sur les ressources en eau et sur le captage durable de l'eau ainsi qu'une checklist de la gestion des ressources en eau.

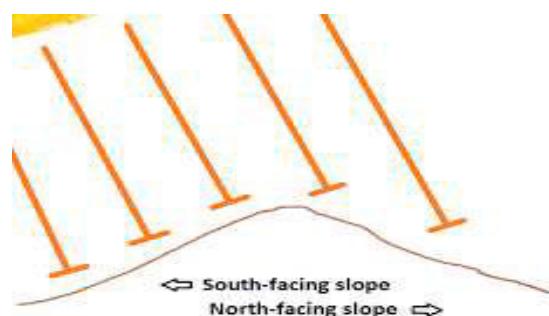
TOPOGRAPHIE

La topographie décrit les reliefs et les altimétries de la surface de la Terre. Les reliefs comprennent des éléments paysagers naturels ou artificiels comme les routes, les collines, les vallées, les voies ferrées, etc. Les principales caractéristiques topographiques pour évaluer le potentiel de marché d'un SPIS sont la pente et l'orientation.

La pente est une mesure du changement de l'altitude sur une certaine distance. Elle répond à la question de l'inclinaison du terrain d'une zone et est un facteur déterminant pour le type de système d'irrigation à promouvoir. Cet élément d'information permet alors de déterminer les coûts et les besoins en main d'œuvre

(notamment en cas de mesures de lutte contre l'érosion et de pose de canaux d'adduction d'eau). Ainsi, l'irrigation de surface est plus adaptée dans les régions vallonées et revient moins chères que l'irrigation par aspersion et que l'irrigation par goutte à goutte ; ces deux dernières convenant mieux sur les terrains plus escarpés ou à pente inégale. Ainsi le couple « terres escarpées » et facteur « faible accès au financement » (abordé au chapitre 3) par exemple se traduirait par un faible potentiel de marché pour un SPIS.

L'orientation décrit la direction de la pente. Si elle constitue un élément particulièrement pertinent pour les systèmes situés sous de hautes latitudes, sa pertinence est quasiment nulle pour les systèmes situés sur l'équateur ou à proximité. L'orientation influence la quantité de rayonnement solaire que la pente reçoit ainsi que sa variation journalière de température et son humidité relative.



The sun's rays strike south-facing slopes more directly than north-facing slopes in the northern hemisphere.

Effet de l'orientation

(Source : <http://www.explorenaturalcommunities.org>)

En règle générale, dans l'hémisphère Nord, les versants orientés Sud ou Sud-Ouest bénéficient davantage d'un ensoleillement direct contrairement aux versants Nord, plus ombragés. L'inverse est vrai dans l'hémisphère Sud où là, ce sont les versants Nord et Nord-Ouest qui reçoivent plus d'ensoleillement direct.

L'analyse topographique des sites potentiels pour un SPIS peut être

effectuée à l'aide de cartes topographiques qui donnent la configuration physique de la surface de la terre en utilisant les courbes de niveau et les symboles caractérisant les éléments naturels et artificiels. Les utilisateurs peuvent également utiliser des Modèles altimétriques numériques (MAN) qui sont des bases de données spécialisées permettant de représenter le relief d'une surface entre des points d'altitude connus. Les MAN peuvent être utilisés sur les plateformes des Systèmes d'information géographique (SIG). Leur utilisation devrait toujours être suivie d'une vérification sur le terrain pour déterminer la pente et l'orientation exacts de la zone considérée.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Détermination de la pente et de l'orientation du marché potentiel d'un SPIS
- Sélection de systèmes d'irrigation adapté basé sur la topographie du marché potentiel d'un SPIS

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Cartes topographiques
- Modèles altimétriques numériques (MAN)

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Autorités responsables des terres et de l'arpentage

POINTS IMPORTANTS

- La conception de systèmes d'irrigation destinées à être installés sur des pentes impose une certaine vigilance, car ces terrains sont sujets à l'érosion et au ruissellement.

CULTURES ET ÉLEVAGE

Disposer d'une vue d'ensemble des types de cultures et/ou d'élevages prédominants

dans le pays ou la région concernée permet de comprendre lesquels des SPIS conviennent le mieux. Cela donne également une indication quant au potentiel de marché de la technologie SPIS. Ceci est particulièrement important pour les fournisseurs de SPIS et pour les entités cherchant à promouvoir l'adoption de ces systèmes par les agriculteurs. Ces informations peuvent provenir des ministères en charge de l'agriculture, des études de recherche mondiales sur les zones cultivées, de la base de données de la FAO sur les cultures, etc.

En outre, les parties prenantes intéressées par la promotion et la mise en place des projets de SPIS peuvent utiliser les zones agro-écologiques (ZAE) pour déterminer quels sont les cultures et les élevages les plus adaptés dans une zone donnée. Les ZAE sont définies à partir d'un ensemble de critères en termes de climat, de géomorphologie et de sol et font correspondre les cultures et les élevages adaptés à ces régions. Ces zones peuvent également servir à déterminer les rendements potentiels des principales cultures qui y sont cultivées, permettant ainsi une projection des revenus du marché cible. Comme cela a été abordé au chapitre 3 du module FINANCE, l'accès à un financement est un paramètre clé dans l'évaluation du potentiel de marché d'un SPIS.

Le portail des zones agro-écologiques mondiales (GAEZ) créé par la FAO et par l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués (IIASA) constitue une plate-forme en ligne fournissant moult informations détaillées sur les ressources foncières, agro-climatiques, sur l'aptitude et le rendement potentiel, sur le rendement et la production réels et sur les écarts de rendement et de production. Les parties prenantes intéressées par les SPIS peuvent consulter cet outil ou d'autres outils similaires pour déterminer les caractéristiques importantes qui influencent le type de culture ou d'élevage d'une région donnée.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Liste des cultures et des élevages des pays ou des régions sélectionnés
- Classification ZAE pour les régions sélectionnées
- Rendement potentiel de la culture ou de l'élevage dans la zone envisagée

DONNÉES NÉCESSAIRES

- GAEZ (ZAE mondiales) de la FAO et de l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Ministère de l'agriculture

TEMPÉRATURES AMBIENTES

Comme le nom l'indique, ce paramètre est consacré à la température des zones considérées. La température a deux impacts principaux sur le potentiel d'un SPIS : **1) elle affecte l'efficacité d'un SPIS et 2) elle affecte les cultures et les élevages présents dans une zone.**

Pour ce qui est de l'**efficacité d'un SPIS**, la température est un facteur essentiel dans la conception des systèmes de pompage étant donné qu'elle influe sur le fonctionnement et la durée de vie des équipements solaires PV. Le courant électrique et la tension de sortie des panneaux solaires dépendent linéairement de leur température de fonctionnement. Ainsi, des températures basses génèrent une résistance réduite au passage du courant électrique, ce qui se traduit par des tensions de sortie plus élevées ; à contrario, des températures élevées augmentent la résistance et entraînent par conséquent des tensions de sortie plus basses. Des températures ambiantes élevées affectent également la performance de l'onduleur du système en réduisant sa fréquence, et donc son efficacité et le débit de la pompe.

En raison de la variabilité climatique dans les différentes régions du monde, la plupart des panneaux ne fonctionnent pas à des températures idéales. Pour corriger ce phénomène, les panneaux installés dans les régions du monde les plus chaudes sont souvent munis de systèmes de refroidissement afin de maintenir leur température en deçà d'un certain seuil. En fonction des températures environnantes, les systèmes PV doivent également être dimensionnés de sorte à empêcher une tension de sortie trop élevée, qui risquerait d'endommager l'équipement.

L'éventail des cultures et des élevages qui conviennent dans une région donnée est souvent affectée par la température de l'air ambiant. L'utilisation du zonage agro-écologique (abordé ci-dessus) dans l'analyse des régimes thermiques peut révéler des cultures et des élevages adaptés à une région d'après sa température. Ceci peut ainsi donner une indication des besoins en SPIS dans ladite région.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Détermination des températures ambiantes dans les marchés potentiels de SPIS
- Sélection de la technologie solaire appropriée en fonction des régimes thermiques
- Détermination des cultures et des élevages appropriés en fonction des températures

DONNÉES NÉCESSAIRES

- GAEZ (ZAE mondiales) définies par la FAO et l'Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Prestataires de services météorologiques

POINTS IMPORTANTS

- Le choix des panneaux devrait s'effectuer en tenant compte de la température ambiante afin de maximiser l'efficacité du système et d'obtenir une tension de sortie adéquate.

DÉMOGRAPHIE

La compréhension des caractéristiques démographiques, dont la densité de la population, l'âge, les niveaux et les schémas de migration ainsi que le revenu des ménages fournissent des informations supplémentaires qui peuvent servir lors du choix de marchés potentiels pour un SPIS. Ces caractéristiques peuvent alors servir pour en déduire les niveaux de pauvreté, la disponibilité de la main d'œuvre, les pratiques agricoles prédominantes, les zones urbaines, etc.

Ce paramètre ne peut pas être utilisé seul. Ce n'est qu'en association avec d'autres qu'il permet de mieux comprendre les dynamiques sociales et le contexte culturel d'une région cible. Ainsi, comme mentionné précédemment, le fait d'associer la topographie et les niveaux de pauvreté peut aider à en déduire un marché potentiel. Idem pour l'analyse de la densité démographique et pour les données d'occupation et d'utilisation des sols, leur combinaison peut mettre en évidence des zones à forte densité de population ou des zones urbaines, et par là servir à déterminer la viabilité d'un marché potentiel pour un SPIS. Les SPIS ne peuvent en effet pas être implantés dans des agglomérations urbaines à forte densité de population, mais peuvent l'être à proximité de telles zones qui constituent un marché pour la production agricole.

Évaluer les caractéristiques démographiques telles que le revenu des ménages et les paramètres commerciaux tels que le financement et l'incidence de la pauvreté peut servir à mettre en évidence

la capacité des ménages à adopter les SPIS.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Corrélation des caractéristiques démographiques et des paramètres géophysiques et financiers des SPIS en vue d'identifier les questions pertinentes dans la détermination des marchés potentiels SPIS.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Rapports de recensement
- Imagerie satellitaire relative à la population mondiale

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Ministères, dont ceux du travail et des migrations
- Statisticiens

4. ANALYSER L'ENVIRONNEMENT COMMERCIAL

Au-delà des paramètres de faisabilité géophysique indispensables pour une implantation réussie des SPIS dans une région donnée, l'environnement commercial joue également un rôle prépondérant. Différents facteurs contribuent à forger un environnement propice à l'implantation d'un SPIS. L'importance de ces facteurs varie selon les entités qui porteront le projet. Les 9 paramètres présentés dans ce chapitre sont considérés comme étant les plus importants.

ACTION GOUVERNEMENTALE

En matière d'environnement commercial l'action gouvernementale est un paramètre pertinent. Celle-ci englobe divers domaines d'interventions tels que la stratégie politique, ainsi que la réglementation et la législation qui encadrent les secteurs de l'irrigation et du solaire dans un pays donné.

Examinées dans leur ensemble ces interventions sont révélatrices de l'ampleur et de la force du soutien apporté par le gouvernement dans le domaine des SPIS et de la concrétisation de cet appui en termes d'actions menées. De manière générale, les politiques et la réglementation varient selon les pays. Néanmoins celles-ci peuvent être évaluées en fonction des éléments suivants :

1. ***promotion des énergies renouvelables***, et particulièrement du solaire,
2. ***programmes de promotion des équipements d'irrigation*** et en particulier des SPIS, et
3. ***présence d'organismes gouvernementaux pertinents*** en soutien au secteur.

L'existence de programmes de mise en œuvre de cadres réglementaires et/ou de leur consolidation représente un indicateur

majeur de l'établissement d'un environnement propice aux SPIS en termes de politiques et de réglementations. Ainsi, l'existence de programmes encadrés non seulement par des budgets autant indicatifs que projectifs mais également par des objectifs stipulés démontre la force de l'engagement du gouvernement quant à la mise en place des politiques visées. En outre, la présence d'instances gouvernementales chargées du suivi des progrès dans la mise en œuvre et le respect des normes préconisées sont de bons indicateurs de l'établissement effectif du cadre politique et réglementaire.

À titre d'exemple, on comparera un pays X ayant une loi sur l'énergie avec une clause relative à l'adoption des EnR – dont l'énergie solaire – à un pays Y qui, lui, a de surcroît mis en place une réglementation sur les systèmes PV, a développé des normes relatives aux équipements et a conçu un programme de subvention pour promouvoir l'implantation des SPIS dans les petites exploitations agricoles. Il ressort de cette analyse que le pays Y bénéficie d'un environnement plus propice à la promotion et à l'implantation de SPIS.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Définir le cadre réglementaire mis en place dans une région et son aptitude à faciliter l'adoption des SPIS

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données concernant la réglementation et les politiques gouvernementales régissant les équipements solaires et les systèmes d'irrigation
- Liste des programmes gouvernementaux pour la promotion des SPIS

- Liste des organismes gouvernementaux impliqués dans le solaire et/ou l'irrigation
- Les indicateurs sur les politiques publiques en matière d'énergie durable (RISE) développés par la Banque Mondiale permettent de comparer les cadres réglementaires et politiques nationaux dans le domaine des énergies renouvelables.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Gouvernements nationaux et régionaux
- Ministères de l'énergie et de l'irrigation

POINTS IMPORTANTS

Certaines des politiques préconisées peuvent relever de plusieurs ministères. Prenons le cas de la politique commerciale, où une mesure peut se traduire par la suppression des droits de douane sur le solaire. Il s'agit bien là d'une intervention gouvernementale, mais qui a, en l'occurrence, des enjeux financiers. Ce sujet sera donc traité dans le cadre des paramètres financiers du module sur l'environnement commercial.

ACTION DES ORGANISMES DE DEVELOPPEMENT

Les organismes de développement lancent et mettent en place des programmes qui exercent parfois un fort impact sur l'adoption des SPIS dans un pays ou une région donné. Les plans d'action de la plupart des organismes de développement se basent sur les Objectifs de Développement Durables (ODD). Il est donc nécessaire de développer la lisibilité des SPIS dans le cadre des ODD. En effet, on notera avec intérêt que les SPIS sont à l'intersection entre plusieurs ODD, notamment les suivants :

- **L'ODD #2** qui vise à mettre un terme à la famine, améliorer la sécurité

alimentaire, encourager une meilleure alimentation et promouvoir une agriculture durable ;

- **L'ODD #7** qui vise à garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable, et
- **L'ODD #13** qui vise à prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

Il est donc important de bien connaître les domaines d'action cibles de telle sorte que les organismes de développement qui interviennent dans un pays ou une région donné puissent identifier les opportunités de mise en place de SPIS qui s'offrent dans ce cadre.

Les organismes de développement peuvent revêtir différentes formes et inclure des organisations issues de la société civile, des instituts de recherche et des agences de développement bilatérales ou multilatérales. On constate que c'est au niveau local que ces organismes agiront au mieux sur les SPIS. L'action locale permet en effet de réunir les différents éléments nécessaires pour assurer une implantation systématique et intégrée du SPIS, de responsabiliser les acteurs individuels et de créer une dynamique commerciale.

De manière générale, les caractéristiques des organismes de développement varient en fonction des pays mais les critères d'évaluation suivants peuvent leur être appliqués :

- i) il s'agit d'organisations disposant de programmes nationaux pour la promotion de l'adoption de systèmes d'irrigation
- ii) il s'agit d'agences de développement disposant de programmes nationaux pour la promotion de l'adoption spécifique de SPIS.

Les organismes de développement se distinguent au niveau des connaissances

et de l'expérience dont ils disposent, de leurs besoins et de leurs compétences. Ils évaluent chacun à leur manière la situation du marché. La spécificité de leur domaine d'expertise permet d'identifier des solutions diverses en vue de limiter les entraves au développement commercial. En combinant ces analyses, un tableau global des potentiels de marché du SPIS émerge dont se dégagent non seulement les obstacles qui constituent actuellement des freins à l'adoption de SPIS mais aussi les mesures nécessaires pour progresser.

Les pays ou les régions dans lesquelles il existe des plans d'action nationaux dans le domaine de l'irrigation et/ou des SPIS constituent des environnements favorables à un ancrage des SPIS dans ces zones.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Évaluation des interventions des agences nationales de développement dans le domaine de l'irrigation et des SPIS dans un pays ou une région donné.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Liste des agences de développement en mesure d'intervenir dans le domaine de l'irrigation et du solaire.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Organisations issues de la société civile
- Instituts de recherche
- Organisations bilatérales
- Organisations multilatérales

POINTS IMPORTANTS

- Pour avoir un impact significatif sur le potentiel de marché d'un SPIS le plan d'action ou programme mis en place doit être d'une ampleur propre à engendrer une transformation des

dynamiques de marché à l'œuvre. Un programme mis en place à l'échelle nationale, par exemple, aura très probablement un impact plus marqué sur l'exploitation d'un SPIS qu'un programme mis en place à un niveau très local.

FINANCEMENT

L'introduction d'un SPIS sur le marché s'accompagne de coûts initiaux substantiels ce qui tend à limiter leur adoption, en particulier par les paysans disposant de faibles revenus. Pour certains d'entre eux, en effet, l'agriculture constitue la seule source de revenu. Investir en équipements dans le domaine des SPIS n'est possible qu'au détriment des autres postes de dépense du ménage. La nécessité de disposer de la capacité à dégager des capitaux importants dans le cadre de la mise en place des SPIS est donc un facteur qui limite fortement leur déploiement alors même que le coût sur l'ensemble de leur cycle de vie est largement inférieur à celui des solutions alternatives. Dans cette perspective, pour faciliter leur adoption, l'action devra s'accompagner d'une aide au financement.

Certains gouvernements, agences de développement et acteurs du secteur privé ont d'ailleurs déjà mis en place un éventail de mécanismes de financement dans différentes régions. Les questions de financement des SPIS peuvent être abordées sous deux angles :

- a) en fonction de la capacité financière des utilisateurs finaux
- b) en fonction de la disponibilité d'un soutien financier institutionnel.

Capacité financière des utilisateurs finaux

Ce paramètre qui permet d'évaluer le pouvoir d'achat des utilisateurs finaux constitue l'un des indicateurs clés de l'analyse du potentiel de marché d'un

SPIS dans une région donnée. Il aide à déterminer le volume des ressources financières disponibles et/ou accessibles à un utilisateur final, y compris celui des options externes de financement par le marché. Cet indicateur renseigne sur la capacité d'action financière des utilisateurs et par conséquent sur leur capacité à acquérir un SPIS.

La capacité financière générale de la population et ses possibilités d'accès à des services financiers peuvent être déduites de facteurs tels que le taux de pauvreté, le niveau de revenus, le taux d'emploi et la présence d'institutions financières dans la zone concernée. D'autres facteurs peuvent inclure également le nombre de comptes personnels comptabilisés dans les institutions financières, la valeur de l'épargne et le taux d'emprunt bancaires, ainsi que l'accès au crédit. Enfin, le Revenu National Brut (RNB) peut également servir d'indicateur.

Disponibilité de soutien institutionnel

L'appui institutionnel peut provenir autant du gouvernement, des agences de développement que du secteur privé. La disponibilité de tels appuis a une influence sur la rapidité d'accès au financement externe dont bénéficient les utilisateurs finaux. L'appui financier fourni par le gouvernement pourra prendre la forme de subventions, de crédits d'impôt, d'abattements fiscaux ou de droits de douane préférentiels. Ce type de soutien gouvernemental se révèle des plus efficaces en phase initiale du développement du marché. Il devra être progressivement abandonné à mesure que le marché arrive à maturité. Les agences de développement peuvent également fournir des subventions, des financements basés sur les résultats (FBR), des allocations de soutien et des prêts bonifiés. Une grande diversité des mécanismes de financement dans un pays ou une région donné constitue un

atout majeur pour le développement du potentiel de marché.

Il est également primordial d'évaluer les effets de l'offre de financement sur les énergies concurrentes du solaire. L'aide gouvernementale, par exemple, peut indirectement ou directement promouvoir l'usage d'autres types d'énergie comme le diesel ou l'électricité. L'aide à l'électrification en zone rurale, ou les subventions attribuées pour inciter à cuisiner au gaz peuvent bloquer l'adoption de SPIS dans un pays ou une région donné. Notamment, lorsque les coûts récurrents de ces énergies sont insignifiants par rapport aux frais immédiats à engager pour la mise en place d'un SPIS.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Évaluation de l'environnement financier dans la région

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Incidence du taux de pauvreté dans la population rurale
- Pourcentage de comptes en banque établis par personne en zone rurale
- Valeur de l'épargne et accès au crédit parmi la population rurale
- RNB par habitant
- Chiffres sur l'emploi
- Politique fiscale du gouvernement dans le domaine de l'énergie solaire et de l'irrigation
- Agences de développement qui financent l'irrigation et les SPIS

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Gouvernement
- Acteurs de la société civile
- Instituts de recherche
- Organismes bilatéraux
- Organismes multilatéraux
- Instituts financiers

POINTS IMPORTANTS

- L'évaluation de l'environnement financier doit englober non seulement les aspects qui concernent l'autonomisation financière des utilisateurs finaux (capacité financière individuelle et soutien institutionnel) mais inclure aussi l'analyse des options de financement de systèmes d'irrigation reposant sur des énergies concurrentes du solaire.

DISPONIBILITÉ ET COÛTS DES ÉNERGIES NON SOLAIRES

La viabilité économique d'un SPIS dans un pays ou une région donné peut être affectée par la disponibilité ou les coûts des énergies non solaires. Dans la plupart des cas, à taille égale, les pompes de SPIS requièrent initialement un capital d'investissement plus élevé que celles alimentées par le réseau électrique ou par un moteur diesel. Cependant, à l'inverse du solaire, ces deux derniers types de pompe entraînent également des coûts en termes de consommation énergétique sur toute la durée du cycle de vie. Il sera donc nécessaire d'évaluer les économies que la pompe solaire permettra de réaliser sur la durée de son cycle de vie, en corrélation avec les plans de remboursement de l'investissement du SPIS sur le marché cible.

L'évaluation de la disponibilité devra servir à déterminer la quantité et la qualité des énergies susceptibles de remplacer le solaire pour alimenter les pompes à eau. Ainsi dans un pays ou une région disposant d'énergie fossile, il est fort probable que l'énergie produite sera plus compétitive que le solaire. Pour l'énergie électrique, le facteur prépondérant pour en évaluer sa disponibilité, sera le taux d'électrification des zones rurales. À facteur constant, plus le réseau électrique sera étendu dans une zone rurale donnée (responsable de la majeure partie de la production agricole), plus il est probable qu'une grande part de la population

utilisera l'électricité pour actionner les pompes. Cependant, l'utilisation effective de l'électricité dans le cadre de l'irrigation dépend aussi des coûts et de la qualité de cette source d'énergie. Si le réseau est largement développé mais sujet à de fréquentes coupures d'électricité, le SPIS pourra présenter une alternative intéressante en termes de fiabilité.

Dans certaines régions, l'énergie éolienne peut venir concurrencer le solaire pour alimenter les pompes d'irrigation. Des études ont montré que l'éolien est une alternative possible et économiquement viable constituant une concurrence pour le solaire lorsque le vent souffle à plus de 8 m/s.

Outre les considérations financières décrites dans la section précédente, le coût des énergies de remplacement peut largement affecter le potentiel de développement des SPIS dans un marché donné. Une méthode pour **évaluer les coûts** des énergies disponibles consiste à utiliser une unité de mesure standard, c'est-à-dire à déterminer le prix de marché unitaire (coût/kWh) des énergies concurrentes. L'analyse permettra alors d'estimer la quantité de combustible nécessaire en fonction de la taille de la pompe et par conséquent d'estimer son coût de fonctionnement. Dans la plupart des cas, plus le coût du combustible de remplacement disponible est faible par rapport au montant de l'investissement nécessaire à l'acquisition d'un SPIS, plus le potentiel commercial du SPIS est faible.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Disponibilité de ressources énergétiques non solaires dans un pays ou une région donné
- Analyse des coûts par unité des alternatives

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données sur les ressources énergétiques du pays

- Prix de marché par unité du diesel et de l'essence
- Prix de marché du kWh (électricité)
- Taux d'électrification des zones rurales
- Qualité de l'approvisionnement électrique dans les zones rurales

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Agences gouvernementales dans le secteur de l'énergie

POINTS IMPORTANT

- Il est important d'identifier si des aides mises à disposition par le gouvernement s'appliquent aux énergies concurrentes. De telles aides pourront en effet avoir un effet dissuasif sur l'adoption des SPIS dans le pays ou la région.

CAPACITÉ TECHNIQUE

Pour assurer le succès d'une action de promotion et de déploiement de SPIS, les fournisseurs de solutions solaires devront impérativement disposer de compétences techniques suffisantes en termes de conception, d'installation et de maintenance de ces systèmes. Des carences en la matière rendront le marché des SPIS précaire dans le pays ou la région. Ces compétences sont indispensables, tout particulièrement au stade initial du développement du marché – c'est-à-dire à l'entrée en contact des utilisateurs finaux avec la technologie nouvelle. La première impression faite par le SPIS sera en effet déterminante pour son adoption à long-terme. Une mauvaise installation du SPIS qui entraînerait de fréquentes pannes et de longs délais de réparation aurait une influence très négative sur la perception du SPIS auprès des utilisateurs finaux et limiterait fortement son potentiel commercial futur.

La capacité technique sert à évaluer la disponibilité de personnel qualifié pour

installer et entretenir les SPIS. Elle peut résulter des éléments suivants :

- i) la disponibilité de cours de formation dans le domaine des installations solaires ;
- ii) le nombre d'instituts de formation accrédités offrant des formations en énergie solaire ; et
- iii) l'accréditation de techniciens en énergie solaire.

Outre la disponibilité de techniciens qualifiés, la présence d'organismes d'accréditation et de réglementation à disposition des professionnels est cruciale. Un système d'accréditation témoigne, en effet, de l'existence de standards professionnels et contribue à réguler le marché. Au Kenya, par exemple, l'instance de régulation – la Commission de Régulation de l'Énergie (ERC) recense tous les professionnels de l'énergie solaire et ceux-ci doivent adhérer à un code de conduite et respecter des normes établies. Cette instance gère une base de données de ses membres qui sert de pool de recrutement des techniciens qualifiés dans les domaines de l'installation et de la maintenance des systèmes solaires photovoltaïques.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Évaluation du niveau de compétences dans un pays ou une région

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Liste des instituts de formation et des cours dans le domaine de l'énergie solaire
- Liste des techniciens accrédités

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Agences de l'énergie

SENSIBILISATION AUX TECHNOLOGIES SOLAIRES PV

Si la généralisation des connaissances concernant les technologies de l'énergie solaire (pour l'éclairage et le chauffage de l'eau) et les systèmes d'irrigation, principalement les pompes, peut être le signe que la population est disposée à adopter de telles technologies, l'inverse est également valable : le manque d'informations et de connaissances sur les technologies solaires peut constituer un obstacle au débat public et à la prise de décision en faveur du solaire par rapport à d'autres solutions énergétiques. À titre d'exemple, une forte sensibilisation des utilisateurs finaux quant aux bénéfices, aux coûts et délais de remboursement à long-terme et à la performance du solaire pour l'éclairage par rapport à d'autres sources d'énergie (par ex. le kérosène) peut faciliter l'adoption des SPIS. Ceci dit, par manque d'exposition concrète aux installations solaires photovoltaïques dans la vie réelle, il est fort probable que la population n'est qu'une confiance limitée dans ces nouvelles technologies.

Le niveau de sensibilisation aux technologies solaires PV peut également avoir une influence sur l'accès du public aux financements axés sur le marché. Les fournisseurs de prestations financières connaissant mal les SPIS et leurs bénéfices comparés risquent d'hésiter à délivrer des crédits à leur acquisition ou à en limiter l'accès par la mise en place de conditions très restrictives (taux d'intérêts élevés). Le manque de mécanismes de financement pour faire face aux coûts d'acquisition élevés constitue un frein au déploiement de la technologie des SPIS.

Le niveau de sensibilisation aux SPIS dans une région ou un pays peut être déterminé sur la base des critères suivants :

1. Tendance dans l'adoption des pompes d'irrigation

- La présence de fournisseurs et de distributeurs de pompes

d'irrigation de marque mondiale et de pièces de rechange peut être considérée comme un indicateur majeur du potentiel du marché. En particulier, la présence et le nombre croissant de concurrents parmi les fournisseurs de SPIS, peuvent être révélateurs de l'appétit des marchés pour les SPIS.

2. La part de l'énergie solaire dans le mix énergétique d'un pays

- Une représentation importante du solaire dans le mix énergétique est susceptible d'indiquer un environnement favorable à l'adoption de technologies solaires PV.

3. La phase d'adoption du solaire PV

s'étend dans le temps. Pour évaluer le succès de l'intégration de cette technologie dans un espace national ou régional donné, il faudra tenir compte d'une certaine période, d'environ de 5 ans par exemple.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Évaluation du degré de sensibilisation aux SPIS dans la zone considérée au niveau national ou régional

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Tendances en termes d'adoption des technologies solaires
- Nombre de distributeurs et de fournisseurs de pompes à irrigation de marques mondiales
- Nombre de distributeurs et de fournisseurs d'équipements solaires de marques mondiales
- Part du solaire dans le mix énergétique national

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Organismes gouvernementaux en charge de l'énergie et du commerce
- Instituts de recherche

PART DE L'AGRICULTURE DANS L'ÉCONOMIE LOCALE

Il s'agit ici d'examiner la contribution de l'agriculture dans l'économie d'une zone considérée. Les facteurs pertinents incluent :

- 1. La part de la main d'œuvre agricole dans la population totale** – plus la représentativité du secteur agricole dans la main d'œuvre est importante, plus les chances de développement des SPIS en termes de potentiel commercial seront fortes. En effet, dans une telle constellation, une grande part de la population s'efforcera de s'assurer de la sécurité de l'eau pour permettre l'agriculture. La probabilité d'interventions gouvernementales et non gouvernementales visant à développer et diversifier l'emploi dans ce secteur augmentera également.
- 2. L'existence d'une culture de l'irrigation** – un environnement dans lequel la pratique de l'irrigation agricole alimentée par combustibles fossiles et l'électricité est développée représente un marché prêt à passer à l'énergie solaire.
- 3. La part du PIB attribué à l'agriculture** – les SPIS ont un fort potentiel commercial dans les régions où une part significative du PIB est attribuée à l'agriculture et dans la mesure où le secteur agricole y constitue un moteur économique déjà bien établi. Cependant, l'analyse devra tenir compte du type de cultures et d'élevage pratiqués contribuant au PIB. Les cultures de café et de thé peuvent, par exemple, largement contribuer au PIB d'un pays sans toutefois ne guère offrir de perspectives favorables à l'adoption de SPIS. À l'inverse, les économies d'exportation de produits horticoles (comme les fleurs et légumes) dont la culture nécessite de grandes ressources en eau constituent un

environnement prêt à l'adoption des SPIS.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Part de l'agriculture dans le PIB

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Chiffres du PIB
- Données chiffrées relatives à l'agriculture
- FAOSTAT

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Ministères de l'agriculture

POINTS IMPORTANTS

- Même si la part relative de l'agriculture dans le PIB national recule de manière constante, celle-ci peut garder son importance en perspective d'une croissance économique sur une base diversifiée. D'autre part, l'agriculture peut rester le secteur économique le plus important en termes de démographie et jouer un rôle primordial dans le tissu socio-économique général d'un pays.
- Au-delà des considérations liées à la part du PIB agricole, il convient d'analyser les types de pratiques agricoles et les méthodes employées. Les zones dans lesquelles la pratique de l'irrigation agricole existe déjà seront plus favorables au développement d'un marché propice aux SPIS.

ACCÈS À LA TERRE ET RÉGIME FONCIER

Si les SPIS font partie de l'agro-industrie, ils dépendent d'une ressource primordiale, la terre. Il est donc de toute importance de définir les droits de propriété, l'accès à la terre et les conditions régissant le régime foncier dans la région à évaluer. Par conséquent, il sera essentiel pour cette

région de mettre en place un cadre pragmatique en matière de politique foncière. Une telle politique devra de préférence mettre l'accent sur l'accès à la terre et le développement foncier et garantir les droits de propriété. Elle devra s'appuyer sur une base d'informations fiables et un processus de délivrance d'autorisations clair. Pour assurer une politique foncière efficace, les unités administratives du territoire devront être à même de fournir des services d'arpentage et de cartographie, d'aménagement du territoire, de développement urbain et rural et de planification de l'habitat et devront également disposer de prestataires à même de fournir des données commerciales fondées. Un environnement marqué par le manque d'informations en matière de réglementations et de procédures et le manque de données nécessaires pour effectuer des transactions foncières et immobilières dans un cadre légal et sûre est incertain et décourage l'investissement.

L'accès à la terre peut être considéré comme assuré dans la mesure où les conditions suivantes sont remplies : disponibilité de terrains aux attributs géophysiques et économiques fastes, disponibilité de procédures légales garantissant les droits de propriété, et existence d'un certain niveau de transparence et d'équité dans les procédures de transaction.

Le régime foncier est la structure institutionnelle qui établit le cadre politique, économique et social garantissant aux individus et aux communautés l'accès à la terre et à ses ressources associées. Dans la plupart des pays, c'est l'absence de données fiables et aptes à guider l'expansion rapide du marché foncier qui constitue l'obstacle au développement le plus persistant.

La présence ou l'absence de droits et régimes fonciers clairs sont un élément clé à considérer en matière d'investissement dans les SPIS. En effet,

non seulement ce facteur détermine la sécurité de l'investissement mais pourra également servir de garantie dans le cadre de demandes de prêt. Dans certains pays, une distinction est clairement établie entre les terres à usage commercial (auxquelles sont attachés des titres de propriété fixes) et les terres communales (avec des droits d'exploitation de la terre uniquement informels et des pratiques agricoles limitées à l'agriculture de subsistance).

RÉSULTAT / PRODUIT

- Structures et statistiques nationales de la propriété foncière

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Accès à la propriété et régime foncier nationaux

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Ministères, principalement ceux en charge du territoire

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT ET COMMUNICATION

Les infrastructures regroupent un ensemble organisationnel de ressources nécessaires au fonctionnement d'une société ou d'une entreprise. Les infrastructures de transport, telles que les réseaux routier et ferroviaire, les ports et les aéroports ainsi que le réseau de télécommunication permettent d'assurer le déroulement efficace de l'activité dans un pays ou une région.

De l'infrastructure de transport dépend la facilité de circulation des biens et des personnes. Le manque d'infrastructures liées au transport (par exemple en zone rurale profonde ou insulaire) peut avoir un impact important sur les coûts. Des systèmes de transport inefficaces rendent ainsi difficile l'obtention d'intrants et la livraison de produits aux clients, ce qui affecte en retour l'évolutivité et la qualité

des services. En ce qui concerne le potentiel commercial des SPIS, une infrastructure de transport de bonne qualité permet de réduire les coûts d'installation du système et d'améliorer l'accès à une main d'œuvre qualifiée en charge de l'installation et de la maintenance. En outre, des coûts de transport moins élevés pourraient permettre une meilleure allocation des fonds pour gérer les activités et faciliter l'accès à des marchés nouveaux. Un haut degré de connectivité physique dans les zones urbaines et rurales est donc essentiel pour les utilisateurs des SPIS.

Infrastructure de communication (en particulier la connectivité mobile) est très pertinente pour les SPIS car elle indique l'accès aux services bancaires mobiles en zone rurale et à la mise en place de dispositifs de surveillance dans les SPIS. L'utilisation du téléphone portable peut également servir d'indicateur indirect du niveau de revenu des populations. L'utilisation du téléphone portable dans les zones rurales démontre également que les utilisateurs ont accès à des services d'informations dans le domaine agricole et à des services financiers tels que les envois de fonds et les prêts.

RÉSULTAT / PRODUIT

- Evaluation des infrastructures de transport et de communication

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Données sur les réseaux de transport, en particulier sur le réseau routier en zones rurales
- Données sur le taux de pénétration de la téléphonie mobile particulièrement en zones rurales

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Ministères des transports et des communications
- Rapport de la Banque Mondiale sur la facilité de faire des affaires

5. DÉTERMINER LE POTENTIEL DE MARCHÉ DES SPIS

Ce module recense les paramètres clés qui permettent d'évaluer le potentiel de marché des SPIS dans toute zone cible. L'analyse des paramètres devra tenir compte des deux facteurs principaux, à savoir : qui effectue l'évaluation ? et dans quel but le marché est-il évalué ?

L'évaluation des paramètres présentés dans ce module devra être effectuée dans un ordre séquentiel.

ANALYSE COMPARÉE DES CARACTÉRISTIQUES GÉOPHYSIQUES

Pour effectuer l'évaluation de marché des SPIS, il est nécessaire d'identifier de nombreux paramètres géophysiques. Trois d'entre eux sont considérés comme indispensables à la viabilité d'un projet d'installation de SPIS, comme il est souligné dans le chapitre 1. Dans le cas où ces caractéristiques sont défavorables dans la zone considérée, il est alors peu probable que l'installation d'un SPIS soit possible. Ces paramètres devront donc être soumis à une comparaison sur une échelle binaire, avec la valeur 1 correspondant à des conditions favorables et 0 à des conditions défavorables. Si tous les paramètres obtiennent un score de 0, il faut alors en conclure que la zone cible n'est pas propice aux SPIS.

| # | Paramètre | Coefficient |
|---|--------------------------------------|-------------|
| 1 | Occupation et utilisation des sols | 0 ou 1 |
| 2 | Irradiation solaire | 0 ou 1 |
| 3 | Disponibilité en eau (précipitation) | 0 ou 1 |

1. Analyse des autres paramètres géophysiques

Les autres paramètres géophysiques sont certes primordiaux dans l'évaluation du marché des SPIS, mais, à l'inverse des paramètres figurant dans le Tableau 1, ils n'auront pas un impact vital sur la viabilité

du projet. Par contre, au cas par cas, on constate qu'ils ont une influence sur la réussite en termes de degré d'adoption des SPIS. Le poids de leur impact sur le marché des SPIS dépend des besoins de l'utilisateur. Les paramètres énoncés dans la liste ci-dessous sont expliqués en détails dans le chapitre 2.

| # | Paramètre |
|---|----------------------|
| 1 | Nappe phréatique |
| 2 | Topographie |
| 3 | Température ambiante |
| 4 | Cultures et élevage |

2. Analyse de l'environnement commercial

En première et deuxième étape, l'analyse portera sur la praticabilité de la mise en œuvre des SPIS dans un pays ou une région cible. Les paramètres pertinents en matière d'environnement commercial devront permettre de déterminer la faisabilité économique et opérationnelle du SPIS dans un marché donné.

Le tableau ci-dessous met en évidence les coefficients de pondération relatifs à chaque paramètre du module. L'évaluation de ces paramètres pourra néanmoins tenir compte des domaines d'intérêts des utilisateurs et des facteurs les plus critiques.

| # | Paramètre | Coefficient |
|---|--|-------------|
| 1 | Actions gouvernementales | 15% |
| 2 | Actions des organismes de développement | 10% |
| 3 | Financement | 15% |
| 4 | Disponibilité et coûts des énergies non solaires | 10% |
| 5 | Capacité technique | 10% |
| 6 | Sensibilisation au PV et aux technologies d'irrigation à énergie | 10% |

| | | |
|----------|--|-------------|
| | solaire | |
| 7 | Part de l'agriculture dans l'économie locale | 10% |
| 8 | Régime foncier | 10% |
| 9 | Infrastructures de transport et de communication | 10% |
| | TOTAL | 100% |

RÉSULTAT / PRODUIT

- Détermination du potentiel d'adoption du SPIS sur un marché cible.

DONNÉES NÉCESSAIRES

- Non renseignées

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Sociétés privées de SPIS
- Décideurs politiques
- Institutions financières
- Professionnels du développement
- Gouvernements nationaux et locaux

POINTS IMPORTANTS

- Les paramètres présentés dans ce module font référence aux principaux enjeux à considérer dans la conduite de toute analyse de haut niveau du potentiel d'adoption du SPIS pour un marché cible. Une analyse du marché détaillée devra cependant être effectuée avant investissement.

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Liens

1. Photovoltaic Efficiency: The Temperature Effect-
https://www.teachengineering.org/content/cub_1/lessons/cub_pveff/Attachments/cub_pveff_lesson02_fundamentalsarticle_v6_tedl_dwc.pdf
2. A.W Worqlul, J. Jeong, Y. Dile, J. Osorio Assessing potential land suitable for surface irrigation using groundwater in Ethiopia, Applied Geography 85 (2017) 1-13
3. N.G. Dastane, FAO Irrigation and Drainage Paper No 25-Effective Rainfall -FAO,1978
4. M. Masri, R. Badishah, Solar Radiation Potential as Energy Source of Photovoltaic Powered Uninterrupted Power Supply in Perlis, Northern Malaysia- IOSR-JEEE PP 31-36, 2014
5. European Wind Energy Association, 2009, The Economics of Wind Energy,
http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Economics_of_Wind_Energy.pdf
6. SNV, 2014, Renewable Energy for small holder irrigation, https://www.practica.org/wp-content/uploads/2014/10/Renewable_Energy_for_Smallholder_Irrigation.pdf

Outils

MARCHÉ – Outils de l’analyse de marché

Autres outils pertinents :

- **PROMOUVOIR et INITIER – Outil d’évaluation rapide du SPIS** : comprend une analyse de marché (aspects financiers) permettant de financer les composantes d'un SPIS
- **INVESTIR – Outil de calcul de l'amortissement** : destiné à calculer la viabilité financière d'un SPIS et à comparer ce dernier à d'autres systèmes de pompage (diesel et réseau électrique)
- **PRÉSERVER L'EAU – Outil de la gestion des besoins en eau** : destiné à calculer les besoins mensuels en eau des différents types de cultures et d'élevage
- **IRRIGUER – Outil d'évaluation de l'impact** : destiné à déterminer les impacts sociaux et environnementaux d'un SPIS

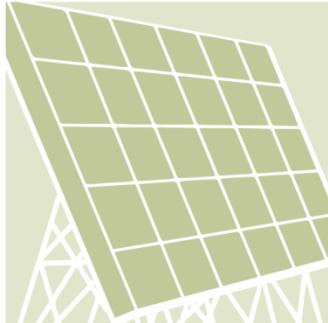
GLOSSAIRE TECHNIQUE

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (goutte ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperseur ». |
| Évaporation | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. [mm] |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (Etc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (Eto pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'Etc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la |

| | |
|--------------------------------|--|
| | quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des méthodes de la valeur actualisée nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) et en estimant la sensibilité des éléments de coût et de revenu (voir le module FINANCER). |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowattheures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiation | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale |

| | |
|--|--|
| | d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Permet aux panneaux solaires de tourner automatiquement sur un axe pour rester dans l'angle optimal d'irradiance solaire. Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression |

| | |
|----------------------------------|--|
| | et/ou débit). |
| | Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. |
| | Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont : l'irrigation par sillons – l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ; l'irrigation en bassin – l'eau est appliquée sur une zone complètement plane entourée de digues, et l'irrigation par inondation – l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures. |
| Transpiration | Eau liquide absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |



Module 5 : Investir



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.
<https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées

d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

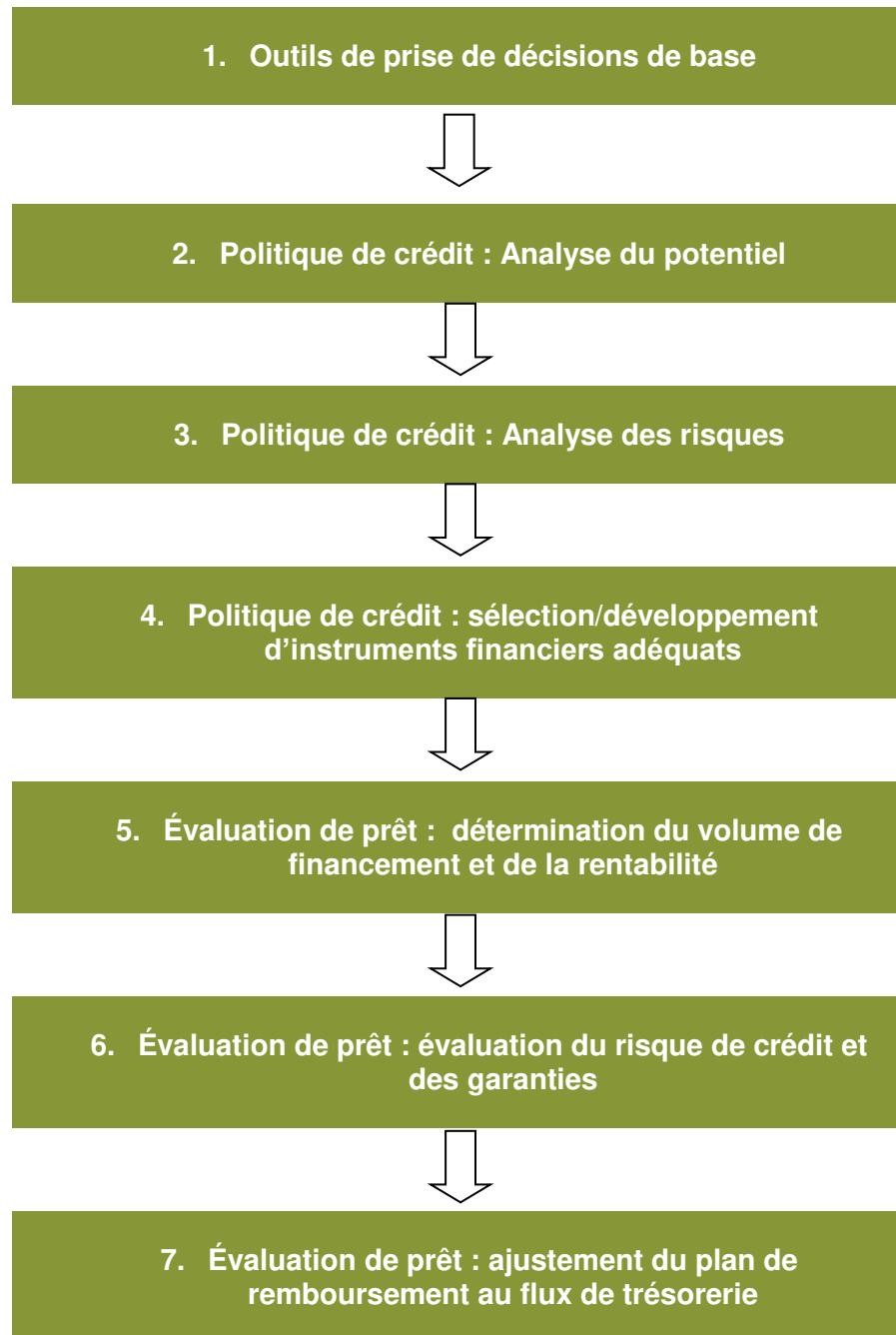
© GIZ et FAO, 2018



ABREVIATIONS

| | |
|----------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

FINANCER



OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

Le financement de l'irrigation à énergie solaire peut représenter une opportunité pour les organismes de financement qui cherchent à diversifier leur portefeuille de prêts et à élargir leur gamme de produits financiers. Le module **FINANCIER** porte sur les caractéristiques produits des prêts ayant pour objet les systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS) et présente le financement direct destiné par les organismes de financement à un emprunteur final ayant une exploitation agricole petite ou moyenne. Le module précise également en quoi il diffère du financement des systèmes d'irrigation conventionnels. Il fournit également des conseils aux prestataires de services financiers qui financent déjà des systèmes d'irrigation à énergie solaire ou qui prévoient de le faire et s'adresse donc à deux groupes :

1. aux parties prenantes au **niveau de la gestion** qui décident des politiques de crédit d'un prestataire de services financiers ;
2. aux **agents de crédit** qui évaluent les demandes de prêt visant à financer des SPIS.

ETAPES DU PROCESSUS

Trois étapes sont développées dans le module **FINANCIER** afin de soutenir le processus de définition de la politique de crédit du prestataire de services financiers au **niveau de la gestion** : 1) l'analyse du potentiel du segment de marché des SPIS ; 2) la détermination des risques généraux de crédit en cause et 3) la conception et le test d'instruments financiers adéquats.

Pour le processus spécifique d'évaluation des prêts individuels au **niveau des opérations de prêt**, trois grandes étapes

sont élaborées : 1) l'établissement du volume de financement et le calcul de la rentabilité de l'investissement ; 2) l'évaluation du risque de crédit et de la garantie (« collatéral ») pour l'emprunteur potentiel et 3) la détermination du flux de trésorerie et du plan de remboursement pour le client potentiel ainsi que des conditions du prêt.

1. OUTILS DE PRISE DE DECISIONS DE BASE

Une décision d'investissement nécessite généralement une évaluation de la faisabilité de l'investissement. Cette procédure de vérification préalable minimise le risque de perdre des fonds engagés dans l'investissement. Pour l'essentiel, cela signifie : si j'investis mon capital, est-ce que je vais l'augmenter ou, à tout le moins, éviter de le perdre ?

Un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS) est généralement un choix d'investissement à long terme visant à réduire les dépenses d'exploitation agricole ou à améliorer la productivité. Idéalement, il vise les deux. Cela suppose une bonne connaissance de l'exploitation agricole en tant qu'entreprise, notamment en ce qui concerne la totalité de ses coûts et revenus. L'outil **FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation** contenu dans cette boîte à outils pour les SPIS, permet d'évaluer la rentabilité de l'exploitation agricole. Il propose des feuilles de saisie permettant d'ajouter diverses dépenses et recettes d'ordre agricoles et calcule automatiquement la marge bénéficiaire de l'exploitation. Il attire également l'attention sur les coûts fixes et variables les plus importants et sur les points sur lesquels des économies pourraient avoir un impact considérable. L'outil **FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation** produit une déclaration de revenu agricole pouvant être présentée à un établissement de crédit.

L'outil **FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation** est utile pour :

- Déterminer le niveau actuel de rentabilité (référentiel pré-investissement)
- Déterminer la rentabilité anticipée de l'investissement (projection post-investissement)

Une fois la rentabilité de l'entreprise agricole confirmée, cela ne veut pas systématiquement dire qu'un investissement dans un SPIS est le choix le plus judicieux. C'est particulièrement vrai si d'autres technologies de pompage sont déjà disponibles sur le marché. Le choix d'une pompe diesel ou raccordée au réseau peut être préférable lorsque le pompage de l'eau n'est nécessaire que pendant une période limitée de l'année. L'outil **FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation** tient compte d'autres technologies de pompage et en fait la comparaison. Les données essentielles sont collectées auprès de prestataires de technologies et la période de remboursement compte tenu des bénéfices agricoles et des différentes technologies est automatiquement calculée.

RESULTAT / PRODUIT

- Évaluation de la rentabilité pré-investissement et post-investissement ;
- détermination de la technologie de pompage financièrement la plus viable.

DONNEES NECESSAIRES

- Dépenses et recettes agricoles actuelles ;
- recettes et dépenses agricoles prévues ;
- dépenses en capital (capex) pour différentes technologies de pompage ;
- dépenses d'exploitation (opex) pour différentes technologies de pompage ;
- taux d'intérêt des établissements de crédit ;
- taux d'inflation et d'augmentation du prix du carburant.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Prestataires de services financiers ;
- associations de producteurs/emprunteurs potentiels ;
- prestataires de technologie.

POINTS IMPORTANTS

- Une réévaluation annuelle de la rentabilité de l'entreprise agricole permet de faire un suivi des améliorations, de déterminer les risques en temps utile et d'identifier les futures possibilités d'investissement.

2. POLITIQUE DE CREDIT : ANALYSE DU POTENTIEL

Aujourd’hui, l’irrigation à énergie solaire est une option fiable et techniquement éprouvée, qui constitue une alternative aux approches conventionnelles en matière d’irrigation. Lors de l’analyse des différentes options concernant l’élaboration des politiques de crédit destinées aux SPIS, il convient de tenir compte des aspects suivants :

Un SPIS est susceptible d’être mis en place dans une région si :

- l’approvisionnement en énergie pour l’agriculture représente une contrainte (disponibilité ou coût du carburant, fiabilité de la connexion au réseau) ;
- une intensification de la production agricole est prévue ;
- les producteurs pratiquent une agriculture orientée vers le marché et non une agriculture de subsistance ;
- les producteurs ont des exploitations de taille moyenne ou sont organisés en groupes de petits exploitants ;
- des options de refinancement subventionnées sont disponibles pour les opérateurs financiers ;
- des programmes d’aides ou des subventions sont mis à la disposition des emprunteurs (producteurs) ;
- les producteurs ciblent des marchés spécialisés en utilisant des technologies respectueuses de l’environnement (en se concentrant sur une production écologique, ce qui pourrait permettre de vendre à des prix plus élevés) ;
- des distributeurs de produits technologiques et des intégrateurs de systèmes sont présents dans la région ;
- l’eau est disponible et gérée de manière adéquate afin d’éviter

l’épuisement des eaux souterraines à long terme.

En revanche, par rapport aux méthodes conventionnelles de pompage et d’irrigation, les solutions de pompage solaires présentent :

- des exigences relativement élevées en termes d’investissement initial en capital ;
- des périodes de remboursement plus longues et/ou des taux de remboursement plus élevés ;
- un risque de crédit plus important.

RESULTAT/PRODUIT

- Étude du potentiel de financement d’un SPIS et recommandations pour le prestataire de services financiers.

DONNEES NECESSAIRES

- Profil des clients finaux (modèles de culture, techniques d’irrigation, systèmes de pompage, marché) ;
- offre actuelle de produits de crédit disponibles pour le client potentiel souhaitant installer un SPIS ;
- système d’approvisionnement en eau et en énergie dans la région ;
- structures de soutien/conseil et programmes de subventions (refinancement) disponibles pour la région ;
- étude d’impact sur l’environnement (dans une perspective à long terme).

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Gestion des prestataires de services financiers ;

- analystes de marché/consultants ;
- établissements de recherche et de formation ;
- organismes publics promouvant ou/et subventionnant des initiatives relatives aux SPIS ;
- donateurs qui refinancent des initiatives liées à l'énergie solaire ;
- associations de producteurs/emprunteurs potentiels ;
- fournisseurs de technologie et de services

POINTS IMPORTANTS

- La technologie de l'irrigation à énergie solaire est au point, fiable et les coûts des systèmes ont diminué.
- Le coût d'investissement pour un SPIS est généralement plus élevé que pour les autres systèmes d'irrigation, mais les coûts de fonctionnement sont plus faibles.

3. POLITIQUE DE CREDIT : ANALYSE DES RISQUES

Chaque SPIS requiert une solution spécifique, car il associe une nouvelle technologie d'approvisionnement en énergie et des systèmes d'irrigation et de culture qui peuvent être combinés de plusieurs façons.

Il n'existe donc pas de solution « clés en main » et une analyse approfondie est indispensable, notamment quand on commence à pratiquer ce type de prêt.

Passer à un SPIS présente habituellement les **avantages financiers** suivants :

- une rentabilité plus élevée lors de l'introduction de cultures à forte valeur ajoutée et une efficacité accrue de l'irrigation ;
- une diminution et une stabilisation des coûts actuels de l'énergie en raison d'un changement de source d'énergie (aucun coût de transport ni risque lié à l'approvisionnement en carburant ou en lubrifiants) ;
- une technologie respectueuse de l'environnement (évitant les pertes d'eau, utilisant des technologies d'économie d'eau, évitant la pollution au diesel, etc.) pouvant donner accès à des aides ou des fonds subventionnés.

Du fait qu'ils sont basés sur des activités agricoles, les SPIS répondent à des modèles de trésorerie spécifiques, tels que :

- l'irrégularité, la saisonnalité ;
- la présence de ménages agricoles ;
- plusieurs activités génératrices de revenus ;
- des risques liés au système (climat, météo, ravages, maladies, prix).

Des outils spécifiques étant donc nécessaires pour les prêts dans le secteur

agricole, il convient donc de tenir compte des risques suivants :

Risques financiers

- Des exigences élevées au niveau des investissements initiaux entraînent des risques plus élevés pour le crédit, ce qui entraîne des durées de remboursement plus longues et des taux d'intérêt plus élevés pour les clients par rapport aux autres sources d'énergie ;
- le financement de l'agriculture en tant que tel comporte des risques spécifiques.

Risques technologiques (cf. les modules CONCEVOIR, INSTALLER et ENTREtenir pour plus de détails).

- Une culture à haute valeur ajoutée et une technologie d'irrigation permettant d'économiser l'eau sont nécessaires ;
- les pompes doivent être « surdimensionnées » pour répondre aux pics de consommation d'eau ;
- les capacités permettant de gérer la technologie doivent être disponibles ;
- les heures de fonctionnement quotidien sont limitées ;
- le dimensionnement du générateur solaire et de la pompe implique une orientation vers une basse pression en sortie de pompe ;
- un emplacement approprié pour le SPIS ;
- les risques liés à la construction ;
- la surexploitation de l'eau représente un risque à long terme pour la culture et l'environnement.

Risques liés au cadre

- La disponibilité de l'eau à long terme et une bonne gestion des

- eaux souterraines sont indispensables (cf. le module **PRÉSERVER L'EAU**) ;
- les personnes impliquées : agents de crédit, producteurs, prestataires de services et de technologies (sexospécifiques !), conseillers agricoles ;
- vol ou abus.

RESULTAT/PRODUIT

- Politique en matière de risques liés au crédit, avec évaluation rigoureuse des cas individuels, gestion de portefeuille adéquate et résorption proactive des lacunes en matière d'information.

DONNEES NECESSAIRES

- Particularités des profils de liquidité des emprunteurs de prêts agricoles ;
- structure des actifs des emprunteurs (possibilités de garantie) ;
- systèmes de culture et rentabilité des types de culture (marchés alternatifs et disponibilité hydrique) ;
- fiabilité de l'organisation et de la gestion (cf. le module **ENTREtenir**) ;
- risques liés à la technologie (cf. le module **CONCEVOIR**) ;
- options de refinancement pour la région.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Gestion des prestataires de services financiers ;
- organismes publics promouvant ou/et subventionnant des initiatives relatives aux SPIS ;
- associations de producteurs/emprunteurs potentiels ;
- analystes de marché/consultants ;

- prestataires de technologie ;
- prestataires de services ;
- établissements de recherche et de formation (par ex. agence environnementale).



Système d'irrigation à énergie solaire en Inde

(Source : Lennart Woltering)

POINTS IMPORTANTS

- Tenir compte des risques spécifiques aux SPIS en ce qui concerne les besoins de financement à long terme, les implications technologiques (cf. le module **CONCEVOIR**), l'impact sur l'environnement (cf. le module **PRÉSERVER L'EAU**) et les conditions générales.
- Tenir compte de la multitude des paramètres du SPIS : il n'existe pas d'analyse « clé en main » des prêts.
- Réduire les risques au minimum peut entraîner des coûts de transaction potentiellement plus élevés pour toutes les parties concernées par rapport aux systèmes de pompage conventionnels.

4. POLITIQUE DE CREDIT : SELECTION/DEVELOPPEMENT D'INSTRUMENTS FINANCIERS ADEQUATS

Lors du choix ou du développement d'un produit de prêt pour un SPIS, il est important de se poser les questions suivantes :

- **Qui ?** Producteurs axés sur le marché, pas de production de subsistance, groupements de producteurs possibles ;
- **Quoi ?** Financement de la source d'énergie et du système de pompage utilisés pour l'irrigation, technologie permettant d'économiser l'énergie et/ou l'eau ;
- **Combien ?** Établir une fourchette pour le montant du prêt, % de l'apport du producteur, % de la subvention ;
- **Quand ?** Période de prêt (années), fréquence de remboursement (mois), versement par tranches ;
- **Taux d'intérêt ?** De X % par an à X % par an (fourchette) ;
- **Garantie ?** Équipements, hypothèques, garantie supplémentaire (régime de garantie), garantie non traditionnelle (future récolte, entrepôt), système de crédit-bail avec les équipementiers.

En général, les produits de prêt pour le financement d'un SPIS :

- comportent des investissements initiaux plus élevés et donc des périodes de remboursement plus longues et/ou des taux de remboursement élevés ;
- requièrent des régimes de garantie alternatifs/une garantie non conventionnelle ;
- comportent des taux d'intérêt plus élevés en raison d'un risque de crédit accru et d'une période d'investissement plus longue ;

- sont axés sur les clients innovants qui investissent généralement dans les cultures à (plus) forte valeur ajoutée ;
- devraient être strictement orientés vers les capacités hydrauliques disponibles et les exigences spécifiques de l'exploitation agricole ;
- ne suivent aucun schéma directeur, car chaque exploitation/entreprise est unique !

Afin d'éviter des coûts de transaction de prêt prohibitifs, il convient d'examiner :

- les fonds de garantie bénéficiant de l'aide publique ou une assurance ;
- les systèmes de crédit-bail avec les fournisseurs de systèmes de pompage et autres ;
- les approches de financement de groupe pour les groupements de producteurs ;
- les subventions publiques et le parrainage ;
- des options de refinancement favorables pour l'établissement financier (par exemple des taux d'intérêt subventionnés proposés par les bailleurs/organismes publics).

Afin de combler le manque d'informations concernant les nouvelles technologies, il convient d'introduire des activités supplémentaires telles que :

- encourager les clients (potentiels) à s'informer et à solliciter des conseils techniques ;
- former et sensibiliser les agents de crédit aux rudiments de la technologie ;

- contrôler rigoureusement la performance du prêt ;
- instaurer un dialogue continu avec le secteur de l'énergie solaire.

Remarque : les clients souhaitant installer un SPIS peuvent devenir de futurs clients d'autres produits financiers (vente croisée).



Photo: Lennart

Système d'irrigation automatisé au Maroc – subventionné en grande partie par l'État

(Source : Lennart Woltering)

RESULTAT/PRODUIT

- **Lignes directrices et procédures**, y compris les lignes directrices concernant l'évaluation et les décisions, les indicateurs clés de performance (ICP) cibles.

DONNEES NECESSAIRES

- Profil de liquidité de clients comparables dans le portefeuille agricole actuel.

Calculer, préparer

- plan de remboursement (avec des taux d'intérêt, des périodes et des fréquences de remboursement variables) ;
- marges de rentabilité selon les cultures et la taille des exploitations ;
- tableaux pour évaluer les types de garantie ;
- liste des cultures admissibles ;
- liste des systèmes d'irrigation admissibles et coût moyen d'investissement par élément ;
- liste des configurations de SPIS admissibles et coût moyen

d'investissement par élément (cf. les modules **CONCEVOIR** et **S'INFORMER**) ;

- liste des types de garanties admissibles.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Niveau de gestion des prestataires de services financiers ;
- agents de crédit expérimentés (seniors, finance agricole) ;
- associations de producteurs/emprunteurs potentiels ;
- services de vulgarisation agricole ;
- établissements de recherche et de formation (par ex. agence environnementale) ;
- prestataires de services, de technologies et d'intrants.

POINTS IMPORTANTS

- Éviter les coûts de transaction prohibitifs pour les emprunteurs ;
- combler les lacunes de l'opérateur financier en matière d'information ;
- noter que le potentiel de normalisation est limité ;

- sélectionner, pour ce segment, d'excellents agents de crédit dotés d'une formation et d'une expérience adéquates (les former !).

5. ÉVALUATION DE PRÉT : DETERMINER LE VOLUME DE FINANCEMENT ET LA RENTABILITÉ

Alors que les précédentes étapes du processus étaient axées sur les décideurs, les étapes suivantes portent sur les agents de crédit qui évaluent les demandes de prêt individuels pour le financement d'un SPIS.

En général, les agents de crédit préfèrent utiliser les outils fournis par leur institution, mais il est utile d'utiliser les outils

FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation et **FINANCER – Outil de calcul de l'amortissement**, car ils ont été conçus spécifiquement pour les SPIS et donnent une première estimation de la viabilité. Ces outils peuvent être fournis aux emprunteurs/demandeurs de prêts pour vérifier leurs propres hypothèses.

Remarque : les coûts de transaction pour l'examen du prêt peuvent être élevés, notamment si la technologie ne dispose que de possibilités limitées en termes de normalisation. Utiliser des outils spécifiques et encourager les candidats à en faire usage permet de réduire au minimum les efforts inutiles.

RESULTAT/PRODUIT

- Analyse de la rentabilité de l'investissement (et alternatives) ;
- analyse du flux de trésorerie ;
- projections financières sur les coûts d'investissement (CAPEX) (et options alternatives).

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Agents de crédit qui financent ou prévoient de financer des SPIS ;
- producteurs/ emprunteurs potentiels ;
- gestion des prestataires de services financiers (niveau opérationnel) ;

- services de vulgarisation agricole et agences de promotions (par exemple pour les subventions) ;
- prestataires de services, de technologies et d'intrants.
- établissements de recherche et de formation.

DONNEES NECESSAIRES

Rechercher, collecter, analyser, recouper

- Prix des composants à financer ;
- système de cultures et prix des cultures (variations, tendances) ;
- coûts d'exploitation et d'entretien et prix des intrants (y compris autres options) ;
- recettes ;
- objectif et sommes fournies à titre de subventions et/ou par l'intermédiaire de parrains ;
- variables macro-économiques (inflation, taux d'intérêt, etc.) ;
- politiques fiscales (impôt sur les sociétés, dynamique de la TVA, etc.).

Calculer, préparer

- Coût de l'unité d'eau ;
- chiffre d'affaires annuel et dépenses d'exploitation (OPEX) --> marge brute annuelle de production (actuelle et future) ;
- dépenses en capital (CAPEX), c.-à-d. montant total/annuel destiné à financer des investissements dans les SPIS (et d'autres systèmes) ;
- prévisions du flux de trésorerie (actuel, futur, source d'énergie alternative) ;
- coût du cycle de vie des investissements dans les SPIS ;

- période de remboursement (PR), valeur actuelle nette (VAN) et taux de rentabilité interne (TRI) des investissements dans les SPIS.

POINTS IMPORTANTS

- Comparer les solutions photovoltaïques aux autres solutions de pompage et examiner les variations de la rentabilité des différents SPIS (cultures, dimensionnement).
- Travailler avec des agents de crédit compétents.

6. ÉVALUATION DE PRÉT : EVALUATION DU RISQUE DE CRÉDIT ET DE LA GARANTIE

Hormis les risques de crédit « normaux » qui s'appliquent aux prêts agricoles, comme les variations liées aux chocs exogènes et à des flux de trésorerie irréguliers en fonction des saisons, le financement des SPIS comprend des défis supplémentaires. Ces derniers sont principalement liés aux risques technologiques ou aux risques liés au fonctionnement et à l'entretien. De plus, les coûts d'investissement initiaux élevés augmentent le risque financier global. Enfin, le surdimensionnement du système de pompage peut poser problème.

Lors de la **valorisation des actifs pour la garantie**, ce point de vue devrait être élargi grâce à la prise en compte de l'ensemble de l'exploitation agricole ainsi que de la situation générale du ménage et non pas uniquement de l'investissement prévu. L'emprunteur devrait être encouragé à engager ses fonds propres et d'autres garanties devraient être plus largement acceptées par l'opérateur financier. Les panneaux photovoltaïques peuvent être utilisés comme garantie s'il existe un marché pour les panneaux d'occasion.

L'énergie solaire étant considérée comme une **technologie respectueuse de l'environnement et dans la mesure où l'eau est utilisée de manière adéquate** (cf. le module **PRÉSERVER L'EAU**), il est possible d'avoir recours à des subventions et à des régimes de garantie publics externes ou financés par des bailleurs de fonds auxquels les producteurs peuvent adhérer. Ces options devraient être activement examinées et évaluées.

RESULTAT/PRODUIT

- Bilan du ménage/de l'exploitation agricole ;
- valeur totale de la garantie et/ou types de garanties ;

- analyse globale des risques.

DONNEES NECESSAIRES

Rechercher, collecter, analyser

- Marché pour les cultures, intrants, etc., respectifs ;
- disponibilité des options / possibilités de garantie contre les risques ou assurances.

Calculer, préparer

- Évaluation des actifs et du passif de l'exploitation agricole (et du ménage) ;
- contribution de l'emprunteur (fonds propres) ;
- examen de la garantie et/ou des régimes de garantie ;
- évaluation des risques liés à la technologie ainsi qu'à l'exploitation et à l'entretien (cf. les modules **CONCEVOIR, INSTALLER** et **ENTREtenir**).

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Agents de crédit qui financent ou prévoient de financer des SPIS ;
- producteurs/ emprunteurs potentiels ;
- gestion des prestataires de services financiers (niveau opérationnel) ;
- organismes publics promouvant ou/et subventionnant des initiatives relatives aux SPIS ;
- parrains.

POINTS IMPORTANTS

- Rechercher d'autres types de garantie (par exemple, régimes de garantie) et déterminer si les

panneaux solaires peuvent en faire office.

- Réduire au minimum le risque de vol ou d'endommagement de la garantie (par exemple, installation de clôtures autour des panneaux solaires, présence de gardiens, assurance).

7. ÉVALUATION DE PRET : AJUSTER LE PLAN DE REMBOURSEMENT AUX FLUX DE TRESORERIE

Les SPIS étant liés à des activités agricoles, ils sont caractérisés par des **profils de liquidité spécifiques**, tels que :

- l'irrégularité, la saisonnalité ;
- la présence de ménages agricoles ;
- plusieurs activités génératrices de revenus (activités agricoles et non agricoles) ;
- des chocs extérieurs (climat, météo, ravageurs, maladies, prix).

La détermination des caractéristiques spécifiques du prêt (modèle de décaissement, taux de remboursement, garantie, fréquence de remboursement) devrait reposer sur les prévisions de flux de trésorerie d'un cas particulier.

En ce qui concerne le processus d'analyse de prêt, cela se traduit par :

- une compréhension approfondie de l'économie de l'exploitation et du ménage ;
- une forte interaction avec l'emprunteur potentiel ;
- la mise en réseau avec d'autres sources d'information dans le secteur et dans la région ;
- une parfaite connaissance du marché et des tendances du marché ;
- une équipe compétente ayant adopté des attitudes innovantes.

Un SPIS est synonyme d'**investissements initiaux élevés**, ce qui engendre :

- de longues périodes de remboursement (5-10 ans) ;
- un besoin de rentabilité élevée du SPIS ;

- un besoin de différé de remboursement prévu au début du plan de remboursement.

Remarque : les versements élevés liés à une période de remboursement très courte risquent d'entraîner un manque de liquidité, notamment au cours des premières années.

RESULTAT/PRODUIT

- État des flux de trésorerie (actuels, prévisionnels) ;
- plan de décaissement et de remboursement personnalisé ;
- analyse/ajustement des risques financiers ;
- analyse synthétique des risques ;
- détails personnalisés sur les prêts en vue de la décision.

DONNEES NECESSAIRES

Collecter, calculer, préparer :

- analyse du total des liquidités de l'exploitation (y compris analyse des liquidités du ménage [actuelles + prévues avec le SPIS]) ;
- apport de fonds propres de l'emprunteur ;
- capacité de remboursement ;
- plan de remboursement ;
- détails du prêt.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Agents de crédit qui financent ou prévoient de financer des SPIS ;
- producteurs / emprunteurs potentiels ;

- gestion des prestataires de services financiers (niveau opérationnel) ;
- organismes publics encourageant et/ou subventionnant les SPIS ;
- parrains.

POINTS IMPORTANTS

- Des modèles de liquidité spécifiques doivent être identifiés pour chaque cas individuel.
- Le processus de collecte de données est difficile en raison du caractère indissociable des économies familiale et agricole.

- Dans l'idéal, les coûts d'investissement initiaux élevés ne devraient pas conduire à des coûts de transaction prohibitifs (envisager des subventions non bancaires).
- Dans l'idéal, les coûts élevés de l'investissement initial ne devraient pas entraîner d'insuffisance de liquidité pour le client en raison de versements élevés ou prématurés (faire preuve de souplesse lors de la définition des plans de paiements échelonnés).



Système d'irrigation solaire goutte à goutte sur 0,5 ha utilisé par un groupe de femmes dans une région rurale du nord du Bénin pour la production de laitue et d'autres légumes.

(Source : Lennart Woltering)

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Liens

Agriculture Finance Support Facility (AGRIFIN). Extrait de <https://www.agrifinfacility.org/>

La finance au service de l'Afrique (2017) : Agricultural & Rural Finance. Extrait de <http://www.mfw4a.org/agricultural-rural-finance/agricultural-rural-finance.html>

Portail microfinance (2014) : Highlighting noteworthy publications and key resources on rural and agricultural finance (« Présentation de publications remarquables et de ressources clés sur le financement rural et agricole »). Dans : *Gateway Guide to Rural and Agricultural Finance*. Extrait de <http://www.microfinancegateway.org/library/gateway-guide-rural-and-agricultural-finance>

Publications / documents

AFRACO, FAO, the Land Bank of South Africa et la Banque mondiale (2009) : Expert Meeting in Managing Risk in Financing Agriculture (« Réunion d'experts en gestion des risques pour financer l'agriculture »). Johannesburg, Afrique du Sud. Extrait de http://siteresources.worldbank.org/EXTARD/Resources/336681-1252501755087/Joburg_proceedings.pdf

Bandyopadhyay, A. (2007) : Credit Risk Models for Managing Bank's Agricultural Loan Portfolio (« Modèles de risque de crédit destinés à la gestion du portefeuille de prêts bancaires agricoles »). Pune, Inde. Dans : *Munich Personal RePEc Archive* (MPRA) 5357. Extrait de https://mpra.ub.uni-muenchen.de/5357/1/MPRA_paper_5357.pdf

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2011) : Agricultural Finance – Trends, Issues and Challenges (« Financement agricole : Tendances, enjeux et défis »). Extrait de http://www.ruralfinanceandinvestment.org/sites/default/files/06_giz2011-0460en-agricultural-finance.pdf

Société financière internationale (SFI) (2011) : Scaling Up Access to Finance for Agricultural SMEs Policy Review and Recommendations (« Élargir l'accès au financement pour les PME agricoles. Examen des politiques et recommandations »). Washington D.C., USA. Extrait de https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/04da89804a02e2e19ce0fdd1a5d13d27/G20_Agrifinance_Report.pdf?MOD=AJPERES

Société financière internationale (SFI) (2012) : Innovative Agricultural SME Finance Models (« Modèles de financement innovants de PME agricoles »). Washington D.C., USA. Extrait de <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/55301b804ebc5f379f86bf45b400a808/Innovative+Agricultural+SME+Fi-%20nance+Models.pdf?MOD=AJPERES>

Mees, M. & Destraet, F. (2015) : Guarantee Funds: A Response to Agricultural Credit Risk (« Fonds de garantie : une réponse aux risques liés aux crédits agricoles : le Fonds latino-américain de garantie »). SOS Faim Belgique. Dans : *Zoom Microfinance* 44. Extrait de <https://www.microfinancegateway.org/library/guarantee-funds-response-agricultural-credit-risk-%E2%80%93-latin-american-guarantee-fund>

Prasoon, P. K., Pareek, A., Natu, A. J., Ledesma, J. & Barman, N. D. (2014) : Resource Book on Designing & Delivering Agriculture Financing Products (« Livre de référence sur la conception et la fourniture de produits de financement agricole »). Extrait de http://www.microsave.net/files/pdf/Designing_Delivering_Agriculture_Financing_Products.pdf

SOS Faim (2013) : Developing rural finance through public-private sector cooperation (« Développer le financement rural par la coopération entre secteurs public et privé »). Dans :

Zoom Microfinance 40. Extrait de <https://www.sosfaim.lu/en/publication/developing-rural-finance-through-public-private-sector-cooperation/>

Outils

FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation : destiné à calculer la rentabilité globale de l'exploitation agricole et déterminer l'étendue des coûts variables et fixes

FINANCER – Outil de calcul de l'amortissement : destiné à calculer la viabilité financière d'un SPIS et à comparer ce dernier à d'autres systèmes de pompage (diesel et réseau électrique)

Autres outils pertinents :

- **PROMOUVOIR – évaluation rapide d'un SPIS** : comprend une analyse des marchés (financiers) pour financer les éléments d'un SPIS

GLOSSAIRE FINANCIER

| | |
|-----------------------------|---|
| Actifs | Poste du bilan qui représente ce qu'une entreprise possède. |
| Dépenses en capital (CAPEX) | Dépenses uniques. Ce sont des dépenses ponctuelles. Il s'agit en principe d'investissements à long terme dans des parties non consommables de l'entreprise, par exemple de l'argent dépensé pour la pompe, les panneaux, les machines, etc. |
| Entrées de trésorerie | Toutes les rentrées de fonds réalisées au cours d'une période donnée (par ex. provenant des ventes). |
| Flux de trésorerie | Entrées et sorties de trésorerie d'une entreprise. Les sorties de trésorerie sont considérées comme des flux de trésorerie négatifs et les entrées de trésorerie comme des flux positifs |
| Sortie de trésorerie | Sorties de fonds, tous les paiements en espèces effectués au cours d'une période donnée (par ex. pour l'achat d'intrants de production, les remboursements de prêts, l'achat d'équipement). |
| Créanciers | Sommes à payer découlant d'un crédit antérieur (argent dû à des fournisseurs pour les dépenses). |
| Garantie | Biens ou autres actifs qu'un emprunteur propose à un prêteur pour garantir un prêt. |
| Ventes à crédit | Ventes effectuées sans encaissement. |
| Actifs à court terme | Trésorerie et autres actifs qui devraient être convertis en trésorerie ou consommés au cours du cycle d'exploitation normal d'une entreprise. |
| Débiteurs | Créances résultant de ventes à crédit antérieures. |
| Amortissement | Coût imputé sur les immobilisations pour leur remplacement. Remarque : l'« amortissement » est l'une des rares dépenses non associées à des flux de trésorerie sortants. |
| Frais / dépenses | Paiement en trésorerie ou équivalent de trésorerie pour des biens ou services reçus. Coût des ressources utilisées ou consommées par les activités de l'entreprise. |
| Stocks de produits finis | Inventaire des produits finis prêts à la vente. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des méthodes de la valeur actualisée nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) et en estimant la sensibilité des éléments de coût et de revenu. La VAN et le TRI sont les critères de décision les plus couramment utilisés dans une analyse coûts-avantages. |
| Actifs immobilisés | Actifs nécessaires pour une utilisation à long terme et pour une utilisation physique liée à l'activité (machines, bâtiments, équipements de bureau, voitures, etc.). |

| | |
|--------------------------------|--|
| Coûts fixes | Coûts qui ne varient pas en fonction du niveau de production. |
| Investissement fixe | Investissements en immobilisations (par ex. équipement) |
| Marge brute | Revenus bruts moins dépenses brutes. |
| Revenu | Le revenu est l'argent généré par les activités de l'entreprise. |
| Inflation | Taux auquel le niveau général des prix des biens et des services augmente et, par conséquent, le pouvoir d'achat de la monnaie baisse. |
| Taux de rentabilité interne | Indique le taux d'actualisation sur la durée de vie d'un investissement en capital, c'est-à-dire le taux de profit généré par un certain investissement (montant) au cours de sa durée de vie. Le calcul du TRI d'un projet permet de déterminer si l'argent est bien dépensé ou si des solutions de placement moins risquées pourraient être plus rentables à long terme, par exemple en plaçant l'argent sur un compte bancaire afin d'obtenir des intérêts. |
| Passifs | Partie de l'actif de l'entreprise détenue par les créanciers. |
| Coût du cycle de vie | Technique d'évaluation du coût total de possession pour comparer différentes options. |
| Stock de matières premières | Inventaire de toutes les matières premières non encore utilisées dans la production. |
| Valeur actualisée nette | Détermine la valeur actuelle d'un placement en actualisant les entrées et sorties de trésorerie générées par cet investissement au cours de sa durée de vie. Pour déterminer la VAN, il faut définir la durée de vie prévue du placement ainsi qu'un facteur d'actualisation, qui peut être proche du taux d'intérêt appliqué aux dépôts. La VAN peut également servir à comparer différentes options de placements. |
| Fonds de roulement net | Actif à court terme moins passif à court terme. |
| Dépenses d'exploitation (OPEX) | Coûts permanents d'exploitation d'une entreprise, qui sont liés à son fonctionnement et son entretien. Il s'agit des dépenses liées à l'activité de production de l'entreprise. Elles se divisent en coûts fixes et variables. |
| Période de remboursement (PR) | Temps nécessaire pour recouvrer le coût d'un investissement |
| Rentabilité | Les revenus moins les dépenses. Est présentée dans le compte de résultats (ou état des pertes et profits), qui présente les produits, les charges et le résultat net de l'entreprise sur une période donnée. |
| Achats de matières premières | Frais engagés pour l'achat de matières premières. |
| Recettes | Revenus qu'une entreprise tire habituellement de la vente de biens, de produits ou de services. |

| | |
|-----------------|--|
| Coûts variables | Coûts qui varient directement en fonction du niveau de production réalisé. |
|-----------------|--|

ANNEXE – RECUEIL DE FORMULES (FINANCE)

FLUX MOYEN DE TRESORERIE*

*Définition : Le « flux de trésorerie » représente les entrées et les sorties de trésorerie d'une entreprise. Les dépenses (coûts) sont considérées comme des flux de trésorerie négatifs et les revenus comme des flux de trésorerie positifs.

Formule : $(\text{Revenus}-R - \text{Dépenses d'exploitation}-C) = Ft = \text{flux de trésorerie}$

PERIODE D'AMORTISSEMENT (PA)

*Définition : La période d'amortissement est le temps nécessaire pour récupérer le coût d'un investissement.

Formule : $I/(R-C) = PA = \text{Période d'amortissement}$

I=investissement initial (CAPEX)

C=dépenses d'exploitation moyennes annuelles (OPEX), hors amortissement

R=revenu annuel moyen

$(R-C) = Ft = \text{flux de trésorerie}$

VALEUR ACTUELLE NETTE (VAN)

*Définition : La « valeur actuelle nette » ou VAN détermine la valeur actuelle d'un investissement en décomptant les entrées et les sorties de trésorerie générées par cet investissement au cours de sa durée de vie. Pour déterminer la VAN, il faut définir la durée de vie prévue du placement ainsi qu'un facteur d'actualisation, qui peut être proche du taux d'intérêt appliqué aux dépôts. La VAN peut également servir à comparer différentes options de placements.

Formule :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Cf_t}{(1+r)^t} - I_0 + S$$

r= facteur d'actualisation = 6 % (taux d'intérêt actuel sur les dépôts au Chili : 4-5 %)

S= valeur de recouvrement = 0 €

I= coût d'investissement initial = 10 500 €

t= nombre d'années à partir de l'année de référence

n= durée de vie du projet (panneaux) = 15 ans

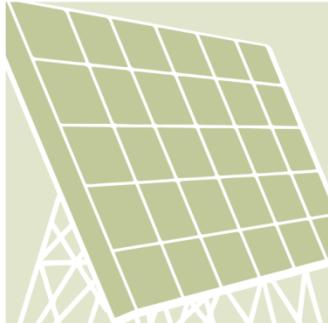
TAUX DE RENTABILITE INTERNE (TRI)

*Définition : Le « taux de rentabilité interne » ou TRI, indique le taux d'actualisation au cours de la durée de vie d'un investissement de capitaux, c.-à-d. le taux de rémunération généré par un certain investissement (montant) au cours de sa durée de vie. Le calcul du TRI d'un projet permet de déterminer si l'argent est bien dépensé ou si des solutions de placement moins risquées pourraient être plus rentables à long terme, par exemple en plaçant l'argent sur un compte bancaire afin d'obtenir des intérêts.

Formule :

$$NPV = 0, \text{ or}$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{Cf_t}{(1 + IRR)^t} - I_0 + S = 0$$



Module 6: Financer



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie fiable, abordable et propre.

Publié par

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Francesca Dobrigna

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement :

<https://poweringag.org>

Version

1.0 (avril 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication

contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

© GIZ et FAO, 2018



ABBRÉVIATIONS

| | |
|--------|--|
| EUR | Euro |
| IF | Institution financière |
| JOYWO | Joyful Women Organization |
| KSh | Shilling du Kenya |
| IMF | Institution de microfinance |
| MNRE | Ministère indien des Énergies nouvelles et renouvelables |
| NABARD | National Bank for Agriculture and Rural Development |
| PAYGO | Pay-as-you-go, ou paiement à l'utilisation |
| ACCE | Association de coopératives de crédit et d'épargne |
| PME | Petites et moyennes entreprises |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| USD | Dollar américain |

FINANCE

1. Prêt bancaire



2. Prêt d'une banque rurale / banque de développement



3. Prêt d'institutions de microfinance (IMF)



4. Prêt au sein d'une chaîne de valeur



5. Convention de crédit-bail / de rachat



6. Coopératives



7. Groupes d'épargne informels



a. Modèle commercial paiement à l'utilisation

OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

Le module **FINANCER** décrit les prestations financières générales que peuvent solliciter les agriculteurs désireux de se doter d'un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS). Ce module se donne pour objectif d'informer les acteurs impliqués dans le processus décisionnel (gouvernements, institutions financières, fournisseurs de technologie, professionnels du développement, etc.) de l'option financière la mieux adaptée aux besoins des agriculteurs en fonction de leurs caractéristiques spécifiques. Ceci permettra à davantage d'agriculteurs d'avoir accès au financement d'un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS), optimisant du même coup l'efficacité et la durabilité du secteur agricole.

Les agriculteurs disposant de ressources financières suffisantes pour faire l'acquisition d'un SPIS sans avoir à faire un emprunt sont invités à consulter le module **INVESTIR**.

Il existe une étroite corrélation entre productivité et rentabilité d'une part et niveau de développement du secteur financier d'un pays d'autre part. Le financement de l'agriculture est donc un important facteur de croissance. Il se trouve cependant que les agriculteurs sont fréquemment confrontés à des difficultés d'accès à un financement idoine, surtout dans les pays en voie de développement. Ce financement insuffisant de l'agriculture s'explique surtout par les réticences des institutions financières (IF), en premier lieu les banques, à financer de nouvelles technologies dans le secteur agricole. La raison principale en est le risque perçu de non-remboursement, lié aux aléas propres au secteur concernant les prix, la production, les marchés fortement impondérables ainsi que les risques associés à une nouvelle technologie. Par ailleurs, l'isolement géographique de certaines exploitations, le manque de connaissances du secteur agricole et des

politiques inadéquates – notamment des demandes de garanties lourdes – restreignent l'accès au financement de l'agriculture.

Il serait possible de venir à bout de ces difficultés avec des produits financiers innovants, des polices d'assurance adéquates, une meilleure sensibilisation aux risques spécifiques à l'agriculture et le développement de prestataires de services financiers destinés à l'agriculture. Pour les institutions financières, les fournisseurs de technologie et les gouvernements, le financement de systèmes d'irrigation solaires pourrait ainsi être considéré comme une opportunité de diversifier leur portefeuille de prêts, d'élargir leur gamme de produits financiers et de stimuler le développement économique d'un pays.

Ce module fait la distinction entre les deux grandes catégories de modèles de financement : les modèles de développement et les modèles commerciaux. Les modèles de développement sont généralement le fait de gouvernements, d'ONG et d'institutions à but non lucratif dans l'optique d'aider les agriculteurs à améliorer leurs moyens de subsistance et leur développement général. Les bourses, les subventions et les programmes d'infrastructure sont les instruments phares des modèles de développement. Les modèles commerciaux pour leur part sont le fait des banques et des institutions financières qui, en plus de stimuler la croissance économique d'un pays, cherchent à tirer profit du crédit accordé. Les modèles commerciaux sont recommandés dans les cas de marchés plus mûrs, où l'octroi de crédits appropriés est facile.

Bien que dans les zones rurales, les prêts faits par des membres de la famille, voisins et amis soient une pratique répandue, ceux-ci ne seront pas décrits

dans ce module car ils n'apportent pas de valeur globale supplémentaire au marché.

Ce module abordera huit modèles de financement, relevant soit du modèle de

développement, soit du modèle commercial.

1 PRÊT BANCAIRE

RÉSULTAT / PRODUIT

Une banque commerciale est une institution financière dont la vocation première consiste à accorder des prêts et à accepter des dépôts. Une banque commerciale tire ses revenus des taux d'intérêt perçus sur les prêts consentis. Une banque commerciale s'appuie donc sur un **modèle financier commercial**.

Les banques proposent des types de prêts agricoles différents en fonction du montant, du terme et de la fonction du crédit. La plupart des banques commerciales n'ont malheureusement pas encore mis au point de produit financier spécifiquement adapté à l'acquisition de systèmes d'irrigation à énergie solaire. Les emprunteurs sont donc obligés de se replier sur un prêt agricole standard.

L'octroi d'un prêt par une banque commerciale est conditionné à la signature par les deux parties prenantes de plusieurs documents. Un **titre de créance** par lequel l'emprunteur s'engage à rembourser le prêt au taux d'intérêt décidé, un **contrat de prêt** définissant les conditions du prêt, un **contrat de garantie** précisant ce qu'il adviendra du nantissement si l'emprunteur ne parvient pas à honorer les conditions de remboursement et, enfin, un **état financier**.

En fonction de leur échéance, les prêts se sous-divisent en trois catégories : prêts à court terme, moyen terme et long terme. Pour faire l'acquisition d'équipements agricoles, on a généralement recours à un prêt à moyen terme, dont la durée est de 1 à 5 ans. La durée de remboursement d'un SPIS oscillant généralement entre 2 et 5 ans, en fonction des revenus de l'exploitation ainsi que d'autres aspects économiques associés, un prêt à moyen terme est la meilleure solution.

Une fois le prêt accordé, des intérêts sont dus. Ceux-ci peuvent être fixes,

modulables ou variables. Les taux d'intérêt fixes restent inchangés pendant toute la durée du prêt. Dans le cas de taux d'intérêt modulables, un changement est autorisé, mais uniquement à des intervalles déterminés. Les taux d'intérêt variables, quant à eux, évoluent en fonction des conditions du marché.

Les prêts bancaires peuvent être remboursés par paiements fixes de montants constants ou par paiements fixes du principal. Dans le premier cas, les intérêts et le principal sont divisés en montants égaux échelonnés tout au long de la durée du prêt. Dans le second, le principal est divisé en montants égaux et les intérêts sont calculés à chaque fois en fonction du montant résiduel à rembourser. Dans le cas de paiements fixes du principal, les paiements initiaux sont les plus importants.

En raison des risques élevés inhérents au secteur agricole, les taux d'intérêts appliqués aux prêts agricoles sont généralement élevés.

À titre d'exemple, au Kenya, le pays présentant la plus grande inclusion financière des Etats d'Afrique orientale, les taux d'intérêt oscillent entre 20 et 30 % (situation en 2017). L'Equity Bank of Kenya demande des intérêts de 18 %, majorés de 3 % pour frais de dossier. La KCB Bank, en partie détenue par le gouvernement kényan, pratique des taux d'intérêt de 22 %, majorés de 2,5 % pour frais de dossier. De surcroît, elle exige la souscription de deux assurances obligatoires : une assurance insolvabilité à 2,5 % d'intérêt et une assurance récoltes à 7 % d'intérêt. La somme des intérêts avoisine ainsi les 30 %.

DONNÉES NÉCESSAIRES

Pour la plupart des banques commerciales, les données requises pour finaliser un crédit sont les suivantes :

Données personnelles concernant l'exploitant agricole :

- Sexe : il ressort d'études qu'il y a une plus forte probabilité que les femmes remboursent leurs dettes que les hommes.
- Âge : certaines banques restreignent l'octroi de crédits à des groupes d'âge spécifiques : par ex. entre 25 et 55 ans. De plus, dans beaucoup de pays, les taux d'intérêt sont subventionnés pour les personnes âgées.
- Situation matrimoniale : il y a une plus forte probabilité que les personnes mariées et qui ont des enfants remboursent leurs dettes.
- Pièces d'identité.

Informations relatives à l'exploitation :

- Titre de propriété : les chances d'obtenir un crédit sont bien moindres en cas de fermage des terres.
- Antécédents en matière de crédit : l'exploitant a-t-il remboursé tous ses prêts par le passé ? Est-il solvable ?
- Assurance insolvabilité (le cas échéant)
- Relevé de compte en banque : pour connaître les flux de trésorerie et les mouvements de compte de l'exploitant
- Revenus issus de l'agriculture
- Revenus provenant d'activités autres que l'agriculture
- Garantie : les banques ont besoin d'une sûreté, pour le cas où l'exploitant ne serait pas en mesure de rembourser ses dettes.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Banque commerciale
- Experts financiers / analystes de risques
- Exploitant

POINTS IMPORTANTS

En règle générale, les grands exploitants ont de meilleures chances d'obtenir un

crédit auprès de grandes banques ; à l'inverse, il est recommandé aux petits exploitants de traiter avec des institutions financières de taille moindre. Pour les petits exploitants disposant de moyens financiers modestes et d'un accès limité au marché et aux clients, obtenir des crédits auprès d'une banque commerciale relève du défi. Des garanties, d'autres sources de revenu et être titulaire d'un compte en banque constituent les principaux critères d'admissibilité au crédit. Les garanties et une autre source de revenus tiennent lieu de caution pour la banque, de sûreté au cas où l'activité agricole ne serait pas rentable.

Malheureusement, les banques ne disposant pas d'informations suffisantes sur ce produit, la pompe solaire n'est pas considérée en soi comme une garantie. Les institutions financières, qui se fient principalement à leurs données internes, n'ont pas d'experts capables d'évaluer le risque du prêt. Pour pouvoir compter une pompe solaire comme garantie, un analyste financier doit connaître son prix d'achat initial, sa durée de vie et le taux de dépréciation du produit - autant de données lui permettant d'en évaluer la valeur. De plus, il est impératif de connaître les conditions optimales d'utilisation, l'existence, le cas échéant, d'un marché de l'occasion et le risque de vol. Les banques ont besoin de ce type d'informations pour éviter les situations malencontreuses susceptibles de leur faire perdre de l'argent. En cas de vol du système ou d'utilisation dans une zone présentant une forte salinité entraînant son dysfonctionnement, l'exploitant risque de ne pas pouvoir rembourser le prêt et la banque se retrouverait avec un crédit non remboursé et une garantie sans valeur.

2

PRÊT D'UNE BANQUE RURALE / BANQUE DE DÉVELOPPEMENT

RÉSULTAT / PRODUIT

Les banques dites de développement agricole ou rural sont des institutions financières intervenant au niveau régional qui fournissent des services financiers à des taux d'intérêt relativement faibles, à des conditions de remboursement souples, avec un amortissement du prêt et un accompagnement, aux niveaux technique et mercatique, des protagonistes impliqués dans la chaîne de valeur des produits alimentaires. L'objectif premier d'une banque rurale est le développement du niveau de vie, de la sécurité alimentaire et de la durabilité de la production agricole en milieu rural, en ménageant aux PME un accès au financement. À cette fin, les banques rurales proposent des modèles financiers clairement plus axés sur le **développement** que les banques conventionnelles.

Les banques de développement rural sont en mesure de proposer des conditions arrangeantes grâce à leur coopération avec des gouvernements, des ONG et des entreprises privées qui leur apportent un soutien économique. Cette coopération stratégique impose un certain nombre de limites aux activités de financement, les exploitants devant remplir les critères spécifiques définis par les bailleurs de fond. Par exemple, seules certaines chaînes de valeur alimentaire jugées pertinentes pour le développement d'un pays sont subventionnées par le gouvernement. Quant aux entreprises privées, elles ne financent que les exploitants qui acceptent de signer avec elles des contrats commerciaux.

Les principaux points faibles des banques rurales sont des risques opérationnels supérieurs, une capacité de gain moindre et la compétitivité d'institutions financières mineures, notamment les institutions de microfinance. Les banques rurales ne

financent généralement qu'une partie du financement (75 % environ), les exploitants doivent détenir un capital de départ. Les taux d'intérêt sont bien plus bas que ceux perçus par les banques commerciales. Le taux d'intérêt prélevé par l'Agricultural Bank of Ghana par exemple varie entre 4 et 8,5 %.

Le programme de subventionnement de systèmes photovoltaïques solaires lancé par le gouvernement indien, avec le soutien de la National Bank for Agriculture and Rural Development (NABARD), est un exemple de programme gouvernemental de ce type. Le lourd tribut financier s'en est trouvé considérablement diminué pour les exploitants. Ce programme accordait une remise de 40 % aux exploitants à l'achat de SPIS de constructeurs approuvés par le Ministère indien des Énergies nouvelles et renouvelables (MNRE). Sur les 60 % restants, le bénéficiaire doit apporter 20 % et peut emprunter les 40 % à taux réduit, généralement remboursables dans un délai de 5 ans, au taux d'intérêt spécifique de la banque.

DONNÉES NÉCESSAIRES

Les informations requises pour déposer une demande de crédit auprès d'une banque agricole ou de développement sont quasi-identiques à celles requises par les banques commerciales. En outre, des facteurs environnementaux et sociaux entrent aussi en ligne de compte :

- Données personnelles concernant l'exploitant agricole : identiques à celles requises par les banques commerciales.
- Informations relatives à l'exploitation : identiques à celles requises par les banques commerciales.
- Dans certains cas, les exploitants doivent verser des arrhes pour sécuriser le prêt.
- Le candidat devra être titulaire d'un compte en banque auprès de la banque rurale ou d'un autre établissement financier, indicateur des

flux de trésorerie et des mouvements de compte de l'agriculteur.

- Une garantie ou une autre source de revenus est requise pour sécuriser l'investissement : dans le cadre de certains programmes de développement, une garantie dite souple de l'agriculteur suffit. Dans d'autres cas de figure, les bailleurs de fond se portent garants pour eux.
- Un justificatif d'identité : généralement, seuls les ressortissants du pays en question peuvent bénéficier des subventions du gouvernement.
- Assurance du prêt : dans certains projets de développement, le bailleur de fonds prend en charge l'assurance.
- Soumission d'un plan d'affaires : les banques doivent s'assurer que le projet de l'exploitant remplit les critères définis par les bailleurs de fonds ou qu'il ne dépasse pas les limites prévues par le programme de subventionnement.
- La banque doit vérifier la faisabilité environnementale et sociale du projet.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Banque rurale / banque de développement
- Gouvernement / ONG / entreprise privée
- Agriculteur

3

PRÊT D'UNE INSTITUTION DE MICROFINANCE (IMF)

RÉSULTAT / PRODUIT

Les institutions de microfinance (IMF) sont des organisations qui tâchent de rendre possible l'inclusion financière des couches pauvres de la population (à l'exclusion toutefois des plus démunis). L'éventail des types d'organisations pouvant jouer le rôle d'IMF est large : banques commerciales et banques de développement, groupes d'épargne, coopératives et ONG au statut non-lucratif. Ces institutions peuvent fournir des micro-prêts à des conditions avantageuses aux populations pauvres urbaines et rurales. Les IMF sont considérées comme un des meilleurs moyens de combattre la pauvreté et de stimuler le développement ; c'est pourquoi, dans la plupart des cas, ils suivent un **modèle financier de développement**.

Grâce aux progrès de l'accès à Internet et aux appareils mobiles dans la population des PVD, et grâce aussi à une meilleure inclusion financière des pauvres, la microfinance est en expansion à l'échelle mondiale.

Face au vaste éventail de profils d'IMF existants, il est difficile de définir un modèle de microfinance représentatif. En règle générale, les ONG sont financées par des bailleurs de fonds. Pour pouvoir fournir des micro-crédits, elles doivent tout d'abord emprunter de l'argent aux institutions financières. Ce système de double prêt ne garantit pas une disponibilité constante des crédits et le taux d'intérêt pour le débiteur final est élevé. Inversement, les institutions financières classiques qui décident de se lancer dans la microfinance ont l'avantage de pouvoir s'appuyer sur des infrastructures et un savoir-faire existants et sur leur propre capital. À la différence des ONG, qui travaillent au niveau local, les institutions financières (IF) formelles n'ont pas la relation de proximité avec les

pauvres. Elles doivent donc rechercher d'autres moyens de vérifier la solvabilité des agriculteurs et trouver des alternatives de garantie. De plus, compte tenu du nombre important de transactions et des petits montants en jeu, c'est à peine si les micro-emprunts couvrent les frais de transactions encourus par les IF classiques.

En général, les IMF proposent un remboursement rapide du prêt, des taux de remboursement courants et des prêts personnalisés, ce qui suppose une relation personnelle intense entre prêteur et emprunteur. La durée des prêts de microfinance varie généralement entre 4 et 12 mois et ils doivent être remboursés à des traites mensuelles, hebdomadaires voire quotidiennes. Le montant typique d'un prêt d'une IMF se situe entre 100 et 300 USD. Toutefois, avec l'arrivée d'IF à but lucratif, la plage du montant des prêts s'est considérablement élargie, permettant aux agriculteurs d'acquérir des équipements agricoles onéreux, tels que les SPIS.

Les IMF proposent ces prêts tant à des agriculteurs individuels qu'à des groupements d'agriculteurs. Des groupements de planteurs peuvent se former dans le but spécifique d'acheter un SPIS pour permettre aux agriculteurs d'obtenir des prêts plus conséquents. Les membres du groupe se portent garants les uns des autres : si un agriculteur n'honore pas ses dettes, il incombe aux autres de les rembourser. Seuls les agriculteurs unis par de forts liens de confiance consentent à constituer un groupe de planteurs. Sur un modèle comparable, en Inde, des collectifs à responsabilité solidaire comptant entre 4 et 10 membres se constituent dans l'objectif de bénéficier d'un prêt bancaire sur une base individuelle par le biais d'un mécanisme collectif en échange d'une garantie mutuelle. En règle générale, les membres pratiquent une activité économique de type similaire et proposent à la banque un projet commun qui leur permet de bénéficier de prêts.

DONNÉES NÉCESSAIRES

Compte tenu de la grande diversité d'institutions impliquées dans la microfinance, les critères que les agriculteurs doivent remplir pour obtenir un micro-prêt sont très variables. Il est donc indispensable de s'informer des données requises par chaque IF, en se référant aux autres chapitres de ce module.

La liste suivante indique toutefois les documents le plus fréquemment requis pour constituer un dossier de demande de prêt :

- Pièces d'identité.
- Âge minimum : 18 ans.
- Ancienneté dans le secteur : généralement une année.
- Le candidat devra être titulaire d'un compte en banque auprès de l'IMF ou d'un autre établissement financier, indicateur du flux de trésorerie et des mouvements du compte de l'agriculteur.
- Antécédents en matière de crédit : l'exploitant a-t-il remboursé tous ses prêts par le passé ? Est-il solvable ?
- Garanties accommodantes ou garants.
- Assurance insolvabilité (le cas échéant)
- La finalité du prêt doit être clairement indiquée à l'IMF.
- Les prêts octroyés par des IMF étant majoritairement basés sur une relation humaine, ils sont conditionnés à la tenue d'entretiens personnels préalables.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Institution de microfinance (IMF)
- Agriculteur ou groupements d'agriculteurs

POINTS IMPORTANTS

Le micro-financement est un vecteur d'inclusion financière mais il n'est pas toujours à la hauteur des attentes quand il

s'agit de soulager la pauvreté. En effet, le niveau élevé des taux d'intérêt, avoisinant en moyenne les 37 % mais pouvant atteindre 70 %, peut aggraver encore la situation de personnes déjà pauvres.

Les banques commerciales étant plus enclines à financer de grands exploitants, les clients des IMF sont majoritairement des PME aux moyens financiers limités et ne disposant pas de garanties. Les associations de coopératives de crédit et d'épargne (ACCE) sont des structures similaires : détenues et gérées par leurs propres membres, elles ont pour but de fournir une source de revenus équitable et des taux d'intérêts raisonnables.

Il y a parfois une certaine confusion entre les IMF et les ACCE. Vous trouverez ci-après les principales différences entre les deux institutions :

- Quelques jours seulement s'écoulent entre la demande de prêt auprès d'une IMF et le versement du montant. Pour les ACCE en revanche, le délai de versement du montant du prêt peut atteindre jusqu'à 6 mois.
- Les taux d'intérêt pratiqués par les IMF sont bien supérieurs à ceux dus par les membres des ACCE.
- Les IMF accordent des délais de remboursement bien plus courts.
- Les IMF sont tenues par des salariés rémunérés tandis que les ACCE le sont par des membres de la coopérative.
- Dans les ACCE, les débiteurs sont des membres qui partagent la propriété de la coopérative ; dans le cas des IMF, les débiteurs sont des clients.

4

PRÊT AU SEIN D'UNE CHAÎNE DE VALEUR

RÉSULTAT / PRODUIT

Le financement interne à une chaîne de valeur est une méthode financière qui permet de faire des investissements et des prêts au sein d'une même chaîne de valeur. Ce type de prêt constitue un partenariat entre différents agents de la même chaîne de valeur, désireux d'augmenter la productivité et la compétitivité de la chaîne de valeur en soi. Fournisseurs et distributeurs jouent le rôle de fournisseurs financiers et permettent aux agriculteurs d'accéder à des produits financiers qu'ils ne pourraient pas obtenir en passant par des institutions financières classiques. Les agents de la chaîne de valeur prêtent leur propre capital aux agriculteurs ou, s'ils ne possèdent pas les moyens financiers nécessaires au prêt, jouent le rôle de médiateurs financiers entre agriculteurs et IF. Les parties prenantes aux prêts internes à la chaîne de valeur travaillent sur la base d'un **modèle financier commercial**.

Ce type de financement crée une situation gagnant-gagnant pour toutes les parties prenantes : les agriculteurs obtiennent un prêt personnalisé, dont ils ne devront commencer le remboursement que des mois après avoir touché le versement, fournisseurs et distributeurs sont doublement bénéficiaires : par les intérêts perçus et par l'amélioration de la chaîne de valeur.

Le principal avantage d'un prêt interne à la chaîne de valeur réside dans le fait qu'il réduit le risque inhérent au financement de projets agricoles. Les fournisseurs et les distributeurs, qui travaillent au niveau local, se chargent des transferts d'argent, ce qui facilite les transactions. De plus, grâce à la relation personnelle qui les lie aux agriculteurs, les fournisseurs et les distributeurs se portent garants. Le principal inconvénient de ce modèle est le taux d'intérêt appliqué, qui peut atteindre

30 %, du fait qu'il faut additionner les intérêts de la banque à ceux des intermédiaires financiers.

Ce modèle financier est également applicable aux prêts en vue de l'achat d'un SPIS :

- Les fabricants de SPIS fournissent la technologie aux agriculteurs, qui pourront les rembourser ultérieurement, en général, après la vente des récoltes. Ce type de prêt incitera un nombre croissant d'agriculteurs à faire l'acquisition d'un SPIS, tandis que les constructeurs, de leur côté, élargiront leur clientèle.
- Les distributeurs de produits alimentaires, quant à eux, font une avance aux agriculteurs sur les produits qu'ils leur achèteront plus tard dans l'année, apportant aux agriculteurs l'argent nécessaire pour faire l'acquisition d'un SPIS. Les agriculteurs, en contrepartie, s'engagent auprès des distributeurs à leur livrer les produits après la récolte. Les distributeurs de produits alimentaires se prêtent à ce genre d'accord financier parce qu'ils sont liés à l'obligation de fournir d'importantes quantités de nourriture de qualité aux agents de la chaîne en aval. Les SPIS permettent d'optimiser ces deux variables. De plus, les distributeurs ont recours à ce type de prêt pour fidéliser les agriculteurs et les empêcher de vendre leur récolte à d'autres acheteurs intéressés.

Ci-après quelques exemples de prêts octroyés par des agents situés en amont ou en aval de la chaîne de valeur :

Hortifruti est une entreprise qui approvisionne en fruits des supermarchés de gros au Costa Rica. Dans les années 1970, époque où Hortifruti a démarré dans le secteur, le marché des fruits était fragmenté et les agriculteurs manquaient d'infrastructures et de technologies. Dans

ces conditions, il était impossible pour les détaillants de vendre des fruits de bonne qualité en grande quantité. C'est ce qui a amené Hortifruti à décider d'apporter aux agriculteurs assistance technique et financement. Hortifruti a développé deux types de modèles financiers : un modèle de financement faisant intervenir une banque et un autre se passant d'IF. Le financement bancaire était assuré par la BAC San Jose - Hortifruti garantissant en contrepartie à la banque qu'elle rachèterait les fruits aux agriculteurs, le financement bancaire représentant 60 % des coûts de production. Ce modèle n'exigeait pas de garantie mais une assurance sur les récoltes. L'agriculteur était tenu de s'engager à livrer sa production à Hortifruti, le moment venu. Aux yeux de la banque BAC San Jose, un contrat de vente suffisait comme gage de solvabilité de l'agriculteur. Dans le second type de prêt, un modèle non bancaire, Hortifruti s'acquittait de 30 % des coûts de production. Sans percevoir d'intérêts. L'agriculteur n'avait qu'à signer un contrat de fourniture de sa production à venir, en contrepartie de quoi les moyens de productions voulus lui étaient remis.

Le distributeur d'équipement SolarNow, au Kenya, est l'illustration d'un prêt accordé par un agent situé en amont de la chaîne de valeur. SolarNow propose des prêts remboursables sur 6, 12 ou 24 mois. Pour obtenir un prêt sur 6 mois, l'agriculteur doit verser d'avance, en guise de garantie, la moitié du prix de la pompe. Le prix total de la pompe s'élevant à 68 500 KSh, le versement sera de 34 250 KSh. Après le paiement initial, il devra effectuer six versements de 6 550 KSh chacun. À la fin du prêt, l'agriculteur aura déboursé 73 550 KSh, soit 7 % de plus que le prix d'origine de la pompe. Pour le prêt remboursable en 12 mois, l'acompte sera de 15 %, suivi de 12 mensualités de 10 275 KSh chacune. Enfin, le prêt remboursable sur 2 ans nécessite un acompte de 15 %, suivi de 24 mensualités à 3 850 KSh.

La société Futurepump, au Kenya, apporte aux agriculteurs la possibilité d'acheter un SPIS en passant par un prêt auprès de grandes banques. Equity Bank propose des prêts sur 2 ans avec un acompte à hauteur de 30 %, des frais d'ouverture de dossier de 5 % et un taux d'intérêt de 14 %. La banque KCB propose un dépôt de garantie moindre, de 10 % à verser à l'avance et un taux d'intérêt de 14 % plus des frais supplémentaires d'ouverture de dossier.

Pour finir, citons l'exemple de SunCulture, qui a lancé en 2017 un projet pilote comportant 150 gicleurs d'arrosage d'un prix unitaire de 50 000 KSh. Les agriculteurs devaient verser 20 % seulement du coût total, suivis de 12 mensualités de 4 500 KSh chacune. Chaque agriculteur a donc investi 64 000 KSh dans le système. Les frais de livraison, d'installation et de formation n'étaient pas compris dans ce prix. À l'issue de ce projet pilote, SunCulture a décidé d'optimiser le produit et s'est rendu compte qu'il fallait élargir les marges de bénéfice, ce qui a entraîné une hausse du prix du système d'arrosage.

DONNÉES NÉCESSAIRES

L'obtention d'un prêt pour les agriculteurs est soumise aux conditions suivantes :

- Pièces d'identité.
- Compte en banque : pour connaître les flux de trésorerie de l'agriculteur et les mouvements sur son compte.
- Dans certains cas, les agriculteurs doivent verser un dépôt de garantie pour sécuriser le prêt.
- Preuves de l'existence d'un marché d'écoulement des produits alimentaires.
- Preuves d'une ou deux récoltes réussies, pour attester de l'expérience de terrain.
- Ce type de prêt présuppose une relation étroite entre agriculteurs et fournisseurs financiers. Ces derniers doivent faire confiance aux agriculteurs et être convaincus de

- leur capacité à réussir et à rembourser le prêt.
- Il arrive que les institutions financières demandent des devis aux fournisseurs et aux distributeurs (comparables à une garantie).
- Les contrats d'achat ou de vente sont indispensables pour finaliser le prêt : les IF doivent avoir l'assurance que l'agriculteur gagnera de l'argent.
- Une garantie sous forme d'actifs ou une autre source de revenus ne sont généralement pas exigées.
- Les agriculteurs ne doivent pas nécessairement être propriétaires terriens : il peut s'agir d'un bail à court ou à moyen terme.
- La taille d'exploitation et le type de culture jouent un rôle important : les distributeurs sont liés par l'obligation d'approvisionner les acteurs en aval de la chaîne en quantités importantes de produits spécifiques. C'est pourquoi ils choisiront des exploitants à la hauteur de leurs attentes.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Les agents en amont et en aval de la chaîne de valeur (producteurs et fournisseurs de SPIS, entreprises de transformation et de distribution d'aliments)
- Institutions financières
- Agriculteurs

POINTS IMPORTANTS

Les prêts contractés au sein d'une chaîne de valeur peuvent restreindre l'indépendance des agriculteurs. Les contrats d'achat et de vente, nécessaires dans la majorité des cas, créent une dépendance des agriculteurs par rapport aux fournisseurs et/ou aux acheteurs. De plus, les agriculteurs doivent remplir un certain nombre de critères pour avoir droit à un prêt.

5

CONVENTION DE CRÉDIT-BAIL / DE RACHAT

RÉSULTAT / PRODUIT

Le crédit-bail est un instrument financier qui permet d'utiliser un équipement sans devoir l'acheter. Les parties du contrat sont d'une part le bailleur, le propriétaire du bien, d'autre part le preneur qui, moyennant une prestation mensuelle, acquiert le droit d'utiliser le bien. À l'expiration de la convention de crédit-bail, le preneur a la possibilité d'acheter l'équipement. Différents types d'institutions pratiquent le crédit-bail : IMF, banques ainsi que producteurs et distributeurs d'équipements. Le crédit-bail est un **modèle financier commercial**.

En dépit de son aspect lucratif, le crédit-bail est considéré comme une méthode alternative de financement qui permet de surmonter les obstacles au développement en zones rurales. Le crédit-bail permet aux agriculteurs qui sont exclus du crédit un accès à des équipements agricoles innovants. Les agriculteurs ayant souscrit une convention de crédit-bail peuvent ainsi utiliser un SPIS sans en être les propriétaires.

Les conventions de crédit-bail ne couvrent qu'une partie de la valeur totale d'un équipement. À l'expiration du contrat, l'équipement aura donc encore une valeur résiduelle. La durée d'une convention de crédit-bail dépend de la longévité de l'actif en question. Les conventions de crédit-bail sont considérées comme une solution flexible au sens où les actifs peuvent être vendus et échangés à tout moment. Se prêtent particulièrement au crédit-bail les actifs équipés de technologies innovantes rapidement obsolescentes et ceux qui sont très sujets à l'usure physique.

Le principal défi auquel est confronté un bailleur qui souscrit un contrat de crédit-bail est la difficulté qu'il y a à s'assurer que le preneur s'acquitte des paiements et fasse usage de l'actif dans les règles de l'art, sans l'endommager. C'est pourquoi

les institutions qui enregistrent le meilleur taux de réussite sont celles qui travaillent au niveau local avec des agriculteurs qui vivent dans des zones reculées.

Il existe plusieurs types de convention de crédit-bail. Les deux modèles les plus répandus sont le crédit-bail opérationnel et le crédit-bail financier. Le crédit-bail opérationnel est proche d'une location. Le preneur paie au bailleur une redevance pour l'utilisation et une autre pour la dépréciation du bien d'équipement. En contrepartie, le bailleur est tenu d'assurer la maintenance du bien, de l'assurer et de l'enregistrer à ses frais. Dans le cas du crédit-bail financier (plus proche d'un prêt), le preneur règle une partie de la valeur totale des biens d'équipement, à laquelle vient s'ajouter le taux d'intérêt convenu, payable par mensualités pendant toute la durée du contrat. A l'expiration du contrat de crédit-bail, le preneur a l'option d'acheter le bien à sa valeur nominale (prix résiduel convenu d'avance). Dans ce second type de contrat, les frais d'assurance et de maintenance sont à la charge du preneur. Par exemple, si un SPIS coûte 3 000 USD, l'agriculteur ne paie pendant la durée du contrat de crédit-bail que 60 % de sa valeur totale, plus un taux d'intérêt. Au terme du contrat, le SPIS aura une valeur résiduelle de 40 % (1 200 USD), qui devra être réglée pour devenir propriétaire de l'équipement.

En vue de l'achat de pompes solaires, Kickstart, producteur et revendeur d'équipements, propose un micro-crédit-bail prévoyant un paiement préalable de 30 %. Le reste du paiement peut être effectué 5 mois plus tard, à une date où la vente de la récolte aura rapporté de l'argent à l'agriculteur.

DONNÉES NÉCESSAIRES

Le crédit-bail est soumis à des critères bien moins stricts que ceux applicables à un prêt. C'est pourquoi les petits agriculteurs ont davantage de chance d'obtenir un crédit-bail qu'un prêt.

Pour avoir droit à un crédit-bail sur un bien d'équipement, les critères suivants doivent être remplis :

- Pièces d'identité.
- Compte en banque : pour connaître le flux de trésorerie de l'agriculteur et les mouvements sur son compte.
- Antécédents de l'agriculteur en matière de crédit : un contrat de crédit-bail n'entrera pas dans l'historique de crédit d'un agriculteur, mais ses antécédents devront être consultés pour vérifier sa crédibilité.
- Preuves de l'existence d'un marché d'écoulement des produits alimentaires.
- Preuves d'une ou deux récoltes réussies, pour attester de l'expérience de terrain.
- Un crédit-bail doit parfois être assuré.
- Un acompte peut être demandé, pour sécuriser les actifs.
- Une garantie ou une autre source de revenus ne sont généralement pas nécessaires. Dans certains cas, un tiers peut se porter garant.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Bailleur (producteur ou distributeur de biens d'équipement / société financière ou les deux)
- Preneur (agriculteur)

POINTS IMPORTANTS

Le principal avantage d'un crédit-bail est qu'il est généralement moins cher qu'un prêt. Les agriculteurs souscrivant un contrat de crédit-bail devront s'acquitter d'une partie de la valeur totale du SPIS, plus un taux d'intérêt. Les agriculteurs qui achètent un SPIS devront pour leur part s'acquitter de la valeur totale de l'équipement, plus le taux d'intérêt. Si l'agriculteur décide d'acheter le SPIS au

terme du contrat de crédit-bail, le crédit-bail revient plus cher qu'un prêt.

Dans certains contrats, les agriculteurs doivent convenir par avance du nombre d'heures d'utilisation du SPIS. L'agriculteur a tout intérêt à faire une estimation la plus précise possible. Car les heures de non-utilisation ne seront pas remboursées tandis que les heures supplémentaires seront surtaxées.

La plupart des contrats de crédit-bail sont conclus entre les agriculteurs et les constructeurs ou distributeurs de biens d'équipement. Au demeurant, dans la plupart des cas, ces derniers jouent un rôle d'intermédiaire entre agriculteurs et sociétés financières. À vrai dire, les constructeurs et les distributeurs ne possèdent pas le capital, le savoir-faire et l'infrastructure requises pour gérer le crédit-bail. Ils font donc appel à un tiers qui se chargera de la transaction. En général, l'IF achète la pompe solaire au distributeur et la loue à l'agriculteur. Sauf les cas isolés dans lesquels le distributeur est prié de se porter garant de l'agriculteur, la pompe sert généralement de garantie. L'IF peut devenir propriétaire du bien d'équipement jusqu'au terme du leasing. En cas de défaut de paiement, l'IF réclame restitution du bien, plutôt que de devoir attendre l'issue d'une procédure de faillite et la vente des équipements. Les IF ont de nombreux avantages à se substituer au bailleur : ils encaissent les taux d'intérêt et les sommes principales, comme dans le cas d'un prêt, mais comme ils sont propriétaires du bien, le crédit-bail est moins risqué qu'un prêt. De plus, les contrats de leasing élargissent leur clientèle, l'évaluation du crédit reposant davantage sur la capacité de remboursement du preneur que sur les antécédents de crédit ou les actifs de l'agriculteur. Une fois l'équipement devenu inutilisable, l'IF peut soit le revendre sur le marché, soit en tirer la valeur à la casse. Les SPIS comportent des « clauses de rachat » spécifiques conclues avec le fournisseur d'équipements solaires. En

vertu de ces clauses, en cas de défaut de paiement ou au terme du contrat, le distributeur s'engage à racheter l'équipement. Par exemple, un constructeur de SPIS conclut un leasing de 2 ans et définit la valeur de revente de ses équipements à partir d'un défaut de paiement de trois mois. Dans le cas de figure où le preneur serait en défaut de paiement au bout de 9 mois et que la valeur résiduelle serait de 75 % à ce stade-là, le constructeur de SPIS rembourserait à l'IF la « valeur de remboursement », tandis que l'IF conserverait les paiements au titre du crédit-bail sur les 25 % initiaux.

RÉSULTAT / PRODUIT

Une coopérative est « une association autonome de personnes volontairement unies pour répondre à leurs besoins et aspirations économiques, sociaux et culturels communs, au moyen d'une entreprise leur appartenant en commun et régie démocratiquement. » (*ILO, Recommandation 193 : promotion des coopératives, 2002*). Les coopératives regroupent les personnes qui ont un lien commun, celui-ci pouvant être le même métier, le même lieu de résidence ou la même appartenance religieuse. L'objectif premier des coopératives agricoles est d'augmenter la production agricole et les revenus de ses membres par le biais d'un regroupement des producteurs alimentaires leur apportant des avantages économiques et financiers qu'ils ne pourraient pas obtenir en tant qu'agriculteurs individuels. Les coopératives étant des organisations à but non lucratif, elles suivent un **modèle financier de développement**.

Les services financiers sont fournis par des entités spécifiques qui s'appellent Coopératives d'épargne et de crédit (ACCE). Toute personne unie par le lien commun qui caractérise l'ACCE en question peut en devenir membre, sur paiement des frais d'inscription.

Les coopératives agricoles sont généralement financées par des banques, des programmes de développement gouvernementaux ou internationaux ou par des dépôts bénévoles de ses membres. Chaque membre d'une ACCE en devient en partie propriétaire, il perçoit des dividendes et a le droit de vote (selon le principe 1 homme - 1 voix). Le conseil d'administration est constitué de bénévoles non rémunérés élus à cette

fonction par les membres de la coopérative.

Grâce à leur statut non lucratif, les ACCE peuvent proposer à leurs membres des prêts compétitifs à des taux d'intérêt raisonnables. Les coopératives obtiennent généralement d'une institution financière classique un prêt qu'elles divisent ensuite entre leurs membres. Un prêt en vue de l'achat d'un SPIS ne requiert généralement pas de garantie. Si un agriculteur ne parvient pas à rembourser le prêt, la pompe solaire sera remise à un autre membre, ou le montant du prêt sera déduit des dividendes de cet agriculteur. Les prêts de groupe sont également possibles : les membres se portent mutuellement garants – si l'un des emprunteurs est en défaut de paiement, les autres membres seront tenus de rembourser ses dettes.

Les ACCE proposent un vaste éventail de types de prêts, qui fonctionnent majoritairement sur la base de coefficients. Si donc un membre a cotisé au fonds de la coopérative à hauteur de 200 euros et que l'ACCE applique un coefficient 2, il ou elle pourra faire un prêt plafonné à 400 euros. L'ACCE Kenyan Waumini, par exemple, propose un prêt de développement avec un coefficient 3, un taux d'intérêt de 12 % et une période de remboursement maximale de 60 mois pleinement sécurisée. Cette même ACCE permet également d'obtenir un prêt de groupe super flexible prévoyant que les membres du groupe se portent garants les uns des autres. Une assurance doit être souscrite à un taux d'intérêt de 1 % et le montant du prêt peut aller de 10 000 à 3 000 000 KSh. Une autre ACCE kenyane, appelée Hazina, propose un prêt normal avec un coefficient 4 et un plafond à 3 000 000 KSh remboursable en 72 mois.

DONNÉES NÉCESSAIRES

Pour devenir membre d'une coopérative, les conditions suivantes doivent être remplies :

- Pièces d'identité.
- Lien commun avec les autres membres de la coopérative.
- Une photographie de la filiale de la coopérative.
- Un compte ouvert auprès de cet ACCE.
- Frais d'admission unique et non remboursable (à l'ACCE Waumini, ils s'élèvent à 500 KSh).
- Une contribution unique minimale effectuée par dépôt (de 300 KSh pour l'ACCE Waumini).
- Capital social pouvant être payé d'un seul coup ou en plusieurs versements (s'élevant à 15 000 KSh pour l'ACCE Waumini).
- Une assurance risque payable en mensualités est parfois demandée (50 KSh dans le cas de l'ACCE Waumini).

Pour avoir droit à un prêt, un membre de la coopérative doit :

- Remplir un dossier de demande.
- Trouver d'autres membres acceptant de se porter garant pour lui, dans le cas de figure d'un prêt de groupe.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- La coopérative (ACCE)
- Institutions financières
- Les membres de la coopérative

POINTS IMPORTANTS

Les principales différences entre les banques et les coopératives sont les suivantes :

- N'importe qui peut devenir le client d'une banque, tandis que seules les personnes répondant à certaines caractéristiques spécifiques peuvent devenir membres d'une coopérative, et à ce titre, faire une demande de prêt.
- Les coopératives sont généralement des institutions de taille modeste comptant une ou deux filiales et un nombre limité de guichets automatiques bancaires (GAB).
- Les ACCE proposent les mêmes services que les banques mais des taux d'intérêt plus bas et des prêts personnalisés. Le service clientèle est meilleur et le système repose davantage sur la confiance que sur les garanties.
- Les coopératives sont moins intéressantes pour les grands acteurs en raison de la faible intensité capitalistique.
- Les coopératives ont parfois du mal à obtenir des prêts pour leurs membres parce qu'elles doivent tout d'abord faire une demande de prêt auprès d'une institution financière plus conséquente.
- Chaque membre ayant le droit de vote, les procédures de prise de décision sont plus lentes et moins efficaces dans les coopératives.

RÉSULTAT / PRODUIT

Les groupes d'épargne informels sont des groupes de personnes qui épargnent dans un fonds commun et empruntent directement dans les économies ainsi réalisées. Les groupes d'épargne informels sont basés sur un roulement prédefini, chaque membre pouvant ainsi obtenir un prêt à tour de rôle. Ces groupes considérant le crédit comme un droit humain, on est en présence d'un **modèle financier de développement**.

Les groupes d'épargne informels comptent entre 10 et 30 membres qui se réunissent sur une base mensuelle. Pendant ces rencontres, des membres du groupes doivent déposer leurs économies. L'argent ainsi recueilli sera ensuite remis à un membre du groupe. Dès que le débiteur aura remboursé son prêt, un autre membre pourra obtenir son crédit. L'avantage premier des groupes d'épargne informels est la discipline qu'ils imposent aux membres. La pression sociale augmente la probabilité que les membres honorent leurs engagements mensuels. Les taux d'intérêt que les membres doivent payer sur leur prêt sont bien plus faibles que ceux perçus par les banques et les IMF. Ces types d'organisation connaissent une expansion rapide en zone rurale dans les pays en voie de développement.

Chaque groupe se fixe un objectif spécifique. Au Kenya par exemple, Joyful Women's Organization (JOYWO), qui fournit des services bancaires « sur la table », aide les femmes et les jeunes à promouvoir la sécurité alimentaire en milieu rural. Le terme de service bancaire « sur la table » provient peut-être du mode de dépôt et d'échange de l'argent, qui se fait sur une table. Les membres d'un groupement présentent une caractéristique commune : dans JOYWO par exemple, les membres sont des

femmes de plus de 18 ans et des jeunes hommes appartenant à la tranche d'âge 18 à 35 ans. Ce groupe remporte un tel succès que davantage d'hommes veulent s'y joindre. Une nouvelle réglementation a donc été adoptée, prévoyant que 1/3 des membres soient de sexe masculin. Les groupes JOYWO proposent deux types de prêts : à court terme ou à long terme. Les personnes affiliées depuis plus de 6 mois peuvent faire une demande de prêt à long terme, d'un montant pouvant être 3 fois supérieur à leur contribution d'épargne, à un taux d'intérêt mensuel de 1 % et moyennant une période de remboursement allant de 12 à 24 mois. Un prêt à court terme devra être remboursé en un mois, à un taux d'intérêt de 10 %. Les prêts sont majoritairement accordés sans gage de sûreté, bien que des garanties de faible valeur, tels que des biens ménagers (télévision ou chaise) soient parfois demandées. Les membres du groupe se portent garants les uns des autres : si un membre ne peut pas rembourser son prêt pour un motif valable, les autres membres se cotiseront pour s'acquitter de sa dette. En cas de grandes difficultés financières, un membre peut retirer toutes ses économies mais s'expose dans certains cas à une pénalité.

DONNÉES NÉCESSAIRES

Une personne désireuse de s'affilier à un groupe d'épargne devra remplir les conditions suivantes :

- Avoir la nationalité d'un groupe donné (par exemple, seules les personnes de nationalité kenyane peuvent devenir membres de JOYWO).
- Les membres doivent appartenir à un groupe social spécifique et/ou être unis par un lien.
- Les membres du groupe doivent connaître le nouveau candidat et l'accepter au sein du groupe.

- Le nouveau membre doit s'engager à participer aux réunions mensuelles du groupe.
- Les cotisations mensuelles sont obligatoires.
- Les membres doivent s'investir pour la réussite du groupe et de ses activités.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Groupe de personnes désireuses de gérer ensemble leurs économies.
- Les groupes d'épargne informels sont parfois gérés par une organisation centrale qui les aide par ailleurs à élargir leurs fonds par le biais de bailleurs de fonds extérieurs.

POINTS IMPORTANTS

Bien que les institutions financières formelles proposent des comptes d'épargne, les pauvres doivent prendre en main la gestion de leurs économies. Compte tenu de la fréquence des transactions, les faibles montants épargnés ne permettraient pas de couvrir les coûts de fonctionnement pratiqués par les banques.

RÉSULTAT / PRODUIT

Le système de paiement à l'utilisation est un modèle commercial proposé par des constructeurs et des distributeurs d'équipements auxquels il importe davantage de fournir un service que de vendre un produit. Constructeurs et distributeurs transportent leurs équipements d'un client à l'autre, apportent leur service et sont rémunérés en fonction de la durée d'utilisation ou de la production. À la différence des modèles traités aux autres chapitres de ce module, le modèle du paiement à l'utilisation est un modèle commercial plus qu'un produit financier.

En pleine expansion dans le domaine SPIS, le modèle du paiement à l'utilisation est en croissance rapide parmi les constructeurs et les distributeurs de SPIS. Les agriculteurs ne pouvant pas irriguer leurs champs avec une pompe solaire faute de capital et de savoir-faire peuvent s'en remettre à des experts, qui se chargeront d'irriguer leurs champs aux dates convenues moyennant paiements préalables. Les agriculteurs n'auront donc pas besoin d'acheter de SPIS mais paieront uniquement selon la quantité d'eau pompée. Ceci les sensibilise à la valeur de la ressource et les incite à réduire les gaspillages.

L'avantage premier pour les agriculteurs est qu'ils ne paient pas plus que ce qu'ils utilisent, sans investissement ni frais de maintenance. Le système du paiement à l'utilisation permet aux agriculteurs qui ont des flux de trésorerie irréguliers de bénéficier de produits solaires de haute qualité avec peu d'argent. Ce modèle permet par ailleurs aux constructeurs et aux distributeurs de développer leur entreprise et leur clientèle. Le système du paiement à l'utilisation transformera

considérablement le modèle commercial de beaucoup d'entreprises et aura aussi un impact sur la chaîne de valeur d'un grand nombre de produits alimentaires dérivés.

Ce système convient mieux aux agriculteurs dont l'exploitation se situe à proximité de constructeurs ou de distributeurs, pouvant donc être desservis rapidement et régulièrement. Par ailleurs, les agriculteurs qui n'ont pas besoin d'irriguer leurs champs souvent ou qui peuvent compter sur d'autres sources d'eau (par ex. eaux de pluie) gagneront de l'argent en ne payant que le service au lieu du produit entier.

Claro Energy India et Kickstart International sont deux exemples de sociétés qui ont adopté ce modèle. Claro Energy fournit aux agriculteurs un système de paiement à l'utilisation, avec un numéro d'appel gratuit, un plan d'irrigation prépayé et régulier et un système de mise en marche à distance par carte de crédit accessible aux fermiers habitant les lieux les plus reculés. La société propose en outre des formations et des démonstrations. En coopération avec Angaza Design, Kickstart International développe également une technologie pay-as-you-go (PAYGO) d'irrigation solaire appelée Futurepump. Angaza est une interface sur Internet qui aide les constructeurs et les distributeurs à gérer les opérations « paiement à l'utilisation » dans le secteur des énergies renouvelables pour les consommateurs non reliés au réseau de distribution électrique.

DONNÉES NÉCESSAIRES

A la différence de tous les autres services financiers, le modèle paiement à l'utilisation n'est pas soumis à beaucoup de conditions. Il suffit que les agriculteurs aient :

- Leur propre compte en banque avec une carte de crédit pour effectuer les règlements au préalable.

- Un permis d'utilisation des eaux (le cas échéant) : pour des raisons écologiques, il n'est pas toujours permis de puiser l'eau de la nappe.

PERSONNES / PARTIES PRENANTES

- Distributeurs ou constructeurs de SPIS
- Agriculteur

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLEMENTAIRES

Outils

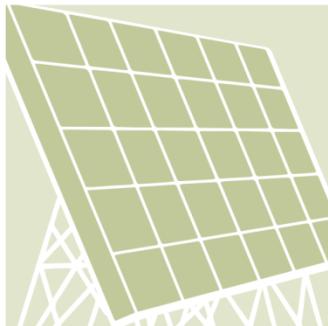
FINANCE – Outil de déploiement financier

Autres outils pertinents :

- **PROMOUVOIR – Évaluation rapide du SPIS** : avec une analyse de marché (financier) pour le financement des composantes du SPIS
- **INVESTIR – Payback Tool (outil de remboursement)** : calcule la viabilité financière d'un SPIS et la compare avec celle d'autres systèmes de pompage (diesel et réseau électrique)
- **INVESTIR – Farm Analysis Tool (outil d'analyse de l'exploitation)** : étudie la rentabilité d'une exploitation agricole et génère un état des résultats agricoles en vue d'être soumis à une institution de crédit.

GLOSSAIRE

| | |
|------------------------------|---|
| Prêt sécurisé | Un prêt est considéré comme étant sécurisé dès lors que le débiteur fournit un gage de garantie. En cas de défaut de paiement, la garantie deviendra la propriété du créditeur. |
| Capital de départ | Le capital de départ est le capital requis pour démarrer une activité commerciale. |
| Durée du prêt | La durée du prêt est la période dont dispose un débiteur pour rembourser sa dette. |
| Frais d'ouverture de dossier | Les frais d'ouverture de dossier sont les frais de traitement perçus par une institution financière (IF) pour créer un compte. |



Module 7: Concevoir



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.
<https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées

d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

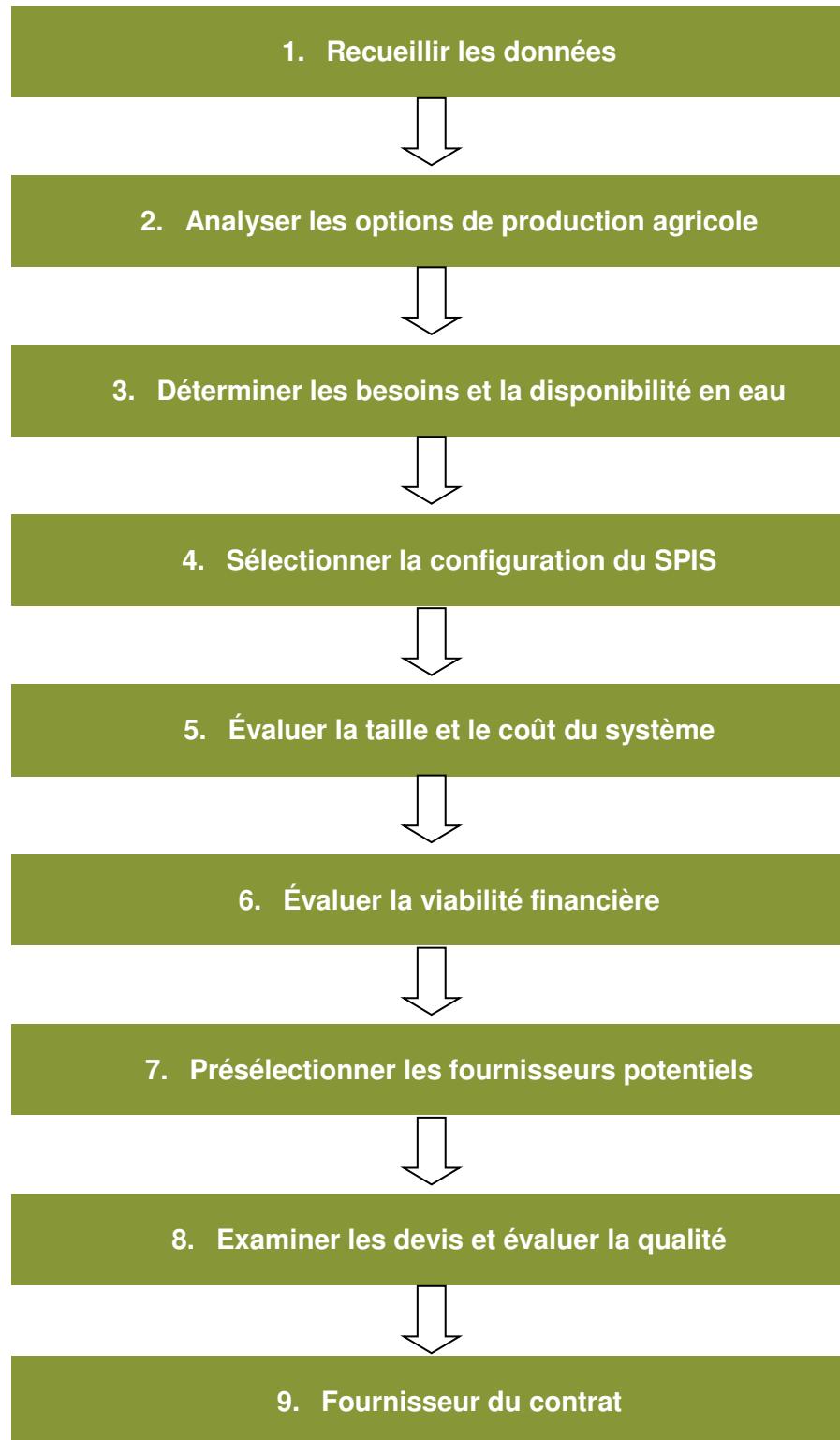
© GIZ et FAO, 2018



ABREVIATIONS

| | |
|----------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

CONCEVOIR



OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

Ce module fournit des informations et des outils destinés aux prestataires de services agricoles pour estimer la taille, le type et la viabilité financière de systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS) pour un site agricole donné. Un SPIS est constitué d'éléments multiples fonctionnant dans des conditions qui varient constamment d'un jour et d'une saison à l'autre. La conception d'un SPIS établit les bases de la viabilité technique, financière et environnementale du système. La décision doit être mûrement réfléchie, notamment en ce qui concerne les implications financières et le risque de prélèvement d'eau non durable. Ce module est donc également très utile aux prestataires de services financiers. Il doit par ailleurs permettre au conseiller d'estimer si l'installation d'un SPIS serait plus appropriée et viable que d'autres systèmes d'irrigation. Les outils sont décrits et mentionnés dans les différentes phases de ce module. Les principaux paramètres de conception peuvent être définis à l'aide de formules simplifiées pour mieux comprendre une conception plus détaillée. Étant donné les interactions complexes entre les différents éléments dans des environnements divers, les outils de ce module ne remplacent pas une conception technique détaillée établie par des professionnels des technologies solaires et d'irrigation.

ÉTAPES DU PROCESSUS

Avant de concevoir un SPIS, il est important d'évaluer les avantages et les risques représentés par un SPIS dans une zone donnée. Le contexte institutionnel et les aspects environnementaux, décrits dans les modules **PROMOUVOIR & INITIER** et **PRÉSERVER L'EAU**, constituent des conditions cadres

essentielles. En outre, il est important de disposer d'informations locales et récentes sur les marchés des matières premières et des produits finis (vente des récoltes) et d'autres informations pour décider s'il est judicieux de concevoir un SPIS pour un site donné. Dès lors qu'un SPIS apparaît comme l'option privilégiée, il est indispensable que la conception respecte l'utilisation prévue. Une fois que les besoins en eau, le rayonnement solaire et la pression du système ont été identifiés, il est possible de passer à la préparation de la conception technique. Le planificateur technique a le choix entre différentes méthodes dont la complexité et la précision varient. Avant de choisir un fournisseur contractuel particulier, il convient d'évaluer minutieusement le devis de l'intégrateur système.

1. RECUEILLIR LES DONNEES

Pour bien concevoir un SPIS, il convient de recueillir un ensemble de données et d'informations sur la météorologie, le sol, les cultures, l'eau et d'autres paramètres spécifiques au site. Ces données peuvent être obtenues par le biais d'entretiens avec le producteur, d'observations sur site et de données hors site (Internet, bases de données, etc.). Le producteur doit indiquer au concepteur le type de culture prévu à quelle période de l'année ainsi que la manière dont il convient de gérer les cultures. Il peut choisir de recourir à la fertigation pour accélérer la croissance ou préférer des arbres fruitiers à des cultures annuelles. Selon l'emplacement de l'exploitation, de nombreuses données peuvent être recueillies hors site, par exemple sur les conditions météorologiques et topographiques, voire sur les ressources en eau. S'il est utile de recueillir des informations sur le rayonnement solaire et d'autres données météorologiques sur site, la plupart des systèmes sont basés sur des données

existantes dérivées de sites de référence voisins. Les données et informations sur l'évapotranspiration et les besoins des cultures en eau peuvent être obtenues auprès des bureaux agricoles ou des services de vulgarisation. Enfin, une visite de terrain doit être organisée afin de valider les données recueillies et de les compléter par des informations locales, par exemple sur la qualité du sol et de l'eau, l'ombrage des arbres ou du sommet des collines, la facilité d'accès au site, la hauteur de refoulement.

CONCEVOIR – Outil de collecte de données sur site contient des orientations pour les entretiens et des listes de contrôle pour veiller à recueillir toutes les informations nécessaires en vue de la conception d'un SPIS. **CONCEVOIR – Outil de contrôle sur la pertinence du SPIS** sert à effectuer un contrôle qualitatif pour déterminer si un site peut accueillir un SPIS.

Collecte de données sur site en vue d'un SPIS en



Photo: Lenart

RESULTAT/PRODUIT

- Description détaillée des spécificités de l'exploitation agricole servant de base à l'évaluation d'une configuration adaptée et de la conception technique ;
- **CONCEVOIR – Outil de collecte de données sur site** pour recueillir toutes les informations nécessaires en vue de la conception d'un SPIS ;
- **CONCEVOIR – Outil de contrôle sur la pertinence du SPIS** pour déterminer si un site peut accueillir un SPIS.

DONNEES NECESSAIRES

- **Données météorologiques :** ensoleillement, température, vitesse du vent, humidité, précipitations, évaporation ;
- **données relatives au site :** longitude, latitude, altitude, sources d'eau, hauteur de refoulement, ombrage, climat, terrain ;
- **données relatives aux cultures :** type et variété de cultures, période de croissance, rotation des cultures, besoins en eau des cultures, engrais, protections nécessaires pour les cultures ;
- **données relatives au sol :** type de sol, salinité, capacité de rétention d'eau, teneur en matières organiques, fertilité ;
- **données relatives à l'eau :** disponibilité, recharge des eaux souterraines, droits d'utilisation de l'eau, salinité, température, teneur en algues, teneur en sédiments ;
- **données relatives au marché :** état de la demande, prix de vente, caractère saisonnier, type de marché et distances.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs/groupes de producteurs ;
- prestataires de services agricoles ;
- autorités chargées de la gestion des ressources hydriques ;
- prestataires de services météorologiques ;
- intégrateurs de systèmes.

POINTS IMPORTANTS

- En présence d'un SPIS, le producteur doit gérer des variations journalières et annuelles de débit d'eau.
- Une évaluation insuffisante des besoins et des ressources en eau sur site engendre souvent un mauvais dimensionnement des systèmes photovoltaïques. C'est souvent le cas sur des marchés subventionnés où la conception des systèmes est normalisée et la taille non modulable.

2. ANALYSER LES OPTIONS DE PRODUCTION AGRICOLE

Il est important de concevoir un SPIS à la fois abordable et rentable. La rentabilité dépend des recettes ou du revenu issu de la vente des récoltes. Le choix des cultures est donc essentiel.

- Les arbres fruitiers, comme les orangers et les manguiers, ne commencent à générer des recettes qu'au bout de trois à cinq ans.
- Les légumes sont difficiles à cultiver et à transporter, mais sont généralement synonymes de recettes élevées.
- Les cultures vivrières comme le millet, le sorgho et le maïs ont généralement une faible valeur ajoutée et justifient rarement un investissement dans un système d'irrigation.
- D'autres cultures ou des cultures destinées à être transformées (biocarburant) peuvent générer des recettes élevées en fonction du marché local.

À chaque culture correspond un budget différent : coût de production rapporté aux recettes escomptées. Le rôle des conseillers de vulgarisation agricole est d'informer les producteurs sur les cultures (et leur éventuelle combinaison) les plus rentables dans une zone donnée. Le producteur établit ensuite un calendrier de cultures pour une année complète, qui indique le type de culture à privilégier, quand, et dans quelle parcelle du champ. Le marché des cultures étant dynamique, il est indispensable de suivre attentivement l'évolution des prix. Les prix des légumes peuvent être facilement multipliés par trois ou quatre au cours d'une saison.

Important :

La rentabilité d'une exploitation agricole irriguée dépend fortement du fait que la bonne culture a été choisie au bon

moment. Deux SPIS identiques, utilisés, l'un par un producteur de maïs et l'autre par un producteur de tomates, auront des rendements financiers très différents.

La définition d'une culture à forte valeur ajoutée dépend du marché. De façon générale, les fruits et légumes sont considérés comme des cultures à forte valeur ajoutée. Pour avoir une bonne production de fruits et légumes, il faut une main d'œuvre qualifiée et une stratégie adaptée à la fertilité des sols et la gestion des parasites. Les conseillers agricoles jouent un rôle important à cet égard et doivent être en mesure de donner aux exploitants agricoles un accès aux programmes de renforcement des capacités.

RESULTAT/PRODUIT

- Présentation du budget consacré aux cultures avec coût de production et recettes escomptées, établis à partir des informations sur le marché local ;
- modèle de calendrier des cultures.

DONNEES NECESSAIRES

Les données nécessaires pour analyser la production agricole peuvent être obtenues auprès des exploitants agricoles eux-mêmes et des prestataires de services extérieurs. Elle comprend :

- une compilation de toutes les récoltes effectuées dans l'exploitation agricole ;
- le rendement et le prix du marché des produits récoltés ;
- les coûts de production (semences, engrains, protection des plants, traction, transport, main d'œuvre, services).

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs/ménages agricoles ;
- services de vulgarisation agricole ;
- prestataires de technologies et de services.

POINTS IMPORTANTS

- L'agent de vulgarisation agricole doit être en mesure d'aider les producteurs à élaborer un calendrier de culture annuel avec la combinaison optimale de cultures.
- En fonction des ressources en eau, les producteurs doivent cultiver tout au long de l'année pour justifier l'investissement dans une infrastructure d'irrigation.
- La capacité du producteur à produire des cultures à forte valeur ajoutée est primordiale.

3. DETERMINER LES BESOINS ET LA DISPOBILITE EN EAU

Besoins en eau : la quantité d'eau nécessaire à une plante dépend du climat, du type de culture et des conditions environnementales et de gestion. Elle correspond aux besoins en eau des cultures (BEC) (cf. **S'INFORMER** – Principes d'irrigation).

Le calcul des besoins en eau des cultures est une tâche complexe, mais avec l'aide d'outils logiciels comme CROPWAT, les agents de vulgarisation agricole expérimentés seront en mesure de conseiller les producteurs. CROPWAT est disponible auprès de la FAO, après inscription, et il est gratuit (le lien est indiqué à la fin de ce module). Les bureaux agricoles et les services de vulgarisation sont généralement en mesure de fournir des données BEC (établies à partir des conditions climatiques locales) pour les cultures les plus courantes dans une zone donnée

La somme des BEC pour chaque plante cultivée donne les besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) pour une période donnée. Les BNEI correspondent à la quantité d'eau dont une culture a besoin pour satisfaire sa demande d'eau dans le sol. Toutefois, l'eau n'est jamais disponible à 100 %, car il peut y avoir des fuites ou d'autres pertes dues au système. L'efficacité dépend largement de la méthode d'irrigation (par ex. irrigation par sillons, par bassins, goutte à goutte ou par aspersion). Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. Il est important d'en soustraire l'eau acheminée vers la zone des racines par les précipitations. **CONCEVOIR** – **Outil de dimensionnement du système** aide à concevoir un système d'irrigation qui limitera au minimum les pertes de pression dans le système. Il sert également de liste de contrôle (check list) pour identifier les pertes de pression, dues

par exemple à des fuites dans un système existant.

Disponibilité en eau : au moment de la planification et de la conception d'un système d'irrigation, il faut toujours examiner en premier lieu les besoins et les ressources en eau (accès à l'eau, droits d'utilisation de l'eau et concessions, puits ou forages). Un système peut être conçu en fonction des ressources en eau et du modèle de culture le mieux adapté. Le prélèvement de l'eau et le système d'irrigation doivent être coordonnés afin d'obtenir les meilleurs résultats en termes de viabilité technique, financière et environnementale.



La disponibilité en eau est un facteur de conception crucial pour tout système d'irrigation

(Source : Lennart Woltering)

RESULTAT/PRODUIT

- Disponibilité en eau ;
- demande totale d'eau d'irrigation ;
- calendriers d'irrigation alternatifs ;
- caractéristiques hydrauliques du système d'irrigation ;
- **CONCEVOIR – Outil de dimensionnement du système** destiné à détecter les pertes de pression dans le système.

DONNEES NECESSAIRES

- Évapotranspiration locale (données ETo) ;
- données sur les précipitations, le vent et l'ensoleillement ;
- détails sur les cultures (par ex. valeurs ETc) ;
- caractéristiques du sol ;
- type de système d'irrigation et efficacité ;
- permis/droits d'utilisation de l'eau, capacités des aquifères et puits sur site.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs ;
- prestataires de services agricoles ;
- prestataires de services météorologiques ;
- autorités en charge de la gestion des ressources hydriques ;
- associations d'utilisateurs de l'eau.

POINTS IMPORTANTS

- CROPWAT contient des données standards sur les sols et les cultures mais doit être complété par des données locales afin d'obtenir une prévision exacte pour une exploitation agricole donnée ;

- la surexploitation ou l'épuisement persistant des eaux souterraines peut survenir lorsque le prélèvement des eaux souterraines dépasse en permanence la réalimentation naturelle des eaux souterraines (impact extrêmement négatif sur l'environnement), cf. le module **PRÉSERVER L'EAU** ;
- une pompe bien conçue tient compte de la capacité des puits spécifique au site ;
- il convient de planifier un suivi efficace du prélèvement d'eau ;
- la demande en eau d'irrigation varie au cours de l'année, avec des pics qui représentent souvent plus de deux fois la demande moyenne.

4. SELECTIONNER LA CONFIGURATION DU SPIS

Un SPIS peut être conçu de nombreuses manières différentes ; les principales variations sont dues à la combinaison des éléments clés :

- système de montage des panneaux solaires (fixes ou suivreurs) ;
- installation de la motopompe (immergée ou de surface) ;
- intégration d'un réservoir ou non ;
- méthode d'irrigation utilisée— principalement irrigation goutte à goutte ou de surface.

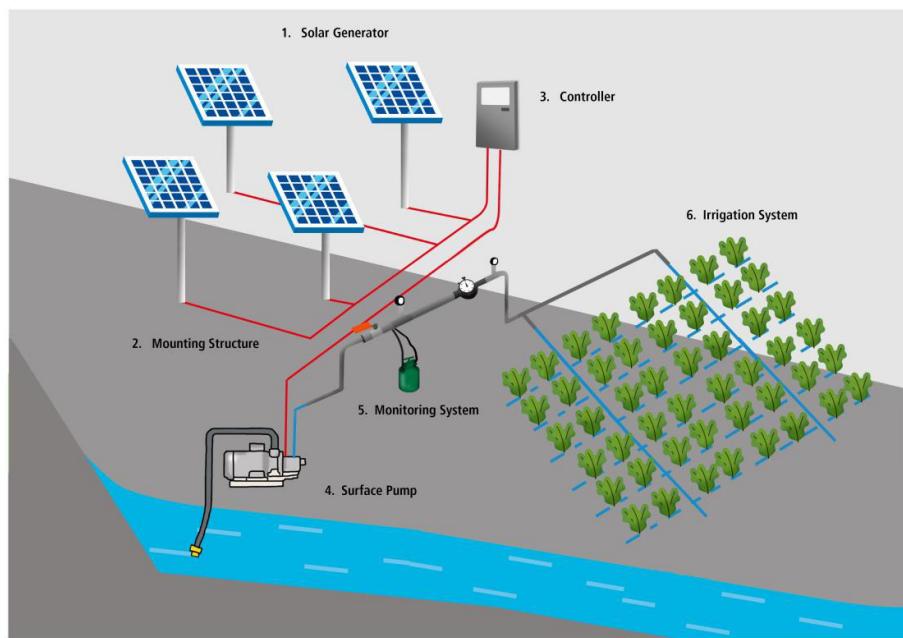
Le module **S'INFORMER** contient un aperçu et une description des différentes configurations des éléments d'un SPIS.

Techniquement, n'importe quelle technique d'irrigation peut être associée à une pompe à eau solaire. C'est une question de budget. La pression et un débit élevé demandent plus d'énergie, par conséquent un budget plus élevé. L'irrigation goutte à goutte, qui fonctionne avec des pressions relativement basses et est plus économique en eau, convient le mieux aux pompes solaires. Toutefois, le producteur doit acquérir de nouvelles

compétences de gestion en irrigation pour pouvoir s'en servir. La compatibilité d'une configuration pour un site donné dépend des ressources en eau, des besoins en eau spécifiques à l'exploitation agricole, de sa production agricole et des compétences ainsi que du budget du producteur.

La conception d'un système doit toujours tenir compte des ressources financières et humaines nécessaires pour l'entretien. En règle générale, des investissements plus élevés dans un équipement de qualité méritent largement le temps et les efforts consentis, et évitent les aléas de l'entretien et la réparation inhérents aux équipements de mauvaise qualité.

La figure ci-dessous montre une configuration SPIS qui représente une économie au niveau du réservoir mais une dépense au niveau du système de traqueur solaire. Ce dernier garantit un débit relativement stable, ce qui est important, parce qu'il n'y a pas de réservoir pour retenir la quantité d'eau acheminée vers les champs. Il est aussi possible de contrôler l'eau à l'aide de vannes et en segmentant le système d'irrigation goutte à goutte en sections.



Configuration SPIS avec système de suiveur solaire, pompe de surface et irrigation goutte à goutte

(Source : GFA)

La figure suivante présente une autre configuration, plus courante, dans laquelle l'eau est pompée dans le sol et stockée dans un réservoir surélevé. L'eau passe par la tête d'irrigation qui peut être équipée de vannes volumétriques et/ou d'un système de fertigation. Néanmoins, le producteur doit segmenter le champ en petites parcelles pour permettre une répartition relativement contrôlée de l'eau dans le champ. Cette configuration ne nécessite que peu d'entretien dans la mesure où les panneaux et la pompe sont fixes.

DONNEES NECESSAIRES

- Résultats de la collecte de données sur site ;
- résultats de l'analyse financière comparative.

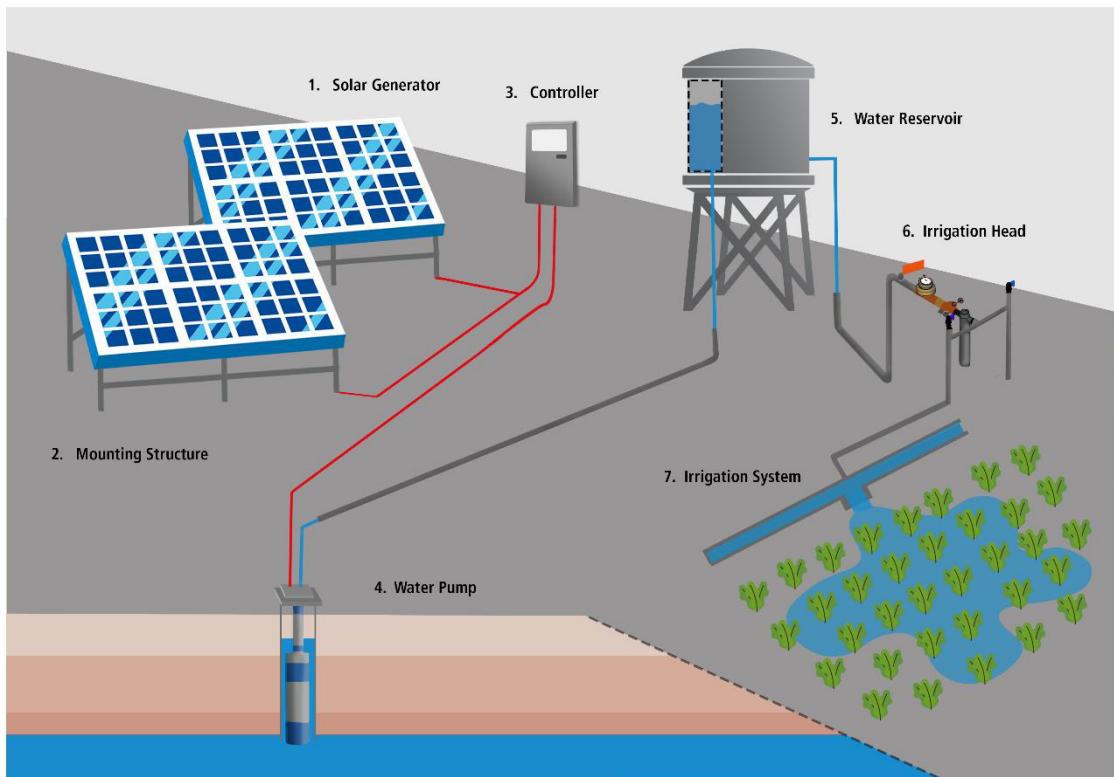
PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs ;
- prestataires de services agricoles ;

- prestataires de technologies/intégrateurs de systèmes.

POINTS IMPORTANTS

- Le pompage photovoltaïque fonctionne de manière optimale avec des systèmes d'irrigation goutte à goutte à basse pression.
- La connexion directe entre la pompe solaire et le système d'irrigation entraîne une charge hydraulique dynamique qui varie, ce qui rend la planification plus complexe.
- Les charges hydrauliques variables peuvent être atténuées (a) à l'aide de vannes automatiques, (b) en adaptant la taille des champs à irriguer et (c) par le suivi solaire.
- L'association d'un pompage photovoltaïque à des méthodes d'irrigation de surface traditionnelles n'est généralement pas viable en termes financiers.



Configuration d'un SPIS avec panneaux solaires fixes, pompe immergée, réservoir et irrigation de surface
(Source : GFA)

5. ESTIMER LA TAILLE ET LES COUTS DU SYSTEME

Il est indispensable de bien dimensionner les éléments d'un SPIS : un SPIS dont la capacité est insuffisante ne répondra pas aux besoins de l'exploitant et un système surdimensionné occasionnera des coûts en capital et d'exploitation superflus. Ne pas veiller à l'approvisionnement durable des sources peut entraîner des pénuries d'eau et l'épuisement des ressources hydriques, et par conséquent avoir un impact négatif sur le budget de la ferme et l'environnement. Il est donc très important d'être en contact étroit avec l'exploitant agricole durant la phase de planification et de l'informer des avantages et des limites d'un SPIS.

La taille adéquate du générateur PV peut être déterminée à l'aide des paramètres suivants :

- besoins hydriques journaliers des cultures V_d [m³/jour]
- hauteur de refoulement totale H_T [m]
- rayonnement solaire global journalier moyen G pour le mois de la conception [kWh/m²jour].

Une formule arithmétique simple prenant en compte l'efficacité des différents éléments du système permet d'estimer la puissance de crête solaire nécessaire P_{pic} [Wp]

$$P_{pic} = 8,0 \frac{H_D \times V_d}{G_d}$$

Exemple : on a calculé que les cultures d'un système d'irrigation demandant 30 m³/j d'eau et les observations sur site confirment que l'eau doit être pompée sur une distance de 50 mètres séparant le forage et le réservoir. Le site de la NASA indique que l'ensoleillement total journalier sur le site étudié est de 5 kWh/m²jour.

D'après cette équation, il faut donc un générateur PV de 2 400 Wp.

L'outil **CONCEVOIR – Outil de dimensionnement de la pompe** (feuille de calcul Excel) peut servir à déterminer la puissance approximative du générateur solaire, et peut servir d'indication lors des échanges avec les prestataires de technologie SPIS.

Le coût approximatif du système PV prévu peut se calculer en multipliant le coût moyen du système spécifique au pays concerné [monnaie/kWp] par la puissance calculée du générateur PV (P_{pic}).

La conception finale de la pompe PV et du système d'irrigation doit être confiée à des intégrateurs de système expérimentés qui utilisent des outils de simulation et de dimensionnement de système informatisés comme COMPASS, WinCAPS et PVSYST, HydroCALC, GESTAR (cf. Lectures, liens et outils complémentaires à la fin du module).

Si cette procédure est suivie, les principales étapes analytiques permettant de prendre une décision devraient être complétées. Les aspects techniques, agronomiques et financiers de la configuration potentielle du SPIS (et des alternatives) devraient être disponibles à ce stade.

RESULTAT/PRODUIT

- Puissance nécessaire pour le générateur PV ;
- présélection de l'unité pompe-moteur ;
- caractéristiques de l'unité pompe-moteur ;

- structure du système de distribution d'eau ;
- tracé quotidien de l'ensoleillement et du débit d'eau ;
- estimation du coût du système ;
- paramètres du coût du système ;
- liste de contrôle (check list)/évaluation de la pertinence.

DONNEES NECESSAIRES

- Besoins hydriques journaliers des cultures Vd [$m^3/jour$] ;
- hauteur de refoulement totale HT [m] ;
- rayonnement solaire global journalier moyen G pour le mois de la conception [kWh/m^2jour] ;
- coût de la pompe PV spécifique au pays [monnaie/kWp].

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Prestataires de services agricoles ;
- intégrateurs de systèmes expérimentés.

POINTS IMPORTANTS

- Il n'existe pas actuellement de logiciel commercial intégrant la conception de la pompe PV et le système d'irrigation.
- Les SPIS doivent généralement être surdimensionnés pour faire face à ces pics de demande, ce qui entraîne une utilisation limitée du système.

6. ÉVALUER LA VIABILITÉ FINANCIÈRE

Les systèmes d'irrigation à énergie solaire représentent désormais une alternative financièrement viable aux pompes électriques et à moteur diesel pour l'irrigation des cultures. Cela s'explique principalement par le fait que :

- le coût des modules PV a baissé au cours des dernières années ;
- les systèmes PV sont plus fiables et plus économiques ;
- les équipements PV sont plus accessibles dans de nombreuses régions du monde, tout comme l'expertise nécessaire à leur installation et à leur entretien.

Les outils **FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation** et **FINANCER – Outil de calcul de l'amortissement** (dans le module **FINANCER**) ont tous deux été conçus pour faciliter l'estimation de la viabilité financière des SPIS. Alors que le premier permet d'évaluer la rentabilité de l'exploitation agricole, le second compare le potentiel d'amortissement de différentes technologies d'irrigation.

Note : se procurer les estimations de coût de ces outils auprès des prestataires de technologies et de services.

Les principaux indicateurs et bilans financiers suivants permettent d'évaluer la viabilité financière :

| Critère d'évaluation | Sert à estimer : |
|--|--|
| ft – Analyse des flux de trésorerie | ... si un projet génère suffisamment de liquidités pour pouvoir tout payer comptant. |
| PA – Période d'amortissement | ... la durée nécessaire pour recouvrer le coût d'un investissement ; calcul très simple. |
| VAN – Valeur actuelle nette | ... si un projet génère suffisamment de revenus (et d'excédents) pour financer le capital engagé et les intérêts sur ce capital. |
| TRI – Taux de rentabilité interne | ... le taux de profit estimé généré par le projet/l'investissement au cours de sa durée. |
| Coût total du cycle de vie | ... les écarts de coût entre les différents projets sur le cycle de vie entier de chacun d'entre eux. |

Évaluer la viabilité financière d'un SPIS est une procédure complexe qui doit être accompagnée par des experts financiers. Ce module ne donne qu'un aperçu des principales données nécessaires. Il est à noter que l'ensemble des calculs :

- doit être basé sur des prix qui peuvent être calculés, mais aussi sur des estimations et des hypothèses ;

- doit tenir compte de la situation actuelle et envisager des scénarios futurs ;
- doit comparer des systèmes de pompage alternatifs (électrique, diesel).

L'analyse financière repose sur trois données principales :

1. Les recettes

- a. directes : vente de biens/services ;

- b. indirectes : dépenses évitées (par ex. consommation de nourriture produite ou coûts énergétiques).

- 2. Les dépenses en capital (CAPEX) :** investissements uniques à long terme dans des éléments non consommables, par exemple :
- a. coûts du système de pompage solaire, du réservoir, du système d'irrigation ;
 - b. (coût de renoncement) main d'œuvre pour la construction et l'installation ;
 - c. équipement pour la transformation, le stockage ;
 - d. coût de réinvestissement.

- 3. Dépenses d'exploitation (OPEX) :** coûts de fonctionnement et d'entretien courants (fixes et variables) :
- a. semences, engrais, pesticides et autres intrants ;
 - b. coût de transformation, dont nettoyage, conditionnement et contrôle qualité ;
 - c. coût de l'entretien, du transport et de la publicité ;
 - d. coût de la main d'œuvre, dont coût de renoncement pour le travail des producteurs ;
 - e. amortissement, éventuellement coût du crédit à rembourser.

RESULTAT/PRODUIT

- Projections des flux de trésorerie ;
- période d'amortissement (PA) ;
- valeur actuelle nette (VAN) ;
- taux de rendement interne (IRR) ;
- coût total du cycle de vie de l'investissement SPIS.

DONNEES NECESSAIRES

Rechercher, collecter, analyser, recouper :

- durée de vie opérationnelle du projet/SPIS ;
- dépenses en capital/investissement initial (par ex. pour financer les éléments du système) pour le solaire et d'autres options ;
- recettes des ventes (prix du marché) ;
- coût d'exploitation et d'entretien (prix) ;
- variables macroéconomiques (inflation, taux d'intérêt, etc.) ;
- politiques fiscales (impôt sur les sociétés, dynamique de la TVA, etc.).

Calculer, préparer :

- coût de l'unité d'eau ;
- recettes et dépenses d'exploitation (OPEX) annuelles et marge de production brute annuelle (actuelle et future + autres options énergétiques) ;
- dépenses en capital (CAPEX), c.-à-d. montant total/annuel destiné à financer des investissements dans les SPIS (et d'autres systèmes)?

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Prestataires de services agricoles ;
- prestataires de services financiers.
- organismes publics promouvant ou/et subventionnant des initiatives relatives aux SPIS ;
- exploitants agricoles, associations de producteurs/créanciers potentiels ;
- analystes de marché/consultants.

POINTS IMPORTANTS

La comparaison de systèmes photovoltaïques à des systèmes de pompage électrique ou à moteur diesel permet d'établir les constats suivants :

- CAPEX : le capital initial nécessaire pour un système à moteur diesel est moins élevé que celui de solutions photovoltaïques ; toutefois, les coûts de remplacement d'équipement sont plus fréquents pour les systèmes à moteur diesel.
- OPEX + liquidités :
 - les systèmes électriques et à moteur diesel occasionnent des dépenses d'exploitation régulières plus élevées (coût du carburant + prix du transport/de l'énergie + raccordement au réseau);
 - l'entretien d'un système PV est peu coûteux (cf. le module **ENTREtenir**) ;
 - en raison de l'investissement initial élevé que demandent les systèmes photovoltaïques, leurs frais de financement réguliers risquent de dépasser (échéances du prêt à rembourser et paiements d'intérêts) ceux des systèmes à moteur diesel.

Ces facteurs ayant une influence sur la viabilité financière des différentes options, il convient d'élaborer plusieurs scénarios avant de prendre une décision.

7. PRESELECTIONNER LES FOURNISSEURS POTENTIELS

Maintenant qu'une conception technique chiffrée est disponible, il est temps de comparer les offres et de choisir un fournisseur.

Présélection des fournisseurs : le marché des SPIS continue à se développer. Les pompes solaires ne font donc généralement pas partie de la gamme de produits offerts par les prestataires de services agricoles traditionnels. Les fabricants de pompes photovoltaïques font souvent appel à des distributeurs PV spécialisés et à des intégrateurs de système pour commercialiser leurs produits. Plusieurs aspects sont à prendre en compte au moment de la sélection de fournisseurs/d'intégrateurs de système potentiels :

- vérifier si le prestataire de services offre des équipements ayant une notoriété dans sa gamme de produits;
- s'assurer de l'expérience à long terme des prestataires dans le domaine des pompes à eau solaires ;
- vérifier s'il existe un réseau de distribution régional et si la fourniture de pièces de rechange est assurée ;
- vérifier s'il existe un service après-vente.

Les solutions globales, qui incluent la pompe photovoltaïque **et** le système de distribution d'eau, sont rares sur le marché, bien qu'une configuration de système intégrée soit utile pour améliorer l'efficacité et la fiabilité générales d'un SPIS. Les fournisseurs qui offrent des solutions clé en main doivent être privilégiés s'ils sont en mesure d'adapter tous les éléments du système aux conditions du site et aux besoins du producteur.

Critères de qualité et de sécurité : pour garantir le fonctionnement et la pérennité du SPIS, l'ensemble des éléments du système doit répondre à des normes de sécurité et de qualité minimales. Les devis sollicités et les appels d'offre doivent mentionner clairement que seuls les produits de qualité conformes aux normes internationales (par ex. CEI, ISO) seront acceptés. L'intégrateur de système doit fournir les certificats constructeurs correspondants pour confirmer la qualité du système. Un devis doit aussi inclure la garantie du service après-vente du prestataire ainsi que le détail et le coût de ses services.

Il convient également de vérifier si le prestataire de services possède une succursale/représentation locale dans la région de l'exploitation agricole. Cela permet d'obtenir une réaction rapide en cas de demande d'entretien et de réparation, y compris la fourniture de pièces de rechange. En cas de panne du système d'irrigation, les cultures peuvent subir des dégâts si le temps de réaction est trop long.

Données de conception et calendrier : un ensemble complet de données de conception de qualité doit être joint lors d'une demande de devis. L'exactitude des données de dimensionnement spécifiques au site (Vd, Ht, G) doit être garantie. Une date limite de soumission des devis/offres doit être fixée, avec un temps de préparation suffisant (par ex. 4 semaines).

RESULTAT/PRODUIT

- Demande de devis ;
- si un appel d'offres est préféré à un simple accord revendeur/acheteur : dossier d'appel d'offres, comprenant une description détaillée des exigences du système ;

- coût du système et service après-vente compris dans le devis/l'offre.

DONNEES NECESSAIRES

- Résultats de la collecte de données sur site ;
- informations sur le portefeuille de produits ;
- expérience des fournisseurs/détaillants potentiels.

POINTS IMPORTANTS

- Il n'existe généralement pas de conception intégrée de SPIS avec système de pompage et d'irrigation – les éléments du système doivent être coordonnés afin d'obtenir le meilleur résultat.
- Les éléments d'un système vendus sur le marché présentent tous de grandes différences de qualité.

8. ÉVALUER LES DEVIS ET LA QUALITE

À la date de soumission, les devis/offres des différents fournisseurs doivent être ouverts et évalués en fonction des aspects techniques et financiers. Il convient de prendre en compte les facteurs suivants :

- pour la comparaison et l'évaluation des différents devis/offres, il est recommandé de préparer une feuille de calcul Excel reprenant les caractéristiques et les prix des différents éléments et services du système ;
- la définition des critères d'évaluation et la pondération des aspects techniques et financiers facilitent l'évaluation.

Les aspects suivants permettent d'évaluer la qualité des éléments du système proposé :

Période de garantie

Il est important d'évaluer la période de garantie, souvent limitée à cinq ans. Les différents éléments du système, comme les panneaux solaires, sont généralement garantis dix ans et assortis d'une garantie linéaire de rendement qui garantit au moins 80 % de la production d'énergie au bout de la vingt-cinquième année.

Générateur solaire/qualité des panneaux solaires

Installés dans des conditions environnementales difficiles, les panneaux solaires sont constamment exposés à des températures élevées et au rayonnement ultraviolet, à la poussière, à l'humidité et aux précipitations. Les matériaux d'enrobage et les connexions électriques sont particulièrement sollicités. Les produits proposés doivent donc être impérativement de qualité et conformes aux normes de la Commission électrotechnique internationale (CEI).

Câblage

Les fils et câbles utilisés pour l'installation électrique d'un système photovoltaïque doivent être adaptés à cette utilisation. Pour les raccordements CC, les câbles à fil simple avec double-isolation constituent une solution pratique et fiable. Ils doivent être résistants aux UV et aux intempéries et supporter une large amplitude de températures.

Armoire de raccordement photovoltaïque

L'armoire de raccordement doit entrer dans la catégorie de protection II et prévoir une séparation claire entre les pôles positifs et négatifs. Installée à l'extérieur, elle doit être protégée selon un indice de protection IP54 au minimum.

Remarque : la catégorie de protection de la norme EN60529 est indiquée par des symboles constitués des deux lettres IP et d'un code numérique qui spécifie le degré de protection. Le premier chiffre du code correspond à la protection limitée contre les poussières (pas de dépôts dangereux). Le second chiffre du code correspond à la protection contre les projections d'eau de toutes les directions.

Structures de montage

Dans la plupart des systèmes d'irrigation à énergie solaire, les panneaux photovoltaïques sont installés en plein air et doivent donc avoir une structure solide résistant aux intempéries. Les systèmes de montage/structures de pose de qualité sont constitués d'aluminium ou d'acier galvanisé. Les panneaux photovoltaïques et les profilés doivent être montés à l'aide de supports, de vis, de rondelles et d'écrous spéciaux (ce qui contribue aussi à limiter le risque de vol, qui doit faire partie des critères d'évaluation). Pour éviter la corrosion galvanique, il est important de choisir des matériaux présentant un potentiel de corrosion similaire ou de rompre la connexion électrique en isolant les deux métaux.

Contrôleur/onduleur de pompe

Les contrôleurs modernes doivent intégrer une électronique de puissance à haut rendement et un système MPPT (suivi du point maximal de puissance) pour exploiter au mieux l'énergie fournie par le générateur photovoltaïque. D'autres éléments peuvent contribuer à renforcer la fiabilité du système : protection contre les surtensions et les sous-tensions et protection contre les inversions de polarité, les surcharges et les surchauffes.

Motopompe

Les pompes à eau à énergie solaire doivent être construites en acier inoxydable non corrosif. Les moteurs CC sont souvent préférés par les fabricants de pompes solaires car ils ont généralement une meilleure efficacité générale que les moteurs CA de taille similaire. Certaines pompes solaires sont encore équipées de moteurs CC à balais relativement bon marché. Le principal inconvénient de ce type de moteurs est que les balais sont sujets à l'usure et doivent être régulièrement remplacés (tous les deux ans environ). En termes de fiabilité du système, **l'utilisation de moteurs CC à balais n'est donc pas recommandée** dans la mesure où il est difficile d'assurer un entretien régulier dans les zones reculées des pays en développement.

Système de distribution d'eau

Les technologies d'irrigation économies en eau, qui fonctionnent avec des pressions relativement basses, sont les mieux indiquées pour les pompes photovoltaïques. Pour évaluer la compatibilité des systèmes de distribution, il est important de connaître les caractéristiques hydrauliques. Ces détails doivent être transmis par le fournisseur/l'intégrateur de système. Les données sur les performances obtenues lorsque la pression est basse (par ex. tôt le matin ou tard le soir) et sur l'uniformité de la distribution d'eau dans un champ sont particulièrement pertinentes.

Après une première évaluation technique

- Les résultats doivent être examinés avec l'aide d'autres experts techniques (conseillers agricoles, instituts de recherche, etc.).
- Il faut comparer les prix offerts par les fournisseurs et les services qui offrent des produits similaires.
- Les fournisseurs qui proposent les devis/offres les plus intéressants doivent être invités à présenter leur dossier en vue d'entamer des négociations.

RESULTAT/PRODUIT

- Comparaison structurée des devis/offres retenus ;
- classement des devis/offres ;
- invitation des fournisseurs/intégrateurs de systèmes potentiels à faire une présentation et à négocier.

DONNEES NECESSAIRES

- Devis/offres avec données techniques et financières ;
- liste de prix unitaires ;
- certificats de qualité et de sécurité ;
- fiches techniques des éléments du système ;
- caractéristiques hydrauliques du système d'irrigation ;
- informations sur la garantie et le service après-vente.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs ;
- prestataires de services agricoles ;
- fournisseurs/intégrateurs de systèmes.

POINTS IMPORTANTS

- En règle générale, toujours privilégier les systèmes de qualité qui présentent un bon rapport qualité-prix.
- Ne jamais chercher à réduire les coûts en faisant un compromis sur la qualité ou en renonçant à des services.
- Bien que ce ne soit pas très courant, il est recommandé de conclure un contrat d'entretien entre le producteur et le prestataire de services.
- Une intégration du système sous la forme d'une solution clé-en-main est préférable, quoique très difficile à trouver.

9. FOURNISSEUR – ETABLISSEMENT DE CONTRAT

L'étape finale consiste à sélectionner le meilleur fournisseur de système en se basant sur le rapport qualité-prix. Lors de la rencontre entre le producteur, le prestataire de services agricoles et les candidats retenus, les thèmes suivants seront abordés :

- présentation détaillée de l'offre et du SPIS faite par le prestataire ;
- explication de la procédure de conception et des outils à utiliser (par ex. dimensionnement informatisé) ;
- certificats de qualité et de sécurité du produit ;
- garantie, service après-vente et fourniture de pièces détachées (par ex. contrat d'entretien) ;
- négociation finale du prix, le cas échéant ;
- calendrier de mise en œuvre ;
- détails du contrat et conditions de paiement.

Le contrat ne doit être conclu que lorsque toutes les questions ont été résolues.

Lors des **négociations** avec le fournisseur, il est important :

- de définir vos objectifs ;
- d'identifier les points de négociation ;
- de rechercher des solutions avantageuses pour tous ;
- de faire des propositions réalistes ;
- d'écartier les malentendus ;
- de faire une synthèse finale.

RESULTAT/PRODUIT

- Fournisseur de produits de la meilleure qualité, qui offre le meilleur rapport qualité-prix ;
- contrat de fourniture, service après-vente compris.

DONNEES NECESSAIRES

- Devis/offres avec données techniques et financières ;
- liste des candidats retenus ;
- comparaison structurée des offres retenues ;
- clarification de toutes les questions au cours de la négociation.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs ;
- prestataires de services agricoles ;
- fournisseurs/intégrateurs de système.

POINTS IMPORTANTS

- Les devis/offres s'écartent souvent des spécifications techniques.
- Il existe des différences importantes entre les soumissionnaires en termes de services et de garantie.
- Le calendrier de mise en œuvre doit être ferme et approuvé de tous.
- Négocier avec le fournisseur.

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Liens

Alfredson, T. & Cungu', A. (2008) : Negotiation Theory and Practice. A Review of the Literature (« Théorie et pratique de la négociation. Examen de la documentation »). FAO. Extrait de http://www.fao.org/docs/up/easypol/550/4-5_negotiation_background_paper_179en.pdf

Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) : Land & Water (« Terres & Eaux »). Extrait de <http://www.fao.org/land-water/fr/>

GRUNDFOS. Extrait de <http://de.grundfos.com/>

L'outil de dimensionnement de Grundfos s'appelle WebCAPS et peut être consulté sur le site : <http://net.grundfos.com/AppI/WebCAPS>. Il fonctionne uniquement pour les pompes immergées, gamme SQF, bien que le site permette de sélectionner des pompes de surface.

Irrigation Association (2017) : Glossaire de l'irrigation. Extrait de <http://www.irrigation.org/IAGlossary>

LORENTZ : pompes solaires submersibles. Extrait de <https://www.lorentz.de/fr/produits-et-technologie/types-de-pompes/pompes-solaires-submersibles>

NASA (2016) : Surface meteorology and Solar Energy (« Météorologie de surface et énergie solaire »). Avec la coopération de l'Atmospheric Science Data Centre. Extrait de <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>

Outils SPIS

CONCEVOIR – Outil de collecte des données du site

CONCEVOIR – Outil de dimensionnement de la pompe

CONCEVOIR – Outil de sélection du contrôle de pertinence de la pompe

Les outils suivants associés à d'autres modules sont également pertinents :

PRÉSERVER L'EAU – Outil sur les besoins en eau

IRRIGUER – Outil « sol »

FINANCER – Outil de calcul de l'amortissement

FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation

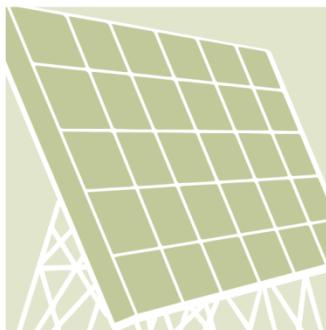
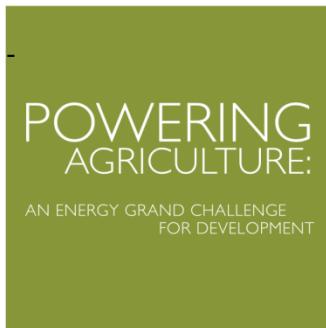
GLOSSAIRE

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Rabattement | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Irrigation goutte à goutte | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Émetteur | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Évaporation | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperleur ». |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. [mm] |
| | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (ET ₀ pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |

| | |
|--------------------------------|---|
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des approches de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) ainsi que d'une estimation de la sensibilité des éléments de coût et de revenu. |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |

| | |
|--|--|
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit) Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. |

| | |
|----------------------------------|--|
| | Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont : l'irrigation par sillons : l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ; l'irrigation en bassin : l'eau est amenée sur une surface entièrement plane entourée de digues et l'irrigation par inondation : l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures. |
| Transpiration | Eau absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |



Module 8: Installer



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement. <https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées d'étude, de

recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

© GIZ et FAO, 2018



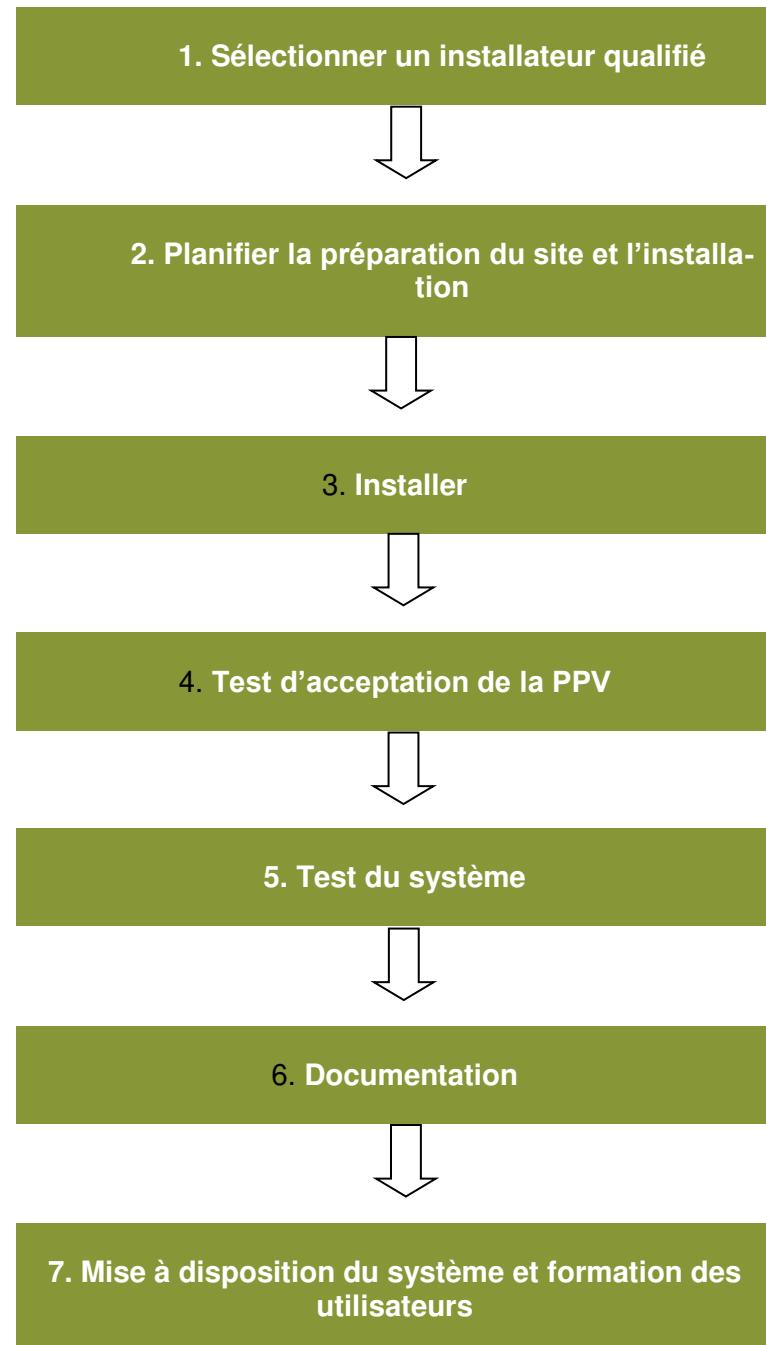
ABREVIATIONS

| | |
|---------------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI financière) | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |

Wc

Watt-crête

INSTALLER



OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

Ce module récapitule les principales étapes de l'installation d'un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS). La conception du SPIS et la sélection du fournisseur de technologie sont à présent achevées (cf. module **CONCEVOIR**). L'installation d'un système d'irrigation nécessite une planification et des décisions du producteur car le système doit être mis en place en fonction des préférences et des critères d'utilisation définis. Le présent module décrit les étapes à suivre afin de mettre en place le système. Ce module tient compte du fait que le fournisseur de technologie n'est pas nécessairement le prestataire de services pour l'installation du SPIS.

ÉTAPES DU PROCESSUS

La signature d'un contrat ou d'un bon de commande avec un fournisseur de technologie scelle toutes les décisions relatives aux éléments d'un système. Le devis ou l'offre du fournisseur doit inclure un plan d'aménagement du système qui précise les critères d'installation spécifiques. L'installation effective est rarement faite par le producteur. C'est généralement un installateur qualifié qui se charge d'assembler et de monter les éléments du système. Une installation bien réalisée, qui tient compte des conditions spécifiques du site, est essentielle au bon fonctionnement du SPIS. Le processus d'installation reposera sur des décisions actives du futur utilisateur (c'est-à-dire le client du SPIS ou l'exploitant agricole).

La mise en place ou l'installation commence avec le choix d'un prestataire de services compétent. Puis une planification détaillée des travaux nécessaires doit être établie. La planification de l'installation tient compte de tous les critères énoncés par le producteur et l'installateur. Une fois

que les éléments du système ont été installés, leur fonctionnement et la performance générale des différents systèmes doivent être testés.

En tant que futur utilisateur du système, le producteur doit respecter scrupuleusement ce processus afin de s'assurer que l'installation du SPIS est conforme et d'en assimiler les fonctions. Une fois l'installation achevée, le producteur doit demander la documentation nécessaire à l'utilisation du système et une démonstration de son bon fonctionnement.

1. CHOISIR UN INSTALLATEUR COMPETENT

Il faut tenir compte du type d'installation lors du choix du fournisseur de technologie. Les devis soumis par les fournisseurs de matériel doivent préciser si l'installation du système est comprise. Lorsque les services d'installation sont inclus dans le contrat relatif aux éléments du système, le fournisseur désigne un installateur.

Quand les fournisseurs de technologie ne se chargent pas eux-mêmes de l'installation, ils doivent recommander un installateur qualifié et les services d'installation doivent faire l'objet d'un contrat distinct. Pour cela, une présélection d'installateurs qualifiés sera faite et leurs devis ou offres pour lesdits services seront examinés en vue d'un choix définitif (voir le module **CONCEVOIR**).

Les installateurs doivent être choisis en fonction de leur compétence générale et de leur connaissance des produits (éléments du système) pour lesquels a opté le producteur. Certains fournisseurs de technologie ne confient l'installation qu'à des installateurs certifiés dans le cadre de leurs conditions de garantie et doivent donc recommander des prestataires de services certifiés.

Afin de soumettre une offre, l'installateur se rend sur le site concerné et analyse le site prévu pour l'installation avec le producteur.

Lors de la sélection d'installateurs compétents :

- vérifiez si le fournisseur de technologie est en mesure de recommander un installateur qualifié issu de son réseau ;
- vérifiez si l'installateur est certifié pour l'installation des éléments/marques du système acheté ;
- renseignez-vous sur l'expérience de l'installateur dans votre région (liste de références, autres producteurs) ;

- demandez des renseignements sur les services offerts par l'installateur après l'installation et vérifiez s'il peut intervenir pour l'entretien, le dépannage et les réparations.

RESULTAT/PRODUIT

- Présélection d'installateurs qualifiés ;
- devis/offres pour les services d'installation ;
- sélection d'un installateur basée sur le rapport qualité-prix de son offre ;
- contrat pour les services d'installation.

DONNEES NECESSAIRES

- Liste d'installateurs qualifiés et certifiés donnée par le fournisseur de technologie ;
- plan d'aménagement du système et description des éléments du système (joint au contrat passé avec le fournisseur de technologie) ;
- liste de prix unitaires (devis/offre de l'installateur) ;
- informations sur les services post-installation.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- fournisseur / intégrateur de système (fournisseur de technologie) ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS IMPORTANTS

- L'installation peut être incluse dans le contrat de vente des éléments du système, mais peut aussi faire l'objet d'un contrat distinct.

- Il se peut que le générateur photo-voltaïque, la pompe, le réservoir et le système d'irrigation ne soient pas installés par le même installateur.
- Pour être garantis, les éléments du système doivent être installés par un prestataire de services qualifié et certifié.
- Il est recommandé de faire appel à un installateur qui peut aussi fournir les services d'entretien, de dépannage et de réparation.

2. PLANIFIER LA PRÉPARATION DU SITE ET L'INSTALLATION

L'installateur retenu doit tenir compte des conditions spécifiques du site dans son devis/offre. Durant cette étape, il doit déjà avoir consulté le producteur pour obtenir des informations sur l'emplacement, l'espacement et la protection du système prévu. Après la conclusion du contrat de services d'installation, une planification détaillée de l'installation doit être établie.

À cette fin, il peut s'avérer nécessaire, en collaboration avec le producteur, d'effectuer une nouvelle visite du site et de passer en revue les différents aspects de l'installation.

La planification de l'installation a pour objectif :

- de vérifier l'accès au site et les conditions de stockage du matériel ;
- de déterminer l'emplacement prévu exact et l'espacement des éléments du système (générateur photovoltaïque, pompe à eau, unités de contrôle, réservoir d'eau, réseau de distribution d'eau, tuyaux d'irrigation) ;
- d'évaluer les conditions spécifiques au site, importantes pour l'installation (sol/sous-sol, profil de surface, sources d'eau, risques en matière de sécurité) ;
- d'identifier les travaux préparatoires à effectuer (démontage d'anciennes installations, nettoyage / réhabilitation des puits et tests de pompage, nettoyage du site, préparation des champs) ;
- de planifier les travaux préparatoires et l'installation ;
- de définir les précautions à prendre en matière de santé et de sécurité.

Une pré-installation bien planifiée permet d'éviter de prendre du retard durant le processus d'installation dans la mesure où les

travaux préparatoires et l'installation peuvent s'enchaîner. Le producteur peut aussi imposer des critères supplémentaires concernant l'emplacement, l'espacement et la protection du futur système, que l'installateur devra prendre en compte avant l'assemblage et le montage des éléments. Des conditions spécifiques au site, comme l'exposition à des vents forts, des eaux de crue, des animaux errants ou des risques de vol ou de vandalisme (voir le module **S'INFORMER**, structure de montage) sont des facteurs qui influent sur l'installation et les matériaux à utiliser (contre-écrous, spray, joints, etc.).

La planification de l'installation doit aussi tenir compte du calendrier des récoltes et des travaux du ménage agricole concerné (voir module **CONCEVOIR**, étape 2 du processus). Les travaux d'installation ne doivent pas perturber inutilement la production.

Si le système nécessite l'intervention de plusieurs installateurs (par exemple, un pour le système de pompage photovoltaïque et un autre pour les éléments du système d'irrigation), la planification doit en tenir compte. Le travail des différents installateurs doit être coordonné.

La superficie requise pour l'installation du SPIS est souvent sous-estimée. Les générateurs photovoltaïques et, le cas échéant, le réservoir d'eau occuperont des terres normalement cultivables. Les éléments du système doivent être espacés de telle sorte que les panneaux solaires ne soient sujets à l'ombrage des éléments voisins et qu'il y ait suffisamment d'espace pour pouvoir accéder aux différents composants, pour éventuellement des opérations d'entretien.

Remarque : les intégrateurs de système estiment que l'utilisation et l'entretien du système nécessitent une superficie environ deux fois supérieure à celle qui est couverte par les panneaux solaires. Cette précaution est nécessaire pour permettre

l'installation de clôtures et pour pouvoir se déplacer sur le site afin d'assurer l'entretien du système et de réduire l'impact des ombres.

La planification établie en coopération avec l'installateur doit aussi permettre aux deux parties de bien comprendre le processus de mise à disposition du système et de se mettre d'accord pour que l'utilisateur reçoit une formation initiale après cette mise à disposition du système.

RESULTAT/PRODUIT

- Emplacement de chaque élément du système ;
- liste des travaux préparatoires/exigences ;
- calendrier des travaux préparatoires et de l'installation ;
- calendrier pour la mise à disposition du système et la formation de l'utilisateur.

DONNEES NECESSAIRES

- Plan d'aménagement du système et description des éléments du système (joints au contrat passé avec le fournisseur de technologie) ;
- données sur les puits / sources d'eau ;
- données sur le sol / sous-sol.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS IMPORTANTS

- La planification de la mise en œuvre nécessite une visite du site par l'installateur et un bilan effectué avec le producteur.

- Les conditions et les risques spécifiques au site doivent être pris en compte.
- L'installation requiert une certaine superficie de terrain.
- Les travaux préparatoires doivent être identifiés avant l'installation.
- Les travaux préparatoires doivent être terminés avant l'installation.
- La planification de l'installation doit inclure la mise à disposition du système et la formation de l'utilisateur.
- La coordination de plusieurs installateurs peut être nécessaire.



Photo: Lennart

Visite d'un installateur sur le site d'un SPIS à Tamalé, au Ghana

(Source : Lennart Woltering)

3. INSTALLER

L'installation des différents éléments d'un système d'irrigation à énergie solaire sera confiée à un installateur qualifié sous contrat. L'installateur suivra le plan d'aménagement du système et les spécifications techniques donnés par le fournisseur de technologie (intégrateur du système, distributeur) et les critères du producteur relatifs à l'emplacement et à l'espacement.

L'installateur aura besoin d'un accès temporaire au site et d'un espace de stockage et d'assemblage pour décharger et monter les éléments du système. Le producteur doit en tenir compte, en particulier sur une petite exploitation qui compte peu de zones non cultivées.

Le temps nécessaire pour l'assemblage, le montage et la connexion des différents éléments d'un SPIS dépend de la taille du système et des conditions du site. Il se peut que l'installateur devra procéder en plusieurs étapes. La mise en place de fondations spéciales pour accueillir la structure de montage des panneaux solaires et, le cas échéant, le réservoir d'eau peut prendre du temps.

Il s'agit souvent de fondations en béton armé qui peuvent nécessiter des travaux d'excavation préalables et s'ajoutent au temps de prise du ciment coulé.

Il est essentiel que le producteur, et si possible le conseiller agricole, prennent le temps d'assister à la mise en place du système pour :

- pouvoir fournir des renseignements et prendre des décisions ;
- pouvoir vérifier la présence de tous les éléments lors de leur installation ;
- mieux comprendre les différents éléments du système, leurs spécificités et l'emplacement des connexions, interrupteurs, etc. (posez des questions !) ;

- pouvoir surveiller la conformité de l'installation au plan et au calendrier (conformité des éléments) ou relever tout écart dû à des circonstances imprévues.

RESULTAT/PRODUIT

- Système d'irrigation à énergie solaire complet.

DONNEES NECESSAIRES

- Plan d'aménagement du système et description des éléments du système (joints au contrat passé avec le fournisseur de technologie) ;
- liste des éléments et devis quantitatifs ;
- planification de l'installation.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS IMPORTANTS

- Un espace doit être aménagé de façon temporaire pour permettre d'accéder au site, de stocker le matériel et d'effectuer l'assemblage.
- L'installation peut se faire en plusieurs étapes si des travaux de fondation, etc., sont nécessaires.
- Le producteur devrait assister à l'installation pour accompagner et surveiller le processus.



Photo: Lennart

Installation d'un système d'irrigation goutte à goutte

(Source : Lennart Woltering)

4. TEST D'ACCEPTATION DE LA PPV

Une fois l'installation effectuée, le fonctionnement et les performances du système doivent être testés en présence du futur utilisateur (producteur). Les tests comprennent différentes analyses. La première étape consiste en un essai d'acceptation du système de pompage photovoltaïque (panneaux solaires) qui comprend le générateur photovoltaïque, le système de montage et, le cas échéant, le suiveur, le contrôleur et la pompe à eau. Ces éléments constituent le « moteur » du SPIS et leur qualité est cruciale pour le bon fonctionnement du système d'irrigation.

Ce test d'acceptation (également appelé essai d'acceptation sur site, EAS) est le second niveau de test du matériel en termes de gestion de la qualité. Les fabricants des éléments du système ont l'obligation d'effectuer un essai d'acceptation en usine (EAU) avant de livrer les produits au distributeur. Idéalement, ces deux tests devraient être présentés lors de l'évaluation d'un SPIS, mais il n'est pas toujours facile de les obtenir.

Le test d'acceptation des panneaux photovoltaïques comprend les étapes suivantes :

- contrôle visuel des principaux éléments et de leurs joints/connexions ;
- contrôle visuel des câbles et de leur isolation ;
- contrôle mécanique du système de montage et du suiveur ;
- contrôle fonctionnel du fonctionnement des panneaux photovoltaïques ;
- contrôle fonctionnel du contrôleur électronique des panneaux photovoltaïques ;
- accès à la documentation du système (fiches techniques, plan de câblage électrique, procédures opérationnelles) ;

- mesure de l'irradiance solaire, de l'énergie électrique, de la hauteur de refoulement et du débit d'eau pour pouvoir établir la différence entre le débit calculé et le débit réel mesuré.

Ces mesures sont généralement effectuées dans l'ordre suivant :

Mesure de l'irradiance solaire --> Calcul de la production d'électricité --> Mesure et calcul de la hauteur de refoulement totale --> Mesure du débit d'eau réel --> Comparaison du débit d'eau calculé et du débit d'eau mesuré

Les différentes mesures doivent être effectuées dans un laps de temps court par temps dégagé. Il est recommandé de procéder à au moins deux essais d'acceptation, par forte irradiance (800-1 000 W/m²) et par faible irradiance (env. 500 W/m²). Le matériel nécessaire pour le test sera fourni par l'installateur.

Important : vérifiez si les bagues et joints, les vis et les boulons sont suffisamment serrés.

Vérifiez s'il y a des signes de corrosion et des fissures dans les fondations en béton.

Vérifiez s'il y a des fuites dans les tuyaux et les raccords.

Notez toute défaillance et tout dysfonctionnement et demandez à l'installateur d'y remédier.

Les résultats de l'essai d'acceptation sont à comparer aux résultats calculés lors de la conception du système de pompage photovoltaïque. L'outil **CONCEVOIR – Outil de dimensionnement de pompe** peut servir à consigner les principales données et à les comparer aux données prévues. Le protocole du test d'acceptation est à signer par l'installateur et par le producteur.

L'outil **INSTALLER – Test d'acceptation des panneaux photovoltaïques** détaille les étapes, le matériel nécessaire et les calculs relatifs à l'essai d'acceptation.

RESULTAT/PRODUIT

- Essai d'acceptation effectué pour le système de pompage photovoltaïque ;
- comparaison des performances réelles et des performances calculées lors de la phase de conception ;
- protocole de l'essai d'acceptation ;
- **INSTALLER – Test d'acceptation des panneaux photovoltaïques**

DONNEES NECESSAIRES

- Irradiance solaire, hauteur de refoulement totale et débit d'eau mesurés ;
- production électrique, hauteur de refoulement et débit d'eau calculés ;
- observations faites lors du contrôle visuel.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS IMPORTANTS

- Le test d'acceptation sur site est obligatoire pour vérifier si les résultats du système de panneaux photovoltaïques correspondent bien aux résultats annoncés lors de la conception.
- Les tests doivent être effectués par l'installateur en présence du producteur en tenant compte de tous les critères définis.
- Les tests doivent être effectués par temps dégagé et deux mesures au moins doivent être faites.
- Un contrôle approfondi des éléments mécaniques est recommandé.



Mesure de l'irradiance durant le test d'acceptation sur site

(Source : Reinhold Schmidt)

5. TEST DU SYSTEME

Après le test du générateur photovoltaïque, le fonctionnement individuel des autres éléments du système et leur fonctionnement conjoint doivent être vérifiés. Ces tests doivent suivre les mêmes principes que le test d'acceptation des panneaux photovoltaïques. Le test doit concerner au moins les éléments suivants :

- dispositifs de contrôle du prélèvement et du débit d'eau (compteurs d'eau) ;
- vannes de distribution, soupapes de distribution et connecteurs ;
- réservoir et filtres (si le système en comporte) ;
- tuyaux d'irrigation et dispositifs d'arrosage (émetteurs, mini-asperseurs) à l'aide d'un test d'uniformité d'irrigation (voir l'outil **ENTREtenir – Guide pratique d'uniformité d'application de l'eau**).

Le test pour les éléments susmentionnés comprend les étapes suivantes :

- contrôles visuels (boulons et vis, etc.) ;
- contrôle mécanique des supports de montage du réservoir et des tuyaux ;
- contrôle fonctionnel de la distribution et du débit d'eau, du réservoir et des filtres ;
- contrôle fonctionnel du mode entretien ;
- accès à la documentation du système (fiches techniques, plan hydraulique, procédures opérationnelles) ;
- mesure de la pression à l'arrivée d'eau, de la répartition de la pression dans toutes les sections du système, et du débit d'eau.

Les mesures sont généralement effectuées « de la tête à la queue », c'est-à-dire

de l'arrivée d'eau dans le réseau d'alimentation (réservoir ou injection directe) aux sorties des tuyaux d'irrigation. La pression doit être mesurée à tous les joints/nœuds de distribution du système pour évaluer la répartition hydraulique dans l'ensemble des sections. Ces mesures doivent tenir compte des variations de pression diurnes en fonction de l'irradiance solaire. Les résultats doivent être consignés afin d'établir le profil hydraulique du système d'irrigation.

Étalonnage : le débit d'eau vers le champ doit être étalonné afin de gérer efficacement la distribution d'eau pour les cultures. Il peut y avoir des différences de pression entre différentes sections du système d'irrigation et la pression à l'arrivée d'eau varie dans un système de pompage photovoltaïque sans réservoir surélevé, ce qui entraîne une différence de débit d'eau d'une section à une autre et au cours de la journée. Le débit d'eau des dispositifs d'irrigation doit être mesuré à différentes heures de la journée pour calculer le débit d'eau réel, qui peut alors être géré en variant l'intervalle d'irrigation par unité de surface.

Remarque : cet exercice d'étalement demande du temps !

De grands écarts entre les résultats calculés et les résultats mesurés peuvent être le signe d'une mauvaise conception (données recueillies, élément mal choisi, etc.) ou d'une négligence humaine. La qualité d'exécution influe directement sur les performances du système et sur sa pérennité et lorsqu'elle est mauvaise, elle peut même compromettre le fonctionnement des meilleurs éléments du système. L'outil **INSTALLER – Liste de contrôle de la qualité d'exécution** comprend divers indicateurs de la qualité d'exécution regroupés en catégories. Cet outil a pour objectif d'évaluer si la qualité de l'installation respecte les bonnes pratiques, les exigences

de sécurité et la pérennité globale de l'installation.

RESULTAT/PRODUIT

- Test du système d'irrigation effectué ;
- comparaison des performances réelles et des performances calculées lors de la phase de conception ;
- protocole du test du système ;
- profil hydraulique du système d'irrigation ;
- données sur le débit d'eau pour toutes les sections d'irrigation.

DONNEES NECESSAIRES

- Pression et débit d'eau mesurés dans toutes les sections d'irrigation ;
- pression du système et débit d'eau calculés ;
- observations faites lors du contrôle visuel.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS IMPORTANTS

- Le test du système sur site est obligatoire pour vérifier si les systèmes d'irrigation donnent bien les résultats annoncés lors de la conception.
- Les tests doivent être effectués par l'installateur en présence du producteur.
- Il convient de mesurer la pression et le débit de l'eau dans toutes les sections d'irrigation.
- L'étalonnage du système de débit d'irrigation est important pour gérer efficacement la distribution de l'eau pour les cultures.



Mesure du débit d'eau

(Source : Reinhold Schmidt)

6. DOCUMENTATION

Un SPIS comprend de multiples éléments qui ont des spécifications techniques particulières et demandent une utilisation et un entretien spécifiques. Certaines technologies mécaniques et électriques peuvent être sujettes à des défaillances si elles ne sont pas correctement utilisées. Une utilisation précautionneuse du système permet non seulement d'éviter les pannes et les réparations coûteuses, mais aussi d'assurer une plus longue durée de vie. S'il existe des fiches techniques et des consignes d'installation pour la plupart des éléments d'un SPIS, les manuels d'utilisation d'un système entier sont rares. Étant donné qu'un SPIS est toujours spécifique à un site, les manuels d'utilisation et d'entretien doivent être adaptés à chaque cas précis.

Le distributeur et l'installateur doivent fournir une documentation complète sur l'utilisation et l'entretien du système durant l'essai d'acceptation, le test du système et la mise à disposition finale ! Ce point doit être abordé avec le fournisseur de technologie et/ou l'installateur lors de la négociation du contrat.

La documentation doit couvrir les principaux points suivants :

- plan d'aménagement du système, avec l'ensemble des éléments du système de pompage, de stockage d'eau et d'irrigation (ainsi que les plans de raccordement et de câblage) ;
- fiche technique de chaque élément du système, avec notamment le numéro de série des modules et des autres composants, par exemple pour en justifier la propriété en cas de déclaration de siège ;
- principes d'exploitation pour l'ensemble des éléments du système ;
- informations sur la garantie, et consignes et calendrier pour l'entretien

de l'ensemble des éléments du système ;

- consignes de sécurité, avertissements sur les risques pour la santé et procédures d'urgence ;
- coordonnées des services d'entretien / de réparation, d'assistance, etc.

Idéalement, le manuel d'utilisation donne également des informations sur les conséquences néfastes d'un prélèvement d'eau excessif sur l'environnement. Un système d'irrigation conçu de façon méthodique repose sur le principe d'un prélèvement d'eau durable qui tient compte des ressources hydriques disponibles et des droits / autorisations sous-jacents d'utilisation de l'eau.

RESULTAT/PRODUIT

- Documentation relative à l'ensemble des éléments du SPIS, notamment spécifications techniques, plan de raccordement / câblage, consignes de sécurité, procédures d'urgence et informations sur l'entretien ;
- manuel d'utilisation du système ;
- coordonnées en cas d'urgence / informations sur le service d'assistance.

DONNEES NECESSAIRES

- Spécifications techniques des éléments du SPIS.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS ESSENTIELS

- La documentation sur tous les éléments du système doit être complète et compréhensible.
- Les instructions relatives à la sécurité et aux situations critiques doivent être clairement indiquées et fixées de façon visible à l'élément du système correspondant.
- L'installateur fournira un manuel d'utilisation contenant toutes les procédures et informations utiles.

7. MISE A DISPOSITION DU SYSTEME ET FORMATION DE L'UTILISATEUR

L'ultime étape du processus d'installation est la mise à disposition officielle du SPIS à l'utilisateur (producteur). Cette mise à disposition s'accompagne généralement d'une présentation détaillée de tous les aspects techniques du système et d'une formation pratique sur son utilisation conformément à la conception. Cette étape doit être soigneusement planifiée afin que l'utilisateur ait suffisamment de temps pour passer en revue tous les éléments du système et tous les aspects d'utilisation et d'entretien avec les techniciens de l'installateur.

Précédant cette étape, toutes les autres conditions doivent avoir été remplies, notamment en ce qui concerne le test d'acceptation des panneaux photovoltaïques, le test du système et la documentation du système. Idéalement, l'utilisateur accompagnera et suivra le processus d'installation, notamment les tests. Cela lui permettra de prendre connaissance du système et de se familiariser avec les principales caractéristiques techniques et opérationnelles.

Durant les tests d'installation, les anomalies et problèmes de qualité sont identifiés et consignés et un accord entre l'installateur et l'utilisateur est conclu sur leur mode et leur date de correction, spécifiés dans les protocoles d'essais. La mise à disposition du système ne doit pas avoir lieu avant la réalisation de toutes les réparations et modifications nécessaires.

La mise à disposition et la formation correspondante ont généralement lieu durant un test final du système. Il ne doit pas s'agir d'un exercice théorique. La documentation utilisée pour la formation est constituée du manuel d'utilisation et du guide fourni dans le cadre de la documentation du système.

La présentation et la formation doivent porter notamment sur :

- les spécificités de l'ensemble des éléments du système ;
- l'utilisation du système dans différentes conditions, en particulier la gestion de la distribution de l'eau pour les cultures basée sur la gestion de la pression et de la durée d'alimentation en eau ;
- les précautions de sécurité et la protection des éléments du système ;
- les risques sanitaires et environnementaux ;
- les procédures d'urgence ;
- les mesures d'entretien et le calendrier correspondant.

La mise à disposition se conclut par la signature d'un protocole de mise à disposition qui spécifie l'état du système et l'ensemble des activités menées pour former le producteur.

RESULTAT/PRODUIT

- Protocole de mise à disposition.

DONNEES NECESSAIRES

- Données sur le test d'acceptation des panneaux photovoltaïques et le test du système ;
- documentation du système et manuel d'utilisation.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteur ;
- prestataire de services d'installation ;
- prestataire de services agricoles.

POINTS ESSENTIELS

- La mise à disposition ne peut avoir lieu que si le système fonctionne

- parfaitement, sans aucune défaillance.
- La mise à disposition doit s'accompagner d'une présentation pratique et d'une formation de l'utilisateur,
- notamment sur les précautions de sécurité, la protection du système et les risques.
- Un protocole de mise à disposition doit être préparé et signé.



SPIS équipé d'un réservoir surélevé utilisé pour l'irrigation à l'intérieur et à l'extérieur d'une serre

(Source : Lennart Woltering)

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLEMENTAIRES

Liens

Centre for Land and Water : Knowledge Resources for Primary Industry (« Ressources de connaissances concernant le secteur primaire »). Extrait de <http://www.claw.net.nz/resources/irrigation/>

Hahn, A., Sass, J. & Fröhlich, C. (2015) : Manual and tools for promoting SPIS. Multicountry - Stocktaking and Analysis Report (« Manuel et outils de promotion des SPIS. Bilan et rapport d'analyse multinational »). GFA Consulting Group. Extrait de [en cours de révision]

Schultz, R. & Suryani, A. (2015) : EnDev2 Indonesia : Inspection Guide for Photovoltaic Village Power (PVVP) Systems (« Guide d'inspection des systèmes de production d'énergie photovoltaïques villageois »). Edité par la GIZ. Extrait de https://energypedia.info/images/3/39/Inspection_Guide_for_PVVP_150524_%28GIZ_2015%29.pdf

Outils SPIS

INSTALLER – Test d'acceptation de la PPV : Guide pour comparer la puissance installée avec la puissance réelle de la pompe

INSTALLER – Liste de contrôle de la qualité d'exécution : liste de contrôle et de vérification de la qualité de l'exécution

Les outils suivants associés à d'autres modules sont également pertinents :

PROMOUVOIR – Évaluation rapide du SPIS : pour analyser le marché de la prestation de services.

CONCEVOIR – Outil de dimensionnement de la pompe : pour vérifier le test d'acceptation du SPIS

ENTREtenir – Guide d'uniformité d'application de l'eau : à mettre en œuvre directement après l'installation du système

GLOSSAIRE TECHNIQUE

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperleur ». |
| Évaporation | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. [mm] |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (ETo pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |

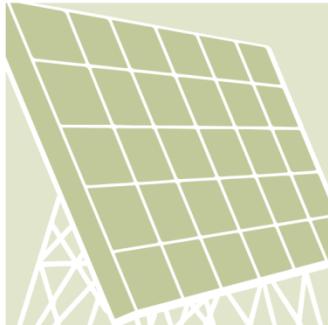
| | |
|--------------------------------|---|
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des approches de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) ainsi que d'une estimation de la sensibilité des éléments de coût et de revenu. |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |

| | |
|---|--|
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit) |

| | |
|----------------------------------|--|
| | Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. |
| | Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont : l'irrigation par sillons : l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ; l'irrigation en bassin : l'eau est amenée sur une surface entièrement plane entourée de digues et l'irrigation par inondation : l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures. |
| Transpiration | Eau absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |

POWERING
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE
FOR DEVELOPMENT



Module 9: Irriguer

La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire financier de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.

<https://poweringag.org>

Version

1.0 (avril 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées

d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

© GIZ et FAO, 2017

ABREVIATIONS

| | |
|---------------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI financière) | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

DEFINITIONS

| | |
|----------------------------------|--|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Drainage | Élimination naturelle ou artificielle de l'excédent d'eau souterraine et de surface et du sel dissout afin d'améliorer la production agricole. Dans le cas d'un drainage naturel, l'excédent d'eau s'écoule depuis les champs vers les lacs, marécages, ruisseaux et rivières. Dans le cas d'un système artificiel, l'excédent d'eau souterraine ou de surface est éliminé au moyen de canalisations souterraines ou de surface. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [en mm, 1 mm représentant 10 m ³ /ha]) |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution par micro-irrigation conçu pour dissiper la pression et libérer un petit flux uniforme ou un filet d'eau à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperseur ». |
| Évaporation (E) | Conversion de l'eau liquide en vapeur d'eau éliminée de la surface d'évaporation. Cette perte d'eau sous forme de vapeur se produit à la surface du sol ou au niveau de la végétation humide, [en mm, 1 mm représentant 10 m ³ /ha]) |

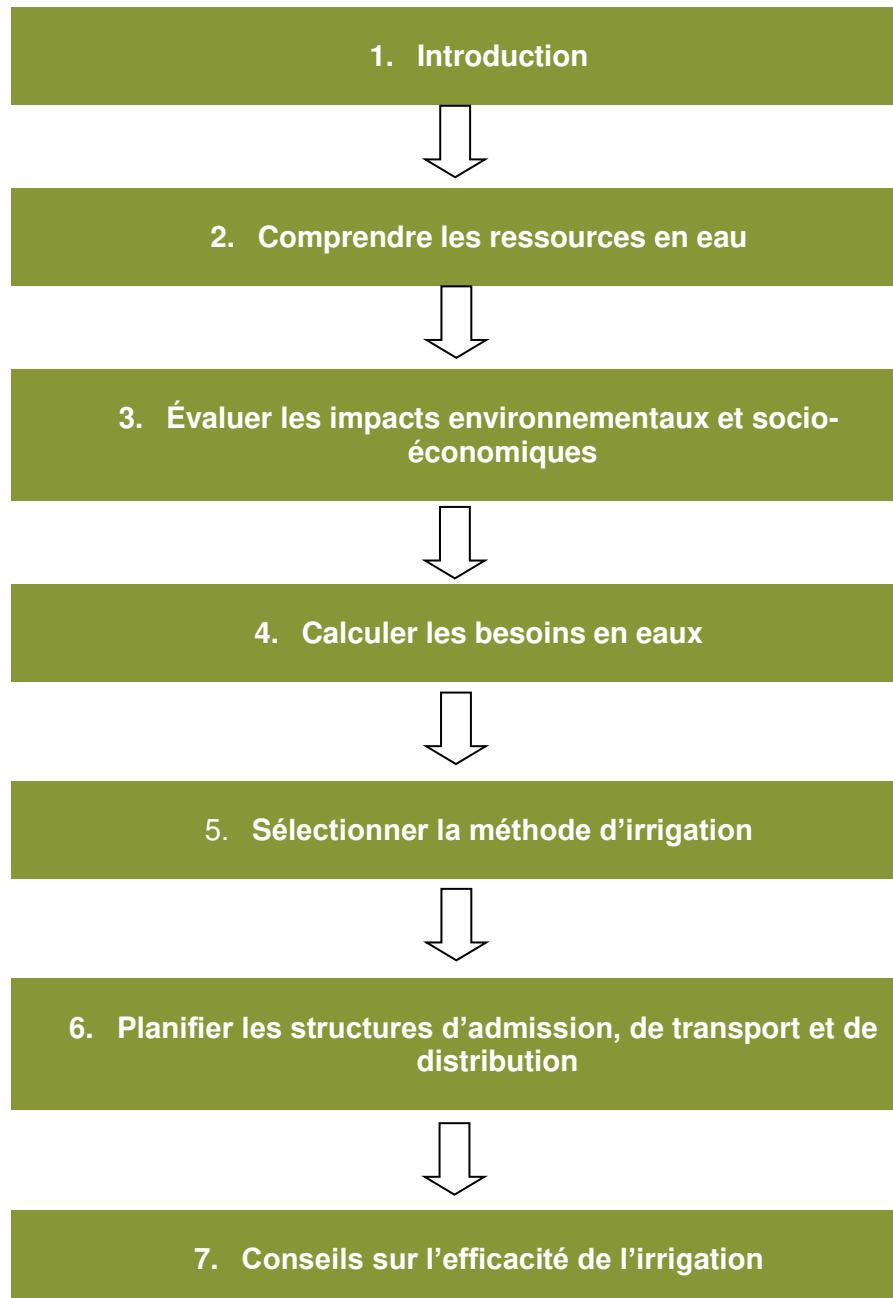
| | |
|----------------------------------|---|
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes ; l'évaporation et la transpiration se produisent simultanément et il n'est pas facile de différencier les deux processus. L'ET de la culture (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence particulière (ETo pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient cultural. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [en mm, 1 mm représentant 10 m ³ /ha]) |
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin [en mm, 1 mm représentant 10 m ³ /ha]). |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Fertigation | Application d'engrais via le système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des approches de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) ainsi que d'une estimation de la sensibilité des éléments de coût et de revenu (cf. module FINANCER). |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Irrigation entièrement contrôlée | Expression désignant l'irrigation de surface, l'irrigation par aspersion et / ou l'irrigation localisée. |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |

| | |
|--|---|
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Collecteur d'eau surélevé | Collecteur d'eau surélevé par rapport au niveau du sol et régulant la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation. Comporte généralement différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et, éventuellement, un système de chimigation. |
| Régime foncier | Lien juridique ou coutumier entre des personnes, en tant que particuliers ou groupes, et la terre (VGGT 2012). |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constantes, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Permet aux panneaux solaires de tourner automatiquement sur un axe pour rester dans l'angle optimal d'irradiance solaire. Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [en mm, 1 mm représentant 10 m ³ /ha] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique. |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est |

| | |
|----------------------------------|--|
| | mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit) Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Salinisation | Se produit lorsqu'on utilise de l'eau souterraine ou de surface contenant des sels minéraux pour irriguer des cultures ; ces sels sont alors entraînés dans la zone racinaire. Le phénomène d'évapotranspiration laisse le sel dans le sol et accroît ainsi sa teneur en sel. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d' irrigation de surface sont : l'irrigation par sillons – l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol l'irrigation en bassin – l'eau est appliquée sur une zone complètement plane entourée de digues, et l'irrigation par ruissellement naturel – l'eau est appliquée sur la surface du sol sans éléments de contrôle du flux, par exemple sillons ou bordures. |
| Transpiration (T) | Eau liquide absorbée par les racines de la plante, contenue dans les tissus de la plante, et vaporisée ou transpirée dans l'atmosphère par de petites |

| | |
|-----------------------------|---|
| | ouvertures naturelles sur l'épiderme des feuilles, appelées stomates. [en mm, 1 mm représentant 10 m ³ /ha)] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |
| Stagnation de l'eau | Résulte essentiellement d'un drainage insuffisant ou d'une sur-irrigation et, dans une moindre mesure, d'infiltrations depuis des canaux ou des fossés. La stagnation de l'eau concentre les sels qui se trouvent dans des couches plus profondes du profil du sol et les remontent dans la zone racinaire des plantes. |
| Droit d'accès à l'eau | Fait référence aux dispositions formelles et informelles déterminant comment les personnes, les communautés et les organisations peuvent accéder aux ressources en eau et les utiliser (FAO 2016b). |

IRRIGUER



OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

L'irrigation est un important moyen d'améliorer la productivité agricole, mais de nombreux pays en développement ne tirent pas encore tout le potentiel de l'agriculture irriguée. L'irrigation présente des avantages évidents mais elle a aussi un impact considérable sur l'environnement (et, par extension, sur les sociétés et les économies dépendant de cet environnement). De nombreuses technologies et méthodes ont par conséquent été mises au point pour minimiser les effets négatifs qu'elle peut avoir au niveau environnemental et socio-économique.

Ce module offre une introduction aux complexités de l'irrigation. Il fait partie de la boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems, SPIS*) (GIZ, FAO, 2017), qui comprend d'autres modules et outils complémentaires permettant de prendre des décisions en connaissance de cause relativement aux SPIS.

Par ailleurs, ce module est complété de deux outils Excel :

- **IRRIGUER – Outil «sol»**, permettant de déterminer un programme d'irrigation approprié pour des cultures données et de calculer les capacités de stockage d'eau
- **IRRIGUER – Outil d'évaluation de l'impact**, permettant d'examiner et de soupeser les impacts socio-économiques et environnementaux d'un projet SPIS

1 INTRODUCTION

L'IRRIGATION EST ESSENTIELLE POUR LA SECURITE ALIMENTAIRE ET LE DEVELOPPEMENT RURAL

À l'échelle mondiale, l'agriculture irriguée représente environ 70 pour cent des prélevements d'eau, ce qui en fait le plus important utilisateur d'eau. L'agriculture irriguée produit environ 40 pour cent de l'alimentation mondiale, y compris la majeure partie de la production horticole de la planète, sur une superficie estimée à 20 pour cent des terres agricoles, soit environ 300 millions ha à l'échelle mondiale (FAO 2011). La majeure partie de l'accroissement de la production agricole dans les pays en développement viendra probablement de l'intensification de la production dans laquelle l'irrigation jouera un rôle stratégique (AQUASTAT).

Dans de nombreux pays, l'irrigation a eu des avantages directs pour la productivité et la sécurité alimentaire, contribuant généralement à produire des aliments avec une plus forte intensité de culture et au moins deux fois les rendements des cultures pluviales voisines (Faurès et al. 2007). Elle peut réduire la dépendance à l'agriculture pluviale dans les zones sujettes à la sécheresse et augmenter l'intensité de culture dans les zones humides et tropicales en 'prolongeant' la saison humide et en offrant des moyens efficaces de maîtrise de l'eau. En contribuant à la production alimentaire, en offrant des possibilités d'emplois et en générant des revenus, l'irrigation est souvent perçue comme le moteur du développement rural.

L'irrigation est néanmoins associée à des impacts environnementaux négatifs, notamment à la réduction des débits d'eau, à la modification de l'accès à l'eau en aval, à l'accroissement de la salinité du sol ou à la réduction des zones humides ayant d'importantes fonctions écologiques pour la biodiversité, la rétention des nutriments et la maîtrise des crues. Les changements

connexes d'utilisation des terres et la gestion non durable des ressources peuvent entraîner une détérioration de la qualité et un épuisement des ressources en eau et des écosystèmes associés dont dépendent les moyens d'existence.

De plus, la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation influence le rendement et la quantité des récoltes, ainsi que la perméabilité et la productivité du sol, et la santé écosystémique dans son ensemble. Malgré cela, la rareté et les niveaux de pollution de l'eau sont si importants dans certaines parties du monde que des millions d'exploitants agricoles sont poussés à irriguer avec de l'eau d'une qualité limite, par exemple des eaux usées urbaines ou de l'eau saline de drainage agricole.

Les impacts du changement climatique affectent déjà l'agriculture irriguée dans la mesure où la demande en eau augmente, la productivité agricole diminue et l'eau est de moins en moins disponible, précisément dans les parties du monde où l'irrigation est particulièrement nécessaire ou présente un avantage comparatif évident.

QU'EST-CE QUI FAIT QU'UN SYSTEME D'IRRIGATION A ENERGIE SOLAIRE EST EFFICACE ?

L'irrigation à énergie solaire est généralement présentée comme un nouveau système ou comme une solution de modernisation d'un système existant. Dans ce dernier cas, l'énergie solaire remplace des formes conventionnelles d'énergie par des solutions photovoltaïques (PV). Les pompes à énergie solaire peuvent être utilisées pour extraire des eaux souterraines ou de surface.

Lors de la conception d'un système d'irrigation à énergie solaire (SPIS), il est primordial de tenir compte du cycle complet d'alimentation en eau (figure 1). Ce cycle inclut les ressources en eau, le prélevement, l'acheminement et la

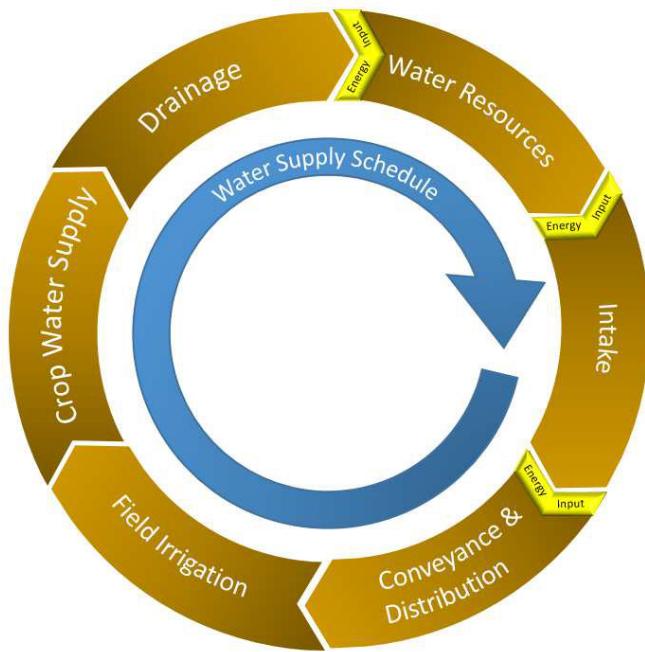


Figure 1 : Analyse schématique d'un système d'approvisionnement en eau pour l'agriculture, adaptée du document « Irrigation Techniques for Small-scale Farmers » (techniques d'irrigation pour les petits exploitants agricoles) (FAO 2014)

RESULTAT/PRODUIT

- Présentation générale du rôle de l'irrigation dans l'agriculture et impacts potentiels sur l'environnement
- Vue d'ensemble d'un système d'approvisionnement en eau d'irrigation et des intrants énergétiques

DONNEES NECESSAIRES

- Données sur le site, y compris prévisions climatiques, emplacement de l'exploitation

distribution de l'eau, les méthodes d'irrigation, l'approvisionnement des cultures en eau et le drainage. L'énergie utilisée dans un système d'approvisionnement en eau concerne le prélèvement de l'eau, son élévation et sa distribution via des opérations de pompage, d'élévation et de transport.

En examinant ces éléments, ce module fournit des indications sur certaines des questions clés concernant la planification et la gestion d'un système d'irrigation à énergie solaire pour l'agriculture.

agricole, topographie, rotation de cultures souhaitée, superficie des terres à irriguer, type de sol

- Données sur l'eau, y compris sur sa qualité, sa quantité, son débit, sa profondeur et sa variabilité
- Informations sur la conception/ configuration du système d'irrigation

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Concepteurs et gestionnaires du système d'irrigation, groupe d'utilisateurs de l'eau ou organisation d'exploitants agricoles
- Responsables du projet
- Responsables des orientations politiques

POINTS IMPORTANTS

- Bien comprendre le lien entre cycle d'approvisionnement en eau et cycle d'approvisionnement en énergie
- Évaluer les risques climatiques et comprendre les limites du système d'approvisionnement en eau

2 COMPRENDRE LES RESSOURCES EN EAU

Le type de la source d'eau, l'élévation ou la profondeur, la quantité d'eau, la responsabilité de la ressource et la qualité de l'eau ont tous une influence considérable sur l'établissement de limites dans lesquelles les choix de cultures peuvent être faits et les décisions concernant la méthode d'irrigation peuvent être prises. Tout projet de planification ou de mise en œuvre d'un SPIS est tributaire d'une bonne connaissance de ces différents aspects.

Les **sources d'eau** peuvent être de l'eau de surface, de l'eau souterraine et de l'eau non conventionnelle. D'une manière générale, l'eau d'irrigation provient de rivières, de lacs et de nappes aquifères. À l'échelle mondiale, environ 61 pour cent des surfaces irriguées utilisent de l'eau de surface et 38 pour cent de l'eau souterraine. En Asie, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, le recours à l'eau souterraine a rapidement progressé ces dernières années à la suite de l'adoption de la technologie du puits tubé, de l'amélioration de l'accès à l'énergie et du moindre coût de cette dernière (données de 2013, AQUASTAT 2016). Les sources non conventionnelles telles que les eaux usées traitées et l'eau désalinisée constituent une source mineure d'eau d'irrigation à l'échelle mondiale (environ 1

pour cent). L'utilisation de cette eau d'irrigation est centrée sur la région méditerranéenne, le Moyen-Orient et les Andes.

La différence de **niveau** entre la source d'eau et le champ détermine si l'eau peut être fournie sous pression. Cela est particulièrement important pour l'eau de surface pour laquelle il est important de savoir si la gravité, à elle seule, suffit pour les systèmes d'irrigation sous pression ou s'il faut ajouter des pompes. Pour l'eau souterraine, la profondeur à laquelle se trouve la nappe phréatique est déterminante pour la puissance de la pompe et les coûts associés. Aujourd'hui, les pompes à énergie solaire peuvent remonter de l'eau depuis 200 m de profondeur (et plus). Toutefois, ces pompes sont plus coûteuses et il est plus difficile de s'en procurer.

Le débit d'eau de la source (la **quantité d'eau** disponible) et sa variabilité sont également importants. Le fait de savoir quelles ressources en eau sont disponibles, et dans quelles conditions, aide à décider de la méthode d'irrigation la plus appropriée dans un contexte environnemental (climat, sols et paysage) et agricole donné. Quand pleut-il, et dans quelle quantité, chaque année ? Quelles sont les ressources en eaux de surface et

souterraines disponibles ? Quelle est la variabilité de ces ressources en eau pendant toute l'année en termes de débit, de quantité et de qualité ? Quelle est la variabilité de la disponibilité de l'eau dans le contexte du changement climatique ? Quels sont les besoins des autres utilisateurs ? Quelles sont les exigences de l'environnement en matière de débit ?

L'outil **PRESERVER L'EAU – Liste de contrôle pour la gestion des ressources en eau**, aide à se faire une idée approximative de la disponibilité des ressources en eau. Dans les régions où l'eau est dure et déjà rare et celles où il est prévu qu'elles viendront à manquer durant les 20 prochaines années (voir [prévisions du WRI](#)), il est conseillé d'effectuer un bilan hydrique plus approfondi et une étude de faisabilité s'appuyant sur des données tangibles avant d'installer un SPIS.

Une étude doit être réalisée sur l'aquifère pour déterminer les taux de prélèvement durable. La **responsabilité** de réalisation de cette analyse dépend de l'affectation des droits de propriété de la ressource dans le bassin hydrologique. Dans la plupart des cas, il est prudent de constituer un comité de bassin qui engage les parties prenantes concernées, assume la responsabilité de l'analyse de l'aquifère et autorise, contrôle et fait respecter les prélèvements. Lorsque les ressources sont gérées de manière plus fragmentée, les autorités chargées de délivrer les autorisations doivent tenir compte de leurs actions sur l'ensemble du bassin, les autres parties prenantes et l'écosystème. Dans un cas comme dans l'autre, la résilience aux futurs scénarios climatiques est essentielle pour la durabilité de la production agricole.

Il faut également tenir compte de la **qualité de l'eau** car elle a une incidence sur le choix de la méthode d'irrigation et les types de cultures à produire. La composition chimique de l'eau et sa charge sédimentaire peuvent influencer ce choix. La présence de certains éléments tels que le sodium (Na), le chlore (Cl) et le bore (B),

au-delà d'un certain seuil, peut occasionner des brûlures sur les feuilles et entraîner une défoliation en cas d'irrigation par aspersion. De même, la concentration totale de sels dans l'eau a une incidence sur les exigences en matière de lixiviation, ce qui fait que l'eau salée ne convient pas très bien pour l'irrigation par sillons. La charge sédimentaire de l'eau détermine la nécessité de filtrer l'eau en cas d'irrigation goutte à goutte, ainsi que le choix et le programme d'entretien des goutteurs, et par conséquent l'applicabilité de cette méthode dans certaines conditions. De même, les sédiments accélèrent l'usure des pompes et d'autres éléments des systèmes d'irrigation par aspersion.

RESULTAT/PRODUIT

- Identification des facteurs clés déterminant la méthode d'irrigation
- Aperçu général sur la quantité, la qualité et la variabilité de l'eau
- Connaissance des risques environnementaux nécessitant une attention particulière
- Création d'un comité de bassin ou de moyens structurés d'évaluer le prélèvement durable
- Conscience du besoin de gouvernance des ressources en eau
- Connaissance des risques liés au changement climatique et de la nécessité de résilience

DONNEES NECESSAIRES

- Informations sur la source d'eau (eau de surface, eau souterraine, eau non conventionnelle) et son comportement (taux de recharge, taux de prélèvement, etc.)
- Informations sur la différence de niveau entre la source d'eau et le champ
- Informations sur la disponibilité de l'eau, sa qualité et son débit

- Informations sur les futurs scénarios de disponibilité de l'eau
- Informations sur d'autres besoins des utilisateurs en amont et en aval

prélèvement d'eau ou d'un document du même genre.

- Les quotas de prélèvement d'eau sont contraignants et constituent la disponibilité maximale de l'eau en demande de pointe.
- Évaluer les risques climatiques et avoir conscience des limites existant pour le système d'approvisionnement en eau.
- Nécessité de régulièrement contrôler les permis pour assurer la résilience et garantir une juste affectation des ressources en eau à mesure que le climat et la disponibilité de l'eau changent.
- Nécessité d'analyser l'aquifère et le bassin hydrologique pour comprendre le système hydrologique, prévoir les impacts du SPIS, et atténuer les résultats négatifs.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Organe de gestion des ressources en eau et d'octroi des licences
- Services hydrologiques
- Responsables de l'irrigation, groupes d'utilisateurs de l'eau ou organisation d'exploitants agricoles
- Exploitants agricoles
- Utilisateurs d'eau en aval
- Agences de protection de l'environnement ou organismes du même genre, ONG actives dans le domaine de l'environnement

POINTS IMPORTANTS

- Tout projet d'irrigation est assujetti à l'obtention d'un permis officiel de

3

EVALUER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ECONOMIQUES

Les projets d'irrigation et de drainage entraînent invariablement de nombreux changements environnementaux et socio-économiques profonds. Certains de ces changements profitent à la population humaine alors que d'autres menacent la productivité à long terme des projets d'irrigation et de drainage eux-mêmes, ainsi que les ressources naturelles. Les changements négatifs ne se limitent pas à l'accroissement de la pollution ou à la perte d'habitats d'espèces végétales et animales autochtones ; ils couvrent tout l'éventail des éléments environnementaux tels que le sol, l'eau, l'air, l'énergie et le système socio-économique.

IRRIGATION ET ENVIRONNEMENT

L'irrigation rend possible l'expansion et l'intensification de l'agriculture. Toutefois, s'ils ne sont pas correctement gérés, les projets d'irrigation peuvent avoir des conséquences négatives considérables sur l'environnement.

Au niveau du bassin, les programmes d'irrigation peuvent avoir une incidence négative sur l'hydrologie. Les grands projets d'irrigation qui stockent ou détournent l'eau de leurs cours naturels peuvent être à l'origine d'importantes perturbations environnementales résultant de la modification de l'hydrologie et de la limnologie des bassins fluviaux. La réduction du débit d'un cours d'eau modifie l'utilisation des terres des plaines alluviales ainsi que l'écologie, et peut entraîner l'intrusion d'eau salée dans le cours d'eau et dans les eaux souterraines des terres adjacentes. Le détournement d'eau aux fins d'irrigation réduit par ailleurs l'approvisionnement en eau des utilisateurs en aval, qu'il s'agisse de municipalités, d'établissements industriels ou d'exploitations agricoles. Une réduction du débit de base d'un cours d'eau entraîne

également une réduction de la dilution des déchets industriels et municipaux accumulés en aval, ce qui pose des problèmes de pollution et de santé.

L'irrigation faisant appel aux eaux souterraines peut accroître le risque de prélèvement excessif et se traduit par un épuisement des eaux souterraines, des affaissements de terrains, une réduction de la qualité de l'eau et l'intrusion d'eau salée dans les zones côtières.

Par ailleurs, il est important de comprendre comment les projets d'irrigation affectent la qualité de l'eau. La qualité de l'eau entrant dans la zone irriguée est influencée par l'utilisation des terres en amont, notamment quand il s'agit de sa teneur en sédiments (par exemple en raison de l'érosion due à l'agriculture) et de sa composition chimique (par exemple en raison des polluants agricoles et industriels). L'utilisation de l'eau d'un cours d'eau à forte charge sédimentaire peut entraîner le colmatage du conduit. Les flux de retour pollués, qui contiennent des concentrations nocives de sels, de déchets organiques, de résidus agrochimiques ou d'autres substances, entraînent la dégradation des écosystèmes en aval. L'augmentation des niveaux de nutriments dans l'eau d'irrigation et de drainage peut entraîner la prolifération d'algues et de mauvaises herbes aquatiques, ainsi qu'un problème d'eutrophisation dans les canaux d'irrigation et les cours d'eau en aval.

Au niveau du champ, il y a un risque important de stagnation et de salinisation de l'eau. La salinité induite par l'irrigation peut résulter de l'utilisation d'eau salée, de l'irrigation de sols salins et de l'élévation des niveaux d'eau souterraine saline associée à une lixiviation insuffisante. La salinité réduit la croissance végétale et la productivité du sol. Les sols affectés par le sel sont plus fragiles et plus sujets à l'érosion. Dans le cas de sols sodiques, la perte de matière organique entraîne un

| |
|--|
| <i>Évaporation accrue dans le système</i> |
| <i>Dégradation des terres irriguées</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Salinisation • Alcalinisation • Problèmes accusés de recharge des eaux souterraines, de stagnation et de drainage de l'eau • Acidification du sol • Tassement du sol • Érosion du sol |
| <i>Mauvaise qualité de l'eau</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la qualité de l'eau d'irrigation et lixiviation • Pour les utilisateurs en aval, problèmes de qualité de l'eau dus à la qualité du flux de retour de l'eau d'irrigation |
| <i>Épuisement des réserves d'eau souterraine</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Tarissement des puits d'eau potable et d'irrigation • Intrusion d'eau salée le long des côtes • Réduction du débit de base |
| <i>Réduction du débit d'eau en aval</i> |
| <i>Dégradation écologique</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la biodiversité dans la zone irriguée et les zones environnantes • Endommagement des écosystèmes en aval dû à la réduction de la quantité d'eau et de sa qualité |
| <i>Impacts négatifs sur la santé humaine</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Incidence accrue des maladies hydriques |

affaiblissement de la structure du sol, un accroissement des émissions de dioxyde de carbone et une réduction de l'infiltration d'eau due à l'imperméabilisation de la surface. Ces divers facteurs affectent inévitablement la productivité et les rendements agricoles, ainsi que les revenus des exploitants agricoles.

Les terres irriguées, notamment les zones où les nappes phréatiques sont à faible profondeur, nécessitent généralement un drainage pour éviter la stagnation des eaux. Le drainage des eaux souterraines étant complexe et coûteux (souvent plus coûteux que le projet initial d'irrigation lui-même), on peut être tenté de démarrer de nouveaux projets d'irrigation en ignorant la nécessité de drainer, ou en reportant

l'installation du système de drainage au moment où il sera urgent de le faire. Toutefois, lorsqu'on ne peut plus éviter le drainage, les coûts de mise en œuvre peuvent devenir prohibitifs.

Le contrôle des nappes phréatiques au moyen de puits d'observation (piézomètres) et celui de la qualité de l'eau sont primordiaux. Ils peuvent rapidement prévenir de tout danger de salinisation et d'épuisement des eaux souterraines.

Tableau 1 Impacts négatifs potentiels des systèmes d'irrigation

L'IRRIGATION A ENERGIE SOLAIRE PEUT-ELLE CONTRIBUER A AMELIORER L'EFFICACITE D'UTILISATION DE L'EAU ?

Couplée à des méthodes d'irrigation plus économiques en eau, l'adoption de la technologie solaire peut contribuer à améliorer l'efficacité d'application de l'eau sur le terrain. Néanmoins, il y a un risque : au lieu d'économiser de l'eau, cela peut entraîner une augmentation de la consommation d'eau lorsqu'il n'existe aucun garde-fou visant à encourager ou stimuler l'utilisation efficace de l'eau. Les exploitants agricoles peuvent (i) appliquer globalement plus d'eau dans leur champ (par exemple, lorsqu'ils passent d'une irrigation déficiente à une irrigation optimale), (ii) étendre la superficie de terre irriguée, (iii) passer à des cultures à plus forte valeur ajoutée mais nécessitant souvent plus d'eau, (iv) vendre de l'eau à des communautés et exploitants agricoles voisins. Cette question se pose tout particulièrement dans les zones où les ressources en eau souterraine sont souvent surexploitées et où les taux de recharge sont lents.

Il peut être important de faire la distinction entre les concepts suivants :

Efficacité d'utilisation de l'eau : rapport entre l'utilisation effective de l'eau et le prélèvement réel d'eau. Dans un processus

spécifique, elle caractérise la mesure dans laquelle l'utilisation de l'eau est efficace. Cette efficacité dépend de l'échelle d'application et du processus.

Efficacité de l'irrigation : rapport ou pourcentage entre les besoins des cultures en eau d'irrigation, dans une exploitation ou un champ irrigué ou un programme d'irrigation, et l'eau détournée de la source d'approvisionnement.

Efficacité d'irrigation du système : l'efficacité d'irrigation du système (en %) fait référence à l'eau pompée ou détournée à l'entrée du système et effectivement consommée par les plantes.

L'efficacité d'irrigation du système peut être subdivisée en :

- **efficacité de transport**, qui est l'efficacité de transport de l'eau dans les canaux. Elle dépend essentiellement de la longueur des canaux, du type de sol ou de la perméabilité des rives des canaux, et de l'état de ces derniers ;
- **efficacité d'application sur le terrain**, qui est l'efficacité de l'application de l'eau sur le terrain.

CONSEQUENCES IMPREVUES DE L'EFFICACITE

Il est souvent avancé qu'un SPIS associé à l'irrigation goutte à goutte garantit que l'eau est utilisée efficacement au niveau du champ. Les systèmes d'irrigation goutte à goutte ou par aspersion permettent aux exploitants agricoles d'améliorer le timing et l'uniformité de distribution de l'irrigation, ce qui peut contribuer à améliorer les rendements des récoltes et accroître les pertes par transpiration à l'hectare. La perspective de meilleurs rendements à l'hectare encourage toutefois certains agriculteurs à étendre la superficie cultivée ou à passer à des cultures à plus forte valeur ajoutée mais nécessitant souvent plus d'eau (Berbel and Mateos, 2014). Partir du principe que l'irrigation goutte à

goutte entraîne automatiquement des économies d'eau au niveau de l'exploitation agricole est un faux raisonnement.

L'efficacité de l'eau au niveau du champ ou de l'exploitation agricole peut également avoir des implications au niveau du bassin. Les systèmes de ressources en eau sont très intégrés et des gains apparents (en termes d'efficacité d'utilisation de l'eau) dans une partie du système peuvent être contrebalancés par des pertes réelles dans d'autres parties du système. La pluie, l'eau de surface, l'eau souterraine, l'humidité du sol et les processus d'évaporation de différents types d'utilisation des terres font tous partie du même cycle hydrologique et ne peuvent être considérés comme des phénomènes séparés. Les changements d'utilisation de l'eau dans un domaine peuvent avoir des conséquences imprévues ou indésirables localement ou en aval.

IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES

Le principal objectif de l'agriculture irriguée est d'accroître la production agricole et par conséquent d'améliorer le bien-être économique et social de ceux qui la pratiquent. Toutefois, le changement des modes d'utilisation des terres du fait de l'irrigation peuvent également avoir d'autres impacts socio-économiques, par exemple en matière de régime foncier et de droit d'accès à l'eau, et des changements en matière de main-d'œuvre pour la construction, l'exploitation et l'entretien.

Les petites parcelles, les droits d'utilisation des terres communales et les droits fonciers traditionnels et légaux conflictuels créent tous des difficultés lorsque la terre est convertie de manière à irriguer l'agriculture. Les dispositions du régime foncier traditionnel ont de grandes chances d'être perturbées par les grands projets et les travaux de réhabilitation (par ex. construction de barrages, réservoirs et canaux). C'est au niveau des déplacements de population que l'impact serait le plus considérable. Cela peut

particulièrement perturber les communautés et nécessiter une préparation attentive des projets et une indemnisation adéquate. Les changements d'utilisation des terres, par exemple la mise en œuvre d'un nouveau projet d'irrigation, peuvent également avoir une incidence négative sur ceux qui utilisent les terres à d'autres fins, ainsi que sur la biodiversité locale. D'autres utilisations des terres (chasse, pâturage, collecte de bois de feu, fabrication de charbon de bois ou culture de légumes) sont négativement touchées lorsque ces mêmes terres sont ensuite utilisées pour faire de la monoculture irriguée. Dans de tels cas, les femmes, les groupes de migrants et d'autres classes sociales défavorisées n'ont plus accès à leurs ressources et leurs charges de travail augmentent. Inversement, l'augmentation des revenus et l'amélioration de l'alimentation assurées par l'agriculture irriguée peuvent bénéficier aux femmes et aux enfants, en particulier.

Des problèmes similaires peuvent se présenter à la suite de changements touchant l'accès à l'eau et l'infrastructure. De tels événements accroissent souvent l'inégalité des chances. Par exemple, ceux qui possèdent des terres bénéficient plus de la situation que ceux qui les louent ou ceux qui disposent de droits communaux à la terre.

Ces impacts socio-économiques doivent être évalués et pris en compte dans les processus de planification de systèmes d'irrigation ou de modernisation de systèmes existants. Ces précautions peuvent être moins pertinentes pour des unités de pompage individuelles ou des projets conçus, planifiés et gérés de manière communautaire. Il faut s'assurer que les besoins des communautés et des utilisateurs locaux sont pris en compte, que les problèmes potentiels ont été anticipés, et que des mesures d'atténuation sont en place au cas où ces problèmes surviendraient.

IMPACTS POTENTIELS DE L'IRRIGATION SUR LA SANTE

Les risques de maladies transmises par l'eau ou liées à l'eau augmentent dans les zones dont les canaux et le sol ne sont pas drainés, dans lesquelles la croissance de la végétation n'est pas contrôlée et où on trouve des canaux non munis d'un revêtement intérieur ainsi que des eaux stagnantes (par ex. carrières, mais aussi rizières et champs de canne à sucre). Les vecteurs de maladies telles que le paludisme, la bilharziose (schistosomiase) et la cécité des rivières (onchocercose) prolifèrent dans les eaux d'irrigation.

Parmi les autres risques pour la santé liés à l'irrigation, citons ceux qui sont associés à l'utilisation accrue de produits agrochimiques, à la détérioration de la qualité de l'eau et à l'accroissement de la pression démographique dans la région. La réutilisation des eaux usées pour irriguer peut, selon l'importance de leur traitement, transmettre des maladies contagieuses. Les groupes de population à risque sont les travailleurs agricoles, les consommateurs de produits agricoles et de viandes provenant de champs irrigués avec des eaux usées, et les personnes qui vivent à proximité.

OUTILS D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

La gestion avisée de l'environnement nécessite la capacité de prévoir, suivre, mesurer et analyser les tendances environnementales et d'évaluer les capacités de la terre et de l'eau à différents niveaux, d'une petite parcelle irriguée à un bassin hydrographique. Les études d'impact environnemental (EIE) permettront aux pays de planifier l'utilisation de l'eau et de la terre de manière intégrée et d'éviter des dommages environnementaux irréversibles.

L'outil **IRRIGUER** – Outil d'évaluation de l'impact, basé sur « The ICID Environmental Check-List to Identify Environmental Effects of Irrigation, Drainage and Flood Control Projects »

(liste de contrôle de l'ICID permettant d'identifier l'incidence des projets d'irrigation, de drainage et de gestion des crues sur l'environnement) (Mock and Bolton, 1993), peut servir de point de départ.

COMPTABILITÉ DES RESSOURCES HYDRIQUES

Il est important de systématiquement étudier la situation courante et les tendances de l'approvisionnement en eau, de la demande, de son accessibilité et de son utilisation (FAO 2012). C'est ce qu'on appelle la comptabilité de l'eau. En évaluant les flux de retour, en mesurant l'efficacité au niveau du bassin et du champ, et en faisant une distinction entre les économies d'eau destinée à la consommation et d'eau non destinée à la consommation, la comptabilité de l'eau aide à répondre à des questions telles que celles-ci : quelles sont les causes sous-jacentes des déséquilibres entre l'approvisionnement en eau (quantité et qualité) et la demande d'eau de différents utilisateurs et de différents types d'utilisation ? Le niveau actuel d'utilisation d'eau destinée à la consommation est-il durable ? Comment peut-on faire en sorte que l'utilisation de l'eau soit plus équitable ou durable (FAO 2016) ? Cette évaluation doit être faite avant l'installation du SPIS, pour définir une valeur de référence, puis périodiquement après sa mise en œuvre pour mesurer les changements dus à l'irrigation.

Lorsqu'on évalue les impacts de l'irrigation à énergie solaire sur l'efficacité d'utilisation de l'eau, il est important de faire la distinction entre ces différents niveaux d'analyse (champ/ exploitation agricole/ système/ bassin) et d'effectuer une comptabilisation systématique de l'eau pour savoir quelles sont les possibilités d'optimisation globale de l'utilisation de l'eau.

Ces efforts doivent être complétés par une réglementation et une politique appropriées. Les subventions peuvent

s'appuyer sur des critères spécifiques (par ex. seulement dans les zones où l'eau souterraine n'est pas surexploitée) ou inciter à utiliser l'eau, les offres peuvent fixer des normes (par ex. intégration d'un système de mesure de l'eau souterraine dans la pompe solaire), la réglementation peut limiter l'utilisation du SPIS à certains moments ou certains lieux. Si tous ces facteurs sont pris en considération, le SPIS peut fondamentalement améliorer l'existence de nombreuses personnes. Pour en savoir plus à ce sujet, se reporter au rapport 2017 de la FAO « *The Benefits and Risks of Solar Powered Irrigation – A Global Overview* » (avantages et risques de l'irrigation à énergie solaire – aperçu de la situation mondiale).

OUTILS DE GESTION ENVIRONNEMENTALE

Il est possible d'éviter bon nombre de ces impacts négatifs sur l'environnement en planifiant et mettant efficacement en œuvre des mesures de protection et de préservation de l'environnement.

Non seulement les impacts négatifs peuvent être inversés, mais en adoptant une approche de gestion intégrée, d'autres avantages sont possibles. L'irrigation, par exemple, peut jouer un rôle positif dans la gestion de l'utilisation des terres. En intensifiant la production alimentaire et fourragère sur les terres les plus favorables, par exemple, on peut réduire la pression sur les terres peu productives en les utilisant pour la production agricole pluviale ou comme pâturages. Les barrages et les réservoirs offrent des moyens d'atténuer les impacts négatifs potentiels des fluctuations des débits d'eau, mais ils nécessitent une planification attentive afin de ne pas perturber le débit pour les utilisateurs et environnements en aval. L'intégration de plaines alluviales désignées et d'infrastructures naturelles telles que des zones humides dans la planification des systèmes d'irrigation peut améliorer la recharge des eaux souterraines et atténuer les pics de débit de décharge.

Pour en savoir plus sur les pratiques de gestion durable des terres, du sol et de l'eau, consulter :

<http://www.fao.org/land-water/land/sustainable-land-management/slm-practices/en/>

EVALUATION DE LA SALINITE DU SOL

Soil Salinity Assessment. Document FAO Irrigation et drainage n° 57.

www.fao.org/docrep/019/x2002e/x2002e.pdf

Visual Soil Assessment Field Guides (guide pratique d'évaluation visuelle des terres), FAO <http://www.fao.org/3/ai0007e.pdf>

EVALUATION DE LA DEGRADATION DU SOL

Land Degradation Assessment in Dry Lands (évaluation de la dégradation des terres dans les zones sèches), FAO www.fao.org/fileadmin/templates/nr/kagera/Documents/LADA_manuals/MANUAL2_final_draft.pdf

QUALITE DE L'EAU

USGS Water Quality Assessment – Field Methods and Techniques (USGS – évaluation de la qualité de l'eau – méthodes et techniques) : <https://water.usgs.gov/owq/methods.html>

LISTE DE CONTROLE SOCIO-ECONOMIQUE

IRRIGUER – OUTIL D'EVALUATION DE L'IMPACT

RESULTAT/PRODUIT

- Compréhension des liens entre irrigation, environnement et société
- Connaissance des risques que le SPIS présente pour les flux environnementaux et des options d'atténuation des risques
- Connaissance de l'efficacité des systèmes d'irrigation à énergie solaire

- Connaissance du rôle des droits à l'eau, des droits à la terre et de l'égalité de genre dans le système socio-économique et de leur impact sur lui
- Connaissance des impacts sur la santé et des coûts différés des systèmes d'irrigation mal planifiés et du manque de drainage approprié
- Compréhension de la comptabilité de l'eau et connaissance des politiques, subventions et systèmes de gouvernance potentiels permettant de produire des systèmes d'irrigation responsables
- Connaissance des outils disponibles pour gérer l'environnement

DONNEES NECESSAIRES

- Données nécessaires pour les outils de gestion environnementale
- Données de référence pour suivre les impacts socio-économiques et environnementaux de l'irrigation (données sur le genre, données sur les revenus, données sur la biodiversité, données sur l'emploi, sur l'utilisation et la qualité de l'eau, données sur la santé, données sur le comportement après des interventions du gouvernement, un changement d'utilisation des terres, données sur le sol, etc.)

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Planificateurs de systèmes d'irrigation/ gestionnaires de systèmes
- Décideurs politiques
- Organe de gestion des ressources en eau et d'octroi des licences
- Responsables de l'irrigation, groupes d'utilisateurs de l'eau ou organisation d'exploitants agricoles

- Agences de protection de l'environnement ou organismes similaires, ONG actives dans le domaine de l'environnement

POINTS IMPORTANTS

- Les impacts profonds, positifs et négatifs des systèmes d'irrigation à énergie solaire
- L'importance de la planification pour le drainage, la santé publique et le développement inclusif de tout le bassin
- La nécessité de collecter des données de référence

- Comprendre les différents avantages du SPIS et reconnaître les conséquences négatives potentielles
- Utiliser des solutions axées sur la nature pour comprendre l'impact de l'irrigation sur l'utilisation des terres, sur la biodiversité, sur l'atténuation du changement climatique et sur l'adaptation et la résilience à ce dernier
- Comprendre que les droits à la terre, les droits à l'eau et les questions de genre interagissent avec l'utilisation des terres et la productivité agricole

4 CALCULER LES BESOINS EN EAU

Pour une gestion efficace de l'eau, il est primordial de savoir quand, où et quelle quantité d'eau est nécessaire pour la production agricole et d'autres utilisations.

BESOINS EN EAU DES CULTURES

Les besoins en eau des cultures sont définis comme étant la quantité totale d'eau nécessaire pour compenser la perte d'eau par évapotranspiration. Autrement dit, c'est la quantité d'eau nécessaire pour la croissance optimale des diverses cultures.

Les besoins en eau des cultures s'appliquent toujours aux conditions optimales de croissance des cultures concernées, c'est-à-dire à des cultures uniformes, dont la croissance est active, dont l'ombre couvre complètement le sol, qui sont exemptes de maladies et pour lesquelles les conditions du sol sont favorables (notamment en ce qui concerne la fertilité et la teneur en eau). Les cultures concernées atteignent ainsi leur plein potentiel de production dans un environnement donné.

Les besoins en eau des cultures dépendent essentiellement du :

- *Climat* : dans un climat chaud et ensoleillé, les plantes ont besoin de plus d'eau par jour que dans un climat froid et nuageux.
- *Type de culture* : des cultures telles que le maïs ou la canne à sucre ont plus besoin d'eau que des cultures telles que le millet ou le sorgho.
- *Stade de développement de la culture* : les cultures ayant atteint leur pleine croissance ont plus besoin d'eau que celles qui viennent d'être plantées.

Tableau 2 Impact des conditions climatiques sur les besoins en eau des cultures (Source : FAO 1989)

| Facteur climatique | Besoins en eau des cultures | |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | Élevés | Faibles |
| Température | chaud | froid |
| Humidité | faible (sec) | élevée (humide) |
| Vitesse du vent | venteux | calme |
| Soleil | Ensoleillé (absence de nuages) | Nuageux (absence de soleil) |

Néanmoins, les conditions réelles ne sont que rarement optimales et de nombreux autres facteurs ont également une influence sur les taux d'évapotranspiration. Ainsi, la salinité du sol, la faible fertilité du sol, l'utilisation limitée d'engrais et de produits chimiques, le manque de moyens de lutte contre les nuisibles et les maladies, la mauvaise gestion du sol et la quantité limitée d'eau disponible dans la zone racinaire peuvent limiter la croissance des cultures et réduire l'évapotranspiration.

La couverture végétale et la densité de plantation sont d'autres facteurs ayant une incidence sur l'évapotranspiration. Les pratiques culturales et le type de système d'irrigation peuvent modifier le microclimat et affecter les caractéristiques des cultures, ainsi que la teneur en eau du sol et de la surface cultivée.

BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

Les besoins en eau d'irrigation font référence à la quantité d'eau qui doit être fournie par le système d'irrigation pour que la plante reçoive toute l'eau dont elle a besoin. Si l'irrigation est la seule source d'approvisionnement de la plante en eau, le besoin en eau d'irrigation est toujours plus grand que le besoin de la plante en eau

pour tenir compte des pertes dans le système d'irrigation. Si la plante reçoit une partie de l'eau dont elle a besoin d'autres sources (pluie, eau stockée dans le sol, infiltration d'eau souterraine, etc.), le besoin en eau d'irrigation peut être considérablement moindre que le besoin de la plante en eau.

Dans les climats humides, les précipitations et l'humidité du sol peuvent suffire pour assurer une croissance satisfaisante dans le cadre d'une agriculture pluviale. Toutefois, dans les climats arides ou lors de saisons sèches prolongées, il est nécessaire d'irriguer pour compenser le déficit d'eau dû à l'évapotranspiration (transpiration de la plante et évaporation de l'eau du sol) résultant de précipitations insuffisantes ou erratiques.

Pour savoir quelle quantité d'eau d'irrigation est nécessaire, une analyse du bilan hydrique est nécessaire. Une telle analyse comporte trois niveaux.

Le premier concerne l'équilibre entre les demandes agricoles et autres dans un bassin hydrologique. Il contribue à déterminer la quantité d'eau provenant de diverses sources sur laquelle on peut compter, et par conséquent l'intensité d'irrigation possible de façon durable – voir le module **PRÉSERVER L'EAU**.

Un autre aspect de l'équilibre hydrique se situe au niveau de l'exploitation agricole (ou de la zone de commande). Souvent, les champs ne sont pas irrigués individuellement mais collectivement, par l'intermédiaire d'un canal ou d'un puits. Ils ont souvent aussi les mêmes canaux de drainage. Un bilan hydrique réalisé au niveau de l'exploitation agricole examine l'accès à l'eau, les utilisations prioritaires, le moment et la durée de l'irrigation. Il constitue la base d'une conception efficace du système et de la prestation de services.

Un troisième niveau examine les besoins des plantes en eau dans un champ.

L'irrigation d'une culture au moment opportun et en quantités appropriées nécessite de l'expérience et dépend du climat, des précipitations, du sol et du stade de développement des plantes, ainsi que du système et de la technologie d'irrigation utilisés.

Des programmes d'irrigation informatisés, tels que le programme CROPWAT de la FAO, peuvent être utilisés pour conseiller les agriculteurs sur l'approvisionnement en eau et le programme d'irrigation pour des conditions climatiques, une culture, un sol et une méthode d'irrigation donnés.

Différents outils, **PRÉSERVER L'EAU – Outils d'évaluation des besoins en eau** et **IRRIGUER – Outil « Sol »**, peuvent servir à faire une évaluation approximative des besoins des plantes en eau.

PROGRAMME D'IRRIGATION

Lorsque les besoins des plantes en eau et les besoins en eau d'irrigation ont été calculés, l'étape suivante consiste à préparer le programme d'irrigation du champ. Trois paramètres doivent être pris en compte lors de la préparation d'un programme d'irrigation :

- les besoins quotidiens de la plante en eau ;
- le sol, en particulier son humidité disponible totale, ou la capacité de rétention d'eau ,
- la profondeur effective de la zone racinaire.

La réaction de la plante à l'irrigation dépend de l'état physique, de la fertilité et de l'état biologique du sol. L'état, la texture, la structure, la profondeur, la matière organique, la masse volumique, la salinité, la sodicité, l'acidité, le drainage, la topographie, la fertilité et les caractéristiques chimiques du sol ont tous une incidence sur la mesure dans laquelle le système radiculaire d'une plante pénètre dans le sol et utilise l'humidité et les nutriments qu'il contient. Bon nombre de ces facteurs influencent la circulation de l'eau dans le sol, la capacité de rétention

d'eau du sol et la capacité des plantes à utiliser cette eau. Le système d'irrigation utilisé doit pouvoir fonctionner dans toutes ces conditions ou la plupart d'entre elles.

Sur le terrain, la valeur réelle peut varier d'un site à l'autre, d'une saison à l'autre, voire au cours d'une même saison. Dans ce dernier cas, elle varie en fonction du type de matériel agricole, du nombre d'opérations de travail du sol, de la gestion des résidus, du type de culture et de la qualité de l'eau.

Les sols à irriguer doivent également bénéficier d'un drainage souterrain et en surface approprié, notamment en cas d'irrigation de surface. Le drainage interne, dans la zone racinaire de la plante, peut être naturel ou assuré par un système de drainage souterrain installé.

QUELLES CULTURES SONT LE MIEUX ADAPTEES A L'IRRIGATION A ENERGIE SOLAIRE ?

Aucune culture n'est particulièrement adaptée (ou inadaptée) à l'irrigation à énergie solaire ; ce qui compte, c'est que la méthode d'irrigation puisse répondre aux besoins de la plante en eau et soit compatible avec les pratiques agricoles, le climat, les ressources en eau et d'autres aspects agronomiques.

Le modèle de culture doit être tel que la plante choisie puisse être cultivée dans les conditions climatiques et pédologiques dominantes et que le système d'irrigation soit compatible avec les plantes cultivées et les pratiques agricoles. Par ailleurs, un intérêt suffisant doit être accordé au choix et au calendrier des cultures. Les produits récoltés doivent pouvoir être commercialisés à prix compétitifs.

SELECTION DE CULTURES ADAPTEES A L'IRRIGATION

Les aspects agronomiques spécifiques à prendre en considération sont les suivants :

- Calendrier cultural des cultures courantes actuelles dans la région

pendant la saison humide et la saison sèche, indication des risques saisonniers (sécheresse, inondations, nuisibles et maladies)

- Nouvelles cultures présentant un bon potentiel grâce à l'irrigation
- Cultures permettant d'assurer l'autosuffisance et la sécurité alimentaire (ménage/ niveau national)
- Cultures destinées au marché
- Expérience, motivation et priorités des agriculteurs dans le choix des cultures.

Il est préférable de choisir des espèces ou des variétés offrant une bonne résilience aux périodes de sécheresse. Cela peut également aider les agriculteurs à s'adapter aux fluctuations de température et de pluviométrie. Une plus grande diversification agricole, y compris une meilleure intégration d'arbres, de cultures, des poissons et du bétail, peut réduire les risques et accroître la résilience des systèmes agricoles.

Certaines cultures sont sensibles à la façon dont l'eau leur est appliquée. Les systèmes qui arrosent l'ensemble de la culture, entre autre l'irrigation par aspersion, peuvent avoir des conséquences indésirables (brûlures sur les feuilles, taches sur les fruits, déformation des fruits, pourriture du collet, etc.). Ces considérations ont une influence sur le choix de la méthode d'irrigation (Savva and Frenken 2004).

D'une manière générale, la zone racinaire efficace de la plupart des cultures maraîchères (et autres cultures en lignes) est peu profonde et ces plantes réagissent mieux à de faibles niveaux de diminution de l'humidité. Elles sont par conséquent bien adaptées aux systèmes d'irrigation localisée, goutte à goutte, qui sont souvent raccordés à des pompes à énergie photovoltaïque.

Il est important de noter que la sélection des végétaux et la biotechnologie peuvent apporter leur contribution en augmentant les parties récoltables de la biomasse, en réduisant les pertes de biomasse grâce à

une meilleure résistance aux nuisibles et aux maladies, en réduisant l'évaporation du sol grâce à une croissance précoce vigoureuse qui accélère la couverture végétale, et en réduisant la susceptibilité à la sécheresse (FAO 2012).

Lorsqu'ils choisissent des cultures adaptées, les agriculteurs doivent s'assurer qu'ils ont accès à des intrants agricoles, par exemple des semences de qualité, des engrains, des pesticides et des outils, ainsi qu'au crédit pour acheter les intrants nécessaires.

PRATIQUES ET INTRANTS AGRICOLES ADAPTES

- Pratiques agricoles actuelles pour des cultures courantes en termes d'intrants, de main-d'œuvre et d'outils ;
- Pratiques agricoles nouvelles ou améliorées à adopter pour les cultures irriguées de manière à assurer des niveaux de production optimums
- Évaluation des intrants nécessaires pour une production optimale en termes de semences de qualité, d'engrais organiques et inorganiques, d'outils, de disponibilité des intrants et d'accès au crédit.

RESULTAT/PRODUIT

- Connaissance de ce qui affecte les besoins des plantes en eau
- Reconnaissance de la différence entre besoins des plantes en eau et besoins d'eau d'irrigation
- Prise en compte des différents aspects des besoins en eau dans le plan d'irrigation
- Intégration des paramètres nécessaires dans le programme d'irrigation et la conception du drainage

DONNEES NECESSAIRES

- Rotations de cultures prévues
- Calendrier de plantation et de récolte
- Besoins de consommation des autres utilisateurs d'eau du bassin
- Futurs scénarios climatiques pour la région

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Conseillers SPIS
- Exploitants agricoles
- Gestionnaires du système d'irrigation, groupes d'utilisateurs de l'eau ou organisation d'exploitants agricoles

POINTS IMPORTANTS

- Les BEC et les BEI doivent être résilients aux futurs scénarios climatiques
- Les systèmes d'irrigation doivent être planifiés selon de multiples échelles, du bassin à la ferme et à la culture individuelle
- Le type et la santé du sol sont essentiels pour calculer les besoins en eau
- Les limites de disponibilité saisonnière de l'eau doivent influencer le choix des cultures en tenant compte des BEC, des autres besoins des utilisateurs et de la disponibilité de l'eau
- Le problème de drainage du sol doit être pris en considération à l'avance
- Le choix des récoltes doit également tenir compte de la disponibilité d'autres intrants tels que la main-d'œuvre, les engrains, les outils, les herbicides, etc.

SELECTIONNER LA METHODE D'IRRIGATION

À l'échelle mondiale, dans leur grande majorité, les zones irriguées sont équipées pour une irrigation entièrement contrôlée. Les méthodes d'irrigation entièrement contrôlée diffèrent quant à leur mode de distribution de l'eau (AQUASTAT)

Une fois que les besoins des récoltes, les ressources en eau et l'impact de la mise en œuvre d'un SPIS sont connus, les méthodes d'irrigation appropriées peuvent être sélectionnées.

QUELLES SONT LES METHODES D'IRRIGATION ?

L'irrigation de surface utilise la gravité pour déplacer l'eau sur le sol. Cette catégorie peut être subdivisée en irrigation par petits canaux (sillons), bandes de terre (bordures) et en bassin (y compris l'irrigation du riz par submersion).

L'irrigation de surface est très utilisée ; elle est par conséquent bien connue et peut fonctionner sans applications de haute technologie. En général, elle nécessite plus de main-d'œuvre que les autres méthodes d'irrigation. Lorsqu'on conçoit un système d'irrigation de surface, il faut tenir compte du type de sol (texture et taux d'infiltration), de la pente et de la planéité du champ, de la taille du cours d'eau et de la longueur du parcours. Dans des champs de grande longueur, il est généralement plus difficile d'obtenir une bonne uniformité de distribution de l'eau sur un sol à texture grossière (gravier et sable) que sur un sol à texture fine (limoneux et argileux). Le nivellement du terrain et la construction de fossés et de réservoirs peuvent être coûteux, mais une fois ces travaux réalisés, les coûts sont faibles et l'agriculteur dispose de plus de moyens pour répondre aux fluctuations de la demande d'irrigation.

L'irrigation par aspersion comprend un réseau de tuyaux dans lequel l'eau coule sous pression avant d'être livrée aux plantes cultivées au moyen de buses d'arrosage. Fondamentalement, le système simule la pluie en ceci que l'eau est appliquée par aspersion, par le haut.

La pompe est généralement une pompe centrifuge qui aspire l'eau à la source et produit une pression suffisante pour l'envoyer dans le réseau de tuyaux. Les tuyaux principaux et secondaires conduisent l'eau de la pompe aux tuyaux latéraux qui la conduisent ensuite aux arroseurs. Ces derniers peuvent être permanents mais sont le plus souvent mobiles et en matériau léger (par ex. aluminium) facilitant leur déplacement.

Les arroseurs à rotor fonctionnent en envoyant de l'eau sous forme de jets rotatifs sur une surface de terre. Appartiennent également à cette catégorie les arroseurs à impact et les arroseurs à engrenage, qui produisent des jets d'eau dispersée, et les buses d'arrosage qui pulvérisent l'eau selon une configuration donnée.

Compte tenu des coûts élevés d'investissement en capitaux, les systèmes les plus élaborés (par ex. système central à pivots, système mobile, etc.) sont généralement utilisés pour des cultures à forte valeur ajoutée, par exemple les légumes. Des connaissances spécialisées de haut niveau sont nécessaires pour faire fonctionner ces systèmes, même si le besoin général de main-d'œuvre est limité en raison du niveau élevé d'automatisation. Les moteurs, les tuyaux et les autres éléments mécaniques doivent tous faire l'objet d'un entretien systématique pour éviter leur endommagement et les coûts élevés de réparation ou de remplacement.

L'irrigation par aspersion convient pour la plupart des cultures en lignes, des cultures de plein champ et des cultures arbustives, et l'eau peut être pulvérisée par-dessus ou par-dessous le couvert végétal. Toutefois, les grands arroseurs sont déconseillés pour les cultures délicates, la laitue par exemple, car les grosses gouttes d'eau produites par l'arroseur risquent d'endommager les cultures.

L'irrigation localisée consiste à distribuer de l'eau sous faible pression dans un réseau de tuyaux, selon une configuration pré-déterminée, cette eau étant appliquée en petite quantité à chaque plante ou à proximité immédiate (AQUASTAT 2016).

Un système type **d'irrigation goutte à goutte** comporte une pompe, une tête de commande, des conduits principaux et secondaires, des conduits latéraux et des émetteurs ou goutteurs. Il peut également comporter des réservoirs, des filtres et des dispositifs de fertigation.

Avec l'irrigation goutte à goutte, l'eau est délivrée plus fréquemment (généralement 1-3 fois par jour) qu'avec les autres méthodes et elle assure un niveau élevé d'humidité du sol. Tant que le taux d'application de l'eau reste inférieur à la capacité d'infiltration du sol, ce dernier reste sous-saturé et il n'y a pas d'eau qui coule ou stagne à la surface. Il est ainsi possible d'utiliser l'eau de manière très efficace et de réduire au minimum les pertes d'eau.

Par ailleurs, les engrains et les nutriments peuvent être utilisés très efficacement dans la mesure où l'eau est appliquée localement et où la lixiviation est réduite. Enfin la croissance des mauvaises herbes est freinée par le fait que l'eau et les nutriments sont appliqués uniquement à la plante cultivée.

Néanmoins, l'irrigation goutte à goutte nécessite un investissement initial élevé,

ainsi que des connaissances techniques de haut niveau et des investissements réguliers pour le remplacement du matériel qui est vulnérable au colmatage et au dysfonctionnement, notamment lorsque la qualité de l'eau n'est pas optimale. Il existe également un risque d'accroissement de la salinité du sol.

La méthode convient pour la plupart des sols. Sur les sols argileux, l'eau doit être appliquée lentement pour éviter la formation de flaques et tout ruissellement de surface. Sur les sols sableux, des débits plus importants sont nécessaires pour assurer une humidification latérale suffisante du sol.

L'irrigation convient particulièrement bien aux cultures en lignes, par exemple celles de légumes et de fruits, d'arbres et de vigne. Compte tenu de l'investissement qui est élevé, l'irrigation goutte à goutte a tendance à être utilisée pour les cultures à forte valeur ajoutée.

Autres types d'irrigation :

Zones de plaine équipées, par exemple (i) zones humides cultivées et fonds de vallées ayant été équipées d'ouvrages de régulation des eaux pour l'irrigation et le drainage ; (ii) zones le long des cours d'eau dans lesquelles la culture utilise les structures construites pour retenir les eaux après une crue ; (iii) mangroves développées et zones de deltas aménagées.

Irrigation par épandage des eaux de crue, utilisant les eaux de crue de cours d'eau éphémères et la canalisant au moyen de courts canaux escarpés jusqu'aux lieux de culture. Des barrages sont souvent construits le long de ces cours d'eau pour stocker l'eau lorsqu'elle arrive.

QUELLE METHODE D'IRRIGATION CONVIENT LE MIEUX POUR LES SYSTEMES A ENERGIE SOLAIRE ?

Les systèmes de pompage à énergie photovoltaïque ont fait des progrès considérables au cours de la dernière décennie. Les problèmes de conception des pompes solaires à partir des années 1970 – par exemple bornes n'assurant pas une bonne connexion électrique ou surchauffe des circuits électroniques – ont été résolus et les pompes solaires sont aujourd'hui bien plus efficaces et fiables.

Actuellement, elles sont compatibles avec les technologies d'irrigation goutte à goutte, par aspersion, sur pivot ou par submersion. Les systèmes vont d'installations informatisées sophistiquées, dont les coûts d'installation sont élevés, à des systèmes d'irrigation à coût modéré (irrigation par barboteurs, par mini-arroseurs et goutte à goutte).

Généralement, la puissance – et le coût – d'un système de pompage solaire est déterminée par les exigences du système d'irrigation en matière d'eau et de pression. Les méthodes fonctionnant avec des pressions relativement basses sont souvent la solution préférée, en association avec des pompes PV.

| Méthode d'irrigation | Efficacité d'application type | Compatibilité avec les pompes solaires |
|------------------------|-------------------------------|--|
| Submersion | 40-50% | Dépend des conditions locales |
| Canaux ouverts | 50-60% | Dépend des conditions locales |
| Aspersion | 70-80% | Oui |
| Goutte à goutte | 85-95% | Oui |

L'irrigation par aspersion nécessite une pression relativement forte, ce qui exige un SPIS spécifique composé de modules solaires de haute qualité et une capacité intégrée de stockage de l'énergie (batterie). En revanche, l'irrigation goutte à goutte nécessite une faible pression et peut distribuer l'eau plus efficacement.

L'irrigation goutte à goutte – également appelée micro-irrigation ou irrigation localisée – utilise des réseaux de tuyaux et de tubes pour appliquer directement l'eau à la surface du sol ou dans la zone racinaire des plantes. Elle peut potentiellement réduire la consommation d'eau par plante en minimisant les pertes non productives par évaporation (par ex. Narayananamoorthy, 2004; Rijsberman, 2006). Autre avantage : elle peut utiliser de l'eau modérément saline. Les parcelles peu productives peuvent avoir un bon rendement car les techniques d'irrigation goutte à goutte apportent directement l'eau et les nutriments aux plantes.

L'irrigation goutte à goutte est idéale pour la production agricole à forte valeur ajoutée (légumes, fruits, arbres et vigne, par exemple) et compte tenu de sa grande efficacité, la pompe solaire n'a pas besoin d'être très puissante.

Néanmoins, l'irrigation goutte à goutte a un coût initial élevé et exige une eau de suffisamment bonne qualité (pour éviter le colmatage des goutteurs) ou un système de prétraitement. Il faut par ailleurs assurer une bonne gestion du système d'irrigation pour garantir l'efficacité du système, appliquer la fertigation et entretenir le matériel.

Tableau 3 Compatibilité des méthodes d'irrigation avec les pompes solaires, adaptation de « Manual and Tools for promoting SPIS – Stocktaking and Analysis Report » (manuel et outils de promotion des SPIS – rapport d'évaluation et d'analyse) (2015).

Au-delà de ces considérations techniques, d'autres facteurs déterminent la pertinence des méthodes d'irrigation, indépendamment de la source d'énergie des pompes. Il s'agit de conditions naturelles telles que :

- *le type du sol*, qui détermine la capacité de stockage de l'eau et le taux d'infiltration ;
- *la pente du terrain*, qui a une influence sur le drainage de l'eau et détermine si le terrain doit être nivéle ;
- *le climat*, notamment les vents (par ex. susceptibles de perturber la pulvérisation de l'eau par les arroseurs), le rayonnement solaire, les précipitations et la température ;
- *la disponibilité de l'eau*, voir la section 2 ;
- *la qualité de l'eau*, voir la section 2 ;
- les exigences de résilience, voir la section 2.

Il est également important de tenir compte du type de plante cultivée, aussi bien du point de vue économique que du point de vue agronomique. Compte tenu de l'investissement initial plus élevé par hectare, l'irrigation par aspersion et goutte à goutte est généralement utilisée pour des cultures à forte valeur ajoutée tels que les légumes, les arbres fruitiers et les épices. L'irrigation goutte à goutte convient mieux pour les plantes individuelles, les arbres ou les cultures en lignes.

D'autres aspects socio-économiques entrent également en ligne de compte lorsqu'on sélectionne la méthode d'irrigation. La main-d'œuvre en est un. La construction, l'utilisation et l'entretien d'un système d'irrigation de surface exigent souvent plus de main-d'œuvre que l'irrigation par aspersion ou goutte à

goutte. L'irrigation de surface nécessite un niveling précis du terrain, un entretien régulier et un niveau élevé d'organisation des agriculteurs pour faire fonctionner le système. Les complications imprévues lorsqu'on adopte de nouvelles méthodes d'irrigation sont un autre aspect à prendre en compte. Faire en sorte que les agriculteurs changent leurs pratiques et entretiennent le matériel peut poser des problèmes.

Lorsqu'on sélectionne une méthode d'irrigation, il faut tenir compte de ces aspects et effectuer une analyse coût-bénéfice des solutions disponibles. Les coûts incluent l'investissement en capitaux, la construction, l'installation, l'utilisation et l'entretien, ainsi que l'énergie. Ces coûts doivent être comparés aux bénéfices attendus, notamment en matière de rendement, de prix du marché, de coûts de fonctionnement évités et d'économies de main-d'œuvre. Cette analyse coût-bénéfice est présentée plus en détail dans la section sur le [financement](#) de la boîte à outils SPIS.

RESULTAT/PRODUIT

- Connaissance des différentes méthodes d'irrigation et de leurs avantages / inconvénients respectifs
- Capacité d'intégrer les conditions naturelles ayant une incidence sur l'irrigation dans le choix de la méthode d'irrigation
- Application appropriée de l'analyse coût-bénéfice
- Connaissance des compromis inhérents aux différentes méthodes d'irrigation concernant les investissements et les coûts d'exploitation, l'utilisation rationnelle de l'eau, et l'accroissement de la production et des revenus agricoles.

DONNEES NECESSAIRES

- Pression de l'eau
- Disponibilité saisonnière de l'eau (niveaux acceptables de captage)
- Qualité de l'eau
- Type de sol
- Pente du terrain
- Investissements, coûts d'exploitation et d'entretien
- Efficacité et puissance photovoltaïque disponible
- Besoins en électricité pour différentes méthodes d'irrigation

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Décideurs politiques

- Conseillers/ planificateurs en irrigation
- Responsables de l'irrigation, groupes d'utilisateurs de l'eau ou organisation d'exploitants agricoles
- Exploitants agricoles

POINTS IMPORTANTS

- Il existe différentes méthodes d'irrigation qui présentent différents avantages et inconvénients
- La décision finale quant à la méthode d'irrigation à utiliser doit résulter d'un compromis entre les coûts / bénéfices financiers et environnementaux pendant la durée de vie du bien

6

PLANIFIER LES STRUCTURES D'ADMISSION, DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION

La principale difficulté technique de tout système d'irrigation consiste à prélever de l'eau dans une source, la livrer sur le terrain en temps et en quantités utiles, la distribuer entre des exploitations agricoles individuelles et des champs où on pratique la rotation des cultures, et à assurer l'humidité du sol nécessaire aux plantes. Tout cela nécessite de l'énergie pour déplacer l'eau, maintenir sa pression et assurer sa qualité.

Le fonctionnement du système doit offrir suffisamment de flexibilité pour fournir l'eau aux plantes cultivées en quantité et à des moments variables et laisser à l'irrigant une certaine latitude pour gérer l'humidité du sol afin d'optimiser les rendements, la consommation d'eau, la main-d'œuvre et les économies d'énergie.

L'eau peut être fournie de manière continue ou en rotation, de sorte que le débit et la durée soient relativement constants. Dans de tels cas, la flexibilité est limitée à ce sur quoi les exploitants ou groupes d'exploitants peuvent se mettre mutuellement d'accord. Au stade préliminaire de conception, les limites d'approvisionnement en eau répondant au programme d'irrigation optimale doivent être évaluées (voir section 1).

STRUCTURE D'ADMISSION

La *structure d'admission* sert à extraire l'eau d'irrigation d'une source d'irrigation et à la livrer à un réseau d'irrigation. Elle peut fonctionner par gravité ou par pompage.

Les pompes à énergie solaire peuvent être utilisées pour extraire de l'eau de surface et de l'eau souterraine. Il existe deux types principaux de pompes : les pompes centrifuges et les pompes à mouvements rectilignes. Les deux peuvent être utilisées pour un système SPIS.

Les pompes solaires doivent être surdimensionnées pour répondre à la demande de pointe, ce qui veut dire qu'elles ont tendance à être sous-utilisées en contre-saison. Dans une certaine mesure, cette variabilité saisonnière de la demande d'eau peut être contrebalancée par une rotation adaptée des cultures (y compris des cultures permanentes) et une bonne gestion de l'irrigation.

Les caractéristiques d'une pompe solaire dépendent des besoins de la culture en eau, du volume de stockage de l'eau, de la hauteur manométrique totale de la pompe (m), du volume d'eau à pomper (m³), de l'énergie virtuelle de l'installation de panneaux PV (kWh), de l'énergie à la pompe (kWh), de l'énergie solaire non utilisée (kWh), du rendement de la pompe (%), du rendement du système (%), des variations diurnes de la pression de la pompe dues aux fluctuations de l'irradiance et de la compensation de pression. Tous ces facteurs doivent être pris en compte lorsqu'on conçoit un SPIS et ce travail doit être confié à un spécialiste.

Les fluctuations de l'irradiance solaire, l'accumulation de poussière sur les modules PV et les fortes températures ont une incidence sur le rendement des systèmes PV et par conséquent de la pompe. En nettoyant et rafraîchissant les modules, la pulvérisation d'eau propre sur les modules PV améliore leur efficacité et par conséquent le débit d'eau. Il faut donc que l'accès aux modules PV soit facile pour faciliter leur maintenance.

L'outil **CONCEVOIR – Outil de dimensionnement de la pompe** peut être utile pour s'assurer que le système de pompage est conforme à ce qu'on attend de lui et éviter d'inutiles pertes de pression.

TRANSPORT ET DISTRIBUTION

Une fois entrée dans la structure d'admission, l'eau doit être livrée aux plantes par les *systèmes de transport et de distribution*. Les principaux types de systèmes de transport et de distribution sont les barrages de dérivation, les canaux et les fossés revêtus ou partiellement revêtus, les pipelines, les prises d'eau et autres équipements.

On peut faire une distinction entre l'approvisionnement en eau des terres d'une seule exploitation agricole (système d'irrigation sur l'exploitation) ou de plusieurs exploitations agricoles (système d'irrigation interexploitations), d'associations d'exploitations agricoles et d'entreprises agricoles, voire de plusieurs centres administratifs.

Un système de transport et de distribution mal conçu peut entraîner des pertes d'eau considérables, une mauvaise efficacité du système d'irrigation et une réduction des superficies qu'il était prévu d'irriguer.

Des logiciels permettent de concevoir des systèmes d'irrigation. Par exemple, GESTAR est un logiciel développé par la faculté de la mécanique des fluides de l'université de Saragosse ; il permet de concevoir des systèmes d'irrigation à moyenne et grande échelle. Les outils et méthodes de GESTAR sont spécialement conçus pour l'irrigation sous pression (par exemple l'irrigation par aspersion et goutte à goutte). Il existe également des outils de planification spécifiques à une méthode d'irrigation.

QUELLES IMPLICATIONS L'IRRIGATION A ENERGIE SOLAIRE A-T-ELLE POUR L'ENERGIE ?

Dans les zones rurales, un SPIS peut fournir une source fiable et abordable d'énergie et peut potentiellement réduire les coûts de l'énergie nécessaire pour l'irrigation ainsi que les émissions de gaz à

effet de serre associées aux systèmes de pompage à combustible fossile.

Les systèmes d'irrigation utilisent de l'énergie pour pomper l'eau d'un puits ou d'un réservoir, pour exercer une pression sur l'eau afin de compenser les pertes par frottement dans les canalisations et de distribuer l'eau de manière uniforme sur le sol. Les pompes fonctionnent généralement avec un moteur diésel ou électrique, l'électricité étant, dans ce cas, fournie par le réseau ou par des sources d'énergie décentralisées.

- **Efficacité énergétique** : l'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'énergie par les systèmes d'irrigation dépend avant tout du type de système et de la façon dont il est exploité, entretenu et géré. Lorsqu'ils spécifient la taille d'une pompe et conçoivent des systèmes de distribution d'eau, les ingénieurs tiennent compte de la hauteur sur laquelle l'eau doit être relevée et transférée, de la profondeur à partir de laquelle l'eau doit être acheminée, et du frottement à l'intérieur des canalisations et canaux, qui dépend de la configuration, du diamètre et des pressions de service. Ils doivent également tenir compte de la résilience du système aux futurs scénarios climatiques et aux fluctuations des niveaux d'eau souterraine pouvant résulter de la mise en œuvre à grande échelle du SPIS.

Des économies d'énergie sont possibles grâce à une conception de qualité (par ex. disposition des canalisations), à l'utilisation de pompes de taille appropriée, et à l'optimisation du matériel (par ex. vitesses de fonctionnement variables). Il importe également de tenir compte du compromis entre l'efficacité d'application de l'eau et l'efficacité énergétique. Par exemple, l'utilisation d'eau sous pression dans un réseau d'irrigation goutte à goutte utilise plus d'énergie qu'en la laissant s'écouler

dans des canaux et sillons, mais ce type de système applique l'eau plus efficacement qu'un système d'irrigation à pivot central moins consommateur d'énergie.

- **Coûts de l'énergie**: les systèmes sous pression sont généralement plus efficaces mais ont des besoins énergétiques supérieurs et sont donc plus coûteux en énergie. Ces coûts dépendent de la source d'énergie, du prix de l'énergie à l'unité, ainsi que d'autres facteurs tels que la profondeur de l'aquifère dans lequel l'eau est pompée. Les coûts de l'énergie peuvent ainsi annuler les économies d'énergie anticipées lorsqu'on investit pour rendre les systèmes d'irrigation plus efficaces. Cela laisse une marge d'intervention au niveau de la technique et de la gestion pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'énergie et réduire les coûts d'exploitation.

Les systèmes à énergie solaire (PV) peuvent offrir une source d'énergie alternative économiquement viable, et sans émissions de gaz à effet de serre. Ils ont également l'avantage de ne pas dépendre de la disponibilité et des coûts des carburants fossiles.

Ils nécessitent néanmoins des connaissances préalables permettant d'installer et d'utiliser des pompes solaires de manière optimale. Contrairement aux motopompes, le dimensionnement des systèmes d'irrigation PV est une décision stratégique à prendre par les exploitants agricoles, compte tenu des coûts d'investissement initiaux plus élevés et de la complexité de conception, d'exploitation et de maintenance du système. Cette responsabilité est généralement confiée à des spécialistes. Pour utiliser un système PV et en tirer le meilleur parti, les exploitants agricoles doivent suivre une formation appropriée.

Bien que les coûts aient considérablement diminué ces dernières années, la viabilité économique des systèmes PV varie, notamment pour les petits exploitants agricoles pour qui l'acquisition d'une pompe solaire représente un investissement considérable. Il faut par conséquent évaluer la viabilité économique d'un tel investissement pour savoir si le choix d'adopter des pompes PV est économiquement pertinent.

L'outil **FINANCER – Outil de calcul du remboursement** permet d'évaluer les coûts des systèmes solaires par rapport à des systèmes d'irrigation faisant appel à d'autres sources d'énergie.

RESULTAT/PRODUIT

- Connaissance des différents aspects d'un système d'irrigation
- Aperçu de la façon de dimensionner les pompes et autres éléments d'un SPIS
- Reconnaissance des économies à long terme que permet de réaliser l'installation d'un SPIS
- Connaissance de la nécessité d'intégrer la résilience et l'adaptabilité dans la conception du système

DONNEES NECESSAIRES

- Volume et pression de l'eau nécessaires
- Dimension, coût et besoins en électricité de la pompe
- Dimensionnement et coût du système PV
- Structures et systèmes auxiliaires, dimensions et coûts

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Planificateurs de systèmes d'irrigation

- Gestionnaires du système d'irrigation, groupes d'utilisateurs de l'eau ou organisation d'exploitants agricoles
 - Exploitants agricoles
 - Financiers
- La résilience et l'adaptabilité doivent être intégrées dans la conception du système
 - Un système mal conçu peut être préjudiciable à l'environnement et à d'autres utilisateurs du bassin hydrologique
 - Le dimensionnement, l'installation et la maintenance de tels systèmes doivent être confiés à des spécialistes

POINTS IMPORTANTS

- Une analyse coût-bénéfice rigoureuse du cycle de vie doit être effectuée

7

CONSEILS SUR L'EFFICACITE DE L'IRRIGATION

L'eau d'irrigation est une ressource précieuse. Ce constat vaut, directement, pour la production agricole, mais aussi, indirectement, pour l'écosystème dans son ensemble. L'utilisation rationnelle de l'eau d'irrigation et sa conservation sont donc essentielles. Un certain nombre de bonnes pratiques et de conseils peuvent réduire la consommation globale d'eau, améliorer la croissance végétale et entraîner une augmentation des rendements.

DRESSER UN PLAN

Examiner la configuration du terrain et dresser un plan de l'emplacement optimal des canalisations d'irrigation, en veillant à réduire le nombre de raccords (propices aux fuites) utilisés. Garder à l'esprit que les pentes entraînent une répartition non uniforme de l'eau et peuvent être la cause de ruissellement. Il est par conséquent conseillé de niveler le terrain et d'aménager des terrasses lorsqu'on veut utiliser un système d'irrigation par submersion ou par aspersion (les lignes d'irrigation doivent être perpendiculaires à la pente). L'irrigation par aspersion projette l'eau selon un cercle autour de la buse centrale. Déterminer le rayon du cercle et placer les arroseurs de telle sorte que les zones de chevauchement soient minimales, tout en veillant à couvrir une superficie maximale (c'est-à-dire qu'il reste peu de zones sèches).

CONSERVER LES ARBRES

Idéalement, les grands arbres doivent rester dans la zone de culture. Non seulement leur ombre se déplace, mais en plus certaines espèces/variétés (par ex. l'acacia) abritent des bactéries fixatrices d'azote qui améliorent la fertilité du sol.

APPROCHE AGROECOLOGIQUE

Les [dix principes agroécologiques](#) présentés par la FAO mettent en lumière des aspects ayant trait aux ressources en

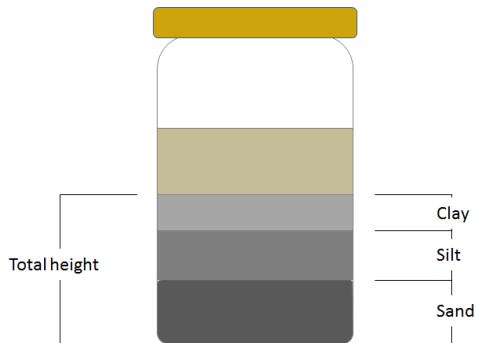
eau, à son utilisation, à sa réutilisation, à sa gouvernance et aux droits à l'eau. Ces principes offrent également un moyen de percevoir l'intervention au-delà du niveau de l'exploitation agricole et de prendre conscience de ses impacts dans la communauté en général et sur le système alimentaire.

L'outil **IRRIGUER – Outil d'évaluation de l'impact** intègre, dans une certaine mesure, ces principes.

ANALYSE DU SOL

L'humidité du sol disponible au niveau des racines des plantes dépend du type de sol. Le type de sol peut être déterminé en laboratoire en réalisant une analyse granulométrique. Les particules de sable, de limon et d'argile n'ont pas le même diamètre ; en les tamisant, leur distribution donne des informations sur le type du sol. L'essai de flocculation (jar test) est un autre moyen de déterminer le type du sol.

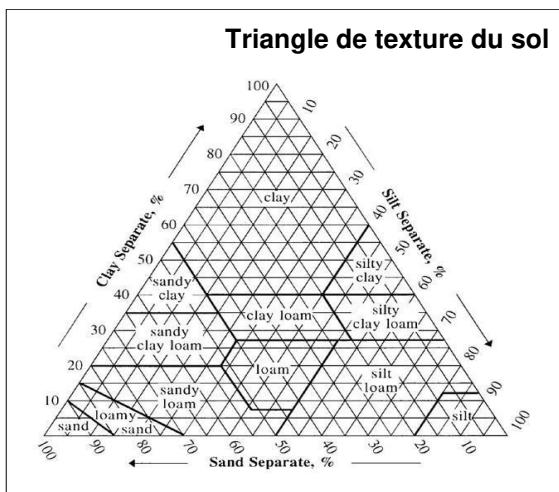
1. Prendre un échantillon de sol dans la zone à irriguer
2. Le mettre dans un bocal (jusqu'à mi-hauteur), ajouter de l'eau (jusqu'à ce que le bocal soit aux deux tiers plein) et fermer le bocal
3. Secouer le bocal et laisser reposer pendant deux heures. Les particules se déposent au fond en formant différentes couches
4. Mesurer la hauteur totale de toutes les couches, puis l'épaisseur de chaque couche
5. Diviser l'épaisseur de chaque couche par la hauteur totale, ce qui donne le pourcentage d'argile, de limon et de sable.



Couches de sédiments – essai de flocculation du sol

(Source: K Blumenthal)

Après report des pourcentages d'argile, de limon et de sables obtenus, un triangle de texture du sol (voir figure ci-dessous) donne le type de sol présent.



Triangle de texture du sol

(Source : ministère de l'Agriculture des États-Unis)

L'outil **IRRIGUER – Outil « Sols »** décrit les différentes propriétés du type de sol et permet d'établir un programme d'irrigation basé sur le sol pour différentes cultures

PROGRAMME D'IRRIGATION

L'établissement d'un programme d'irrigation en fonction de la relation sol-plante cultivée ou de mesures atmosphériques peut réduire la consommation d'eau tout en améliorant les rendements. Des logiciels peuvent collecter les données atmosphériques (température, précipitations, humidité et

évapotranspiration) pour faire des recommandations sur un programme d'irrigation optimal (voir le [document FAO Irrigation et Drainage n° 56](#)). L'outil **IRRIGUER – Outil « Sols »** permet d'établir un programme d'irrigation basé sur le sol pour différentes cultures.

PAILLAGE

Le paillage est une technique efficace de réduction de l'évaporation de l'humidité du sol, d'isolation contre le froid et d'amélioration progressive de la composition organique du sol. Il contribue à empêcher le tassemement du sol, agit comme conditionneur de sol (amendement) et encourage la présence d'aérateurs naturels tels que les vers de terre. Il ajoute des nutriments en contribuant à la disponibilité du potassium et peut également ajouter de l'azote, du phosphore et des oligoéléments au sol. C'est par ailleurs un moyen idéal d'utiliser les déchets agricoles recyclés.

Le paillage consiste à déposer des couches de matières organiques (paille, écorce d'arbre, débris de feuilles, tiges de maïs) ou inorganiques (bâches de PVC) sur la surface cultivée, et à travers lesquelles les plantes peuvent pousser. On peut également obtenir un paillage par culture intercalaire, par exemple en cultivant des plantes rampantes (pastèque, citrouille) entre les rangs de maïs. Points importants à prendre en considération concernant le paillage :

- Dès lors qu'on a commencé à pailler, il ne faut pas revenir dessus. Le fait d'enlever une couche de paillage assèchera le sol et endommagera potentiellement les racines qui se trouvent en-dessous.
- Le paillage appliqué contre le tronc d'un arbre peut entraîner la pourriture de l'écorce, l'apparition de maladies et des problèmes d'insectes. Il faut par conséquent laisser plusieurs centimètres d'espace libre entre la base du tronc et la couche de paillis.

- Éviter de trop pailler. En raison d'un paillage trop épais, les racines peuvent se développer à faible profondeur, ce qui les rend plus susceptibles de dépérir pendant les périodes de sécheresse prolongées. En règle générale, l'épaisseur du paillage ne doit pas dépasser 5 cm.
- Utiliser du paillis ligneux ou d'écorce dans les zones où il ne faut pas beaucoup creuser, par ex. autour des arbres ou des parterres de fleurs. Un paillis plus léger, par exemple de la paille, qu'il est facile d'intégrer dans le sol, convient mieux pour les cultures saisonnières et pour les jardins potagers où la replantation est régulière.
- Avant d'appliquer une nouvelle couche de paillis, ratisser et mélanger l'ancienne couche. Le paillis, en particulier le paillis ligneux, peut se tasser avec le temps et empêcher l'aération du sol et la pénétration de l'eau.

CULTURE INTERCALAIRE

La culture intercalaire est une pratique de polyculture selon laquelle deux cultures ou plus sont pratiquées les unes à proximité des autres. L'objectif le plus courant de la culture intercalaire est d'obtenir un rendement plus important, sur une parcelle de terre, en utilisant les ressources ou en faisant appel à des processus écologiques qu'en d'autres circonstances une seule culture n'utilisera pas (*Ouma, George; Jeruto, P (2010)*). Les éléments de la culture intercalaire (*Wikipedia, « Intercropping », janvier 2018*) sont les suivants :

- **partitionnement des ressources** : une planification rigoureuse, tenant compte du sol, du climat, des cultures et des variétés, est nécessaire. Il est particulièrement important que les cultures ne soient pas en concurrence pour un espace physique, les nutriments, l'eau ou la lumière solaire.

À titre d'exemple de stratégie de culture intercalaire, une culture à racines profondes sera associée à une culture à racines peu profondes, ou une culture haute à une culture basse ayant partiellement besoin d'ombre ;

- **mutualisme** : la culture de deux espèces végétales à proximité l'une de l'autre peut être particulièrement bénéfique lorsque les deux espèces interagissent de sorte qu'elles se renforcent mutuellement (et améliorent par conséquent leur rendement mutuel). Par exemple, des plantes sujettes à verser par grand vent ou forte pluie (plantes sujettes à la verse) peuvent bénéficier d'un soutien structurel offert par les plantes à proximité desquelles elles sont cultivées. Les plantes grimpantes peuvent également bénéficier d'un support structurel. Certaines plantes sont utilisées pour éliminer les mauvaises herbes ou fournir des nutriments. Des plantes délicates ou sensibles à la lumière peuvent bénéficier de l'ombre ou d'une protection et on peut également utiliser des espaces qui, autrement, seraient inutilisés. À titre d'exemple, citons le système tropical à plusieurs niveaux dans lequel la noix de coco occupe le niveau supérieur, la banane le niveau intermédiaire, et l'ananas, le gingembre, des légumineuses fourragères, des plantes aromatiques ou médicinales le niveau inférieur. La culture intercalaire de plantes compatibles peut également favoriser la biodiversité en offrant un habitat à divers insectes et organismes du sol qui ne seraient pas présents dans le cas d'une monoculture. Ces organismes peuvent offrir de précieux nutriments aux cultures, par exemple grâce à la fixation de l'azote ;

- **gestion des nuisibles** : il existe plusieurs moyens grâce auxquels l'accroissement de la diversité des cultures peut contribuer à améliorer la gestion des nuisibles. Par exemple, de

telles pratiques peuvent limiter les foyers de nuisibles des récoltes en accroissant la biodiversité des prédateurs. De plus, en réduisant l'homogénéité de la culture on peut potentiellement accroître les obstacles à la dispersion biologique des organismes nuisibles dans la culture. La culture intercalaire peut contribuer à lutter contre les nuisibles de plusieurs façons :

- une culture-piège est une culture qui, plantée à proximité de la culture principale, attire plus les nuisibles que cette dernière ; ainsi les nuisibles visent cette culture-piège et ne touchent pas, ou peu, à la culture principale ;
- les cultures intermédiaires répulsives ont tendance à repousser certains nuisibles. Avec ce système, la culture répulsive masque l'odeur de la culture principale pour en éloigner les nuisibles ;
- la méthode stimulo-dissuasive de diversion (ou méthode « push-pull ») est un mélange de culture piège et de culture intercalaire répulsive. Le nuisible est repoussé de la culture principale par une culture répulsive et attiré par une culture-piège.

Les vulgarisateurs et conseillers agricoles doivent être en mesure de donner des conseils sur la culture intercalaire et le compagnonnage des plantes.

CAPTAGE DE L'EAU DE PLUIE

En veillant à ce que l'eau de pluie ne ruisselle pas mais s'infiltra au contraire dans les couches profondes du sol, on évite l'érosion de la couche arable et on peut contribuer à recharger la nappe souterraine et améliorer l'humidité du sol en profondeur. Des sillons tracés à des endroits stratégiques peuvent retenir l'eau de pluie et la détourner vers des zones cultivées (ou le puits de pompage), alors

que les gouttières de toit raccordées à des réservoirs de stockage peuvent constituer des réserves pour la saison sèche.

CONTROLE

Le contrôle régulier de la consommation d'eau et des niveaux d'humidité du sol permet de mieux se faire une idée des ressources en eau nécessaires pour assurer la bonne santé des cultures. Les débitmètres d'eau et les humidimètres de sol portables sont d'importants appareils qui permettent de collecter des données aux fins d'analyse.

SILLONS AMELIORES

De nombreuses techniques permettent d'optimiser l'écoulement de l'eau dans les sillons. On peut recouvrir les sillons de film PVC ou de dalles de pierre pour réduire l'évaporation, revêtir ou consolider les principaux sillons pour réduire le taux d'infiltration d'eau à l'extrémité la plus élevée du champ (une plus grande quantité d'eau est ainsi disponible dans la partie plus basse du sillon, si bien que l'eau progresse plus vite vers l'autre bout du champ et que la distribution de l'eau est meilleure) ou optimiser les angles de pente pour assurer un bon écoulement de l'eau.

EVITER L'EVAPORATION

L'évaporation de l'eau dans les zones de stockage et les systèmes de transport non couverts entraîne une perte directe des ressources en eau dans l'atmosphère. Cette perte a des implications financières lorsque des dépenses ont été engagées pour pomper l'eau dans un puits ou se la procurer auprès d'un prestataire de services. Pour stopper l'évaporation, il faut limiter l'énergie solaire à la disposition de l'eau (pour énergiser les molécules d'eau) et diminuer l'exposition de l'eau à l'air sec. En s'évaporant, l'eau forme, à sa surface, une couche d'air humide qui abaisse la capacité de l'air à accepter plus de molécules d'eau du liquide. Le déplacement de l'air éloigne la vapeur

d'eau de la surface où elle s'est formée et la remplace par de l'air sec qui augmente l'évaporation. Il est conseillé d'utiliser des réservoirs hermétiquement fermés ou de couvrir les réservoirs et les canaux ouverts. Pour les grands réservoirs d'irrigation ou les barrages, l'utilisation de couvertures flottantes ou de brise-vent (par ex. haies et arbres) peut être envisagée sur tout le périmètre. Cette dernière solution peut contribuer à ombrager la surface de l'eau et, ainsi, à réduire l'énergie cinétique disponible pour les molécules d'eau.

A QUEL MOMENT IRRIGUER ?

En principe, il est préférable d'irriguer le matin, juste avant le lever du soleil. L'air plus frais et la faible vitesse du vent réduisent les pertes par évaporation et les cultures reçoivent une quantité d'eau suffisante au niveau des racines, en attendant les températures plus élevées de la journée. Il est déconseillé d'arroser en fin d'après-midi et le soir car les cultures ne peuvent pas absorber l'eau disponible et l'eau stagnante constitue un véritable bouillon de culture pour les nuisibles et les champignons.

RESULTAT/PRODUIT

- Connaissance d'approches pratiques visant à réduire la demande d'eau d'irrigation

DONNEES NECESSAIRES

- Informations sur la culture intercalaire et le compagnonnage végétal
- Propriétés du sol dans les zones de culture

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Agents de vulgarisation et conseillers agricoles

- Planificateurs de systèmes d'irrigation et prestataires de services
- Spécialistes en horticulture et en permaculture

POINTS IMPORTANTS

- Seul un contrôle actif et régulier peut garantir l'efficacité d'un système d'irrigation. Toute mesure d'amélioration doit être soigneusement examinée avant sa mise en œuvre et des informations de base doivent être recueillies au préalable (par ex. quantité d'eau consommée, quantité d'engrais utilisée). La comparaison des informations de base avec les nouvelles données consécutives aux mesures permet de dire si l'opération a été un échec ou une réussite. Cela permet de mieux comprendre la situation.

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Allen, R. 1998. Crop Evapotranspiration (Évapotranspiration des cultures). *Document FAO Irrigation et drainage n° 56*. Rome: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

FAO. 2016. *Site AQUASTAT*. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Site consulté le 27/03/2018.

Berbel, J. & Mateos, L., 2014. Does investment in irrigation technology necessarily generate rebound effects? A simulation analysis based on an agro-economic model (Est-ce qu'investir dans les technologies d'irrigation a nécessairement un effet de rebond ? Analyse de simulation basée sur un modèle agro-économique) *Agricultural Systems*, Elsevier, Vol. 128, pg 25-34.

FAO. 2016. *Water accounting and auditing: A sourcebook (comptabilité et audit de l'eau : recueil)*. Rome : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. 2016b. *Exploring the Concept of Water Tenure (examen du concept d'accès à l'eau)*. Rome : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

FAO. 2013. *Multiple uses of water services in large irrigation systems (utilisations multiples des services de l'eau dans les grands systèmes d'irrigation)*. Rome : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

FAO. 2012. *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the context of national food security (directives volontaires pour une gouvernance responsable en termes d'administration des terres, de la pêche et des forêts dans le contexte de la sécurité alimentaire nationale)*. Rome: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

FAO. 2011. *État des ressources mondiales en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture (SOLAW) – Gestion des systèmes en danger*. Rome : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et Londres, Earthscan.

FAO. 2007. *Modernisation de la gestion de l'irrigation – l'approche MASSCOTE*. Rome : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

FAO. 2006. *Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management (nutrition des plantes pour la sécurité alimentaire : guide de gestion intégrée des nutriments)*. Rome : Guide sur les engrains et la nutrition des plantes n° 16.

Faurès, J.-M., Svendsen, M. & Turrel, H. 2007. Re-inventing irrigation (réinventer l'irrigation). Dans : D. Molden (éditeur). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (de l'eau pour l'alimentation, de l'eau pour la vie : évaluation complète de la gestion de l'eau dans l'agriculture)*. Earthscan, Londres, UK, et International Water

Management Institute, Colombo, Sri Lanka. HR. Hudson. 2005. *Sustainable*

Drainage Management (gestion durable du drainage). New Zealand Water Environment Research Foundation.
http://www.wet.org.nz/wp-content/uploads/2012/03/fieldguide_final.pdf

Moriarty, P. et al. 2007. Approche EMPOWERS à la gouvernance de l'eau : recommandations, méthodes et outils.
http://waterwiki.net/images/d/d2/EMPOWERS_Guidelines%2C_Methods_and_Tools.pdf

Narayananamoorthy, A. 2004. Impact Assessment of Drip Irrigation in India: The Case of Sugarcane (évaluation de l'impact de l'irrigation goutte à goutte en Inde : la canne à sucre), *Development Policy Review*, Vol. 22, n° 4, pp. 443-462.

Rijsberman, Frank. 2006. Water Scarcity: Fact or Fiction (la rareté de l'eau : réalité ou fiction) ? *Agricultural Water Management*, Vol 80, n° 1-3, pg. 5-22.
Salinity Management Handbook (manuel de gestion de la salinité) 2011. Gouvernement du Queensland, Australie.
<https://publications.qld.gov.au/storage/f/2013-12-19T04%3A10%3A23.754Z/salinity-management-handbook.pdf>

Savv AP, Frenken K. 2002. *Irrigation manual : planning, development, monitoring and evaluation of irrigated agriculture with farmer participation (manuel d'irrigation : planification, mise au point, contrôle et évaluation de l'agriculture irriguée avec la participation des agriculteurs)*. Vol. I, Modules 1-6.

Sustainable Agriculture Information Initiative. 2010. *Technical Manual – Soil and Water Conservation (manuel technique – conservation du sol et de l'eau)*.
https://wocatpedia.net/images/1/18/Technical_Manual_Soil_and_Water_Conservation.pdf

[cal Manual-
Soil and Water Conservation.pdf](https://wocatpedia.net/images/1/18/Technical_Manual_Soil_and_Water_Conservation.pdf)

Sustainable Agriculture Information Initiative. 2010. *Technical Manual – Conservation Agriculture (manuel technique – agriculture de conservation)*.
http://www.fao.org/ag/ca/CA-Publications/Technical_Manual_Conversation_Agriculture.pdf

Walker, W.R. 2003. Surface irrigation simulation evaluation and design. Guide and technical documentation (simulation de l'irrigation de surface – évaluation et conception). Logan : Université de l'Utah.
http://ocw.usu.edu/biological_and_irrigation_engineering/surface_irrigation_design/simmod_iii_manual.pdf

Comptabilité de l'eau :
<http://wateraccounting.org/>

WOCAT *Global Database on Sustainable Land Management (base de données mondiale sur la gestion durable des terres)* : <https://qcat.wocat.net/en/wocat/>

Outils SPIS

IRRIGUER – Évaluation de l'impact

IRRIGUER – Outil «sol»

CONCEVOIR – Outil de dimensionnement de la pompe

Les outils suivants associés à d'autres modules sont également pertinents :

PRÉSERVER L'EAU – Outil de gestion des besoins en eau

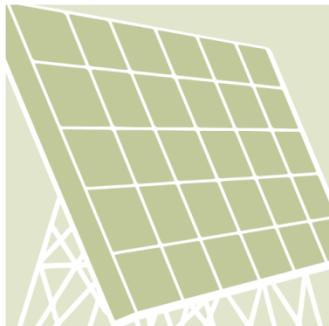
FINANCER – Outil de calcul du remboursement

FINANCER – Outil d'analyse de l'exploitation

CONCEVOIR – Outil de collecte des données du site

POWERING
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE
FOR DEVELOPMENT



Module 10: Entretienir



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (*Solar Powered Irrigation Systems*, SPIS) est rendue possible grâce à l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC). En 2012, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (SIDA), le ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), Duke Energy et l'Overseas Private Investment Cooperation (OPIC) ont mis leurs ressources en commun pour créer l'initiative PAEGC. Cette initiative a pour objectif d'appuyer de nouvelles approches durables afin d'accélérer le développement et le déploiement de solutions énergétiques propres visant à accroître la productivité et/ou la valeur agricole pour les agriculteurs et les agroindustries dans les pays en développement et dans les régions émergentes qui n'ont pas accès à une énergie propre, fiable et abordable.

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH au nom du BMZ en tant que partenaire fondateur de l'initiative mondiale « Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement » (*Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* – PAEGC) et de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Responsable

Projet de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (« Énergie durable pour l'alimentation – propulser l'agriculture »)

Contact

Powering.Agriculture@giz.de

Téléchargement

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

En savoir plus

Propulser l'agriculture : un grand défi énergétique pour le développement.

<https://poweringag.org>

Version

1.0 (mars 2018)

Avertissement

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des documents qui y figurent n'impliquent de la part de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou de l'un des partenaires fondateurs de l'initiative PAEGC aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne de la part de la GIZ, de la FAO ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de la GIZ, de la FAO, ou de l'un des partenaires fondateurs du PAEGC.

La GIZ, la FAO et les partenaires fondateurs du PAEGC encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans ce document. Sauf indication contraire, ces dernières peuvent être copiées, téléchargées et imprimées à des fins privées

d'étude, de recherche et d'enseignement, ou pour être utilisées dans des produits ou services non commerciaux, à condition que la GIZ et la FAO soient clairement indiquées en tant que sources des informations et détentrices du droit d'auteur.

Implemented by

© GIZ et FAO, 2018



ABREVIATIONS

| | |
|---------------------|--|
| Ah | Ampère heure |
| BEC | Besoins en eau des cultures |
| CC/CA | Courant continu / courant alternatif |
| ET | Évapotranspiration |
| FAO | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| RGQ | Rayonnement global quotidien |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| BBEI | Besoin brut en eau d'irrigation |
| GPFI financière) | Global Partnership for Financial Inclusion (Partenariat mondial pour l'inclusion financière) |
| HERA | Programme de la GIZ « Services énergétiques de base axés sur la pauvreté » |
| CT | Charge totale |
| CEI | Commission électrotechnique internationale |
| IFC | International Finance Corporation (Société financière internationale) |
| TRI | Taux de rendement interne |
| BEI | Besoins en eau d'irrigation |
| MPPT | Suivi du point maximal de puissance (Maximum Power Point Tracking) |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| BNEI | Besoins nets en eau d'irrigation |
| VAN | Valeur actuelle nette |
| m ² | Mètre carré |
| PV | Photovoltaïque |
| PPV | Pompe photovoltaïque |
| TAS | Test d'acceptation secondaire |
| SPIS | Système d'irrigation à énergie solaire |
| CTS | Conditions de test standard |
| CDT | Coefficient de température |
| UV | Ultraviolet |
| BQEC | Besoins quotidiens en eau des cultures |
| W | Watt |
| Wc | Watt-crête |

ENTREtenir

1. Établir et affiner le plan d'entretien



2. Sélectionner un fournisseur de service adéquat



3. Mettre en œuvre des routines d'entretien



4. Documentation et suivi

OBJECTIF ET ORIENTATION DU MODULE

L'entretien d'un SPIS ne demande pas de compétences techniques particulières. Par rapport à la plupart des autres technologies, les efforts requis sont dans l'ensemble relativement modestes.

Cependant, cet entretien exige un suivi systématique et sérieux permettant d'anticiper les problèmes et de réagir en temps utile aux besoins de service.

Compte tenu de l'investissement initial relativement élevé qu'implique un SPIS, il est indispensable de veiller à entretenir chaque élément comme il se doit. Il importe par ailleurs de surveiller les changements intervenant au niveau des autres facteurs qui influent sur les performances du système, tels que la disponibilité de l'eau, la santé du sol, etc.

ETAPES DU PROCESSUS

Les routines d'entretien auront une influence sur l'efficacité du fonctionnement et la durée de vie du SPIS. Le plan peut être formulé par le producteur avec le soutien d'un prestataire de services professionnel. Ce module propose des exemples de listes de contrôle check listes concernant l'entretien. Il est important que les activités d'entretien soient documentées et scrupuleusement suivies.



Canal d'irrigation en béton

(Source : Lennart Woltering)

1. ETABLIR ET AFFINER LE PLAN D'ENTRETIEN

Après l'installation du système, un manuel d'utilisation doit être remis au producteur (cf. le **module INSTALLER**) par le fournisseur de la technologie ou le prestataire de services. Ce manuel comprend des instructions d'utilisation, d'entretien et de dépannage ainsi que les coordonnées du prestataire de services. Ce dernier ainsi que le producteur doivent s'en inspirer pour élaborer un plan d'entretien, lequel devrait être revu régulièrement par le producteur et le conseiller agricole.

Les listes de contrôle sont des outils utiles pour s'assurer que l'entretien est effectué régulièrement et dans les règles de l'art. À cette fin, une boîte à outils SPIS comportant des listes de contrôle sur l'entretien adéquat du générateur photovoltaïque et du système d'irrigation a été élaborée. Les aspects suivants sont importants pour chacun des principaux éléments d'un SPIS :

- **Source d'eau et pompe** : en règle générale, les pompes solaires ne demandent pas beaucoup d'entretien, à condition d'être utilisées avec de l'eau propre, dépourvue de sable, de sédiments et de plantes aquatiques. Il convient donc de préserver la propreté de la source d'eau. Dans ces conditions, les pompes ont une durée de vie pouvant atteindre 10 ans.
- **Panneaux solaires et structure de montage** : en règle générale, les panneaux solaires et leur structure de montage ne requièrent que très peu d'entretien en raison de l'absence d'éléments mobiles. Toutefois, il convient de s'assurer que les panneaux restent propres et protégés de l'ombre, les structures de montage devant quant à elles être stables. Le groupe photovoltaïque doit être

protégé contre les animaux et les chutes d'objets. Bien entretenus, les panneaux solaires et les structures de montage ont une durée de vie pouvant atteindre 20 ans.

- **Électronique et commandes** : les régulateurs/onduleurs sont sensibles à la surchauffe et doivent donc être installés à un endroit où leur bon fonctionnement est assuré. Les facteurs à prendre en considération sont notamment la température ambiante, la capacité de dissipation thermique (ventilation) et l'humidité relative. Le régulateur doit être facilement accessible à des fins de service et d'entretien. Par ailleurs il doit exister un disjoncteur entre le générateur photovoltaïque et le régulateur. Les insectes et les petits animaux tels que les lézards construisent généralement leurs nids dans les boîtiers de raccordement et peuvent détruire les composants électroniques (du fait notamment de l'acide formique). Il est indispensable de veiller à une étanchéité adéquate de toutes les ouvertures (avec des presse-étoupes par exemple).
- **Système d'irrigation** : si on opte pour l'irrigation goutte à goutte, l'eau doit être filtrée car les émetteurs de goutte à goutte peuvent facilement s'obstruer. Les filtres doivent être régulièrement nettoyés – jusqu'à plusieurs fois par jour – en fonction de la teneur de l'eau en sédiments. Cela nécessite un certain niveau de connaissances et de compétences techniques. En outre, il faut régulièrement nettoyer les lignes de goutteurs, s'assurer que ces derniers ne sont pas obstrués et les remplacer si besoin. L'outil

SPIS ENTREtenir – Guide d'uniformité de l'application de l'eau sert à contrôler l'uniformité de la distribution d'eau dans un système d'irrigation goutte à goutte. Le test fait partie de l'acceptation du système (cf. module **INSTALLER**) mais également d'un contrôle de routine. Il faut aussi tenir compte du fait qu'en cas d'eau dure (eau d'irrigation à forte concentration de calcaire dissout), les canalisations risquent de s'entartrer et de se colmater en cas d'exposition à la chaleur (rayonnement direct du soleil).

La page suivante donne un aperçu des défaillances courantes sur le terrain et des mesures correctives associées.

EXEMPLES D'ERREURS D'INSTALLATION COURANTES

Exemple de connexion par câble dangereuse

Bien que l'installateur ait déjà utilisé du châterton pour isoler les câbles, la connexion est exposée à même le sol. La sécurité électrique n'est pas optimale, en particulier durant l'irrigation ou en cas de fortes pluies.

Corrosion galvanique d'un système de suiveur manuel

Avec le temps, les objets en métal sont sujets à la rouille et à la corrosion. La corrosion touche généralement les métaux non précieux comme l'acier, le zinc et l'aluminium. En présence d'air, d'eau ou de sel, ces métaux se corrodent rapidement et doivent donc être recouverts d'un enduit protecteur.

Capacité de dissipation thermique limitée d'un boîtier de régulateur corrodé

Le boîtier métallique du régulateur de la pompe est fortement corrodé. Par ailleurs, il ne bénéficie pas d'une ventilation naturelle et une fois le portillon avant refermé, le régulateur peut surchauffer.

EXEMPLES D'ENTRETIEN INADEQUAT

Encrassement de la partie inférieure d'un panneau photovoltaïque

Bien que seule une petite partie du panneau soit recouverte de saleté, cela a un impact négatif considérable sur l'efficacité du panneau. Il est facile de retirer cette saleté en frottant avec une éponge recouverte d'un tissu ou d'une brosse à poils doux et de l'eau propre.

Exemple d'ombrage dû au manque d'entretien de la végétation au sol

Les panneaux solaires produisent moins d'énergie quand ils sont à l'ombre et doivent donc être installés dans des zones qui ne risquent pas d'être ombragées. Une petite zone d'ombre sur un panneau peut avoir un effet étonnamment marqué sur

son rendement. En effet, les cellules d'un panneau sont généralement branchées en série et celles qui se trouvent à l'ombre affectent le rendement de l'ensemble du panneau !



Exemple d'une connexion par câble dangereuse ; corrosion galvanique d'un système de suiveur

manuel ; capacité de dissipation thermique limitée
d'un boîtier de régulateur corrodé ; exemples
d'entretien inadéquat ; encrassement à la partie
inférieure d'un panneau photovoltaïque ; exemple
d'ombrage dû au manque d'entretien de la végétation
au sol

(Source : Andreas Hahn, 2015)

RESULTAT/PRODUIT

- Plan d'entretien ;
- **ENTREtenir – Liste de contrôle pour l'entretien.**
- **ENTREtenir – Guide d'uniformité de l'application de l'eau.**

DONNEES NECESSAIRES

- Instructions sur l'entretien adéquat de chaque élément du SPIS ;
- liste de contrôle pour l'analyse de l'eau.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs/groupes de producteurs ;

- conseillers agricoles ;
- prestataires de technologie et de services (électriciens, entreprises fournissant des systèmes photovoltaïques).

POINTS IMPORTANTS

- Un entretien régulier est indispensable pour garantir le fonctionnement efficace et à long terme de tout système de pompage et d'irrigation.
- Un SPIS est fiable et les coûts d'entretien sont bas s'il est entretenu régulièrement.
- Les plans d'entretien doivent être régulièrement revus avec le prestataire de technologie/services et le conseiller agricole.



Nettoyage de panneaux solaires au Ghana dans le cadre de l'entretien courant

(Source : Lennart Woltering)

1. SELECTIONNER LE BON PRESTATAIRE DE SERVICES

Étant donné qu'un SPIS est constitué de multiples éléments susceptibles d'être installés par plusieurs fournisseurs, différentes parties prenantes seront probablement associées à l'entretien du SPIS.

Les **services d'entretien** suivants sont concernés :

- formation/présentation sur le fonctionnement et l'utilisation des outils d'entretien ;
- inspection régulière et visites d'entretien (en particulier durant les premiers mois de fonctionnement) ;
- fourniture d'un guide d'utilisation et d'outils d'entretien (exemplaires imprimés) ;
- garantie sur les éléments du SPIS ;
- service de dépannage (sur Internet, par téléphone).

Dans l'idéal, le contrat avec le prestataire technique et/ou l'entreprise chargée de l'installation inclura les services d'entretien.

En cas de panne du système, n'oubliez pas de vérifier si les éléments sont garantis et si un service après-vente est prévu. Toutefois, n'essayez pas de réparer vous-même l'élément défectueux. Vous risqueriez de perdre la garantie !

Dans le cas de panneaux solaires, la garantie correspond à une garantie de performance, qui diminue généralement avec le temps (par ex. garantie de performance de 90% au bout de dix ans, de 80% au bout de vingt ans).

Il est recommandé de choisir un installateur qui peut également assurer l'entretien. Si ce n'est pas possible, il est recommandé de demander un devis à deux ou trois prestataires de services et de les comparer :

- déterminez si les prix indiqués s'appliquent à la même gamme et au même type de service ;
- examinez les offres avec d'autres experts techniques (conseillers agricoles, instituts de recherche, etc.) ;
- examinez les offres avec les prestataires techniques pour en comprendre les détails ;
- choisissez le prestataire de services et concluez un contrat avec lui **avant la mise en service du système**.

RESULTAT/PRODUIT

- Contrat de service.

DONNEES NECESSAIRES

- Devis de prestataires de services ;
- détails du contrat.

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs/groupes de producteurs ;
- conseillers agricoles ;
- prestataires de technologie et de services (électriciens, entreprises fournissant des systèmes à énergie solaire).

POINTS IMPORTANTS

- Dans l'idéal, le contrat avec le prestataire technique et/ou l'entreprise chargée de l'installation inclura les services d'entretien.
- Les prestataires de technologie et de services peuvent fournir une assistance / formation précieuse, sollicitez-la !

2. METTRE EN ŒUVRE DES ROUTINES D'ENTRETIEN

Une fois que le plan d'entretien est mis en place et que les personnes chargées de l'appliquer sont identifiées, l'entretien doit être régulier.

Il doit comprendre les mesures suivantes :

1. vérifiez chaque jour si le système fonctionne.

Si la pompe ne fonctionne pas :

- a) vérifiez la source d'eau et les tuyaux (présence de saleté, obstruction, suffisamment d'eau ?) ;
- b) vérifiez les composants électroniques (composants grillés, câbles détachés, témoins lumineux d'urgence ?).

2. Inspectez le système une fois par semaine pour vérifier :

- a) l'énergie générée par le système PV ;
- b) la performance de la pompe (débit) ;
- c) l'état de la source d'eau (pureté de l'eau) ;
- d) l'état du contrôleur et de l'électronique (signes visibles de dysfonctionnement) ;

e) le blocage des émetteurs goutte à goutte ;

f) l'état de l'installation de stockage d'eau et des tuyaux (fuites, niveau d'eau) ;

g) l'état des panneaux solaires et de leur système de montage (stabilité, propreté).

3. Nettoyez les panneaux solaires toutes les deux à quatre semaines :

- a) de l'eau propre et une éponge recouverte d'un tissu ou une brosse à poils doux devraient suffire à retirer la saleté la plus persistante ;
- b) nettoyez les panneaux tôt le matin ou tard le soir quand ils sont froids ;
- c) ne posez pas les pieds ou ne marchez pas sur les panneaux : vous risqueriez de les endommager.

Remarque : n'aspergez pas les panneaux chauds d'eau froide, ils pourraient se fissurer !



Contrôle visuel des panneaux solaires

(Source : Lennart Woltering)

- 4. Tout au long de l'année (tous les deux à trois mois),** il faut inspecter en détail le système photovoltaïque pour s'assurer :
- qu'aucune plante ne pousse à proximité du panneau, de la structure de montage, de la source d'eau, du contrôleur, du boîtier de raccordement, etc. ;
 - qu'il n'y a pas d'ombre sur les panneaux (plantes, poteaux, clôtures, etc.), afin de garantir un ensoleillement maximal ;
 - que la clôture des panneaux solaires n'est pas endommagée ;
 - que les structures de montage sont stables.

En outre, le réservoir doit être nettoyé et le système d'irrigation vidangé régulièrement.

Remarque : inspectez systématiquement votre système après des vents violents, des tempêtes de grêle, des orages ou des tremblements de terre survenus dans votre région.

Après la première application d'un plan d'entretien, le calendrier et la fréquence de l'entretien peuvent être adaptés pour correspondre aux conditions locales et aux capacités du producteur.

Remarque : demandez à votre fournisseur de technologie (panneaux, système de pompage et régulateur) ou à l'électricien (électronique) qui a installé le système de vous aider – cela doit être prévu dans le contrat de service.

RESULTAT/PRODUIT

- Plan d'entretien ;
- fiches d'entretien ;
- liste de contrôle pour les visites dans l'exploitation agricole ;
- fiche d'inspection hebdomadaire ;
- fiche d'inspection bimensuelle ;
- **ENTREtenir – Liste de contrôle pour l'entretien.**

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs/groupes de producteurs ;
- conseillers agricoles ;
- prestataires de technologie et de services (électriciens, entreprises fournissant des systèmes à énergie solaire).

POINTS IMPORTANTS & DECISIONS

- L'entretien d'un SPIS ne demande pas de compétences techniques approfondies et est relativement peu contraignant par rapport à d'autres technologies.
- Il est important de mettre en place des routines d'entretien et d'inspection et de les planifier dans le cadre du plan de travail de l'exploitation agricole.

3. DOCUMENTATION ET SUIVI

Le système de suivi d'un SPIS comprend des compteurs d'eau, des pressiomètres et d'autres appareils de mesure. Il est indispensable de mesurer le débit et le niveau de l'eau ainsi que la pression du système pour assurer le bon fonctionnement d'un SPIS. En outre, le système de suivi sert à :

- fournir des données sur le système pour le test d'acceptation après l'installation ;
- observer le fonctionnement et les performances du système à tout moment ;
- contrôler l'apport et la consommation d'eau ;
- prévenir l'épuisement des eaux souterraines et les risques environnementaux associés.

Un simple système de suivi uniquement constitué d'un débitmètre et d'un indicateur de niveau d'eau suffit pour prendre des décisions judicieuses sur le fonctionnement du SPIS.

Durant le fonctionnement quotidien et les inspections régulières du SPIS, le producteur doit recueillir et consigner systématiquement les données relatives au système et à ses performances. Ces données sont fondamentales pour le producteur et les prestataires de services, qui pourront ainsi régulièrement analyser les performances du système. Les observations, les conclusions des contrôles de performance et les réparations doivent être systématiquement relevées par écrit. Il est vivement recommandé de tenir un « journal de bord » (carnet d'entretien).

RESULTAT/PRODUIT

- Carnet contenant les données du suivi.

DONNEES NECESSAIRES

- Coûts du remplacement de pièces et du service (factures, dates, brève description de la cause) ;
- observations faites durant les visites d'entretien par les conseillers agricoles et/ou les prestataires de technologie/services (liste de contrôle pour l'entretien) ;
- défaillances du système (date, description).

PERSONNES/PARTIES PRENANTES

- Producteurs/groupes de producteurs ;
- conseillers agricoles ;
- prestataires de technologie et de services (électriciens, entreprises fournissant des systèmes à énergie solaire).

POINTS IMPORTANTS

- La collecte de données doit être liée au plan d'entretien ;
- les données doivent être régulièrement compilées ;
- au début, le producteur peut avoir besoin d'aide et/ou d'une formation pour consigner et analyser correctement les données ;
- les mesures d'entretien peuvent s'avérer inutiles si les eaux souterraines de la région ne sont pas gérées correctement. Le niveau des eaux souterraines doit donc lui aussi être surveillé.

LECTURES, LIENS ET OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Liens

NETAFIM : Entretien des systèmes goutte à goutte. Extrait de <http://www.netafim.com/>

Outils SPIS

ENTREtenir – Liste de contrôle de l'entretien

ENTREtenir – Guide pour une application uniforme de l'eau

Les outils suivants associés à d'autres modules sont également pertinents :

CONCEVOIR – Outil de collecte des données du site : sur les ressources humaines disponibles dans l'exploitation agricole pour l'utilisation et l'entretien du système

GLOSSAIRE TECHNIQUE

| | |
|----------------------------------|---|
| Aquifère | Formation(s) géologique(s) souterraine(s) contenant des quantités exploitables d'eau souterraine qui peuvent alimenter des puits ou des sources à des fins domestiques, industrielles et d'irrigation. |
| Chimigation | Processus d'application de produits chimiques (engrais, insecticides, herbicides, etc.) sur les cultures ou le sol au moyen de l'eau diffusée par un système d'irrigation. |
| Perte de transport | Perte d'eau d'une conduite ou d'une canalisation au cours du transport, y compris les pertes dues à des déperditions, des fuites, l'évaporation et autres pertes. |
| Coefficient de récolte | Rapport entre l'évapotranspiration réelle de la culture et son potentiel (ou sa référence) d'évapotranspiration. Il est différent pour chaque culture et varie au fil du temps en fonction du stade de croissance. |
| Besoin en eau des cultures (BEC) | Quantité d'eau nécessaire à une plante. Dépend du climat, de la culture ainsi que de la gestion et des conditions environnementales. C'est la même chose que l'évapotranspiration des cultures. |
| Courant (I) | Le courant est le flux électrique créé lorsqu'un conducteur est sous tension, ou le débit de la charge électrique, exprimé en ampères [A]. |
| Percolation profonde | Déplacement de l'eau vers le bas à travers le profil du sol sous la zone racinaire. Cette eau est perdue pour les plantes et finit par se retrouver dans les eaux souterraines. [mm] |
| Rabattement | Abaissement du niveau d'eau résultant du pompage. |
| Irrigation goutte à goutte | L'eau est appliquée à la surface du sol à des débits extrêmement faibles (gouttes ou faible écoulement) par des émetteurs. Également connu sous le nom d'irrigation goutte à goutte ou de micro-irrigation. |
| Émetteur | Petit dispositif de distribution de la micro-irrigation conçu pour diminuer la pression et laisser s'écouler un petit flux ou un filet d'eau uniforme à débit constant et sans variations significatives du fait de différences mineures dans la tête de pression. Également appelé « goutteur » ou « asperseur ». |
| Évaporation | Perte d'eau sous forme de vapeur provenant de la surface du sol ou de feuilles humides. [mm] |
| Évapotranspiration (ET) | Perte d'eau résultant de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes. L'ET des cultures (ETc) peut être évaluée en calculant l'ET de référence pour une culture de référence spécifique (ET ₀ pour l'herbe coupée) à partir des données météorologiques et en multipliant ce résultat par un coefficient culturel. L'ETc, ou perte d'eau, est égale au BEC (soit l'eau nécessaire à la plante). [mm] |

| | |
|--------------------------------|---|
| BBEI | Le besoin brut en eau d'irrigation (BBEI) sert à exprimer la quantité d'eau dont le système d'irrigation a besoin. [mm] |
| Fertigation | Application d'engrais par l'intermédiaire d'un système d'irrigation. Une forme de chimigation. |
| Viabilité financière | Capacité à générer des revenus suffisants pour faire face aux dépenses de fonctionnement, répondre aux besoins de financement et, dans l'idéal, générer des profits. La viabilité financière est habituellement évaluée à l'aide des approches de la valeur actuelle nette (VAN) et du taux de rentabilité interne (TRI) ainsi que d'une estimation de la sensibilité des éléments de coût et de revenu. |
| Perte de charge | Perte de pression due au débit d'eau dans le tuyau. Elle dépend de la taille du tuyau (diamètre intérieur), du débit et de la longueur du tuyau. Elle est déterminée en se référant à un tableau des pertes de charge par frottement disponible dans un livre de référence en ingénierie ou auprès d'un fournisseur de tuyaux. [m] |
| Rayonnement solaire global (G) | Énergie transportée par rayonnement sur une surface pendant un certain temps. Le rayonnement solaire global est spécifique à chaque endroit car il est influencé par les nuages, l'humidité de l'air, le climat, l'altitude, la latitude, etc. Le rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesuré via un réseau de stations météorologiques dans le monde entier et s'exprime en kilowatt-heures par mètre carré [kWh/m ²]. |
| Écoulement par gravité | Utilisation de la gravité pour produire une pression et un débit d'eau, par exemple en élevant un réservoir de stockage au-dessus du point d'utilisation pour que l'eau s'écoule sans pompage supplémentaire. |
| Hauteur de charge | Valeur de la pression atmosphérique à un endroit et dans des conditions spécifiques. [m]: Hauteur de charge totale (dynamique) : somme de la charge statique, de la pression, du frottement et de la charge de vitesse exercée par la pompe lorsqu'elle fonctionne à un débit spécifique. [m]; Perte de charge : perte d'énergie dans l'écoulement d'un fluide. [m] |
| Infiltration | Action de l'eau qui pénètre dans le sol. |
| Insolation | Quantité de rayonnement solaire touchant une surface, exprimée en watts par mètre carré [W/m ²]. Également appelée rayonnement solaire. |
| Irradiance | Intégration ou somme de l'insolation (équivalente au rayonnement solaire) sur une période donnée, exprimée en joules par mètre carré (J/m ²) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m ²]. |
| Irrigation | L'irrigation est l'application contrôlée d'eau pour répondre aux besoins des cultures. |

| | |
|--|--|
| Efficacité de l'irrigation | Rapport de la quantité d'eau d'irrigation utile à la quantité totale d'eau d'irrigation appliquée. [%] |
| Tête d'irrigation | Unité de contrôle pour réguler la quantité, la qualité et la pression de l'eau dans un système d'irrigation utilisant différents types de vannes, régulateurs de pression, filtres et éventuellement un système de chimigation. |
| Canalisation latérale | Tuyau(x) allant des vannes de contrôle aux gicleurs ou aux tubes à goutteurs. |
| Latitude | La latitude indique la position nord-sud d'un point à la surface de la Terre. C'est un angle qui va de 0° à l'équateur jusqu'à 90° (nord ou sud) aux pôles. Les lignes de latitude constante, ou parallèles, s'étendent d'est en ouest sous forme de cercles parallèles à l'équateur. La latitude est utilisée avec la longitude pour indiquer l'emplacement précis d'éléments à la surface de la Terre. |
| Lessivage | Dissolution et transport par l'eau des matières solubles à travers le profil du sol. |
| Suivi du point maximal de puissance (MPPT) | Fonction importante dans de nombreux boîtiers de commande permettant de prélever la bonne quantité de courant afin de maintenir une tension élevée et d'obtenir une efficacité maximale du système. |
| Besoins nets en eau d'irrigation (BNEI) | La somme des besoins de chaque plante en eau d'irrigation pour une période donnée. Les BNEI déterminent la quantité d'eau qui doit atteindre la culture pour satisfaire son besoin en eau dans le sol. [mm] |
| Puissance (P) | La puissance est la vitesse à laquelle l'énergie est transférée par un circuit électrique, exprimée en watts. La puissance dépend de la quantité de courant et de la tension dans le système. La puissance est égale au courant multiplié par la tension ($P=I \times V$). [W] |
| Photosynthèse | La photosynthèse est un processus utilisé par les plantes et d'autres organismes pour convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, laquelle peut ensuite être libérée pour alimenter les activités des organismes (transformation énergétique). |
| Pression | Mesure de la force au sein d'un système. C'est la force qui fait circuler l'eau dans les tuyaux, les gicleurs et les émetteurs. La pression statique est mesurée lorsque l'eau ne coule pas, la pression dynamique lorsque l'eau coule. La pression et le débit s'influencent mutuellement. [bars, psi, kPa] |
| Amorçage | Remplissage manuel d'un tuyau d'aspiration et alimentation d'une pompe de surface. L'amorçage est généralement nécessaire lorsqu'une pompe doit être installée au-dessus de la source d'eau. |
| Pompe | Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique (pression et/ou débit) |

| | |
|----------------------------------|--|
| | Pompe immergée : combinaison moteur/pompe conçue pour être installée entièrement sous la surface de l'eau. |
| | Pompe de surface : pompe non immergée et placée jusqu'à environ 7 mètres maximum au-dessus de la surface de l'eau. |
| Zone racinaire | Profondeur ou volume du sol d'où les plantes puisent efficacement l'eau. [m] |
| Salinité | La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau du sol. |
| Efficacité des panneaux solaires | L'efficacité des panneaux solaires consiste dans le rapport entre la lumière qui brille sur le panneau et la quantité d'électricité produite. Elle est exprimée en pourcentage. La plupart des systèmes sont efficaces à environ 16 %, ce qui signifie que 16 % de l'énergie lumineuse est transformée en électricité. |
| Hauteur d'aspiration | Distance verticale entre la surface de l'eau et la pompe. Cette distance est limitée par la physique à environ 7 mètres et doit être réduite au minimum pour obtenir les meilleurs résultats. Ce principe s'applique uniquement aux pompes de surface. |
| Irrigation de surface | Méthode d'irrigation dans laquelle la surface du sol sert à transporter l'eau par gravité de la source jusqu'aux plantes. Les méthodes communes d'irrigation de surface sont : l'irrigation par sillons : l'eau est acheminée entre les lignes de culture dans des petits fossés ou rigoles creusés par les instruments de préparation du sol ; l'irrigation en bassin : l'eau est amenée sur une surface entièrement plane entourée de digues et l'irrigation par inondation : l'eau est amenée à la surface du sol sans dispositifs permettant de contrôler le débit comme les sillons ou les bordures. |
| Transpiration | Eau absorbée par les racines de la plante et exsudée par les feuilles. [mm] |
| Tension électrique (U ou V) | La tension électrique est le potentiel électrique entre deux points ou la différence entre les potentiels électriques de deux points dans un circuit. Elle s'exprime en volts [V]. |