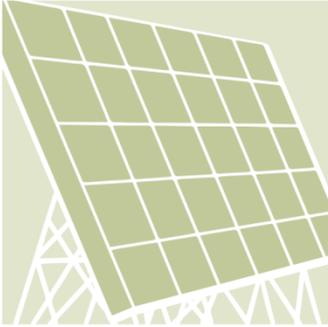


POWERING  
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE  
FOR DEVELOPMENT



# Module 3 : Préserver l'eau

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](mailto: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

Implemented by

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

## 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 <sup>2</sup>	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

## PRESERVER L'EAU

1. Comprendre les eaux souterraines



2. Analyser la gestion et la régulation de l'eau



3. Analyser l'extraction de l'eau



4. Étudier la gouvernance coopérative de l'eau



5. Examiner les risques et les impacts potentiels



6. Adapter la planification et l'exploitation

## 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 CO<sub>2</sub> et ne contribue pas à l'émission de gaz à effet de serre et donc au changement climatique ;
- des certificats de CO<sub>2</sub> 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 critique<sup>1</sup>. À l'échelle mondiale, les prélèvements d'eaux souterraines non renouvelables contribuent à hauteur de 20 % à satisfaire la demande brute en eau d'irrigation<sup>2</sup>. 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 :

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

<sup>2</sup> 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 termes 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])



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

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.

## Équilibre des eaux souterraines

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

Recharge		
Activité agricole	Processus	Exemples de mesures réglementaires
<b>Utilisation des terres</b>	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
<b>Choix des cultures</b>	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'infiltré dans le sol et donc sur la recharge, en particulier celle des eaux souterraines peu profondes	Régimes de culture et types de plantation préconisés
<b>Compactage du sol</b>	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
<b>Irrigation excessive</b>	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 améliorés<sup>3</sup>.

### **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.

---

<sup>3</sup> 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.

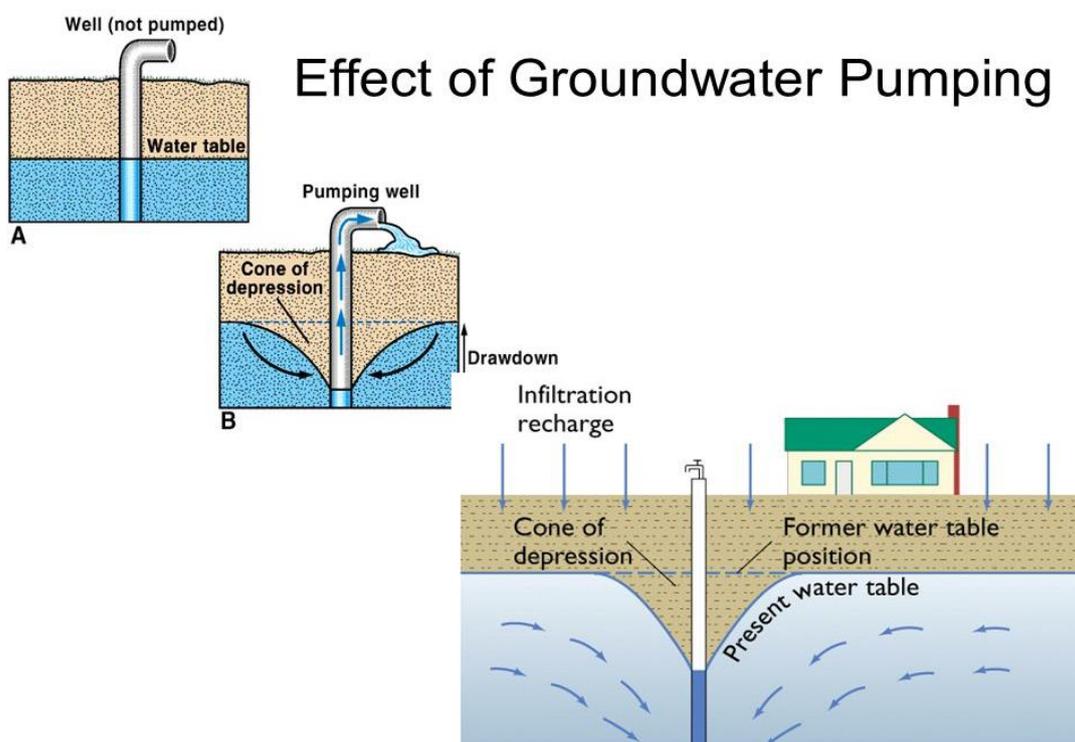


Figure : Effet du pompage des eaux souterraines  
(Source : Thomas V. Cech)

### **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

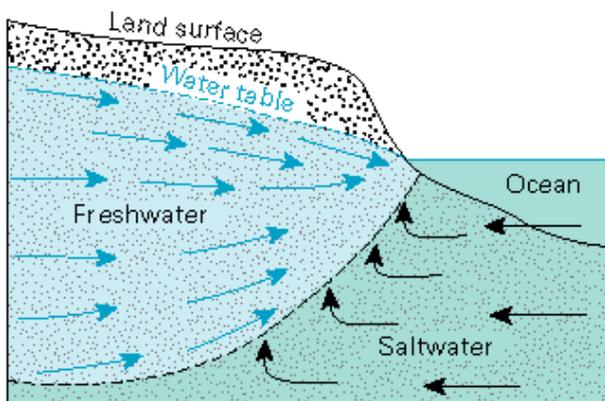
permanente. Les écosystèmes dépendant des eaux souterraines subissent également des dommages et la disponibilité des eaux souterraines est réduite pour les communautés d'utilisateurs.

### 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

Natural Conditions

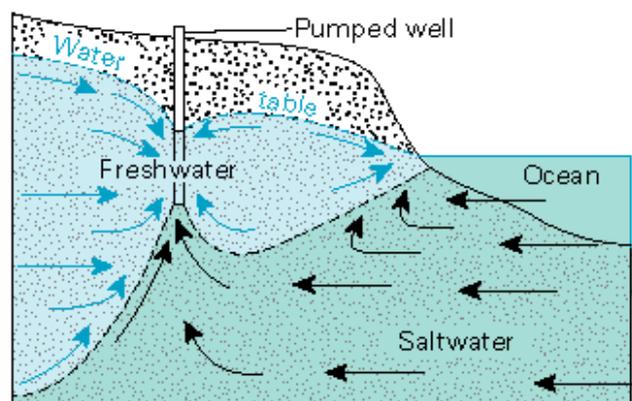


eau salée provient d'eaux paléo-salines ou

### Salinisation des eaux souterraines

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

Salt-Water Intrusion



pour l'agriculture.

### 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.

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

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

## 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'efficacité 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 équitaires.

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)règlementent 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 prélèvement 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 prélèvement 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 prélèvement 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 m<sup>3</sup>/heure ou en m<sup>3</sup>/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
<b>Disponibilité de l'eau et permis</b>	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 <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b>
	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
<b>Gestion et gouvernance de l'eau</b>	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
<b>Planification de la source d'eau</b>	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 <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts</b>

Principales questions	Enjeux critiques	Conséquences éventuelles
		<b>environnementaux et économiques négatifs</b>
	Nécessité de partager avec les autres utilisateurs	Nécessité de réhabiliter/d'étendre l'installation de la source Besoin d'accords et de cogestion Limitations saisonnières du fonctionnement <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b>
	Planification de la source d'eau indépendamment de la conception/planification du système d'irrigation	Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement de l'installation de la source <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b> Risque potentiel de manque de viabilité financière
	Planification de la source d'eau sans étude hydrologique	Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement de l'installation de la source <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b> Risque potentiel de manque de viabilité financière
<b>Conception technique et planification</b>	Conception et planification du système d'irrigation indépendamment de la planification de la source d'eau	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 <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b> Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière
	Conception et planification du système d'irrigation sans planification agronomique	Risque potentiel de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement du système d'irrigation Nécessité d'adapter la production Risque potentiel de manque de viabilité financière
	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 <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b> 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 <b>Risque de surexploitation des sources d'eau, entraînant des impacts environnementaux et économiques négatifs</b> 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/l'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.idea-sketech.com/wiki/File:Stocktaking\\_and\\_Analysis\\_Report\\_-\\_Final\\_Draft.pdf](http://energypedia-uwe.idea-sketech.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/sustainablemanagementofwatersourcesinagriculture.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/toolbox/publications/background-papers/gwp\\_tec\\_19\\_web.pdf](http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/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](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 cultural. 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 <sup>2</sup> ].
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 <sup>2</sup> ]. 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 <sup>2</sup> ) ou en watt-heures par mètre carré [Wh/m <sup>2</sup> ].
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].