



©FIDA/Guido Ruitten

Programme de  
développement durable  
des oasis (PDDO)

## Introduction du pompage à énergie solaire dans les oasis de Mauritanie

### Contexte

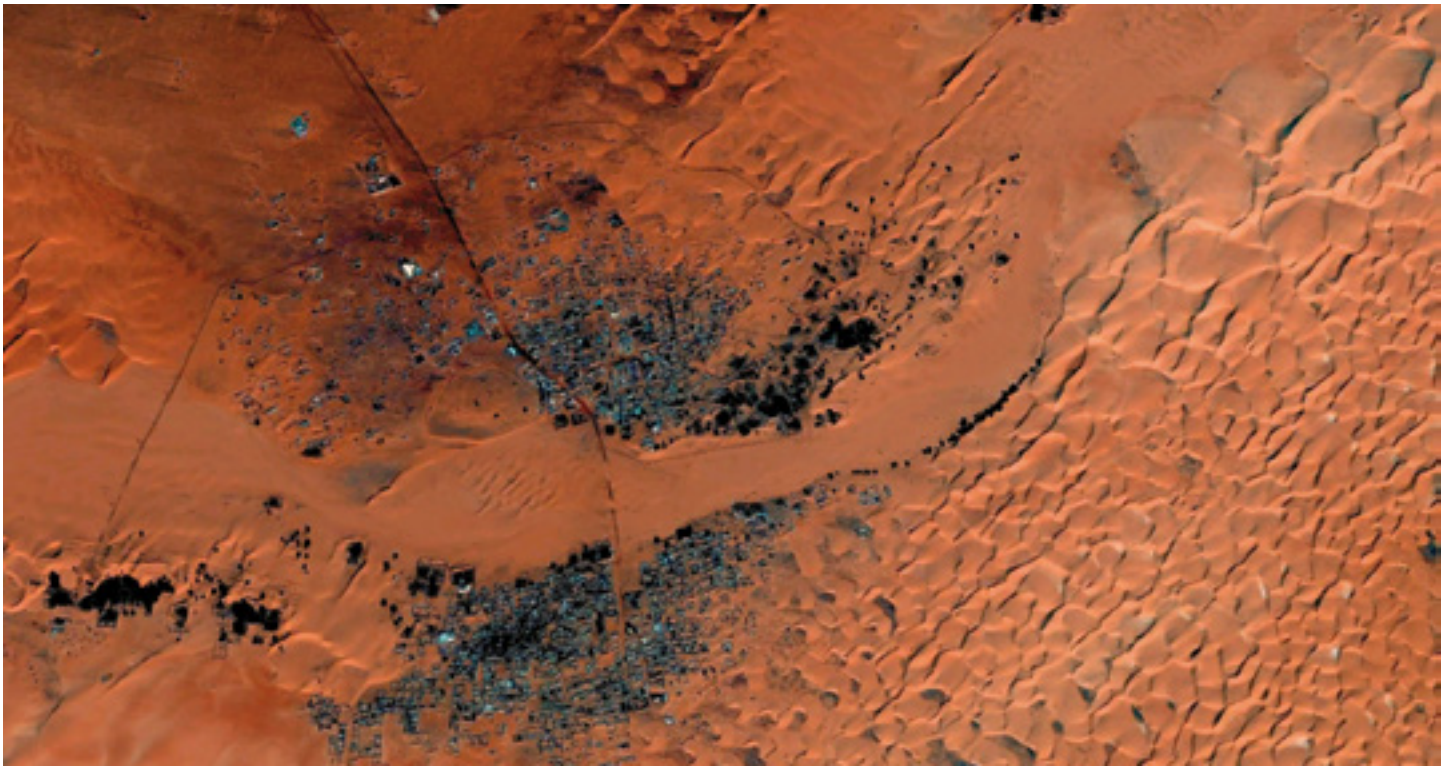
Les oasis de Mauritanie représentent un écosystème unique en son genre, où l'équilibre délicat entre la disponibilité de ressources naturelles et la consommation humaine est un élément fondamental pour les moyens de subsistance des personnes qui y vivent. Nombre de ces oasis sont habitées et cultivées depuis des millénaires, mais les événements climatiques et le développement humain de la dernière décennie sont venus perturber cet équilibre.

Dans le cadre du Programme de développement durable des oasis (PDDO), le Gouvernement mauritanien, le Fonds international de développement agricole (FIDA) et le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) ont introduit et testé le pompage à énergie solaire de l'eau à usage agricole dans les oasis. L'objectif global de ce programme était d'établir une base de développement solide, de créer les conditions pour que les habitants des oasis se libèrent de la pauvreté et luttent contre la dégradation de leur environnement. L'introduction du pompage à énergie solaire – une technologie propre susceptible de favoriser une croissance inclusive –, a joué un rôle important dans la réalisation de cet objectif. Le PDDO est désormais achevé: le présent document décrit certaines des expériences précieuses et propose un examen critique de l'impact de cette nouvelle technologie sur la gestion durable des ressources en eau.

### L'oasis

Une oasis est une zone fertile dans une région autrement aride – comme un désert – du fait de la disponibilité locale d'eau. Il peut s'agir d'une source ou bien d'une nappe phréatique peu profonde située le long d'un oued (c'est-à-dire un lit de rivière qui se remplit d'eau uniquement en période de pluie). La disponibilité naturelle en eau peut être améliorée par une action humaine (c'est-à-dire grâce au captage de l'eau du lit de la rivière, appelé collecte d'eau), ou en utilisant des puits pour extraire l'eau souterraine.





Une oasis célèbre: Chinguitty, une cité médiévale autrefois florissante du fait de la route commerciale trans-saharienne (Source: Google Earth)

La disponibilité en eau et son utilisation efficace sont essentielles pour un développement agricole dans ces écosystèmes particuliers.

Les oasis sont souvent des lieux d'implantation humaine anciens; certaines sont devenues des villes modernes. L'oasis typique du désert mauritanien se compose d'une série de petits groupes d'habitations le long d'un oued qui est inondé quelques jours par an seulement. Une oasis peut s'étendre sur plus de 10 kilomètres de long et est en général composée de groupes dispersés de périmètres cultivés, couvrant en moyenne 500 hectares par oasis. Un périmètre cultivé est généralement petit (moins de 0,5 ha dans 70% des cas) et compte en moyenne 85 palmiers-dattiers (JICA, 2001).

### Pompage à énergie solaire

#### Le réseau hydrographique de l'oasis

Dans l'écologie saharienne de la Mauritanie, l'eau de surface n'est disponible que dans quelques oasis. En termes de production agricole et de moyens de subsistance, les agriculteurs des oasis doivent donc compter surtout sur l'eau souterraine. La profondeur de la nappe dépend des propriétés hydrogéologiques du sous-sol, ainsi que de la recharge provenant de la pluviométrie extrêmement irrégulière et des crues dans l'oued.

Afin d'augmenter la fiabilité des sources d'eau souterraine pour les besoins de l'irrigation, le PDDO a appuyé les efforts destinés à accroître l'infiltration d'eau et à renforcer l'efficacité de l'irrigation. Des barrages d'infiltration ont été construits en travers de l'oued pour ralentir les eaux de crues quand elles se produisent,

permettant ainsi à une plus grande quantité d'eau de s'infiltrer et d'être stockée dans le sous-sol. Les mesures destinées à promouvoir une utilisation efficace des ressources en eau ont surtout concerné la distribution de l'eau de la source à chaque plante, limitant ainsi les pertes par évaporation.

Dans certaines zones, il arrive que le niveau de la nappe phréatique se situe à quelques mètres seulement au-dessous de la surface, et les racines des palmiers peuvent alors atteindre l'eau directement. Dans d'autres zones, la nappe phréatique est plus profonde, et des moyens d'exhaure sont alors nécessaires pour rendre l'eau accessible pour les plantes. Ceci se faisait traditionnellement par des *shadufs* (c'est-à-dire des systèmes de corde et de seau). Avec l'appui du PDDO, les agriculteurs des oasis disposent désormais de moyens plus puissants et moins pénibles.

#### Pompage de l'eau

Au Sahel, les sécheresses des années 1970 et 80 ont provoqué la baisse du niveau des nappes, contraignant les agriculteurs à passer d'une exhaure manuelle de l'eau à l'utilisation de pompes diesel pour aller chercher l'eau souterraine à une plus grande profondeur. À l'époque, les pompes diesel disponibles sur le marché avaient une capacité bien supérieure à celle des méthodes traditionnelles (30 mètres cubes par heure pour une pompe diesel contre 3 mètres cube par heure pour un shadouf). Par ailleurs, leur capacité dépassait largement les besoins pour l'irrigation (ainsi, une ferme de 100 palmiers aurait besoin d'environ 15 mètres cubes par jour). Faute de bonne gestion, cette surcapacité aboutissait



souvent à une sur-utilisation et au gaspillage, causant un abaissement ultérieur du niveau des puits et souvent, leur tarissement après quelques heures de pompage à peine.

Dans ce contexte d'utilisation toujours plus insoutenable des ressources naturelles dans les oasis, le PDDO visait à réhabiliter la productivité des terres et à réduire la pauvreté grâce à des investissements ciblés dans une gestion durable des terres. L'un de ces investissements était l'introduction du pompage à énergie solaire, en association avec des systèmes améliorés de stockage et de distribution d'eau (c'est-à-dire des technologies rentables et propres, offrant des opportunités de croissance inclusive).

### Configurations des systèmes

Le PDDO a expérimenté trois types d'équipement combinant différentes configurations sociales et technologiques, pour identifier ceux qui



auraient le plus grand impact. Tous les systèmes comprennent une pompe et un réservoir d'une capacité de 30 mètres cubes, qui permet d'irriguer la nuit et de ne pas avoir besoin de batteries. Les systèmes d'irrigation sont utilisés tant pour les champs de palmiers que pour les jardins potagers.

Pompes à moteur abandonnées lorsque les agriculteurs se tournent vers le pompage à énergie solaire, plus durable.  
©FIDA/Guido Rutten



Château d'eau alimentant un grand périmètre collectif.  
©FIDA/Guido Rutten

**Tableau 1**  
**Configurations des systèmes**

Système individuel	<b>Exploitant/système: 1</b> <b>Pompe: 1,2 kW,</b> <b>Max 45 m<sup>3</sup>/jour</b> <b>(~300 palmiers)*</b> <b>Panneaux solaires: 6</b>	Ce système se compose d'une petite pompe connectée à un ensemble de six panneaux solaires, qui alimente un réservoir placé légèrement au-dessus du sol. Avec neuf heures de soleil en moyenne, la pompe peut fournir jusqu'à 45 m <sup>3</sup> d'eau par jour, ce qui permet aux agriculteurs orientés vers les marchés d'accroître leur production.
Petit système collectif	<b>Exploitant/système: 3-5</b> <b>Pompe: 1,2 kW,</b> <b>Max 45 m<sup>3</sup>/jour</b> <b>(~300 palmiers)*</b> <b>Panneaux solaires: 6</b>	Techniquement parlant, ce système est identique au système individuel, à la différence que l'eau est répartie entre trois à cinq agriculteurs possédant relativement moins de palmiers. Cette configuration permet de proposer un système d'irrigation à plus de personnes dans la mesure où le coût d'investissement initial par personne est réduit et les avantages sont partagés. La distribution de l'eau se fait généralement par rotation, chaque agriculteur disposant par exemple de deux jours d'irrigation par semaine.
Large collective	<b>Exploitant/système: 30</b> <b>Pompe: 1,8 kW,</b> <b>Max 100 m<sup>3</sup>/jour</b> <b>(~1000 palmiers)*</b> <b>Panneaux solaires: 9</b>	Dans ce système, une pompe plus puissante et un château d'eau sont reliés à un réseau de tuyaux de distribution d'eau permettant d'économiser l'eau et de la distribuer à trente personnes au maximum, avec un débitmètre pour chaque utilisateur. Ce système permet des économies d'échelle et une utilisation de l'eau plus efficiente, mais il requiert de plus grandes compétences de gestion.

\*La capacité de pompage de la pompe solaire dépend de la profondeur de la nappe phréatique (ici supposée de 40 mètres). La quantité d'eau nécessaire pour chaque palmier dépend d'un certain nombre de facteurs, dont l'efficacité de l'irrigation.



Affiche comparant les coûts du pompage à moteur et à énergie solaire (réalisée par le PDDO).  
©FIDA/Guido Rutten

### Comparaison des coûts

Les systèmes à énergie solaire nécessitent des investissements initiaux plus élevés mais ont une durée de vie plus longue que les pompes à moteur. En général, une pompe à moteur coûtant 400 USD sur le marché local a une durée de vie de deux ans, tandis qu'un système composé d'une pompe alimentée par des panneaux solaires, d'un coût total de 3 200 USD, dure 10 ans.

Le compromis entre les coûts du pompage à moteur et du pompage à énergie solaire dépend de la configuration technique et de la fluctuation du coût du carburant. Le graphique 1 compare les coûts annuels d'une pompe à moteur typique (marque chinoise) et ceux d'un petit système à pompe solaire, tous les deux en association avec un réservoir de stockage en surface. Pour cette comparaison, les coûts et la durée de vie sont indiqués au tableau 2, tandis que les coûts de carburant ont été estimés à 1,50 USD le litre. Comme le montre le graphique, les coûts annuels d'amortissement du système solaire sont légèrement plus élevés que ceux de la pompe à moteur. Cependant, ce coût additionnel est compensé par le coût de fonctionnement en carburant.

La faisabilité économique et financière du pompage à énergie solaire a été confirmée par une analyse coûts-avantages réalisée par le PDDO en 2013. D'après cette étude, les ménages qui utilisent les pompes à énergie solaire pour irriguer leur palmeraie retirent des bénéfices supérieurs de 27% à ceux utilisant des pompes à moteur. Pour la production maraîchère, en particulier pour les carottes, l'étude constate une augmentation des revenus jusqu'à 200 %.

Par ailleurs, l'investissement initial élevé que demande le pompage à énergie solaire constitue un obstacle pour les agriculteurs pauvres. Dans le cas illustré au graphique 1, il faudrait six ans pour que les coûts annuels du pompage à moteur (dépréciation annuelle, coût de fonctionnement) dépassent ceux du pompage à énergie solaire. Les coûts annuels liés à l'ajout de systèmes d'irrigation améliorés (tuyaux et valves) sont conséquents. De plus, les agriculteurs doivent économiser pendant dix ans pour pouvoir renouveler l'installation à énergie solaire une fois que celle-ci atteint la fin de sa durée de vie. C'est pourquoi les agriculteurs devraient avoir accès à des mécanismes d'épargne et de crédit qui appuient ce type d'investissement.

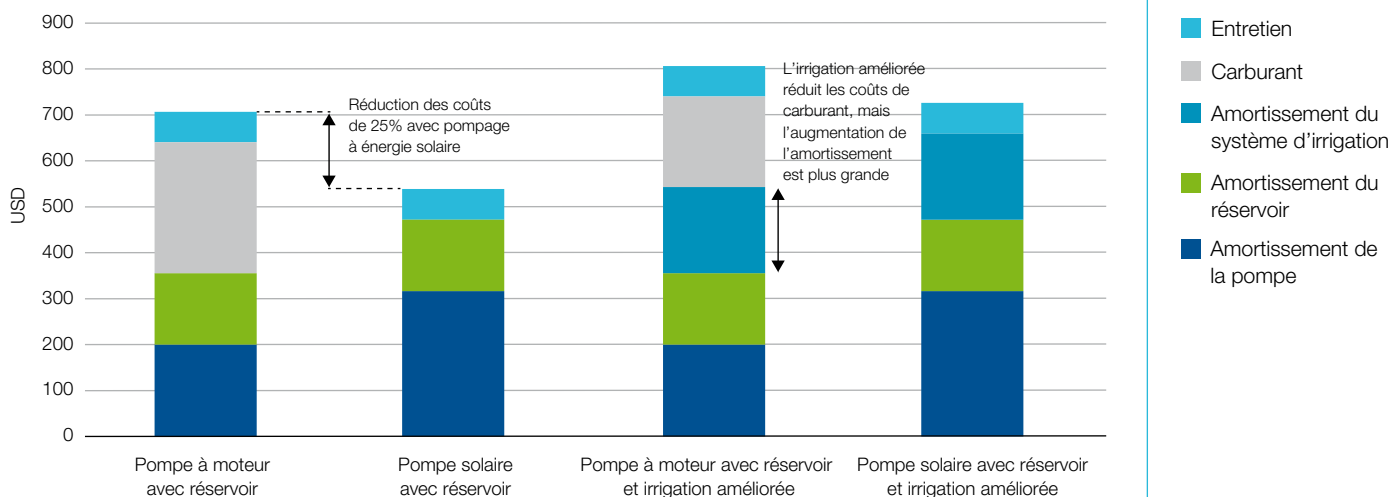
**“Grâce au système solaire, j'ai pu planter de nouveaux palmiers, qui commenceront à produire dans trois ans. De cette façon, j'investis dans la pérennité de ma production.”**

Un agriculteur de l'oasis de Chinguitti

**Tableau 2**  
**Comparaison du coût des systèmes d'irrigation**

Actif		Prix locaux	Durée de vie
<b>Pompe à moteur</b>			
Pompe	300 m <sup>3</sup> /jour	300 USD	2 ans
<b>Pompe à énergie solaire</b>			
Petite pompe 1,2 kW	45 m <sup>3</sup> /jour	3 200 USD	10 ans
Grosse pompe 1,8 kW	100 m <sup>3</sup> /jour	4 500 USD	10 ans
Panneau solaire	0,2 kW/chacun	200 USD	10 ans
<b>Stockage</b>			
Réservoir en surface	30 m <sup>3</sup>	2 300 USD	15 ans
<b>Distribution de l'eau</b>			
Irrigation localisée	per ha	750 USD	4 ans

## Graphique 1 Coûts annuels totaux pour un petit système (exemple)



Comparaison des coûts annuels du pompage à moteur et à énergie solaire pour un petit système, irrigant 85 palmiers et 0,1 hectare de jardins potagers.

Les résultats de cette étude donnent une indication de la viabilité financière du pompage à énergie solaire, mais une analyse économique et financière plus poussée pourrait fournir des preuves plus solides. En particulier, une évaluation plus approfondie pourrait examiner

les divers avantages retirés par les agriculteurs, comme le gain de temps pour d'autres activités productives (voir diagramme ci-dessous) et les impacts de ceux-ci sur les moyens d'existence des agriculteurs.

## Avantages sociaux et environnementaux

### Épargne et génération de revenus

Le pompage à énergie solaire réduit les coûts d'irrigation et libère du temps pour les agriculteurs, qui peuvent ainsi cultiver leur terre ou développer des activités extra-agricoles, générant ainsi des revenus additionnels.



### Atténuation des effets du changement climatique

Le pompage à énergie solaire réduit de façon significative les émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à atténuer les effets du changement climatique.



### Action collective, modèle inclusif

La configuration collective du pompage à énergie solaire s'est révélée être une méthode efficace pour améliorer l'action collective. Les agriculteurs pauvres se regroupent avec ceux qui ont davantage de ressources, partageant les efforts et réduisant les risques individuels.



### Sécurité humaine

Ces dernières années, les gaz toxiques libérés par les pompes diesel positionnées dans des puits auxiliaires mal ventilés ont fait de nombreuses victimes. Avec le pompage à énergie solaire, la vie des agriculteurs est plus sûre et plus saine.



### Sols propres, matins calmes

Le pompage à énergie solaire a réduit les déversements de diesel qui polluent les oasis et les eaux souterraines. D'après les agriculteurs, la qualité de vie s'est elle aussi améliorée dans la mesure où ils ne sont plus réveillés à l'aube par le bruit assourdissant des pompes à moteur.



### Économie d'eau

L'introduction du pompage à énergie solaire est une bonne occasion d'économiser l'eau par un pompage davantage basé sur la demande et l'introduction de méthodes améliorées de distribution de l'eau (voir page suivante).



## Économies d'eau

Le pompage à énergie solaire offre de bonnes opportunités d'économie d'eau dans la mesure où la capacité de pompage correspond mieux à la demande en eau. De plus, l'économie d'eau est amplifiée par la mise en place simultanée de réseaux de distribution d'eau plus efficaces.

En général, la capacité des pompes à moteur disponibles sur le marché et utilisées dans les oasis est supérieure à celle dont a besoin un agriculteur pour ses cultures, et est cinq fois plus grande que celle des pompes à énergie solaire. Avec les pompes à moteur – surtout lorsqu'il n'y a pas de réservoir pour contrôler la distribution d'eau –, le gaspillage d'eau est important et les puits tarissent après quelques heures de pompage seulement. Avec la capacité inférieure du pompage à énergie solaire, les agriculteurs ont remarqué que les puits ne tarissent plus et que, grâce au stockage d'eau, ils peuvent facilement contrôler le moment de l'irrigation et la quantité d'eau appliquée à leurs cultures.

Traditionnellement dans les oasis, l'eau est distribuée au moyen de canaux creusés par les agriculteurs. Cette technique n'exige aucun investissement et les agriculteurs savent l'entretenir. Cependant elle demande une grande intensité de main-d'œuvre et résulte en une perte notable d'eau – jusqu'à 30%, selon les caractéristiques locales – du fait de la percolation dans le sol sablonneux et de l'évaporation.

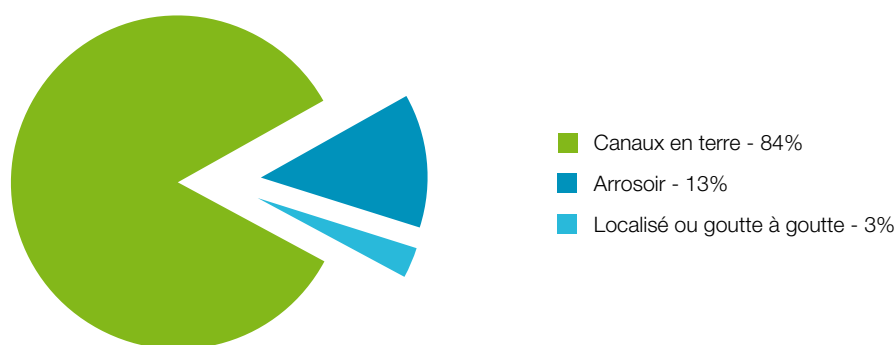
Une particularité importante du pompage à énergie solaire est qu'il peut être utilisé en association avec des techniques améliorées de distribution d'eau, dont certaines ont été mises en œuvre par le PDDO. La plus courante est le système d'irrigation localisée, où un réseau de tuyaux est installé avec des ramifications qui arrivent aux palmiers. Une cuvette creusée autour de chaque arbre recueille l'eau nécessaire

à la plante ainsi qu'aux légumes éventuellement cultivés à sa base. Les ramifications sont fermées par des valves qui permettent de contrôler le flux d'eau. Pour la culture de produits maraîchers, il est possible d'irriguer avec encore plus de précision avec un système de goutte à goutte.

L'identification des incitations adéquates à l'introduction de technologies économes en eau reste un défi clé. L'installation de telles technologies n'implique pas systématiquement une réduction notable des coûts ni une augmentation des revenus pour les agriculteurs. Il se peut donc que ceux-ci ne soient pas enclins à les adopter lorsque, par exemple, une pompe fournit suffisamment d'eau pour une irrigation traditionnelle et que l'expansion de l'exploitation n'est pas possible. De plus, l'introduction de ces systèmes nécessite un renforcement des capacités. Le premier lot de kits d'irrigation de goutte à goutte ayant été mal accueilli par les agriculteurs, le PDDO a commencé à associer des services de vulgarisation considérables à l'introduction des kits. Ces services ont permis aux agriculteurs d'apprendre comment utiliser ces systèmes correctement, ce qui en a grandement favorisé le taux d'adoption et la durabilité.

Dans un premier temps, pour promouvoir des pratiques économes en eau, le PDDO a demandé aux agriculteurs d'investir dans des réseaux de distribution pour avoir droit à recevoir des pompes solaires. Cependant, cette condition a été bien vite abandonnée dans la mesure où certains des agriculteurs les plus démunis ne pouvaient participer. Par ailleurs, on a constaté que dans certains endroits, les systèmes améliorés de distribution de l'eau étaient moins bien adaptés que les systèmes traditionnels du fait de la forte salinité des eaux souterraines qui provoquait l'obturation des tuyaux.

**Graphique 2**  
Types actuels de distribution de l'eau





## Comment faire du pompage solaire un succès

Pour introduire avec succès une technologie verte, un dossier solide de justification économique est nécessaire. Par des activités expérimentales et de sensibilisation, le PDDO a démontré aux agriculteurs des oasis les potentialités du pompage à énergie solaire. Cet investissement a porté ses fruits, dans la mesure où l'intérêt pour cette technologie parmi les agriculteurs a été tel que, vers la fin du projet, le nombre de pompes à énergie solaire avait doublé, les agriculteurs ayant d'eux-mêmes adopté ce système, venant ainsi confirmer la justification économique.

Par ailleurs, le PDDO a également commencé à fournir les preuves que cette innovation peut bénéficier aux pauvres dans le cadre des systèmes collectifs de pompage à énergie solaire.

Pour pouvoir diffuser cette technologie à plus grande échelle, il faudra explorer des mécanismes alternatifs de financement, pour aider les agriculteurs à surmonter la difficulté du coût initial d'investissement plus élevé. De plus, l'établissement d'un partenariat public-privé avec, par exemple, des fournisseurs d'équipement de pompage à énergie solaire, pourrait encourager une croissance plus durable et plus inclusive.

## Contextes en mutation

Dans les oasis de Mauritanie, il est indispensable de parvenir à utiliser durablement les ressources naturelles pour renforcer la résilience de l'écosystème face aux mutations du contexte. Même si, dans l'ensemble, les effets à court terme du changement climatique sur la disponibilité



©FIDA/Guido Ruitten

en eau douce en Mauritanie sont limités (IPCC, 2014), le système climatique reste variable et le risque de grande sécheresse est très élevé.

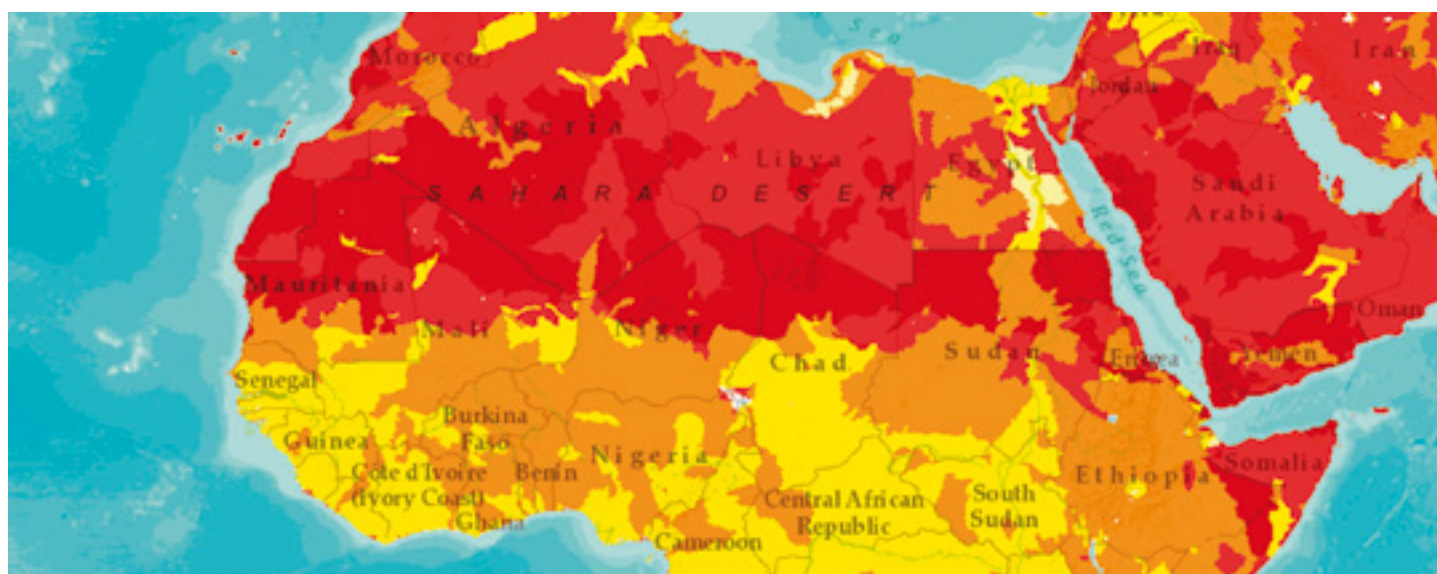
De plus, le contexte socioéconomique évolue lui aussi. La concurrence avec le monde extérieur, en termes de marchés et d'utilisation de ressources naturelles, aura des répercussions importantes sur la production oasisienne. A mesure que les agriculteurs intensifient leur production, la pression exercée sur les ressources naturelles augmente, et il devient plus essentiel que jamais de les gérer de manière durable.

La résilience découle des investissements dans une gestion améliorée des ressources naturelles. Si les ressources en eau sont utilisées de manière plus efficace, les nappes phréatiques pourront se reconstituer et serviront de tampon durant les périodes de sécheresse. Pourtant, même si l'efficacité de la production en termes d'utilisation de l'eau est importante, la pérennité à long terme dépendra des mécanismes améliorés

## Concurrence avec la ville pour l'eau

L'oasis de Teyarett est située à quelques kilomètres seulement d'Atar, la capitale de la région d'Adrar, et un grand pipeline transporte l'eau potable de Teyarett à Atar. Bien que la proximité de la ville et de ses marchés comporte beaucoup d'avantages pour la population de Teyarett, la concurrence pour l'eau commence à se faire sentir sous l'effet du rabaissement du niveau de la nappe.

Carte illustrant les risques actuels liés à l'eau en Afrique.  
Source: WRI Aqueduct, wri.org/aqueduct



### Risque global lié à l'eau

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| ■ Risque faible (0-1)        | ■ Risque élevé (3-4)             |
| ■ Risque bas à moyen (1-2)   | ■ Risque extrêmement élevé (4-5) |
| ■ Risque moyen à élevé (2-3) | ■ Données non disponibles        |



©FIDA/Guido Rutten

de gouvernance de l'eau impulsés par les communautés, incluant la gestion de la demande d'eau ainsi qu'un suivi-évaluation robuste.

### Un avenir à énergie solaire

L'expérimentation du pompage à énergie solaire dans les oasis de Mauritanie s'est révélée être un succès. Même si l'on doit admettre que le pompage à énergie solaire ne résoudra pas à lui seul les problèmes de gestion durable des ressources naturelles dans les oasis, il représente cependant une option technologique avec plusieurs avantages en termes de développement. Les pompes à énergie solaire ont démontré être plus rentables et comporter des avantages environnementaux significatifs pendant leur durée de vie de dix ans. La propriété et la gestion collectives des pompes a des avantages sociaux importants, permettant aux agriculteurs les plus

démunis de bénéficier eux aussi des avancées technologiques. Le niveau des nappes phréatiques s'est stabilisé et la production a augmenté. Au vu de ces changements positifs, certains habitants des oasis ont commencé à adopter la technologie avec leurs propres moyens. Le PDDO a ainsi créé un impact positif significatif, proche d'une *masse critique* d'interventions.

À l'avenir, l'enjeu sera de promouvoir et d'accélérer la transition vers le tout-solaire, vers une utilisation efficace de l'eau et vers des moyens de subsistance durables dans les oasis de Mauritanie; de faire en sorte que tous puissent bénéficier de cette transition; et de saisir toutes les opportunités d'accroître la résilience de l'écosystème des oasis au changement climatique.



Fonds international de  
développement agricole  
Via Paolo di Dono, 44  
00142 Rome, Italie  
Téléphone: +39 06 54591  
Télécopie: +39 06 5043463  
Courriel: ifad@ifad.org  
water@ifad.org  
www.ifad.org  
www.ruralpovertyportal.org

ifad-un.blogspot.com  
 www.facebook.com/ifad  
 instagram.com/ifadnews  
 www.twitter.com/ifadnews  
 www.youtube.com/user/ifadTV

### Références

JICA (2001). Rapport de l'étude sur le développement des oasis en Mauritanie.  
PDDO (2013). Évaluation des performances des systèmes d'irrigation et de vulgarisation au niveau de la zone d'intervention du Programme de développement durable des oasis (PDDO) en milieu oasisien.  
WRI Aqueduct. Accessible en ligne à <http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct/aqueduct-atlas>.