



HAL
open science

Concilier le développement de l'énergie solaire pour l'irrigation et la durabilité des systèmes oasiens

Intissar Ferchichi, Zakaria Kadiri, Abdelilah Taky, Insaf Mekki, Ali Hammani,
Nesrine Taouajouti, Guillaume Lacombe, Yassine Khardi, Nicolas Faysse

► To cite this version:

Intissar Ferchichi, Zakaria Kadiri, Abdelilah Taky, Insaf Mekki, Ali Hammani, et al.. Concilier le développement de l'énergie solaire pour l'irrigation et la durabilité des systèmes oasiens. inrgref; université hassan II de Casablanca; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (Maroc); Cirad; institut national agronomique de tunisie. 2024. hal-04770378

HAL Id: hal-04770378

<https://hal.science/hal-04770378v1>

Submitted on 6 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CONCILIER LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE SOLAIRE POUR L'IRRIGATION ET LA DURABILITÉ DES SYSTÈMES OASIENS

NOTES POUR DE NOUVELLES PISTES DE RÉFLEXION ET D'ACTION

Il y a un besoin urgent **de contrôler l'essor de l'énergie solaire** pour l'irrigation dans les systèmes oasiens pour éviter que cet essor ne participe activement à la surexploitation des aquifères et in fine à une vulnérabilité accrue des systèmes oasiens.

INTRODUCTION

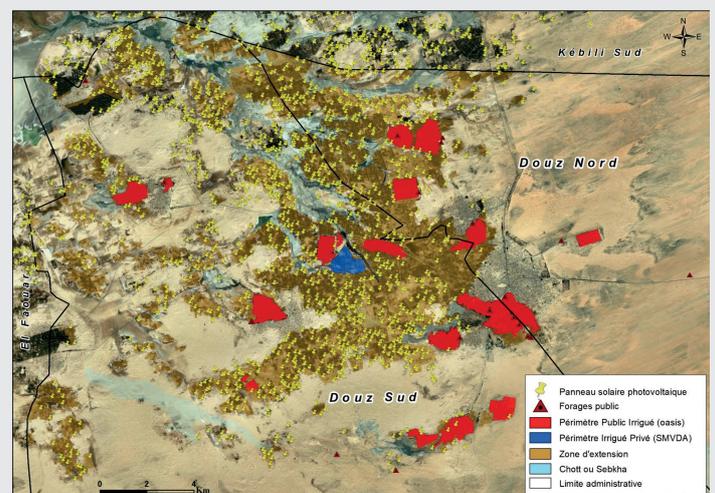
Il y a au Maghreb un essor important de l'énergie solaire pour l'irrigation depuis une dizaine d'années. Cet essor est particulièrement important dans les systèmes oasiens au Maroc et en Tunisie. Pourtant, cet essor, qui induit de nouveaux risques, est encore peu connu et reconnu.

Dans les zones oasiennes, l'irrigation à partir de l'énergie solaire s'est développée rapidement, pour différentes raisons, notamment :

1) la difficulté ou l'impossibilité de se connecter aux réseaux nationaux de distribution d'électricité ;

2) **l'énergie solaire est perçue par les agriculteurs comme peu chère en comparaison des coûts croissants des autres énergies**, notamment l'électricité distribuée par les compagnies publiques nationales. Ainsi, au Maroc, selon le PNUD et le GEF (2016), le coût de pompage par énergie solaire est de 0,45 Dirham/m³ en moyenne ; ce coût était faible par rapport aux coûts de pompage par gaz butane, gasoil ou électricité, et qui s'élèvent, respectivement, à 0,79 Dirham/m³, 1,59 Dirham/m³ et 0,74 Dirham/m³.

Dans la province de Kébili en Tunisie, il y a au moins 2500 systèmes d'énergie solaire pour l'irrigation, irrigant au moins un tiers des 30000 ha irrigués dans les zones d'extension agricole (Mekki et al., 2021 et 2022).



Panneaux solaires dans les deux délégations de Douz à Kebili

Ce développement se fait quasiment toujours dans le cadre d'initiatives individuelles.

Au Maroc, en plus de quelques cas d'associations d'irrigants, dans le cas de certaines khattaras dont le débit avait baissé, des forages collectifs ont été installés pour renforcer ces débits (Khardi et al., 2023).

En Tunisie, il existe quelques rares expériences pilotes d'une transition collective au niveau de périmètres irrigués.



Panneau solaire mobile manuellement au Maroc

UN CADRE LÉGAL QUI N'ORGANISE PAS UNE MAÎTRISE DE L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Au Maroc

Au Maroc, le cadre de transition énergétique est élaboré mais non appliqué pour les exploitations agricoles

Au Maroc, l'irrigation à partir de l'énergie photovoltaïque est organisée par deux types de loi.

D'une part les lois relatives à l'eau et à l'environnement cadrent l'exploitation et l'utilisation des ressources en eau souterraine : la loi 36-15 relative à l'eau et la loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement. D'autre part, des lois régissent le développement et l'exploitation des ressources en énergies renouvelables.

Il s'agit notamment de la loi 13-09 relative aux énergies renouvelables, complétée en 2015 par la loi 58-15, et de la loi 47-09 relative à l'efficacité énergétique qui traite de la performance des appareils et équipements énergétiques.

Dans le cadre du Fonds de Développement Agricole, l'installation de l'irrigation localisée est subventionnée à hauteur de 100 % pour les exploitations agricoles de moins de 5 ha et dans le cadre des projets collectifs, et de 80 % pour celles de plus de 5 ha. Toutefois, le matériel lié à l'exploitation de l'énergie solaire est exclu des subventions.

De fait, l'installation du matériel solaire relève d'un investissement privé.

En 2022, la loi 82-21 a été promulguée : elle permet l'auto-production d'énergie électrique pour l'autoconsommation ainsi que la vente du surplus d'énergie au réseau électrique national.

Cependant, jusqu'en 2024, **aucune mesure n'est mise en œuvre pour connecter les exploitations agricoles disposant d'énergie solaire au réseau national.**



Panneau solaire alimentant un forage pour renforcer le débit d'une khattara au Maroc

En Tunisie, le développement rapide des projets individuels d'énergie solaire pour l'irrigation contraste avec un blocage des projets collectifs pour cette énergie

La stratégie de transition énergétique en Tunisie a été mise en œuvre en réponse au déficit énergétique national. Ce dernier s'est creusé en raison d'une forte dépendance aux combustibles fossiles, exacerbée par le déclin des ressources en hydrocarbures. Le Plan solaire tunisien lancé depuis 2009 a été le principal outil opérationnel pour la mise en œuvre de la stratégie tunisienne en matière d'énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité. La loi n°2015-12 et ses différents textes d'application ont permis d'accélérer le développement de la production d'énergie renouvelable en encourageant les initiatives de producteurs indépendants et en libéralisant la production et l'exportation d'électricité.

La loi distingue deux situations différentes d'exploitation de l'énergie solaire dans les oasis pour le pompage de l'eau d'irrigation. D'une part, pour les systèmes solaires non raccordés au réseau électrique, il n'y a pas d'exigences particulières à l'exception des procédures à respecter et des modalités à suivre pour l'obtention des subventions allouées par l'Etat. Ces subventions - accordées bien sûr si le forage est licite - couvrent une partie des coûts de l'étude de dimensionnement et des coûts d'investissement pour chaque élément du dispositif (panneaux, transformateur, etc.).

D'autre part, pour les systèmes solaires raccordés au réseau électrique national, la loi de 2015 cadre ces projets, selon le régime d'autoconsommation : d'un côté les dispositifs en basse tension sont conçus pour des agriculteurs individuels. De l'autre, les dispositifs de moyenne tension conçus pour les communautés locales, les entreprises publiques et privées, tels que les Groupement de Développement Agricole (associations d'irrigants).

Pour les deux dispositifs, un contrat est établi avec la société nationale publique de production d'électricité (la STEG) pour la vente des excédents.

Dans la région de Kébili, la plus grande partie des extensions agricoles sont illégales car l'exploitation des eaux souterraines y est officiellement interdite. Ceci empêche les agriculteurs de s'engager dans un processus de connexion de leurs stations photovoltaïques au réseau d'électricité. D'où un développement important des stations photovoltaïques non raccordées au réseau.

Dans les anciennes oasis, qui sont reconnues par l'État, et qui sont dominées par les petites exploitations familiales, il y a une forte demande de la part des associations d'irrigants pour créer des stations photovoltaïques connectées au réseau de la STEG.

En effet, ces associations d'irrigants souffrent de défaillances financières importantes à cause des charges élevées de pompage de l'eau à partir des forages publics. Le cadre réglementaire existant permet cette transition, mais les procédures sont compliquées et peu incitatives.

- **Pour l'installation** : les associations d'irrigants ont le droit de bénéficier des subventions. Cependant, la loi impose un autofinancement de l'équipement: les subventions ne peuvent pas couvrir l'intégralité des coûts d'investissement. Or, les associations d'irrigants n'ont pas les moyens financiers d'apporter une contribution et leur statut défini par le code des Eaux ne leur permet pas de bénéficier de prêts. En 2024, un crédit spécifique de la Banque Tunisienne de Solidarité (BTS), dans le cadre d'un projet pilote à Kébili, pourrait permettre de compléter le plan de financement.
- **En phase de fonctionnement** : le prix de vente de l'excédent est imposé par la STEG est faible et ne permet pas aux associations d'irrigants d'améliorer leur situation financière.



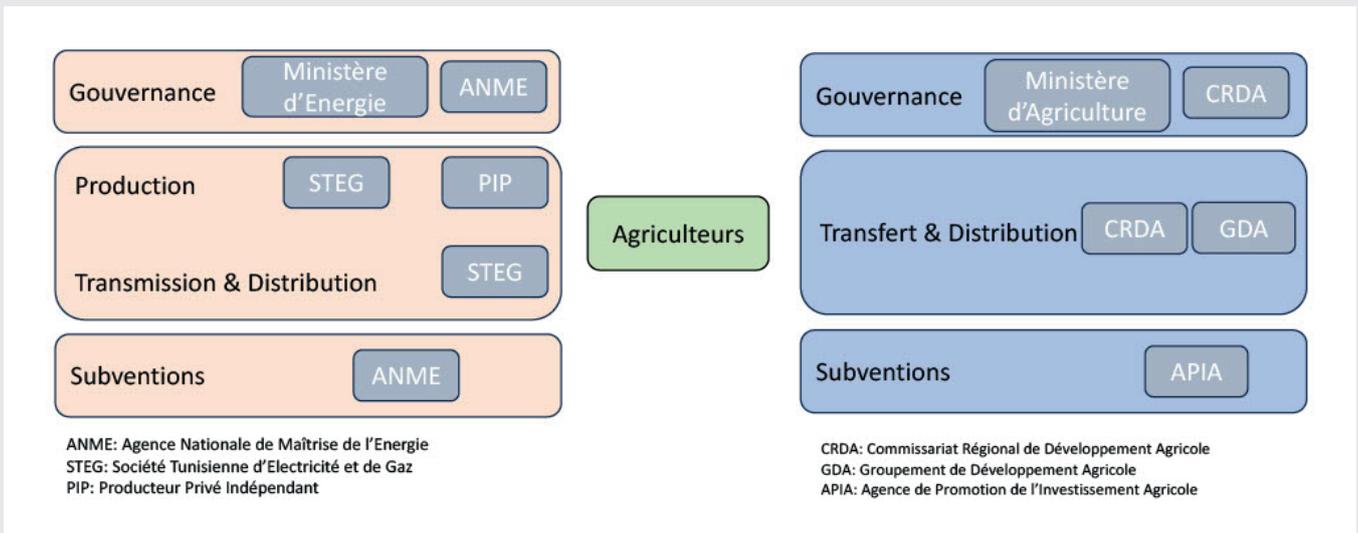
Par ailleurs, dans une expérience pilote dans la région de Gabès, il y a un manque de clarté sur de nombreux éléments de la relation entre l'association et la STEG: les quantités d'énergie que l'association d'irrigants "délivre" à la STEG, les tarifs d'achat par la STEG, et les quotas de quantité maximale achetée par la STEG. En pratique, les paiements effectués par la STEG dans ce cas pilote sont faibles chaque mois, conduisant à une faible rentabilité de cette expérience.

CLOISONNEMENT SECTORIEL ENTRE ACTEURS DE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE, ACTEURS DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE ET ACTEURS DE L'EAU

En Tunisie, les politiques énergétiques sont menées par le Ministère de l'Énergie et l'Agence Nationale de Maîtrise de l'Énergie (ANME). Ces institutions ont pour mission de promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables. De même, les politiques relatives au développement agricole, à l'eau et à la sécurité alimentaire sont principalement élaborées par le Ministère de l'Agriculture, avec une double mission: augmenter la production pour assurer la sécurité alimentaire, tout en protégeant les ressources naturelles.

Cependant, l'interaction entre les institutions publiques de l'énergie et les institutions de développement agricole en Tunisie sont faibles et se limitent en général à la vérification de l'éligibilité des agriculteurs aux subventions.

Au Maroc, un même manque de coordination est observable entre acteurs publics de l'énergie, institutions en charge des ressources en eau et institutions en charge du développement agricole.



Acteurs de l'irrigation utilisant l'énergie solaire en Tunisie



UN MANQUE D'ACCOMPAGNEMENT ET DE CONTRÔLE LORS DE L'INSTALLATION DES STATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

En Tunisie, pour obtenir des subventions de l'ANME, les agriculteurs doivent avoir recours aux services d'une société installatrice officiellement reconnue. L'ANME publie annuellement **une liste actualisée de ces sociétés**, ainsi qu'une liste des experts auditeurs habilités à réaliser les audits énergétiques et une liste des centres de formation agréés pour l'énergie photovoltaïque.

Au Maroc, le cadre réglementaire régissant le pompage solaire en irrigation est assez développé. Il inclut les normes depuis l'importation des systèmes jusqu'à l'exploitation par l'agriculteur. Toutefois, plusieurs décrets d'application ne sont pas adoptés, ce qui crée plusieurs ambiguïtés. Les agriculteurs ne sont pas accompagnés quant au dimensionnement des différents types d'installations.

En Tunisie dans les extensions illicites, et au Maroc, où il n'existe pas de subvention sur le pompage solaire, les agriculteurs ont recours aux sociétés qui offrent les services les moins chers. Dans les extensions oasiennes de Kebili, les sociétés d'installation privées ont renforcé leur influence en forgeant des relations solides avec les agriculteurs grâce à des mécanismes de facilitation des paiements et au dimensionnement gratuit des stations photovoltaïques.



Elles ont tendance à surdimensionner les stations photovoltaïques, ce qui joue un rôle direct dans la situation de surexploitation des ressources en eau souterraine. C'est également le cas dans les oasis de Toudgha où les installateurs adaptent des systèmes locaux, voire utilisent du matériel d'occasion, sans pour autant une étude de performance.

ABSENCE DE VULGARISATION AUTOUR DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCONOMIQUES DE L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE ET MANQUE DE SENSIBILISATION

L'impact environnemental paraît très conséquent : les quantités d'eau apportées sont supérieures aux besoins en eau des plantes, et souvent même très supérieures. **Il y a en pratique un gaspillage énorme de la ressource hydrique** même si le mode d'irrigation est le goutte-à-goutte, pourtant vu au niveau international comme un système économe en eau. Les équipements de contrôle de consommation d'eau sont très rarement utilisés.

Ces pratiques sont liées à la perception des agriculteurs sur la gratuité de l'énergie solaire qui présente, en pratique, un coût marginal par mètre cube pompé nul.

Par ailleurs, les agriculteurs irriguent souvent dans la journée, lorsque l'énergie solaire est disponible, car ils n'ont en général pas de batterie leur permettant de stocker l'énergie. Cette irrigation en pleine journée l'été n'est bonne ni d'un point de vue d'efficacité de l'irrigation ni d'un point de vue agronomique.

Depuis une dizaine d'années, les pompages dans l'aquifère du Complexe Terminal ont fortement augmenté, conduisant à une baisse générale des niveaux piézométriques.



Sur-irrigation dans la région de Kebili

Cette baisse est due avant tout à l'augmentation des superficies plantées en extension, mais aussi à la sur-irrigation massive liée à l'utilisation de l'énergie solaire.

Par ailleurs, cet essor rapide des superficies irriguées et la sur-irrigation massive conduisent à une remontée du niveau de la nappe phréatique dont la salinité est très élevée.

Des problèmes d'hydromorphie apparaissent, tout comme des zones dont la teneur du sol en sels est très élevée. Dans ces zones, **la productivité du palmier dattier diminue.**



Salinisation des sols liée à la sur-irrigation dans la région de Kébili

RECOMMANDATIONS

Les risques liés au développement de l'énergie solaire étant encore largement sous-estimés, il serait important de **sensibiliser les décideurs sur les impacts environnementaux liés au développement de l'usage du solaire pour l'irrigation.** Ceci pourra se faire notamment grâce à plus d'études.

Le **raccordement des stations individuelles photovoltaïques des agriculteurs au réseau électrique national** pourrait avoir plusieurs avantages : 1) permettre aux agriculteurs d'irriguer la nuit, et 2) vendre l'énergie solaire lorsqu'ils n'en ont pas besoin. Cela les inciterait à cesser de pomper lorsqu'ils n'en ont pas besoin et contribuerait également à la production nationale d'énergie. Cependant, cette connexion au réseau électrique national devra se faire sans pour autant conduire à une augmentation des superficies plantées. Cependant, pour que de tels systèmes puissent réellement inciter les agriculteurs à ne plus sur-irriguer, il faut que les prix d'achat de l'électricité par les compagnies publiques soient intéressants.

Mettre en place à l'échelle d'une région ce type de dispositif nécessitera une bien meilleure coordination entre acteurs de l'énergie, acteurs de l'eau et acteurs du développement agricole.

Il y a aussi un besoin de mettre en place des mécanismes de financement permettant aux associations qui ont des problèmes de financement de pouvoir investir.

Il faut établir une relation plus claire entre les GDAs et la STEG (contrats, mécanismes de mesure des débits électriques, etc.) ainsi qu'identifier des arbitres en cas de désaccord entre la STEG et les GDAs. Ces arbitres doivent être au niveau local et facilement accessibles au GDA.

Par ailleurs, pour limiter les risques de surexploitation, vaut mieux avoir une approche collective qu'une approche individuelle

Dans la région de Kébili, les forages utilisant l'énergie solaire sont en général dans une situation illicite car prélevant dans une zone d'interdiction. Il pourrait être envisageable d'aller à terme vers une régularisation de ces forages, en échange d'un engagement vers une gestion plus durable des ressources en eau qui inclurait notamment la pose de compteurs et la définition de quotas de volume d'eau maximal prélevable.

Il faut augmenter les contrôles des activités des sociétés qui travaillent hors des mécanismes de subvention, pour limiter le surdimensionnement des stations.

Pour ce faire, il sera important de clarifier la ou les institutions qui ont officiellement le mandat et les moyens pour faire un tel contrôle.

Tous ces enjeux sont à résoudre à court terme pour les systèmes oasiens. Cependant, l'utilisation de l'énergie solaire est en forte croissance partout au Maghreb, y compris dans les zones plus au Nord: les solutions trouvées dans le Sud seront certainement très utiles aussi pour garantir la durabilité des systèmes agricoles irrigués à partir d'aquifères sur l'ensemble des territoires au Maghreb.



Panneau solaire dans une ferme de la province de Sefrou, au Nord du Maroc

POUR EN SAVOIR PLUS

Cette note a été réalisée sur la base d'un ensemble de recherches menées entre 2019 et 2024, en coopération avec les acteurs des oasis de la région de Kébili en Tunisie et du Drâa – Tafilalet au Maroc. Ces recherches sont accessibles sur la page : <https://massire.net/publications/>



Le projet Massire (2019-2024) vise à renforcer les capacités des acteurs des zones oasiennes et arides du Maghreb afin de développer et mettre en œuvre des innovations permettant un développement durable de ces territoires.



PUBLICATIONS

- Khardi Y, Lacombe G, Kuper M, Taky A, Bouarfa S, Hammani A. 2023. **Pomper ou disparaître : le dilemme du renforcement des khetaras par le pompage solaire dans les oasis du Maroc.** Cahiers Agricultures 32: 1.
- Mekki I, Ferchichi I, Taoujouti N, Faysse N, Zaïri A, 2021. **Analyse de l'extension des palmeraies oasiennes et de son impact sur les ressources en eau souterraine dans la région de Kébili, sud-ouest de la Tunisie.** Annales de l'INRGREF 22: 123–143.
- Mekki I, Ferchichi I, Taouajouti, N, Faysse N, Zaïri A, 2022. **Oasis extension trajectories in Kebili territory, Southern Tunisia: Drivers of development and actors' discourse.** New Medit Special issue on oases.
- PNUD et GEF, 2016. **Document du projet de promotion du développement des systèmes de pompage photovoltaïque en irrigation au Maroc**

Mise en forme du document : Aziza BOUGHANMI
Crédit photos ©Massire

Note produite en septembre 2024

Partenaires



Projet financé par

