

POMPAGE SOLAIRE

Investigation de l'impact des installations de pompage solaire
sur la consommation d'eau et la situation socio-
économique d'un agriculteur dans 3 zones pilotes au Maroc

MENTIONS LÉGALES

À son titre d'entreprise fédérale, la GIZ aide le gouvernement fédéral allemand à concrétiser ses objectifs en matière de coopération internationale pour le développement durable

Publié par :

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sièges de la société

Bonn et Eschborn
Friedrich Allee 36 + 40
D - 53113 Bonn, Allemagne

Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture

T +49(0)228 44 60 0
Maria.Weitz@giz.de
www.giz.de/fachexpertise/html/18089.html

Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (AGIRE)

c/o Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau
Rue Hassan Bencheikroun,
B.P. 433, 10001 Rabat / Maroc
T +212-(0) 537-77 26 10
Pierre.Guillibert@giz.de
www.agire-maroc.org

Projet régional "Promotion de l'emploi à travers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique dans la région MENA" (RE-ACTIVATE) (projet terminé)

29, Avenue d'Alger, 5ème étage,
Hassan - 10005 Rabat / Maroc
Simon Inauen
simon.inauen@giz.de

Energie durable dans les provinces de Midelt et Tata (EDMITA) / Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

Bâtiment B, Bureau 521
Avenue Lhaj Ahmed Cherkaoui
Quartier administratif Agdal, Rabat / Maroc
Philippe Lempp
philippe.lempp@giz.de

Commissionné par :

Ministère Fédéral Allemand de la Coopération
Economique et du Développement (BMZ)

Réalisé par :

Ressources en eau – Environnement –
Développement durable
435, Rue Annahda, Ainlitti | BP 12329 Annakhil |
40016 Marrakech – Maroc
Tél: +212.524.32.98.17/18/20 | Fax: +212.524.32.98.19 |
www.resing.ma
C.N.S.S.: 2061711 | I.F.: 6500672 | Patente: 53013851 |
R.C.: 6259

Conception, Design & Illustrations:

creative republic, Francfort-sur-le-Main, Allemagne

Crédits photos:

© GIZ
© Shutterstock (4, 18, 52, 63)

Renvois et liens :

La présente publication comporte des liens ou renvois vers des sites Internet externes. Les contenus des sites externes liés relèvent de la responsabilité des fournisseurs ou hébergeurs de ces sites. Lors du premier référencement, la GIZ a vérifié si le contenu de tiers n'était pas de nature à entraîner une responsabilité civile ou pénale. Cependant, il ne saurait être raisonnablement envisagé de procéder à un contrôle permanent du contenu des sites liés en l'absence d'indices concrets de violation du droit. Si la GIZ constate ou si on lui signale qu'une offre externe pour laquelle elle a mis un lien à disposition soulève une responsabilité civile ou pénale, le lien correspondant sera immédiatement supprimé. La GIZ se démarque expressément de tels contenus.

Matériel cartographique :

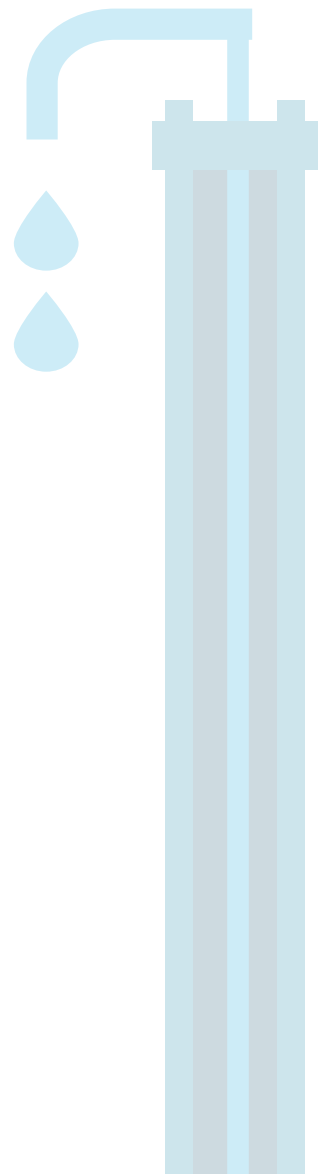
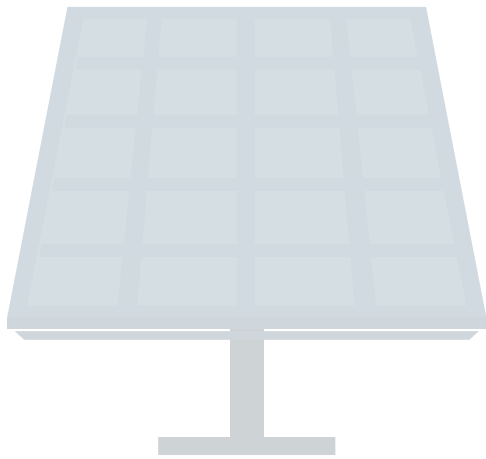
Les représentations cartographiques ne servent qu'à des fins d'information et n'ont pas valeur de reconnaissance juridique de frontières ou de régions.

La GIZ n'assume aucune garantie en ce qui concerne l'actualité, l'exactitude ou l'exhaustivité du matériel cartographique mis à disposition. Toute responsabilité concernant des dommages ayant été provoqués, de façon directe ou indirecte, par leur utilisation est exclue.

La GIZ est responsable du contenu de cette publication.

Lieu et date de parution:

Janvier 2019



POMPAGE SOLAIRE

Investigation de l'impact des installations de pompage solaire sur la consommation d'eau et la situation socio-économique d'un agriculteur dans 3 zones pilotes au Maroc



TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	6
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES CARTES	7
LISTE DES PHOTOS	7
LISTE DES ACRONYMES	9
RESUME EXECUTIF	12
EXECUTIVE SUMMARY	15
PREAMBULE	20
1. CONTEXTE DE L'ETUDE	21
2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE	22
3. SYSTEMES DE POMPAGE SOLAIRE (SPS)	23
3.1. Principe de fonctionnement	23
3.2. Situation du pompage solaire au Maroc	24
3.3. Stratégie de l'Etat en matière de promotion des SPS	24
4. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE	25
4.1. Zone de Marrakech	25
4.2. Zone de Midelt	26
4.3. Zone de Tata	28
5. ENQUETE SUR L'IMPACT DU POMPAGE SOLAIRE SUR LA CONSOMMATION D'EAU ET LA SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE D'UN AGRICULTEUR	31
5.1. Choix des exploitations visitées	31
5.2. Elaboration du questionnaire	31
5.3. Déroulement de l'enquête	32
6. RESULTATS DE L'ENQUETE	33
6.1. Typologie des exploitations visitées	33
6.2. Appréciations des agriculteurs vis-à-vis des systèmes de pompage	36
6.3. Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau	38
6.4. Impact de la conversion sur la situation socio-économique de l'agriculteur	44
6.5. Avis des agriculteurs sur une "subvention sous conditions" des installations PV	48
7. CONCLUSIONS	49
8. RECOMMANDATIONS	51
9. ANNEXE : CASE STUDIES	52
9.1. La zone de Marrakech	53
9.2. La zone de Midelt	59
9.3. La zone de Tata	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1a	Schéma d'une installation du pompage PV (1)	22
Figure 1a	Schéma d'une installation du pompage PV (2)	23
Figure 2	Répartition des exploitations enquêtées par source d'énergie de pompage	34
Figure 3	Distribution des classes de taille des exploitations enquêtées	34
Figure 4	Distribution des exploitations par catégorie de périmètre d'irrigation	35
Figure 5	Répartition relative des modes d'irrigation par énergie de pompage – moyenne des trois zones.	35
Figure 6	Modes d'irrigation sous pompage solaire	35
Figure 7	Appréciation des agriculteurs vis-à-vis de la situation des ressources en eau.	36
Figure 8	Critères de choix du type d'énergie de pompage.	37
Figure 9	Niveau de satisfaction par rapport au type d'énergie utilisée	37
Figure 10	Facteurs limitant le pompage.	37
Figure 11	Dates d'acquisition des installations PV	38
Figure 12	Pratique d'activités de maintenance des installations PV	38
Figure 13	Pilotage d'irrigation.	39
Figure 14	Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau au niveau des trois zones d'étude	40
Figure 15	Raisons de l'augmentation de la consommation d'eau au niveau des trois zones d'étude	40
Figure 16	Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau, par zone	40
Figure 17	Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau au niveau de la zone de Marrakech.	41
Figure 18	Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau à Tata.	41
Figure 19	Raisons de l'augmentation de la consommation d'eau à Tata.	41
Figure 20	Impact de la conversion en PV sur l'augmentation de la consommation d'eau, par classe de taille des exploitations	42
Figure 21	Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres énergies (DH/ha/an)	44
Figure 22	Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres énergies (DH/ha/an)	44
Figure 23	Utilisation des gains sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres sources d'énergie	44
Figure 24	Temps de retour sur investissement (RSI) en PV en fonction des sources d'énergie (an).	45
Figure 25	Temps de retour sur investissement (RSI) en PV par zone (an).	45
Figure 26	Marge bénéficiaire de la culture de l'olivier conduite sous différentes sources d'énergie de pompage à Marrakech.	46
Figure 27	Marge bénéficiaire de la culture du pommier conduite sous différentes sources d'énergie de pompage à Midelt.	46
Figure 28	Marge bénéficiaire de la culture de la pastèque conduite sous pompage solaire ou au butane	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Assolement dans la zone de Marrakech (2016)	25
Tableau 2	Statut juridique des terres- zone de Midelt	27
Tableau 3	Taille des exploitations – zone de Midelt	27
Tableau 4	Superficie des arbres fruitiers et du maraichage–Midelt	27
Tableau 5	Assolement dans la zone de Tata	29
Tableau 6	Volets et rubriques du questionnaire	32
Tableau 7	Statut juridique des terres- zone de Midelt	33
Tableau 8	Synthèse de la distribution des exploitations par critère d'échantillonnage	34
Tableau 9	Cultures dominantes dans les zones d'étude	35
Tableau 10	Niveau statique moyen des points de prélèvement (en mètres)	36
Tableau 11	Prédisposition des agriculteurs à la conversion en système PV	38
Tableau 12	Coût des installations photovoltaïques	39
Tableau 13	Influence d'une installation PV sur les agriculteurs voisins, à adopter le pompage solaire	39
Tableau 14	Nombre d'exploitations selon l'évolution de leur consommation d'eau, par classe de SAU	42
Tableau 15	Extension de la superficie irriguée au sein des exploitations PV visitées	42
Tableau 16	Impact de la conversion en PV sur l'augmentation du volume unitaire enm ³	43
Tableau 17	Marge bénéficiaire de l'olivier, du pommier et de la pastèque	45
Tableau 18	Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire	46
Tableau 19	Marges bénéficiaires des cultures	47
Tableau 20	Impact économique de la conversion en PV avec et sans subvention (DH/an/ha)	47
Tableau 21	Impact économique de la conversion en PV avec et sans subvention (DH/an/ha) -moyenne par zone	47
Tableau 22	Impact de la subvention (DH/ha/an)	47
Tableau 23	Impact de la subvention (DH/ha/an)–moyenne par zone	47
Tableau 24	Avis des agriculteurs sur une "subvention sous conditions" des installations PV	48

LISTE DES CARTES

Carte 1	Localisation des zones d'étude	25
Carte 2	Localisation des exploitations visitées dans la zone de Marrakech	33
Carte 3	Localisation des exploitations visitées dans la zone de Midelt	33
Carte 4	Localisation des exploitations visitées dans la zone de Tata	33

LISTE DES PHOTOS

Photo 1	Installation photovoltaïque pour l'irrigation du palmier à Tata	23
Photo 2	Plantations d'oliviers à Marrakech	26
Photo 3	Plantation moderne de pommiers à Midelt	28
Photo 4	Plantations de palmiers à Tata	29
Photo 5	Culture de pastèque en zone d'extension – Foum Zguid	30
Photo 6	Installation photovoltaïque en palmeraie traditionnelle – Tata	30
Photo 7	Mauvais fonctionnement des goutteurs	39
Photo 8	Système d'irrigation localisée confectionné par un amateur (plombier) avec des fuites d'eau	39
Photo 9	Système photovoltaïque	53
Photo 10	Puits d'irrigation	53
Photo 11	Plantation d'oliviers	54
Photo 12	Vue d'ensemble de l'exploitation	54
Photo 13	Panneaux Photovoltaïque	55
Photo 14	Unité de contrôle du système	55
Photo 15	Forage d'irrigation	55
Photo 16	Plantation d'oliviers	56
Photo 17	Panneaux photovoltaïques	57
Photo 18	Forage d'irrigation	57
Photo 19	Verger d'abricotier	57
Photo 20	Verger de grenadier	58
Photo 21	Puits d'irrigation	59
Photo 22	Verger de pommier	59
Photo 23	Panneaux photovoltaïques	60
Photo 24	Culture de melon sous-jacente	61
Photo 25	Culture de blé sous-jacente	61
Photo 26	Installation photovoltaïque	62

LISTE DES ACRONYMES

AEP	Adduction en Eau Potable
ALCESDAM	Association pour la Lutte Contre l'Érosion, la Sécheresse et la Désertification Au Maroc
AMISOLE	Association Marocaine des Industries Solaires et Eoliennes
DPA	Direction Provinciale de l'Agriculture
EDMITA	Énergie Durable dans les provinces de Midelt et Tata
FDA	Fonds de Développement Agricole
GH	Grande Hydraulique
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
IL	Irrigation Localisée
IP	Irrigation Privée
MB	Marge Bénéficiaire
NS	Niveau Statique
ORMVA	Office Régional de Mise en Valeur Agricole
ORMVAH	Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz
PDAIRE	Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau
PMH	Petite et Moyenne Hydraulique
PMV	Plan Maroc Vert
PS	Pompage Solaire
PT	Profondeur Totale
PV	Photovoltaïque
RE	Ressources en Eau
RSI	Retour Sur Investissement
SAU	Surface Agricole Utile
SPS	Système de Pompage Solaire



RESUME



EXECUTIF

RESUME EXECUTIF

Objectifs et contexte de l'étude

Grâce à la baisse des prix des technologies photovoltaïques, le pompage solaire connaît, ces dernières années, un développement progressif qui vient concurrencer les autres sources d'énergie, notamment suite à la suppression des droits de subvention des carburants fossiles par l'Etat. Pour promouvoir le développement de cette technologie, l'Etat Marocain envisage le subventionnement du pompage solaire sur une superficie de 100 000 ha sur 3 ans.

Des travaux réalisés par la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau) au niveau de plusieurs bassins hydrauliques du Maroc ont montré que l'attitude d'un agriculteur par rapport à l'eau est fortement corrélée à la disponibilité de celle-ci et au niveau de la rentabilité que lui procure l'usage de cette eau. C'est dans ce contexte que la présente étude est menée et vise à mieux comprendre de quelle manière la conversion au pompage solaire peut influencer la consommation d'eau et la situation socio-économique d'un agriculteur, par rapport aux autres technologies de pompage d'eau.

La réponse à ces questions revêt une importance capitale eu égard les investissements prévus et la nécessité de sauvegarder les ressources en eau souterraine.

Méthodologie

L'enquête de terrain constitue l'élément central de l'étude. Elle a concerné 150 agriculteurs répartis sur trois zones : Marrakech, Midelt et Tata. Au niveau de chaque zone, 50 agriculteurs sont enquêtés dont la moitié est constituée d'agriculteurs disposant du PS, l'autre moitié est constituée d'agriculteurs disposant des autres systèmes de pompage à savoir le butane, le gazoil et l'électrique. Les 3 zones présentent des contextes géographiques, climatiques et agricoles distincts : la zone de Marrakech, zone de plaine caractérisée par une polyculture à dominance olivier. La zone de Midelt est à vocation arboricole à dominance pommier. Celle de Tata est à agriculture oasienne à dominance palmier dattier avec cultures sous étages.

Résultats

- Le PS est un phénomène récent au Maroc. C'est pratiquement à partir de 2015 que les agriculteurs ont commencé à s'équiper en PV en nombre significatif.
- Concernant la situation des ressources en eau et de la baisse de la nappe, la majorité des agriculteurs des zones de Marrakech et de Midelt interviewés à ce sujet jugent que la situation des RE a atteint le stade de pénurie ou de risque de pénurie. En revanche, la situation est considérée moins alarmante au niveau de Tata.
- Mis à part le risque d'un mauvais dimensionnement de l'installation et le risque de vol, le PV présente un niveau de satisfaction très élevé par rapport aux autres sources d'énergie (satisfaction de 93% comparé à 24% butane, 22% réseau, 8% gazoil), en raison du faible coût, de la facilité de gestion et de la continuité d'approvisionnement en énergie.
- La quasi majorité des agriculteurs interviewés (96%) déclarent souhaiter faire la conversion en PV. Cependant, l'absence de subvention du matériel PV, le coût d'investissement initial élevé et le refus de certains fournisseurs d'accorder des facilités de paiement, sont autant de facteurs qui entravent cette conversion. Toutefois, les agriculteurs interviewés affichent une forte attente par rapport au subventionnement prévu du pompage solaire.
- Pilotage d'irrigation : la quasi majorité des agriculteurs (90%) n'adoptent pas les techniques de pilotage d'irrigation.
- L'impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau présente une tendance vers la hausse.
- Néanmoins, l'impact varie fortement entre les différentes zones investiguées. Au niveau de Marrakech, 31% des agriculteurs ayant effectué la conversion en PV déclarent avoir augmenté la consommation d'eau. Ce taux est plus élevé à Tata (60%) où l'impact est plus fort. En revanche, à Midelt, l'impact est presque nul : la consommation d'eau est restée presque inchangée après conversion en PV.

Les facteurs augmentant la consommation d'eau sont la possibilité d'extension de la superficie irriguée sur des terrains avoisinant et l'introduction des cultures en intercalaire (cas de Tata), l'augmentation de l'apport d'eau pour la même culture dans les régions déficitaires (cas de Marrakech). Les facteurs pouvant garantir une consommation d'eau inchangée sont les conditions hydrogéologiques des nappes limitant les débits, des superficies irriguées figées et des assolements ne permettant pas des cultures en intercalaires (exemple pommier à Midelt).

- L'impact de la conversion en PV sur la situation socio-économique de l'agriculteur est principalement positif. Le temps de retour sur l'investissement entre 2,7 et 3,6 années et une marge bénéficiaire augmentée de 7 600 à 11 300 Dh par hectare selon les zones, permettent aux agriculteurs de réutiliser les gains, en premier lieu à l'augmentation de la production, en second lieu aux dépenses familiales et enfin à des degrés équivalents, aux investissements agricoles et aux remboursements des crédits contractés pour l'achat des installations PV.
- L'amélioration de la situation économique revient en grande partie aux gains réalisés sur les coûts d'exploitation et d'investissement suite au passage au solaire. Ce gain représente en moyenne 80% de l'amélioration de la situation économique. Il est de l'ordre de 6 700 Dh/ha/an après l'électrique, 7 300 après le butane et 8 600 après le gazoil.
- Au cas où le programme de subventionnement serait mis en œuvre, l'impact économique moyen de la conversion en PV, passerait de 8 250 à 12 500 Dh/ha selon les zones.
- Concernant une subvention conditionnée des installations PV, plus que la moitié des agriculteurs (57%) accepteraient d'abandonner les forages individuels pour un forage collectif sous conditions que les frais d'entretien du système soient à la charge de l'Etat et que les tours d'eau soient fixées et respectées. Les opposants refusent en raison de difficultés de gestion des biens communs et le risque de conflits entre agriculteurs.
- La majorité des agriculteurs acceptent un contrôle de la consommation d'eau (86% pour l'installation de compteurs, 73% pour la conclusion d'un contrat de gestion) sous condition que le volume d'eau contracté soit suffisant pour couvrir les besoins en eau des cultures.

Comme conclusion principale, on peut retenir que :

1. Sans implication, adhésion et engagement des agriculteurs à respecter la réglementation fixant les conditions d'octroi de la subvention et à maintenir la consommation d'eau inchangée après conversion en PV, on doit s'attendre à une augmentation de celle-ci. L'ampleur de cette augmentation est fonction de la disponibilité en eau, de la propriété foncière et des cultures/pratiques. L'expérience a montré que les réglementations instaurées sont peu respectées et le contrôle, par manque de moyens, reste très limité.
2. Pour les petits exploitants, et selon les zones, l'avantage socio-économique paraît l'emporter sur toute augmentation éventuelle de la consommation d'eau comme c'est le cas pour la zone de Marrakech. Au niveau des zones oasiennes, cet avantage est plus

important, mais il est tributaire d'une augmentation substantielle de la consommation d'eau. Dans ces zones, la subvention peut encourager les pratiques d'augmentation de la consommation (extension, cultures en intercalaire) et mettre en danger la durabilité des RE et de l'activité agricole. Pour les grands producteurs, une subvention limitée à 5 ha aura un impact limité sur la consommation d'eau vu que les agriculteurs de cette catégorie sont en nombre réduit et sont souvent propriétaires d'exploitations spécialisées à superficie et assolement figés. Par contre, si la subvention est accordée pour une superficie plus grande, il y a risque d'une consommation d'eau importante et disproportionnée par rapport à l'avantage socio-économique que pourrait générer la conversion en PV. De ce point de vue, est-il vraiment opportun d'accorder des subventions aux grands producteurs.

Recommandations

En vue de limiter l'impact négatif que peut avoir le subventionnement des installations PV sur la consommation d'eau, les recommandations suivantes, organisées en 3 volets, sont proposées :

Volet technique :

- Exiger le bon dimensionnement des installations PV. Pour cela, il faut confier le développement des installations PV à des entités agréées (Bureau d'études, Installateurs, Fournisseurs / Distributeurs), dans l'optique d'offrir un dimensionnement adéquat, un choix des équipements de bonne qualité avec traçabilité et une contractualisation des prestations. L'étude de dimensionnement doit être vérifiée et validée par l'administration. "Le bon dimensionnement est l'un des meilleurs moyens de prévention contre le risque d'augmentation de la consommation d'eau, il faut surtout éviter le surdimensionnement".
- Encourager le projet de labellisation entrepris par l'AMISOLE "Association Marocaine des Industriels du Solaire et de l'Eolien" en partenariat avec l'AMEE "Agence Marocaine de l'Efficacité Energétique".
- Exiger des systèmes PV économe en eau ; Il s'agit de systèmes photovoltaïques couplés avec des systèmes d'irrigation à basse pression qui, avec des solutions ICT (Information and Communication technologies) détectent en temps réel les besoins en eau d'une culture donnée en un moment donné.
- Conditionner la subvention par une amélioration du pilotage d'irrigation basé sur le conseil et les besoins bien précisés avec formation, développement et vulgarisation des applications Smartphone pour le pilotage d'irrigation.

Volet gouvernance :

- Etablir un contrat de gestion entre l'Etat et les agriculteurs bénéficiaires de la subvention. Ce contrat définit les droits et les obligations des deux parties notamment :
 - La fixation du volume d'eau que l'agriculteur est autorisé à pomper. Ce volume tiendra compte des disponibilités hydriques locales.
 - L'installation de compteurs.
 - L'interdiction de l'extension de la superficie irriguée et l'introduction de nouvelles cultures en intercalaire.
 - Limiter la subvention des installations PV pour une superficie de moins de 5 ha pour que l'impact sur la consommation d'eau soit maintenu à un niveau relativement faible. Pour les petits exploitants, l'impact économique est substantiel. Il permettra d'améliorer le revenu et contribuer à la réduction de la pauvreté et la vulnérabilité de cette classe d'exploitants. Les moyens producteurs peuvent bénéficier de la subvention à hauteur de 5 ha car accorder une subvention pour des superficies au-delà de ce seuil entrainera inévitablement une augmentation substantielle de la consommation d'eau et une surexploitation des RE souterraine. Pour grands, est-il vraiment opportun d'accorder des subventions pour 5 ha à cette catégorie ?
- Encourager des systèmes de pompage collectif en accordant des taux de subvention préférentiels aux agriculteurs désirant abandonner le pompage individuel pour le pompage collectif.
- Création de mécanismes de contrôle pour se conformer aux conditions de subvention
 - Exiger des certifications sur les équipements utilisés.
 - Les prestataires doivent être labellisés par un établissement public agréé.
 - N'accorder la subvention qu'après validation, par l'administration, de l'installation conformément au Cahier de charges.
 - Effectuer des visites de contrôle des volumes autorisés, de l'extension de la superficie irriguée et de l'introduction de cultures en intercalaire. Etant donné les moyens limités, ces contrôles seront effectués au niveau de quelques exploitations à titre persuasif.
 - Equiper les installations de compteurs spéciaux pour la transmission automatique des volumes pompés et utiliser la télédétection pour le contrôle de l'extension et de l'assolement.
- Renforcer les actions de sensibilisation sur la maîtrise de l'irrigation et la nécessité de sauvegarder des ressources en eau souterraine.

Etudes complémentaires :

- Etudes complémentaires pour limiter l'effet négatif de l'augmentation de la consommation d'eau.
- Elaboration d'un guide pratique sur le dimensionnement des installations PV agricole.
- Evaluer les incitations pour utiliser le PV pour autres consommations énergétiques (électrification de la ferme,) qui causerait une réduction indirecte du pompage.
- Evaluer/comparer les impacts de l'introduction du pompage solaire sur l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques.
- Réaliser un suivi au niveau d'un échantillon d'exploitations à disponibilités hydriques et pratiques agricoles similaires, par région, en vue d'évaluer avec plus de précision les impacts de la conversion en PV sur la consommation d'eau et sur la situation socio-économique de l'agriculteur.

EXECUTIVE SUMMARY

Study objectives and context

In recent years, the drop of price of the photovoltaic technologies led to a progressive development of PV pumping, which comes to compete with other sources of energy, especially after waiving the subsidy on fossil fuels. To promote the development of this technology, the Moroccan State plans to subsidize solar pumping over an area of 100,000 ha over 3 years.

Work carried out by IWRM (Integrated Water Resources Management) in several watersheds in Morocco has shown that the attitude of a farmer with respect to water is strongly correlated with the availability of water resources and the level of profitability that gives him the use of this water.

This study aims to better understand how conversion to solar pumping can affect a farmer's water use and socio-economic status, compared to other water pumping technologies. The answer to these questions is of paramount importance in view of planned investments and the need to safeguard groundwater resources.

Methodology

The core of the study consists of a field survey that concerned 150 farmers spread over of three zones: Marrakesh, Midelt and Tata. At the level of each zone, 50 farmers were interviewed, half of whom are farmers with solar pumping systems, the other half are farmers using other pumping systems namely butane, diesel and electric. The three zones present distinct geographical, climatic and agricultural contexts: Marrakesh is a lowland area characterized by a wide variety of crops, dominated by olive plantations. The mountainous area of Midelt is mainly characterized by fruit plantations, with apples being the main crops. The Oasis of Tata is predominantly characterized by agriculture with date palms and understory crops.

Results

- SPIS technology is recent in Morocco. Farmers started to integrate PV pumping systems in significant numbers from 2015 on.
 - Regarding the actual situation of water resources and the decline of groundwater tables, the majority of the surveyed farmers in Marrakesh and Midelt consider to have reached a stage of shortage or risk of shortage. In contrast, the situation perceived by farmers in Tata is considered to be less alarming.
 - Apart from the risk of incorrect PV system sizing and possibility of theft, PV has a very high level of satisfaction compared to other energy sources (93% satisfaction compared to 24% butane, 22% grid, 8% diesel), due to its low operation cost, the ease of its management and the continuity of energy supply.
 - The majority of interviewed farmers (96%) take a switch to PV into consideration. However, the lack of subsidy for this equipment, the high upfront cost and the refusal of certain suppliers to offer payment facilities are factors that slow this process. Nonetheless, the interviewed farmers have high expectations of the planned subsidy for solar pumping systems.
 - Irrigation management: The majority of the farmers (90%) do not adapt irrigation management techniques.
 - The impact of the conversion to PV pumping systems on water consumption shows an upward trend. However, the impact varies significantly in the investigated zones. In Marrakesh, 31% of the farmers who adopted PV declared an increase in their water consumption. This rate is higher in Tata (60%) where the impact is stronger. In Midelt, the adoption of PV technology had negligible impact on the water consumption.
- Factors that lead to an increased water consumption are the possibility of extending the irrigated area on neighboring land and the introduction of intercropping (case of Tata), and the increase in water supply for the same crops in regions under deficit irrigation (case of Marrakesh). The factors that can guarantee unchanged water consumption are hydrogeological conditions that limit yields of aquifers, as well as fixed irrigated areas and crop rotations that do not allow intercropping (e.g. apple tree plantations in Midelt).
- The impact of solar pumping systems on the socio-economic situation of the farmer is mainly positive. The return on investment time between 2.7 and 3.6 years and the increased profit margin from 7,600 to 113,600 MAD per hectare allow farmers to reuse the gains, in the first place to increase produc-

tion, secondly for family expenditure purposes and finally to equivalent levels for agricultural investments and repayments of loans granted for the purchase of PV installations.

- Much of the improvement in the economic situation is due to gains in operating and capital costs as a result of switching to solar pumping systems. This gain represents on average 80% of the improvement of the economic situation of a farmer and amounts to 6,700 MAD/ha/yr for switching from electrical pumping system, 7,300 MAD/ha/yr for switching from butane pumping systems and 8,600 MAD/ha/yr from diesel pumping systems.
- In case of the subsidy programme being implemented, the average economic impact of switching to PV would increase from 8,250 to 12,500 MAD/ha depending on the zones.
- With regard to a conditional subsidy for PV installations, more than half of the farmers (57%) would agree to abandon their individual wells for collective wells if the government supported the maintenance costs of the system and if the water distribution between farmers is defined beforehand and respected. Opponents refuse due to difficulties in managing common properties goods and the risk of potential conflicts between the farmers.
- The majority of the farmers accept to control the water consumption (86% agree on the installation of water meters, 73% support the idea of concluding participatory water management contracts) under the condition that the negotiated water volume is sufficient to cover crop needs.

The main conclusions are:

1. Without the involvement, adherence and commitment by farmers to comply with regulations that would fix the conditions for granting the subsidy and maintain water consumption unchanged, an increase in the water consumption is to be expected after adopting the PV technology. The magnitude of this increase is a function of water availability, land ownership and cropping patterns. Experience has shown that previously introduced regulations are poorly respected and control remains very limited, due to a lack of resources.
2. For small farmers, and depending on the zone, the socio-economic advantage seems to outweigh any possible increase in water consumption, as it is the case for the Marrakesh zone. In the oasis areas, the socio-economic advantage is of more

importance, however, depending on a substantial increase in the water consumption. In these areas, the subsidy may encourage practices that increase water consumption (extension of land, intercropping practices) and thus, endangers the sustainability of water resources and agricultural activities. For large producers, a subsidy limited to 5 ha will have a limited impact on water consumption as farmers in this category are small in number and often own specialized farms with fixed acreage and rotation. However, if the subsidy for large producers is granted for larger areas, there is a risk of a significant boost of water consumption, disproportionate compared to the socio-economic advantage that could be generated by the conversion to PV.

Recommendations

In order to limit the negative impact that the subsidization of PV installations may have on water consumption, the following recommendations are proposed:

Technical dimension:

- Require correct dimensioning of PV installations. For this purpose, the development of PV installations must be entrusted to authorized entities (consulting firms, installers, suppliers/distributors) in order to ensure adequate sizing, high quality equipment with traceability and a contractualisation of services. The design study must be verified and validated by the Administration. Proper sizing is one of the best ways to prevent the risk of increased water consumption, it is important to avoid over-sizing of PV installations.
- Promote the labeling project conducted by AMISOLE (Moroccan Association for Solar and Wind Power Industries) in partnership with the AMEE (the Moroccan Agency for Energy Efficiency).
- Require water-saving PV irrigation systems including PV systems with ICT (Information and Communication Technologies) solutions that detect in real time the water needs of a given crop at a given moment.
- Condition the subsidy by improving irrigation management based on advice and specific training, the development and dissemination of smartphone applications for irrigation management.

Governance Aspects:

- Establish participatory water management contracts between administration and the farmers benefiting from the subsidy. These contracts define the rights and obligations of both parties, including:
 - The definition of the volume of water that each farmer is allowed to pump. This volume will consider local water availability.
 - The installation of water flow meters.
 - The prohibition of extension of the irrigated area and the introduction of new intercropping practices.
- Limit the subsidy of PV installations for an area of less than five hectares so that the impact on water consumption is maintained at a relatively low level. For smallholders, the economic impact is substantial. It will improve the income and contribute to the reduction of poverty and vulnerability. Medium farmers can benefit from the subsidy up to five hectares, because granting a subsidy for areas beyond this threshold will inevitably lead to a substantial increase in water consumption and overexploitation of groundwater resources. For large farmers, would it be appropriate to grant subsidies for 5 ha?
- Encourage collective pumping systems by granting preferential subsidy rates to farmers who wish to abandon individual pumping for collective pumping.
- Establish control mechanisms to comply with the subsidy conditions:
 - Require certifications for the installed equipment.
 - Equipment providers must be labeled by an approved public institution.
 - Grant the subsidy only after validation, by the Administration, of the installation design in accordance with the specific requirements.
 - Carry out control visits of authorized volumes withdrawals, irrigated areas and cropping patterns. Given the limited resources, these controls will be conducted at the level of some farms as a persuasive measure.
 - Equip installations with special meters for automatic transmission of pumped volumes and use remote sensing for the control of area extension and cropping patterns.
- Strengthen awareness-raising actions on irrigation management and the necessity to safeguard groundwater resources.

Complementary studies:

- Additional studies on limiting the negative effect of increased water consumption.
- Development of a practical guide on the accurate sizing of agricultural PV installations.
- Evaluation of possible incentives to use PV for other energy needs (e.g. electrification of the farm) which would cause an indirect reduction in pumping.
- Comparative impact assessment of the introduction of solar pumping on climate change mitigation and adaptation.
- Monitoring a sample of farms with similar water availability and agricultural practices, by region, to assess more accurately the impacts of PV on water consumption and the socio-economic situation of the farmer.



POMPAGE



SOLAIRE

PREAMBULE

La GIZ a confié au BET RESING la réalisation de l'étude "Investigation de l'impact des installations de pompage solaire sur la consommation d'eau et la situation socio-économique d'un agriculteur".

Le présent rapport expose les résultats de l'enquête menée dans le cadre de cette étude, dont l'objectif global est de mieux comprendre les liens existants entre l'usage du pompage solaire par les agriculteurs, les influences sur la consommation d'eau et la situation socioéconomique d'un agriculteur, par rapport aux autres technologies de pompage d'eau.

Plus spécifiquement, il s'agira de comprendre :

- de quelle manière une conversion au pompage solaire peut influencer le mode de pompage et la consommation d'eau (impact environnemental),
- de quelle manière l'investissement dans le pompage solaire peut impacter la situation socioéconomique de l'agriculteur concerné (impact socioéconomique),
- quelles peuvent-être les modalités de mise en place individuelle de ces systèmes pour qu'un contrôle et suivi puissent être opérés sur l'agriculteur,
- de quelle manière le subventionnement du pompage peut-il être associé à une gestion collective des ressources en eau, rationnelle et contrôlée par les pairs, avec pour finalité de réduire leur surexploitation.

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Les travaux réalisés par la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau) au niveau de plusieurs bassins hydrauliques du Maroc ont montré que l'attitude d'un agriculteur par rapport à l'eau est fortement corrélée à la disponibilité de celle-ci et au niveau de la rentabilité que lui procure l'usage de cette eau.

Un exemple très parlant de ce constat est celui de la conversion à la micro-irrigation. En effet, la subvention prévue par le Plan Maroc Vert (PMV) a encouragé les agriculteurs à procéder à une extension de la superficie irriguée et à l'intensification des terres, en pratiquant plusieurs cultures par an. Cette conversion a procuré à l'agriculteur des bénéfices nettement plus importants que ce qu'ils étaient quand il pratiquait l'irrigation gravitaire et ce, grâce à une économie en main d'œuvre et à une meilleure valorisation de l'eau (meilleure productivité et choix de cultures plus rentables). L'une des conséquences de cette conversion a été que les gains supplémentaires générés, largement constatés par les agriculteurs sur le terrain, se sont traduits par l'intensification et l'extension des cultures sur des zones initialement non irriguées. La conséquence d'un tel comportement a

été, paradoxalement, l'augmentation des volumes prélevés sur les eaux souterraines, contrairement à ce que prévoyait initialement le PMV.

D'autre part, le secteur des énergies renouvelables connaît une dynamique importante au Maroc. Cette dynamique pourrait profiter aux agriculteurs par la conversion du pompage diesel ou butane, au pompage solaire. Toutefois, la conversion des pompes à l'énergie solaire pourrait suivre la même tendance que celle observée par la conversion à l'irrigation localisée, à savoir une augmentation de la consommation d'eau suite à une réduction du coût de pompage et à une amélioration de la situation socioéconomique de l'agriculteur.

Partant de ce constat, la présente étude cherche à identifier les défis liés à l'eau et à l'énergie (pompage) auxquels doit faire face l'agriculture irriguée, et à mettre en évidence comment le nexus eau-énergie-production agricole devrait être traité, tout en levant ces défis dans le cadre d'une approche de gestion intégrée Eau-Energie.

2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

L'enquête de terrain constitue l'élément central qui permettra de fournir les données de premier ordre sur les comportements des agriculteurs par rapport à l'eau d'irrigation et à l'énergie de pompage, ainsi que la relation entre les deux.

L'enquête est ciblée autour des différents utilisateurs d'eau agricole issue de pompage thermique et solaire, y compris les gros, petits et moyens agriculteurs. Elle est fondée sur un questionnaire permettant de collecter les données nécessaires pour (i) répondre aux besoins de la caractérisation du comportement de l'agriculteur vis-à-vis de la consommation en eau en relation avec la consommation de l'énergie de pompage, et (ii) évaluer les impacts du pompage solaire sur la situation socio-économique de l'agriculteur et sur la consommation d'eau.

Sur la base des éléments issus des différentes sources d'information (revue bibliographique, rencontres avec les gestionnaires, expérience du Consultant), nous avons établi, pour chaque zone (Marrakech, Midelt et Tata), la liste des critères à considérer pour le choix des exploitations agricoles ont fait l'objet des enquêtes prévues par l'étude. Les critères considérés sont :

Pour le cas du Haouz,

- Source d'énergie.
- Type de périmètre d'irrigation : GH, PMH et IP.
- Taille de l'exploitation.
- Mode d'irrigation.
- Type de culture.

Pour le cas de Midelt et de Tata, les mêmes critères sont retenus à l'exception du critère "périmètre d'irrigation de la GH".

En définitive, la démarche proposée est comme suit :

- Identifier la population des exploitations disposant de pompage solaire.
- Analyser la structure et la typologie des exploitations concernées.
- Choisir un échantillon représentatif de cette population (Echantillon 1).
- A partir des exploitations se trouvant dans la même zone et contexte socioéconomique et agronomique, sélectionner un échantillon d'exploitations utilisant une source d'énergie autre que le solaire, présentant une structure aussi proche que possible de l'échantillon pompage solaire, ce sera l'échantillon 2.
- Procéder aux enquêtes dans les deux échantillons.

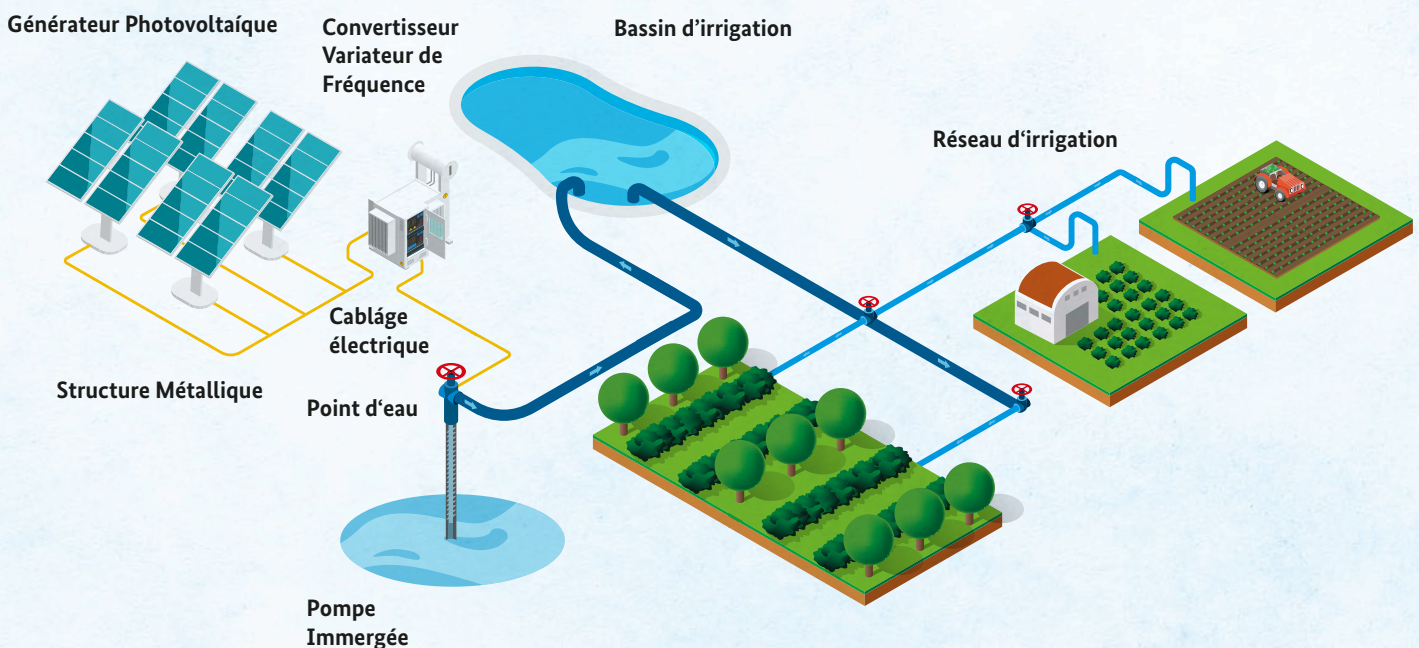


Figure 1a Schéma d'une installation du pompage PV (1)

3. SYSTEMES DE POMPAGE SOLAIRE (SPS)

Les systèmes de pompage solaire photovoltaïque utilisent la conversion du rayonnement solaire en électricité pour alimenter une pompe dans un forage ou un puits.

La différence qui existe entre un système de pompage solaire et un système de pompage classique est l'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques, d'un convertisseur et d'une pompe adéquate.

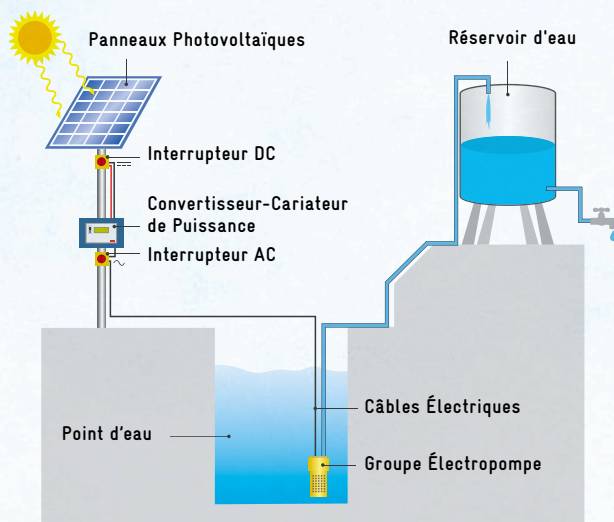
Les pompes utilisées peuvent être immergées, centrifuges ou volumétriques, selon les conditions d'utilisation.

Le pompage solaire présente des avantages indéniables. Outre le fait d'être une énergie propre et durable, le pompage solaire est devenu compétitif aux systèmes conventionnels. D'une part, les coûts d'exploitation et de maintenance sont faibles. D'autre part, l'évolution technologique, durant ces dernières années, a permis de baisser les coûts des modules et d'augmenter leur production pour offrir une technologie performante, fiable avec un bon rapport coût- efficacité, mettant à disposition un large choix de modèles et capacités selon le besoin, ce système peut être utilisées pour plusieurs exploitations.

3.1. Principe de fonctionnement

Sous l'effet des rayonnements solaires les modules PV génèrent un courant continu, et pour qu'il soit utilisé pour l'alimentation de la pompe, le variateur de fréquence intervient et transforme le courant continu généré en courant alternatif, il fait également varier la fréquence et la tension en fonction de l'énergie disponible. Ainsi la pompe alimentée en courant alternatif de source solaire pompe l'eau d'une hauteur basse (puits, forage) à une hauteur élevée de la surface de la terre (réservoir d'eau) pour que cette eau soit exploitée pour diverses applications, il s'agit d'un pompage au fil du soleil dont le fonctionnement dépend que de la disponibilité d'une bonne intensité solaire.

Lumière du Soleil



Un système de pompage photovoltaïque est constitué des composantes suivantes :

- Un générateur composé de modules photovoltaïques, interconnectés pour constituer une unité de production de courant continu. Il comporte aussi une structure métallique pour supporter l'ensemble.
- Une unité de conditionnement de puissance, constituée d'un convertisseur (onduleur), capable de faire varier la fréquence et la tension de sortie en fonction de la puissance disponible du générateur solaire, elle-même fonction de l'irradiation solaire qu'il reçoit.
- Un groupe électropompe immergé, constitué d'un moteur électrique à induction et d'une pompe centrifuge ou volumétrique.
- Un câblage électrique, par lequel transitent l'énergie du générateur au moteur, et les informations relatives aux contrôles de sécurité.
- Une infrastructure hydraulique qui conduit l'eau de sa source (souvent un puits ou un forage), jusqu'à un réservoir de stockage puis au réseau d'irrigation.



Photo 1 Installation photovoltaïque pour l'irrigation du palmier à Tata

Le dimensionnement et l'estimation du coût d'investissement est la base de tout projet, c'est ce qui par la suite permet de détecter le point de fonctionnement de chacun des éléments de la pompe et des panneaux pour pouvoir en tirer le maximum.

La puissance des panneaux à installer correspond à la puissance de pompe à alimenter, et pour dimensionner cette dernière on a besoin de connaître deux grandeurs majeurs : le débit et la hauteur manométrique totale.

Figure 1b Schéma d'une installation du pompage PV (2)

3.2. Situation du pompage solaire au Maroc

De par sa vocation agricole, le Maroc a connu de nombreuses avancées technologiques en matière d'irrigation et de gestion de la consommation d'eau à usage agricole, à travers la mise en place de techniques de goutte à goutte et de stockage via des bassins de rétention.

Cependant, l'accès à l'énergie permettant de mettre les eaux souterraines à la disposition des agriculteurs, est toujours demeuré une problématique majeure, dans la mesure où pour l'approvisionnement, le Maroc reste dépendant à plus de 90% de l'énergie fossile. De ce fait, les agriculteurs de toute typologie ont cherché à s'approvisionner par la source d'énergie la moins chère sur le marché. Ainsi, sur une longue période, le diesel et le butane, par le biais de subventions de l'état, se sont démarqués par leurs coûts relativement bas.

Certains propriétaires d'exploitations agricoles, qui sont connectés au réseau d'électricité, ont choisis le recours à des installations adaptées leur permettant d'être soulagés de la logistique imposée par l'approvisionnement régulier en diesel ou en bonbonnes de gaz et ce, malgré leur coût supérieur.

A partir de 2012, et grâce à la baisse des prix des technologies photovoltaïques, des installations de pompage solaire ont progressivement vu le jour et se sont mises à concurrencer les autres sources d'énergie, notamment suite à la suppression des droits de subvention des carburants fossiles par l'Etat. La lourdeur logistique induite par la gestion du stock des bonbonnes de gaz représentait également une contrainte importante.

Malgré l'investissement initial conséquent pour certaines catégories d'agriculteurs, le marché du pompage solaire photovoltaïque n'a cessé d'évoluer pour atteindre une puissance annuelle installée de 7 MWc, avec un chiffre d'affaires avoisinant les 65 millions de dirhams (AMISOLE, atelier organisé, en 18/12/2017, entre l'association allemande solaire BSW et l'AMISOLE), qui serait revu à la hausse grâce aux subventions annoncés par l'Etat dans les années à venir.

3.3. Stratégie de l'Etat en matière de promotion des SPS

L'Etat Marocain a lancé un programme de promotion du pompage solaire dans l'irrigation afin de réduire la facture énergétique et soulager la Caisse de Compensation. Ce programme, d'une puissance totale installée de 15 MWc, est en cours d'élaboration, avec un coût global estimé à 2,5 milliards de dirhams.

Sur cette facture globale, 1 milliard de dirhams sera destiné à la subvention du système photovoltaïque, tandis que 1,5 milliards de dirhams seront consacrés aux subventions de l'irrigation par le Fonds de Développement Agricole (FDA).

L'opération vise 100 000 hectares sur trois années. Sont ciblées près de 20 000 exploitations, principalement de petite et moyenne superficie, qui utilisent l'énergie thermique (gasoil et gaz butane) pour le pompage de l'eau. Pour en bénéficier, les agriculteurs doivent répondre à certains critères. Parmi les prérequis figurent le couplage des techniques d'irrigation économes en eau (goutte à goutte) avec des systèmes intégrés de pompage solaire, l'éligibilité à l'aide de l'Etat dans le cadre du FDA, et l'approbation préalable délivrée par les services compétents du Ministère de l'Agriculture, conformément à la réglementation en vigueur.

Les aides financières incluent une subvention de 50% du coût d'installation des panneaux photovoltaïques avec des plafonds de 15 000 Dh/ha, à hauteur de 5 ha.

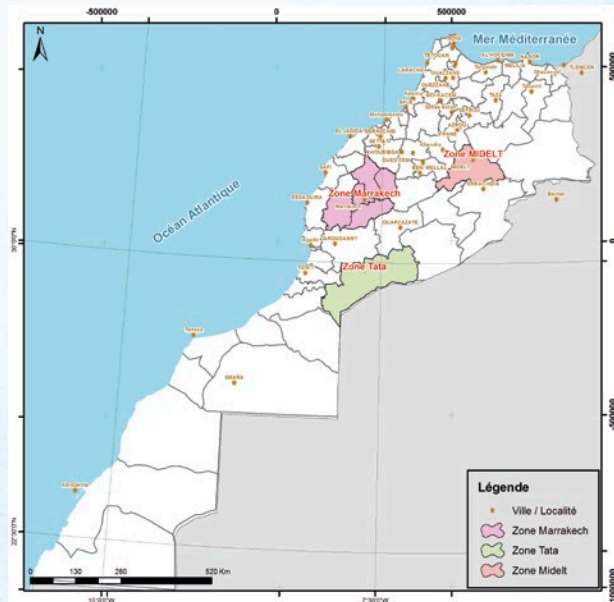
Cette initiative intervient dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie nationale de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030 ; il s'agit d'un dispositif qui vient diversifier les sources d'énergie, tout en accordant la priorité aux énergies renouvelables, qui devront représenter 52% en 2030.

Pour en bénéficier, les agriculteurs doivent répondre à certains critères :

- Le couplage des techniques d'irrigation économes en eau (goutte-à-goutte) et des systèmes intégrés de pompage solaire
- L'éligibilité à l'aide de l'Etat dans le cadre du FDA
- L'approbation préalable délivrée par les services compétents du ministère de l'Agriculture, conformément à la réglementation en vigueur

4. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE

La carte ci-après indique l'emplacement des trois zones d'étude. Celles-ci sont localisées dans des contextes géographiques, climatiques et agricoles différents.



Carte 1 Localisation des zones d'étude

4.1. Zone de Marrakech

La zone d'étude de Marrakech correspond à la zone d'action de l'ORMVAH (Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz) et à celle de la DPA (Direction Provinciale de l'Agriculture) de Chichaoua. Elle s'étend sur une superficie agricole irriguée de près de 341 000 ha.

4.1.1. Ressources en eau

Sur le plan des ressources en eau, la zone de Marrakech fait partie du système hydraulique du Tensift. Ce système est drainé par les oueds Chichaoua, AssifAlMal, N'fis, Rherhaya, Issyl, Ourika, Zat, Ghdat et Larh, qui constituent les affluents de la rive gauche de l'oued Tensift. Les débits des cours d'eau sont généralement très irréguliers au cours de l'année et les apports moyens des huit bassins versants sont de 654 Mm³/an.

Les eaux souterraines de la zone sont constituées par la nappe du Haouz Mejjate. L'effet des pompages a provoqué des baisses au niveau de l'ensemble de la nappe de l'ordre de 20 mètres en moyenne et qui atteignent 60 mètres au niveau des périmètres agricoles du N'Fis et du Haouz Oriental.

La zone se caractérise par un bilan actuel des ressources en eau déficitaire. Le déficit y est chronique et est accentué par une augmentation de la demande en raison du développement socio-économique de la région, ce qui engendre un déstockage continu de la nappe du Haouz-Mejjate, évalué à -111 Mm³/an.

4.1.2. Activité agricole

La zone de Marrakech abrite trois catégories d'irrigation : la Grande Hydraulique (GH), la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH) et l'Irrigation Privée. La GH s'étend sur 144 600 ha, la PMH sur 128 400 ha et l'irrigation privée est estimée à environ 68 000 ha.

L'activité agricole est assurée par une juxtaposition d'exploitations à caractère vivrier dont l'activité principale est axée sur l'olivier, les céréales et un élevage plus ou moins extensif, et d'exploitations modernes dont l'activité agricole est beaucoup plus axée sur des cultures à plus haute valeur ajoutée et davantage créatrices d'emplois, principalement l'olivier, le maraichage, les agrumes et un élevage conduit en intensif.

L'assolement se caractérise par une dominance des plantations occupant 65% des superficies irriguées. L'olivier, espèce cultivée la plus importante, occupe 76% des superficies plantées. Les agrumes connaissent un développement important ; leur superficie est passée de 6 600 ha en 2008 à 15 340 ha en 2016. Les céréales occupent presque 20% de la superficie irriguée, suivies des fourrages (9%) et du maraichage (7%).

Type de culture	Superficie (ha)	%
Céréales	63 480	19%
Maraichage	23 650	7%
Fourrages	30 870	9%
Plantations	222 181	65%
Olivier	169 200	76%
Agrumes	15 340	7%
Autres	37 641	17%
TOTAL GENERAL	340 181	-

Tableau 1 Assolement dans la zone de Marrakech (2016)

Les besoins en eau des cultures dans le bassin du Haouz-Mejjate s'élèvent à 1 613 Mm³/an (GIRE, 2016). Environ 50% sont assurés par les eaux de surface (eaux des barrages et oueds). Les prélèvements à partir de la nappe sont évalués à 664 Mm³ et couvrent 41% des besoins. Les agriculteurs prélèvent dans la nappe jusqu'à 3 000 m³/ha dans les périmètres de GH et de la PMH, et jusqu'à 6300 m³ dans les périmètres d'IP.

L'étude GIRE réalisée au niveau du bassin hydraulique du Haouz-Mejjate (2016) a montré que l'usage de l'eau dans le secteur agricole est soumis à de multiples contraintes à savoir :

- Un déficit hydrique structurel qui entraîne une sollicitation intense des eaux souterraines ; en année normale, les eaux de surface n'arrivent à couvrir que 50% des besoins en eau des cultures.
- Un assolement non adapté aux conditions hydroclimatiques du bassin. Des espèces fortement exigeantes en eau notamment les agrumes (8 700 m³/ha), les cultures maraichères d'été (9 000 m³/ha) et la luzerne (15 300 m³/ha).
- La prolifération des points de prélèvement illicites dans la nappe du Haouz-Mejjate.
- La prédominance de l'irrigation gravitaire, source de pertes d'eau importantes.

S'agissant du pompage solaire, 105 exploitations réparties dans la zone d'action de l'ORMVAH sont équipées en installations PV, totalisant une superficie de 1 136 ha. A ces exploitations il faut ajouter celles se trouvant sur le territoire de la province de Chi-chaoua pour lesquelles il n'existe pas d'inventaire exhaustif.



Photo 2 Plantations d'oliviers à Marrakech

4.2. ZONE DE MIDELT

4.2.1. Ressources en eau

Du point de vue hydraulique, la zone de Midelt est située au niveau du bassin hydraulique de la Moulouya. L'oued Moulouya naît de la confluence de l'oued Zaida et de l'oued Ansegmir juste à l'amont du barrage Hassan II. Les débits moyens mensuels de l'oued Moulouya dans la zone sont généralement faibles et très irréguliers au cours de l'année. Ce cours d'eau est régularisé par le barrage Hassan II, mis en eau en 2008, avec une capacité de 404 Mm³. Les apports moyens annuels au barrage Hassan II, situé à 10 km au nord de la ville de Midelt, sont de l'ordre de 174 Mm³/an pour la période 1931/32 à 2016/17, avec des extrêmes importants, de 690 Mm³/an au maximum à 9 Mm³/an au minimum.

Les eaux de ce barrage sont utilisées pour l'irrigation de la PMH située à son aval, dont la superficie dépasse les 11 000 ha, pour l'AEP des villes de Midelt, de Zaida et de Boumia et pour le transfert des eaux vers le barrage Mohammed V situé à proximité de la ville de Taourirt.

Sur le plan des eaux souterraines, la zone de Midelt comprend deux unités hydrogéologiques :

- L'unité de la Haute Moulouya, caractérisée par une multitude d'aquifères : le Primaire et Permo-Trias, le Lias, le Dogger, le Turonien, le Basalte et les alluvions quaternaires.
- L'unité de la Moyenne Moulouya, qui comprend plusieurs nappes : nappe des calcaires et dolomies du Lias (Domérien), nappe des calcaires et dolomies du Bajocien, nappe des grès et conglomérats du Miocène et nappe des formations plioquaternaires et des alluvions.

Le bilan de l'unité Moyenne Moulouya effectué dans le cadre du PDAIRE (Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau) présente un équilibre entre les entrées et sorties de la nappe, malgré l'irrigation qui représente environ 96% des usages des eaux souterraines. Les variations du niveau piézométrique témoignent de l'équilibre du bilan de la nappe.

4.2.2. Activité agricole

Le climat de la zone de Midelt est de type semi-aride, avec une pluviométrie annuelle inférieure à 200 mm. Etant donné l'aridité du climat, l'occupation du sol est dominée par les parcours et terrains incultes. La superficie irriguée est constituée de périmètres de PMH (20 000 ha) et de périmètres d'irrigation privée (IP) réservés surtout aux arbres fruitiers qui connaissent une progression soutenue grâce aux aides de l'Etat en matière de subvention de l'irrigation localisée (IL) et des plantations. Depuis 2010, la superficie équipée en IL dans le cadre du PMV, est de l'ordre de 4 000 ha.

Le *Tableau 2* montre que le statut juridique des terres est à dominance collectif (61%), statut rencontré essentiellement dans les terrains de parcours. C'est au niveau de ces terrains que de nouvelles fermes d'IP sont réservées aux plantations fruitières, qui souvent rencontrent des difficultés pour bénéficier de la subvention en l'IL en raison du statut juridique de ces terres.

Statut	Superficie (ha)	Taux (%)
Melk	194 034	19
Collectif	627 290	61
Domaine	214 154	20
Habous	532	-
TOTAL	1 036 010	100

Tableau 2 Statut juridique des terres- zone de Midelt

Sur un total de 32 806 exploitations, les petites exploitations de moins de 5 ha sont les plus nombreuses ; elles représentent 79% de l'ensemble des exploitations, suivies des moyennes exploitations de 5 à 10 ha (12,5%) et des exploitations > 10 ha (8,5%).

Classe des superficies	Nombre d'exploitations	Taux (%)
<5 ha	25 888	79
5 à 10 ha	4 111	12,5
>10	2 807	8,5
TOTAL	32 806	100

Tableau 3 Taille des exploitations – zone de Midelt

L'agriculture dans la zone de Midelt est dans son ensemble une agriculture traditionnelle, souvent vivrière, à laquelle est venue se greffer, depuis une vingtaine d'années, une agriculture moderne basée principalement sur l'arboriculture (principalement le pommier), les cultures maraichères (pomme de terre) et les cultures fourragères.

Midelt est la zone d'excellence du pommier, réputée pour sa qualité et le tonnage produit. La culture est en progression depuis

plusieurs années et occupe à présent 11 290 ha (*Tableau 4*), dont 4 040 ha sont sous IL. Le pommier est conduit au niveau de fermes modernes à densité élevée, selon des pratiques culturales avancées (fertigation, irrigation en goutte à goutte, protection anti-grêle,...). Le rendement moyen dans la zone est de 35 t/ha mais des rendements de pointe de 60 t/ha peuvent être obtenus. L'autre culture irriguée d'importance de la zone est la pomme de terre, elle occupe 4 000 ha notamment à Ait Yach.

Cultures	Superficie (ha)
Pommier	11 290
Abricotier	550
Prunier	500
Pêcher et nectarinier	350
Cerisier	250
Total arbres fruitiers	12 940
Pomme de terre	4 000
TOTAL	16 940

Tableau 4 Superficie des arbres fruitiers et du maraichage-Midelt

L'eau utilisée pour l'irrigation provient d'une combinaison des eaux de surface, des eaux souterraines et des eaux de source.

La demande en eau d'irrigation (PMH et irrigation privée) dans la province de Midelt est évaluée à 57 Mm³/an.

Les prélèvements d'eau souterraine à partir des puits et forages de la province de Midelt permettent l'irrigation de 4 346 ha répartis sur 2 146 exploitations. Le volume total prélevé s'élève à plus de 30 Mm³/an.

Les prélèvements annuels au fil de l'eau dépassent 71 Mm³. Les superficies irriguées à partir de ce volume atteignent 11 706 ha dont 3 779 ha ont un mode d'irrigation mixte (superficiel et souterrain).

La problématique posée par la baisse continue des ressources en eau pour l'irrigation est centrale pour le développement socio-économique dans la zone de l'étude. La sécheresse et la surexploitation de la nappe ont causé des baisses importantes, voire l'assèchement de certaines sources, plongeant les familles de petits agriculteurs dans la précarité.

Des efforts sont en cours dans le cadre du Plan Maroc Vert pour apporter des solutions à cette problématique. Citons entre autres (i) le projet de réhabilitation et de reconversion à la micro irrigation dans le périmètre d'Aïn Larais, (ii) le projet de création d'un périmètre de 1 000 ha à partir des eaux du barrage Hassan II et (iii) le projet de création d'exploitations privées de 2 000 ha sur le

territoire des Ait Massaoud. Ce dernier projet représente cependant une grande menace pour la nappe du fait qu'il est entièrement basé sur le pompage.



Photo 3 Plantation moderne de pommiers à Midelt

4.3. ZONE DE TATA

4.3.1. Ressources en eau

Sur le plan hydraulique, la zone de Tata (zone à dominante désertique) fait partie du bassin versant du bas Draa, qui s'étend sur 4 503 km². Le Draa y reçoit de nombreux affluents qui donnent lieu à la formation de fousms où les ressources en eau donnent naissance à des oasis de plus ou moins de grande importance.

Les ressources en eau superficielles sont estimées à 63,4 Mm³ comme apport moyen annuel, dont 32,7 Mm³ d'apport à Foum Zguid et 30,7 Mm³ à Foum Tissint. Les crues issues de ces bassins Sud Atlasiques s'épandent à l'aval des fousms et rejoignent, en partie, le cours de l'oued Draa.

Recouvertes en amont de regs d'éboulis et en aval de sédiments plus fins, les Feijas renferment des aquifères qui sont exploités au débouché des fousms, passages obligés pour toutes les eaux de l'anti-Atlas.

L'alimentation des aquifères de la zone est estimée à 984 l/s (634 l/s à Tissint et 350 l/s à Foum Zguid) et les prélèvements sont de 1 040 l/s (440 l/s à Tissint et 600 l/s à Foum Zguid).

L'évolution piézométrique de la nappe de cette région, entre 1990 et 2003, montre des tendances générales à la baisse, qui peut atteindre 8 m.

L'irrigation est assurée au moyen de puits et de khetaras (346 khetaras), et de plus en plus au moyen de pompes qui se développent en amont de Foum Zguid (1 239 puits dont 866 puits équipés) ; alors que pour la palmeraie de Tissint, située en aval du Foum, l'eau d'irrigation est prélevée directement en surface par des seguias.

Les traits caractérisant cette zone sont :

- l'insuffisance des aménagements hydro-agricoles,
- le manque d'entretien des infrastructures hydro-agricoles,
- la sécheresse et la raréfaction des ressources en eau souterraine.

4.3.2. Activité agricole

Au niveau de Tata, le climat est de type désertique avec des précipitations annuelles moyennes inférieures à 170 mm/an. La zone abrite deux zones agricoles gérées par deux organismes distincts : la zone de Foug Zguid est gérée par l'ORMVA de Ouarzazate, le reste du territoire de la province est gérée par la DPA de Tata.

Au niveau de Foug Zguid, en zone de palmeraie traditionnelle, la structure foncière des terres est caractérisée par la dominance de la micropropriété puisqu'en moyenne la taille des exploitations ne dépasse pas 1 hectare. En plus de la micropropriété, cette zone connaît un morcellement prononcé.

Pour le régime juridique des terres irriguées, celui-ci est dominé par le Melk qui caractérise plus de 64,8% des superficies, suivi du collectif avec 35,1%, du Habous avec 0,07% et du domaine de l'Etat avec 0,03%.

Dans la province de Tata, l'agriculture est du type oasien, pratiquée dans deux zones :

- la palmeraie traditionnelle : à agriculture de subsistance, où pratiquement le palmier dattier constitue l'ossature de l'agriculture avec des cultures sous étages (céréales, luzerne et maraichage) : 1er étage : le palmier dattier constitue l'espèce arboricole principale de l'étage;
- 2ème étage : caractérisé généralement par la culture des arbres fruitiers (notamment l'olivier);
- 3ème étage : le maraichage, les fourrages et les céréales demeurent les principales cultures cultivées dans cet étage. Vient s'ajouter à cela la culture du henné qui joue un rôle très important dans l'économie de certaines localités (Foug Zguid).

- la zone d'extension : c'est une zone hors palmeraie, qui connaît la création de nouvelles fermes constituées à 80% de jeunes plantations de palmier. Ce sont des plantations conduites en intensif avec des densités élevées, irriguées au goutte à goutte et où l'agriculteur utilise des variétés à haute valeur ajoutée telles que le Majhoul, Boufeggous, Jihl, etc. dont les prix dépassent les 30 Dh/kg. Le rendement visé est de 35 à 50 t/ha. La zone d'extension connaît également un fort développement des cultures maraichères principalement la pastèque, culture rentable, produite précocement et qui connaît une forte extension dans la zone. Ces cultures sont fortement consommatrices d'eau ce qui entraîne un pompage excessif dans la nappe.

Avec le développement de ces fermes et la prolifération des puits, les eaux de surface dans les palmeraies sont devenues insuffisantes. Le pompage excessif en amont affecte les résurgences alimentant les eaux de surface.

L'assolement pratiqué est donné dans le tableau qui suit :

	Zone DPA		Zone Foug Zguid		Total
	Superficie (ha)	Rendement (t/ha)	Superficie (ha)	Rendement (t/ha)	
Céréales	850	1,5	2 820	2,1	3 673,6
Fourrages	700	60	480	51,4	1 291,4
Maraichage	90	11,1	329	12,7	442,8
Olivier	330	0,84	18 100 pieds	-	-
Amandier	50	0,1	17 700 pieds	-	-
Palmier	3 500	1,6	207 000 pieds	-	-
Henné	30	0,07	240	3,14	273,2

Tableau 5 Assolement dans la zone de Tata

Photo 4 Plantations de palmiers à Tata





Photo 5 Culture de pastèque en zone d'extension –Foum Zguid

Concernant le pompage solaire, et d'après les responsables de la DPA, il existe à présent une dizaine d'installations PV au sein de la palmeraie, mais la majeure partie du pompage solaire se trouve au niveau de la zone d'extension. A noter que les agriculteurs de la zone sont conscients des avantages du pompage solaire et ils affichent à ce sujet une forte attente concernant son subventionnement prévu. Les gestionnaires de l'agriculture à Tata jugent qu'avec la baisse du coût des installations PV, la multiplication des fournisseurs et la suppression progressive de la subvention des carburants fossiles, les agriculteurs vont s'orienter vers le pompage solaire.



Photo 6 Installation photovoltaïque en palmeraie traditionnelle - Tata

5. ENQUETE SUR L'IMPACT DU POMPAGE SOLAIRE SUR LA CONSOMMATION D'EAU ET LA SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE D'UN AGRICULTEUR

L'enquête a pour but d'évaluer l'impact du pompage solaire sur la consommation d'eau et la situation socio-économique de l'agriculteur, d'avoir l'appréciation des agriculteurs vis-à-vis des systèmes de pompage utilisés et leur point de vue en ce qui concerne l'éventualité de la mise en place d'une subvention du matériel photovoltaïque, sous des conditions visant la préservation des ressources en eau souterraine.

5.1. CHOIX DES EXPLOITATIONS VISITEES

Pour le choix des échantillons, le consultant a pris comme point d'entrée deux critères, à savoir : le type de pompage pratiqué par les agriculteurs et la taille des exploitations. Sur cette base, il est possible d'identifier, selon le premier critère, 4 sous populations :

- Exploitations utilisant le pompage solaire,
- Exploitations utilisant le pompage par butane,
- Exploitations utilisant le pompage par gasoil,
- Exploitations utilisant le pompage électrique.

Pour le critère de taille des exploitations, le consultant a pris le découpage suivant :

- Petites exploitations ≤ 5 ha,
- Moyennes exploitations de 5 à 20 ha,
- Grandes exploitations > 20 ha

Au niveau de chaque zone, la moitié de l'échantillon, à savoir 25 exploitations, était réservée aux exploitations équipées en PV, les 25 autres exploitations comprenaient les trois autres sources d'énergie de pompage.

En définitive, la démarche poursuivie pour le choix des exploitations peut être décrite de la façon suivante :

Exploitations équipées en PV seul :

Au niveau de la zone de Marrakech, une liste d'agriculteurs disposant du pompage solaire a été mise à la disposition du consultant par les agents de l'ORMVAH (*annexe 1*). Il s'agit de 105 exploitations réparties dans la zone d'action de l'ORMVAH totalisant une superficie de 1136 ha. Le consultant a utilisé le critère « taille des exploitations » pour déterminer le pourcentage d'exploitations appartenant aux 3 classes de SAU préalablement définies. Le consultant a par la suite multiplié ces pourcentages par 25, afin d'obtenir le nombre d'exploitations à visiter par classe de taille. Le choix des exploitations au sein de chacun des 3 groupes de classe de SAU a été effectué de manière aléatoire.

Les 50 exploitations de la zone de Marrakech ont été réparties spatialement, entre la zone d'action de l'ORMVAH et la zone DPA de Chichaoua. Pour la zone DPA de Chichaoua, les exploitations visitées ont été sélectionnées avec l'appui des autorités locales.

Au niveau de Midelt, une liste des exploitations équipées en installations PV a été obtenue auprès de fournisseurs locaux de matériel photovoltaïque (*annexe 2*). Concernant la zone de Tata, une liste des exploitations équipées en installations PV (*annexe 3*) a été fournie au consultant par différents organismes : DPA de Tata, ORMVA de Ouarzazate et ALCESDAM (Association pour la Lutte Contre l'Érosion, la Sécheresse et la Désertification Au Maroc). Chacune des listes, de Tata et Midelt, comprend une cinquantaine d'exploitations de taille différente. La démarche de fixation du nombre d'exploitations à visiter pour chaque classe de superficie, est similaire à celle suivie au niveau de la zone de Marrakech.

Exploitations à sources d'énergie de pompage autres que le PV :

Pour les 3 zones de l'étude, les 25 exploitations restantes ont été réparties entre les 3 autres modes de pompage (butane, gasoil et électrique). Le nombre d'exploitations à enquêter par source d'énergie a été déterminé sur la base du pourcentage d'utilisation estimé de ces sources d'énergie, par zone. Ce pourcentage, multiplié par 25, a donné le nombre d'exploitations à visiter, par source d'énergie de pompage.

5.2. ELABORATION DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire adopté pour la réalisation des enquêtes a été conçu de manière à (i) collecter, au niveau de chaque exploitation, des données liées à la consommation en eau, à l'énergie de pompage et aux aspects de production agricole et retour socio-économique de cette production et (ii) servir de guide d'entretien avec les agriculteurs ciblés par l'enquête.

Le questionnaire comprend quatre volets globaux (*Tableau 6*), en plus de questions diverses qui traitent du comportement et de la perspective de l'agriculteur par rapport à l'énergie de pompage utilisée, au pompage solaire, et de la situation des ressources en eau. Le questionnaire est donné en *annexe 4*.

Le tableau suivant montre les différentes rubriques qui composent chaque volet du questionnaire, ainsi que les données prises

en compte pour la constitution de la base de données qui sert de fondement pour l'analyse des résultats des enquêtes.

Volets	Rubriques	Donnees cibles
Identification	- Identification de la fiche - Identification de l'interlocuteur - Identification de l'exploitation	- Localisation et caractéristiques de l'exploitation - Éléments de traçabilité de l'enquête
Caractérisation des ouvrages de captage et des équipements de pompage	- Captages disponibles - Equipements de pompage solaire - Equipements de pompage électrique - Equipements de pompage par butane - Equipements de pompage par gasoil	- Données sur les captages d'eau - Données sur les systèmes de pompage - Données sur l'énergie utilisée
Production agricole	- Calendrier cultural - Dotations d'eau par culture	Données permettant de déterminer : - Niveau de consommation d'eau - Niveau de consommation d'énergie
Agro-économique	- Coûts d'investissement - Charges récurrentes de l'exploitation - Produits de l'exploitation	- Marge bénéficiaire (DH/ha/an), - Temps de retour sur investissement (an), - Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement (DH/ha/an).

Tableau 6 Volets et rubriques du questionnaire

5.3. DEROULEMENT DE L'ENQUETE

Enquête généralisée :

L'enquête s'est déroulée selon le planning suivant

- Zone de Marrakech : du 23/11/2017 au 26/01/2018
- Zone de Midelt : du 11/12/2017 au 01/01/2018
- Zone de Tata : du 14/12/2017 et 29/12/2017

Au niveau de la zone de Marrakech, l'enquête a été réalisée par les équipes mises en place par RESING. A Midelt et Tata, l'enquête a été réalisée par les équipes mises en place par le projet EDMITA.

L'enquête généralisée a été précédée par des enquêtes pilotes.

Formation des enquêteurs et conduite des enquêtes pilotes :

Zone de Marrakech :

L'enquête pilote a été conduite du 24 au 26 octobre 2017 et a porté sur 5 exploitations qui ont été sélectionnées avec l'appui de l'ORMVAH.

Zone de Midelt et Tata :

La séance de formation théorique a porté sur :

- Une présentation de l'étude portant sur le contexte de l'étude, les objectifs, le déroulement de l'enquête généralisée et l'échantillon.
- Une présentation du questionnaire
- Une présentation du masque de saisie.

6. RESULTATS DE L'ENQUETE

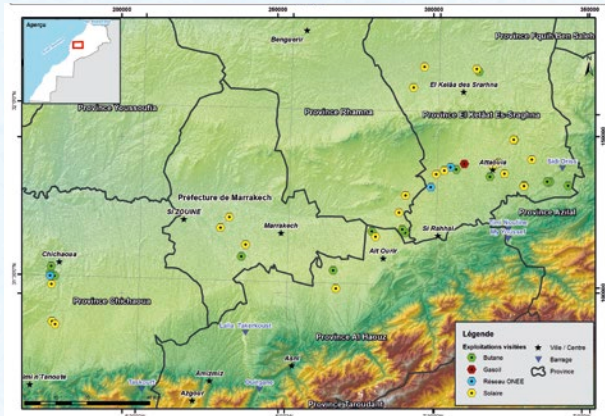
6.1. TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS VISITEES

6.1.1. Nombre d'exploitations visitées

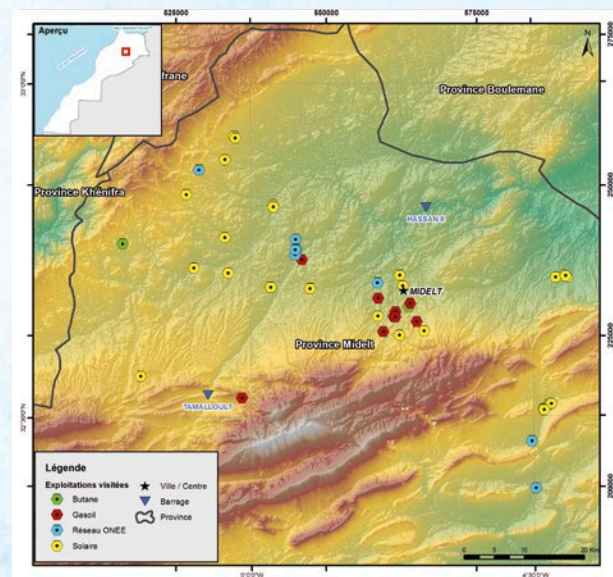
Au total, 150 exploitations ont été visitées à raison de 50 exploitations par zone d'étude (cartes 2,3 et 4). Les exploitations sont réparties sur 7 provinces et 45 communes des trois zones d'étude et ce, dans le but de toucher les différentes catégories d'exploitations (Tableau 7). La liste des exploitations avec leurs caractéristiques sont données dans l'annexe 5.

Zone	Province	Nombre de communes	Nombre d'exploitations
Marrakech	Marrakech	2	5
	El Kalaa	16	30
	Al Haouz	2	4
	Rhamna	1	4
	Chichaoua	2	7
Midelt	Midelt	13	50
Tata	Tata	9	50
TOTAL	7	45	150

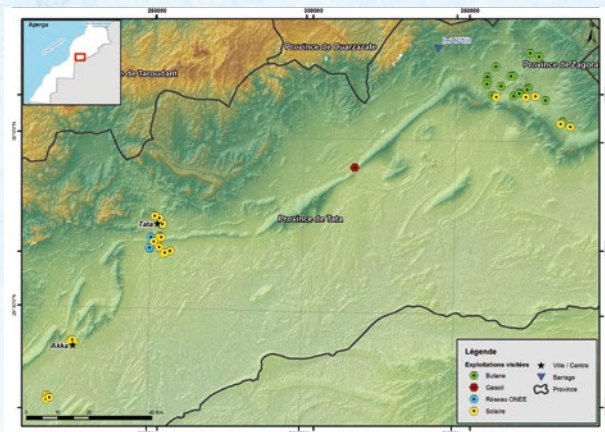
Tableau 7 Statut juridique des terres- zone de Midelt



Carte 2 Localisation des exploitations visitées dans la zone de Marrakech



Carte 3 Localisation des exploitations visitées dans la zone de Midelt



Carte 4 Localisation des exploitations visitées dans la zone de Tata

6.1.2. Distribution des exploitations selon les critères d'échantillonnage

Le tableau suivant dresse une synthèse de la distribution des exploitations par critère d'échantillonnage. Il ressort que l'ensemble des critères retenus sont représentés au niveau des exploitations choisies. L'analyse de la distribution des exploitations par critère est donnée ci-après.

Zone	Categorie de perimetre			Taille des exploitations (Ha)			Energie de pompage				Mode d'irrigation	
	GH	PMH	IP	≤ 5	5 à 20	>20	Solaire	Butane	Réseau	Gasoil	Gravitaire	Localisé
Marrakech	23	6	21	19	27	4	25	20	4	1	43%	57%
Midelt	0	0	50	24	21	5	25	5	10	10	18%	82%
Tata	0	7	43	26	17	7	23	21	4	2	35%	65%
TOTAL	23	13	114	69	65	16	73	46	18	13	33%	67%

Tableau 8 Synthèse de la distribution des exploitations par critère d'échantillonnage

Distribution des exploitations par source d'énergie de pompage

L'analyse de la *figure 2* montre que l'ensemble des sources d'énergie de pompage sont représentées dans l'échantillon à des degrés différents. Mises à part les exploitations PV dont le nombre était fixé au préalable à la moitié de l'effectif de l'échantillon (25 exploitations sur 50 visitées dans chaque zone), on note que :

- les exploitations utilisant le butane sont prédominantes au niveau des zones de Marrakech et de Tata (environ 40% des exploitations visitées utilisent le butane) et peu fréquentes au niveau de la zone de Midelt (10%). Ceci paraît être en accord avec l'importance que connaît l'utilisation de cette source d'énergie pour le pompage dans ces zones. La question de la faible représentativité du butane à Midelt a été posée à certains agriculteurs qui ont affirmé qu'ils sont restés sur le gasoil par habitude et n'ont pas pris l'initiative de passer au butane sachant que ce dernier est moins cher que le gasoil.
- les exploitations utilisant le gasoil et le réseau sont plus fréquentes à Midelt (20% pour le gasoil et 20% pour le réseau) que dans les autres zones (4% pour le gasoil à Tata, 2% à Marrakech et 8% pour le réseau dans ces deux zones).

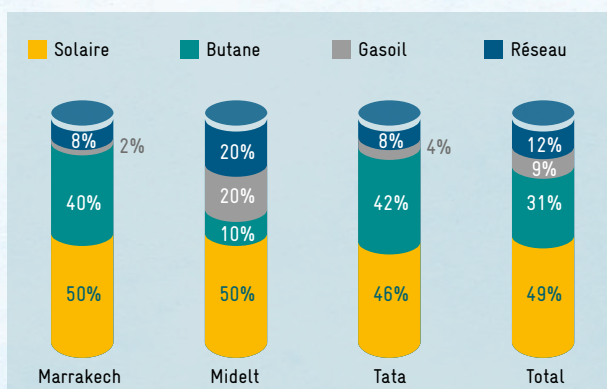


Figure 2 Répartition des exploitations enquêtées par source d'énergie de pompage

Taille des exploitations

La figure suivante montre que l'ensemble des classes de taille des exploitations sont représentées dans les échantillons des trois zones. Les échantillons sont constitués en majorité d'exploitations de taille petite (<5 ha) et moyenne (5 à 20 ha), selon les proportions suivantes :

- petites exploitations : 38%, 48% et 52% dans les échantillons de Marrakech, Midelt et Tata,
- moyennes exploitations : 54%, 42% et 34%.

Quant aux grandes exploitations (> 20 ha), elles sont moins représentées (8%, 10% et 14% respectivement dans les zones de Marrakech, Midelt et Tata.

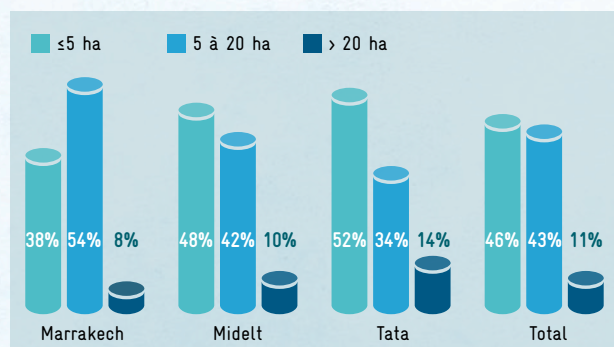


Figure 3 Distribution des classes de taille des exploitations enquêtées

Distribution des exploitations par catégorie de périmètre d'irrigation

Au niveau de la zone de Marrakech, l'enquête a touché des exploitations au niveau des trois catégories de périmètre d'irrigation dans les proportions suivantes : 42% dans les périmètres de la GH, 46% dans les périmètres d'IP et 12% dans la PMH. Signalons que les exploitations en GH et en PMH utilisent à la fois les eaux de surface (eau des barrages et des oueds) et les eaux souterraines ; celles en IP utilisent uniquement l'eau souterraine.

Au niveau de Tata, 7 exploitations sur 50 se trouvent dans les périmètres de PMH (zones de palmeraies traditionnelles), le reste se trouvant dans les périmètres d'IP en zone d'extension.

Au niveau de Midelt, l'ensemble des exploitations visitées se trouvent dans les périmètres d'IP.

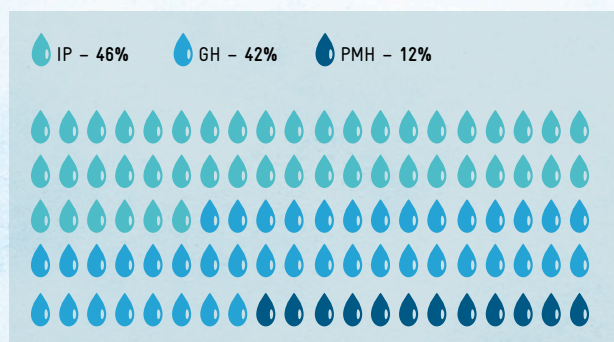


Figure 4 Distribution des exploitations par catégorie de périmètre d'irrigation

Cultures dominantes pratiquées

Il ressort du tableau suivant que les systèmes de production végétale sont différenciés d'une zone à l'autre.

Au niveau de la zone de Marrakech, le système est basé sur une polyculture avec une dominance de l'olivier cultivé de manière traditionnelle, souvent en association avec les céréales et les fourrages, au niveau des petites et moyennes exploitations. Il est par contre cultivé de manière intensive au niveau des grandes fermes. Les agrumes, et sous l'impulsion du PMV, connaissent un développement important dans la zone. Les arbres fruitiers, notamment l'abricotier et la vigne, occupent une superficie assez importante dans la zone.

La zone de Midelt est à vocation arboricole ; principalement le pommier, qui est cultivé sur des superficies importantes.

A Tata, c'est le système oasien qui est le plus rencontré, avec le palmier dattier qui constitue l'ossature de l'agriculture oasienne associé aux fourrages (luzerne) et au henné. On note également le développement soutenu de la culture de pastèque

dans la zone, étant donné sa rentabilité et son entrée en production précoce.

Zone	Cultures dominantes
Marrakech	Olivier, Agrumes, Abricotier, Luzerne, Céréales
Midelt	Pommiers, Rosacées
Tata	Palmier, Pastèque, Fourrages, Henné

Tableau 9 Cultures dominantes dans les zones d'étude

Distribution des exploitations par mode d'irrigation

Au niveau de l'échantillon global, toutes sources d'énergie confondues, les deux tiers des exploitations visitées sont équipées en localisé, le reste en gravitaire. Ces proportions sont presque vérifiées dans les trois zones.

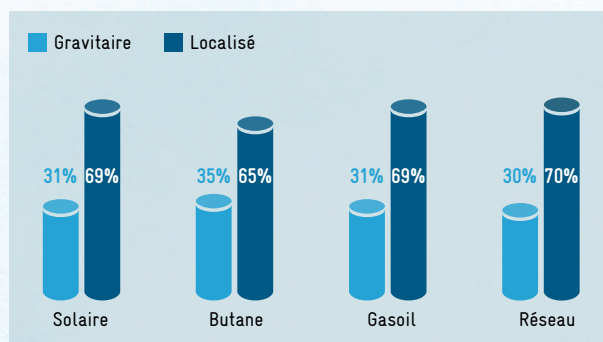


Figure 5 Répartition relative des modes d'irrigation par énergie de pompage - moyenne des trois zones

Il est par ailleurs utile d'analyser la relation qui peut exister entre le pompage solaire et le mode d'irrigation adopté par les agriculteurs. La figure ci-après montre que lorsqu'il y a pompage solaire, les deux tiers des exploitations visitées sont équipées en localisé, ce qui signifie que les agriculteurs s'orientent vers le couplage du pompage solaire avec l'irrigation localisée. Néanmoins, le tiers des exploitations restent encore sous le gravitaire, en partie, en raison du statut juridique collectif des terrains en zones d'extension à Midelt et à Tata, terrains non éligibles pour bénéficier de la subvention à la conversion en IL.

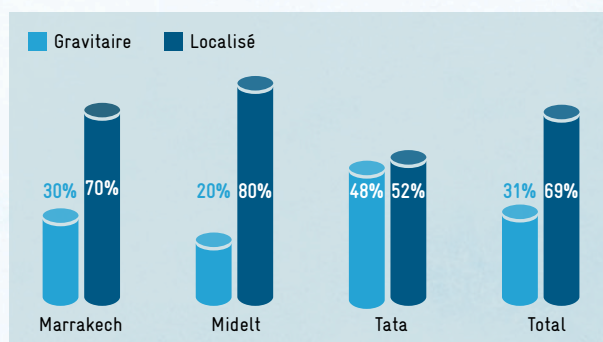


Figure 6 Modes d'irrigation sous pompage solaire

6.2 APPRECIATIONS DES AGRICULTEURS VIS-A-VIS DES SYSTEMES DE POMPAGE

6.2.1. Appréciation de la situation de l'eau au niveau des zones concernées

La majorité des agriculteurs des zones de Marrakech et de Midelt jugent que la situation des ressources en eau a atteint le stade de pénurie ou de risque de pénurie, et seulement un nombre restreint (17% et 4% respectivement) estiment que la situation est bonne.

Au niveau de Marrakech, malgré cette prise de conscience vis-à-vis des ressources en eau, les travaux réalisés dans le cadre de la GIRE du bassin du Haouz-Mejjate ont montré qu'en réalité, le comportement des agriculteurs est souvent en contradiction avec leurs déclarations. Les agriculteurs s'engagent plutôt vers des pratiques de surexploitation des ressources en eau souterraine, à travers une extension des terrains irrigués et une prolifération des points de prélèvement dans la nappe.

La situation est jugée plus alarmante à Midelt. Cet avis est partagé par les responsables de la DPA qui ont souligné que la région connaît de sérieux problèmes des RE, notamment suite aux deux dernières années de sécheresse (2015 et 2016) qui ont eu comme conséquence des problèmes d'approvisionnement en eau dans les périmètres de PMH et une baisse de la nappe qui a atteint 17 mètres en certains endroits. Ces responsables jugent que l'utilisation rationnelle de l'eau est une condition nécessaire et indispensable pour préserver les RE et assurer une durabilité de l'activité agricole.

En revanche, la situation des ressources en eau est considérée moins alarmante au niveau de Tata, en ce sens que le tiers des agriculteurs interviewés estiment que la situation est bonne ; les deux autres tiers pensent qu'avec l'extension et l'intensification il y a un risque de pénurie. Les responsables de la DPA déclarent qu'il n'y a pas de baisse notable de la nappe, mais affirment que là où l'eau souterraine est disponible il y a extension et sur-irrigation, particulièrement dans la zone de recharge de la nappe, ce qui a impacté les résurgences au niveau de la palmeraie traditionnelle. Les responsables jugent que l'utilisation rationnelle de l'eau d'irrigation est inévitable si l'on veut préserver les ressources en eau.

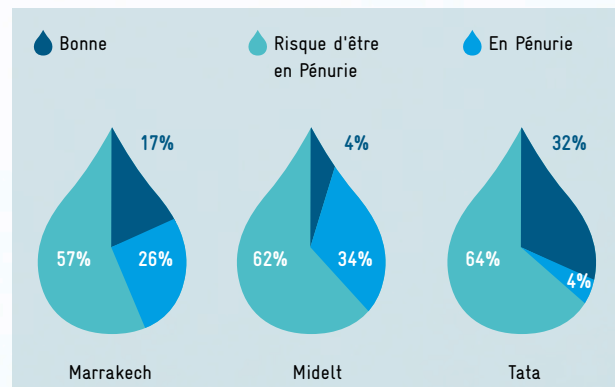


Figure 7 Appréciation des agriculteurs vis-à-vis de la situation des ressources en eau

Concernant la profondeur des nappes, et sur la base des déclarations des agriculteurs, le niveau statique moyen des points de prélèvement est donné dans le *Tableau 10*. Il ressort que le niveau statique de la nappe est autour de 51 m à Marrakech, 21 m à Midelt et 14 m à Tata.

Zone	Niveau statique moyen des points de prélèvement (m)
Marrakech	51
Midelt	21
Tata	14

Tableau 10 Niveau statique moyen des points de prélèvement (en mètres)

A la question « De combien la nappe a-t-elle baissé ? », les agriculteurs ont répondu comme suit :

- A Marrakech ; à partir des années 1980, la baisse variait de 0,18 à 3,43 m/an par endroit.
- A Midelt, les agriculteurs se trouvant dans les périmètres de la PMH en zone piémont déclarent l'existence d'une bonne réactivité de la nappe vis-à-vis des précipitations. Néanmoins, les responsables de la DPA affirment que la zone connaît de sérieux problèmes en RE notamment suite aux années sèches 2016 et 2017 qui ont causé un déficit important au niveau des périmètres de la PMH et le dessèchement de certains puits.
- A Tata, la baisse est moindre ; elle se situe entre 0,1 et 0,25 m/an.

6.2.2. Critères de choix du type d'énergie de pompage

Les raisons ayant motivé les agriculteurs interviewés à choisir tel ou tel système de pompage peuvent être résumées comme suit :

- pour le solaire : le faible coût de l'énergie constitue la raison majeure du choix de ce système. Par ailleurs, la moitié des agriculteurs jugent que la facilité de gestion du système est un élément qui joue en sa faveur.
- pour le butane : les agriculteurs le choisissent principalement en raison du faible coût de l'énergie, toutefois, ils se plaignent des difficultés de sa gestion en raison des pannes et de la nécessité de changer fréquemment le moteur.
- pour le réseau ONEE : la moitié des agriculteurs trouvent que l'atout de ce système réside dans la facilité de sa gestion.
- pour le gasoil : 38% des agriculteurs interviewés utilisant cette source déclarent le choisir en raison du faible coût, ce qui semble être en contradiction avec la réalité.

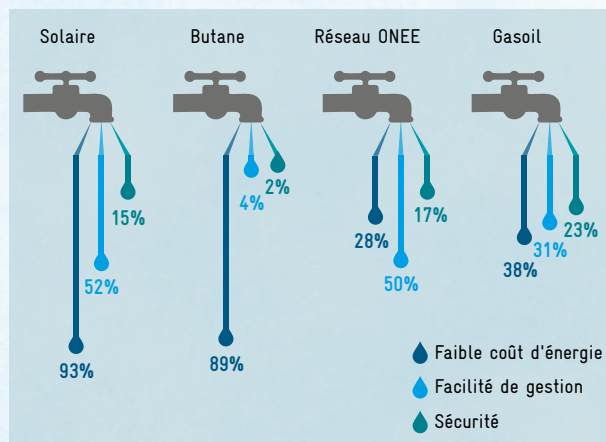


Figure 8 Critères de choix du type d'énergie de pompage (% d'agriculteurs déclarant la raison du choix du type d'énergie de pompage)

6.2.3. Niveau de satisfaction par rapport au type d'énergie utilisée

L'analyse de la figure ci-après montre que :

- Comparé aux autres systèmes, le pompage solaire affiche le niveau de satisfaction le plus élevé. 92% des agriculteurs possédant ce système se déclarent très satisfaits. Ce niveau de satisfaction peut être lié au fait que la majorité des installations PV sont récentes.
- Le gasoil présente le plus faible niveau de satisfaction et ce, en raison du coût et de la complexité de sa gestion.
- Concernant le butane, presque les trois quart des agriculteurs attribuent une satisfaction moyenne à ce système, en raison des facteurs cités précédemment.
- Pour le réseau ONEE, la tendance est vers une satisfaction moyenne à faible.

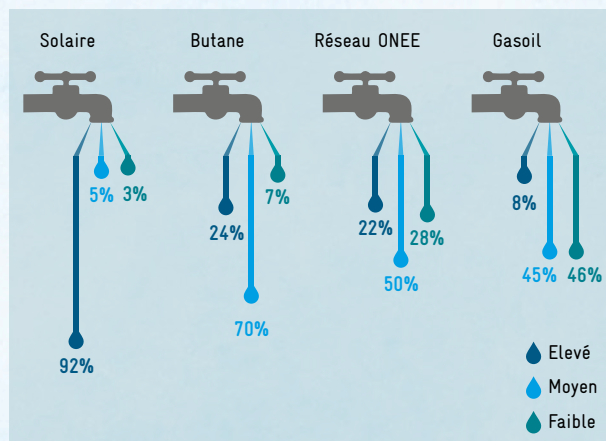


Figure 9 Niveau de satisfaction par rapport au type d'énergie utilisée

6.2.4. Facteurs limitant le pompage

La connaissance des facteurs qui peuvent limiter le pompage est d'une importance capitale dans la bonne gestion des ressources en eau souterraine. A cette question :

- la majorité des agriculteurs (87%) déclarent l'inexistence de facteurs les obligeant à limiter le pompage. Autrement dit, ils affirment pomper la quantité qu'ils jugent suffisante pour couvrir les besoins de leurs cultures.
- seulement 13% déclarent être soumis à des contraintes les obligeant à limiter le pompage. Parmi ce groupe d'agriculteurs, 8% attribuent la limitation à la contrainte "coût", alors que 5% l'attribuent à la faiblesse du débit au niveau de leurs ouvrages. Par rapport à la taille des exploitations, ces contraintes sont rencontrées au niveau des petites et moyennes exploitations.

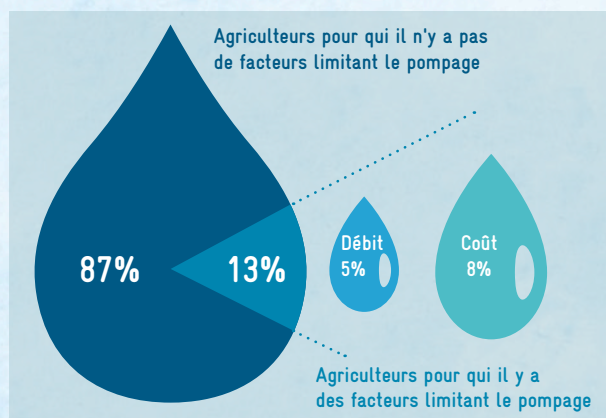


Figure 10 Facteurs limitant le pompage

6.2.5. Eventuelle conversion au système de pompage solaire

Pensez-vous à la conversion au système de pompage solaire ? A cette question, la quasi majorité des agriculteurs (96%) souhaite passer au pompage solaire et ce, pour des raisons d'économie de frais de pompage et d'approvisionnement continu en énergie (Tableau 11). Selon les résultats d'enquête, les agriculteurs ayant répondu négativement sont (i) soit confrontés à une situation de faible productivité de l'ouvrage de captage et donc la conversion en PV n'améliorera pas l'approvisionnement, (ii) soit confrontés au risque de vol des composantes de l'installation PV.

A la question de savoir pourquoi les agriculteurs ne sont pas encore passés au PV, ces derniers évoquent les raisons suivantes :

- absence de subventionnement pour le matériel PV,
- coût d'investissement initial élevé,
- refus de certains fournisseurs d'accorder un paiement par versements échelonnés.

Il faut noter par ailleurs que les agriculteurs affichent une forte attente en ce qui concerne le subventionnement prévu du pompage solaire. Il y aura certainement une forte demande pour le PS une fois le processus de subventionnement est mis en œuvre. Toutefois, et selon les responsables des DPA des zones d'étude, les agriculteurs optent de plus en plus pour le pompage solaire en raison de la tendance vers la baisse du coût des équipements photovoltaïques, du nombre croissant des fournisseurs et surtout à cause de la volonté affichée des pouvoirs publics de vouloir supprimer le subventionnement du butane.

% Raisons		Pourquoi vous n'avez pas encore réalisé cette conversion ?	
Oui	96%	- Economique - Approvisionnement continu en énergie	- Absence de subventionnement - Coût d'investissement élevé - Refus des fournisseurs du mode de paiement par versements échelonnés
Non	4%	- Faible productivité de l'ouvrage du captage - Risque de vol	-

Tableau 11 Prédiposition des agriculteurs à la conversion en système PV

6.3. IMPACT DE LA CONVERSION EN PV SUR LA CONSOMMATION D'EAU

6.3.1. Caractérisation des installations PV

6.3.1.1. Date d'acquisition des installations PV

L'adoption du pompage solaire est un phénomène récent au niveau des zones d'étude. La figure suivante montre que c'est pratiquement à partir de 2015 que les agriculteurs ont commencé à s'équiper en PV, en nombre significatif.

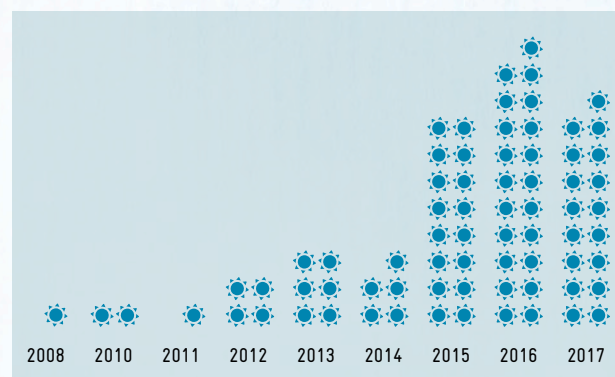


Figure 11 Dates d'acquisition des installations PV

6.3.1.2. Pratiques de maintenance

75% des agriculteurs déclarent adopter des pratiques de maintenance de leurs installations PV. Celles-ci consistent à 93% à du nettoyage des panneaux solaires. Elle est réalisée à 89% en interne, 4% par des ateliers locaux et 7% par un contrat de maintenance.

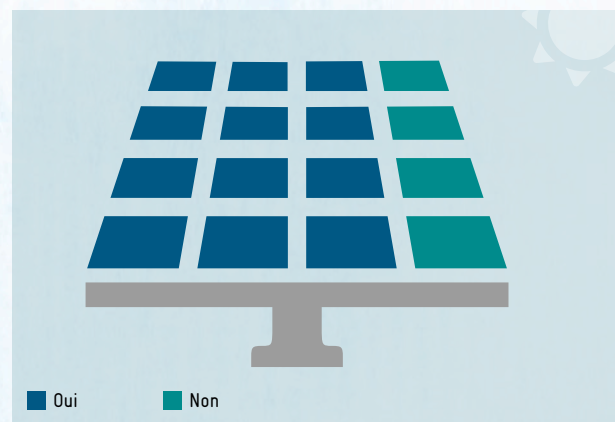


Figure 12 Pratique d'activités de maintenance des installations PV

6.3.1.3. Coûts des installations PV

Le coût moyen d'une installation PV pour des exploitations de moins de 5 ha est de l'ordre de 25 600 Dh à l'hectare. Notons que dans le programme de subventionnement prévu, le coût retenu est de 30 000 Dh/ha. Aussi, le coût est en nette diminution, en fonction de la taille de l'exploitation : il est d'environ 20 600 Dh/ha pour les superficies moyennes de 5 à 20 ha et seulement 12 500 Dh/ha pour les grandes superficies (> 20 ha).

	Coûts des installations PV (Dh/ha)				TOTAL
	Panneaux	Onduleur	Electro-pompe	Autres	
≤ 5 ha	16 672	3 591	4 104	1 282	25 649
5 à 20 ha	13 373	2 880	3 292	1 029	20 575
> 20 ha	8 124	1 750	2 000	625	12 499

Tableau 12 Coût des installations photovoltaïques

6.3.1.4. Possibilités d'influence d'une installation PV sur les agriculteurs voisins à adopter ce système de pompage

Une installation PV peut avoir une grande influence sur les agriculteurs voisins : 97% des agriculteurs interviewés et équipés en solaire déclarent que leurs voisins ou connaissances ont manifesté un intérêt à s'équiper en PV notamment en raison du faible coût de fonctionnement. Certains de ces voisins ont manifesté cet intérêt après avoir visité ces installations.

Type d'influence	%	Raisons
Motivés pour installer le pompage solaire	97%	- Coûts de fonctionnement presque nuls
Découragés à installer le pompage solaire	3%	- Coût d'investissement élevé - Absence de subvention

Tableau 13 Influence d'une installation PV sur les agriculteurs voisins, à adopter le pompage solaire

Photo 7 Mauvais fonctionnement des goutteurs



6.3.2. Pilotage d'irrigation

Une installation PV peut avoir une grande influence sur les agriculteurs voisins : 97% des agriculteurs interviewés et équipés en solaire déclarent que leurs voisins ou connaissances ont manifesté un intérêt à s'équiper en PV notamment en raison du faible coût de fonctionnement. Certains de ces voisins ont manifesté cet intérêt après avoir visité ces installations.

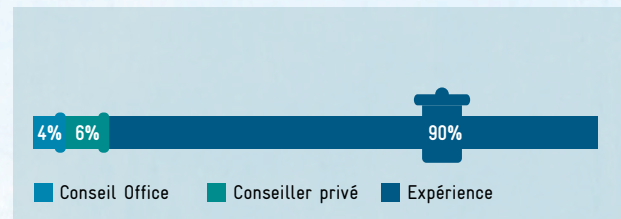


Figure 13 Pilotage d'irrigation

Suite aux discussions tenues avec les responsables des DPA et aux visites effectuées auprès de certaines exploitations, il s'avère que la maîtrise de l'irrigation constitue l'un des leviers importants pour l'économie et la préservation des ressources en eau. Les mauvaises pratiques rencontrées sont liées, soit au fait que les agriculteurs apportent plus d'eau qu'il en faut à la plante (sur-irrigation), soit qu'ils n'en n'apportent pas assez pendant les stades critiques.

L'autre dysfonctionnement est lié à la mauvaise pratique de l'irrigation localisée. Certains agriculteurs enquêtés retirent les goutteurs car selon eux ils n'apportent pas suffisamment d'eau aux plantations. Chez d'autres, le consultant a noté un mauvais fonctionnement des goutteurs (voir photo ci-après) et des fuites d'eau importantes. Certains de ces agriculteurs ne pouvant pas bénéficier de la subvention de l'IL, en raison du statut collectif de leurs terrains, confectionnent eux même le système ou font appel à des plombiers.

Photo 8 Système d'irrigation localisée confectionné par un amateur (plombier) avec des fuites d'eau



6.3.3. Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau

6.3.3.1. Impacts de la conversion en PV sur la consommation d'eau

La *figure 14* montre que globalement, au niveau des trois zones, 32% des agriculteurs dotés en installations PV déclarent avoir augmenté leur consommation d'eau et ce, suite à l'une ou à l'ensemble des raisons suivantes :

- augmentation de la superficie irriguée
- introduction de nouvelles cultures en intercalaire
- augmentation des apports d'eau à la parcelle

Parmi les 32% des agriculteurs ayant augmenté la consommation d'eau ; 15% l'ont fait à cause de l'augmentation de la superficie irriguée, 11% à cause de l'introduction de nouvelles cultures en intercalaire et 13% en raison de l'augmentation des apports d'eau à la parcelle (*figure 15*).

Toutefois, l'impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau varie fortement entre les zones investiguées :

- Marrakech : 31% des agriculteurs interviewés déclarent avoir augmenté leur consommation d'eau
- Midelt : consommation presque inchangée
- Tata : forte augmentation de la consommation, 60% des agriculteurs déclarent avoir augmenté leur consommation d'eau.

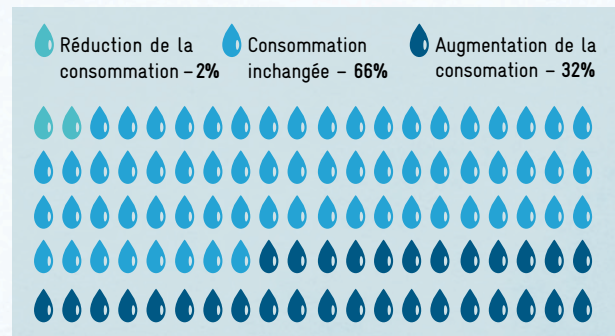


Figure 14 Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau au niveau des trois zones d'étude

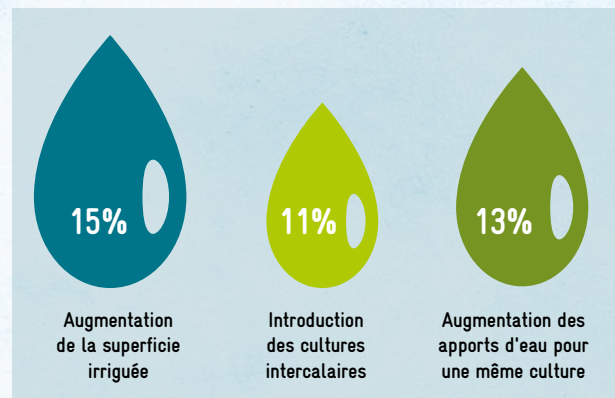


Figure 15 Raisons de l'augmentation de la consommation d'eau au niveau des trois zones d'étude

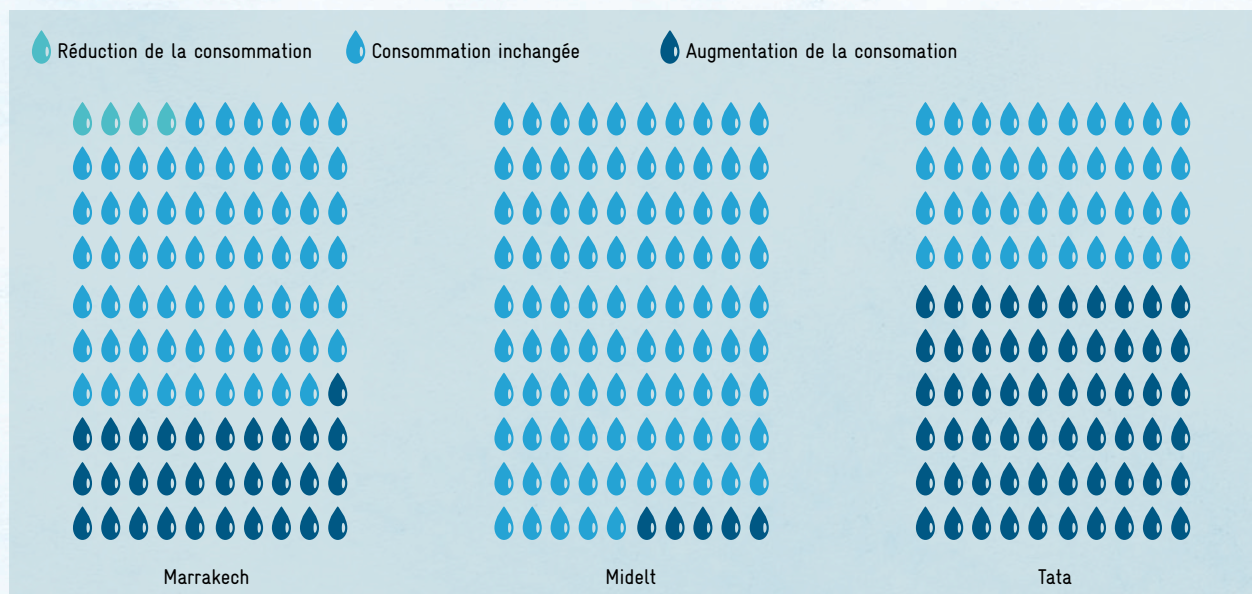


Figure 16 Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau, par zone

Analyse par zone

- **Au niveau de Marrakech, l'augmentation est davantage attribuée à l'amélioration des apports à la parcelle (22%)** (figure 17). L'extension de la superficie irriguée reste limitée (9%). Ceci s'explique du fait que la zone est déficitaire en eau de surface et que les agriculteurs cherchent à compenser ce déficit en pompant plus d'eau dans la nappe.

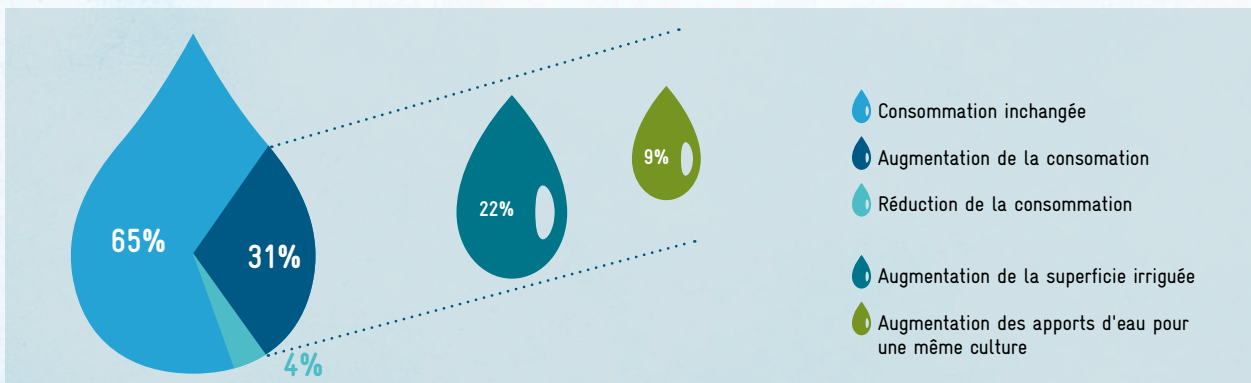


Figure 17 Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau au niveau de la zone de Marrakech

- **Au niveau de Midelt, la quasi majorité des agriculteurs interviewés n'ont pas augmenté leur consommation d'eau.** Ceci s'explique par le fait que les ressources en eau souterraines sont limitées (baisse de la nappe en raison de la sécheresse et de la surexploitation) et la majorité des agriculteurs enquêtés disposent de fermes spécialisées en pommier à superficie figée et sans cultures en intercalaire.
- **Au niveau de Tata, l'impact est plus fort, 60% des agriculteurs enquêtés (12 sur 20), déclarent avoir augmenté leur consommation d'eau** (figure 18), suite à :
 - L'extension de la superficie irriguée (35%, 7 agriculteurs sur 20)
 - L'introduction de cultures en intercalaire (35%, 7 agriculteurs sur 20)
 - L'augmentation des apports à la parcelle (10%)

Les deux principales raisons de l'augmentation de la consommation en eau sont en phase avec les caractéristiques de l'agriculture oasisienne à savoir, la taille limitée des parcelles et la pratique courante des cultures sous-jacente en intercalaire. L'extension de la superficie irriguée est davantage possible en zone d'extension hors palmeraie traditionnelle, avec la création de nouvelles fermes dédiées au palmier dattier et au maraichage (pastèque). Comme indiqué précédemment, ces cultures sont fortement consommatrices d'eau et sont la cause d'un pompage excessif dans la nappe.

Avec le développement de ces fermes et la prolifération des puits, les eaux de surface dans les palmeraies traditionnelles sont devenues insuffisantes. Le pompage excessif en amont affecte les résurgences alimentant les eaux de surface. Avec ces pratiques, la durabilité du système de production à Tata devient problématique.

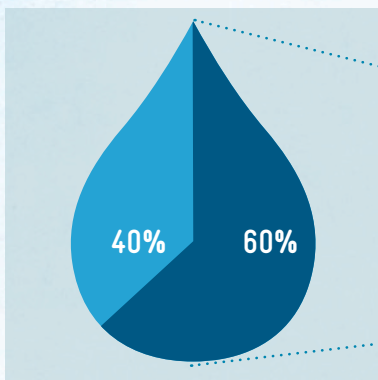


Figure 18 Impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau à Tata

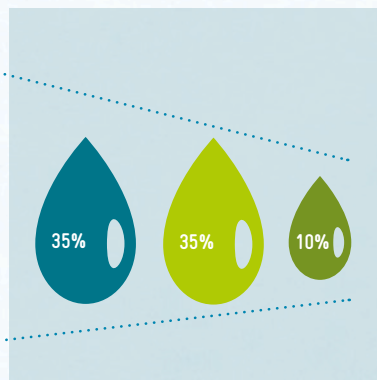


Figure 19 Raisons de l'augmentation de la consommation d'eau à Tata



6.3.3.2. Impact de la conversion en PV sur l'augmentation de la consommation d'eau par classe de taille des exploitations

Sur l'ensemble des exploitations visitées, l'augmentation de la consommation d'eau est rencontrée au niveau de 32% des exploitations (20 sur 62 équipées en PV). Le *Tableau 14* et la *figure 20* montrent que sur ces 20 exploitations, 11 (55%) sont de petites exploitations, 7 (35%) moyennes et 2 (10%) grandes. Ainsi, l'augmentation de la consommation d'eau est davantage attribuée aux petites et moyennes exploitations. Généralement les grandes exploitations sont spécialisées dans des plantations d'arbres fruitiers à superficies fixes, ne pratiquant pas de cultures en intercalaire.

Consommation d'eau	≤ 5 ha	5 à 20 ha	> 20 ha	TOTAL	%
Augmentée	11	7	2	20	32%
Inchangée	12	19	11	42	68%
TOTAL	23	26	13	62	100%

Tableau 14 Nombre d'exploitations selon l'évolution de leur consommation d'eau, par classe de SAU

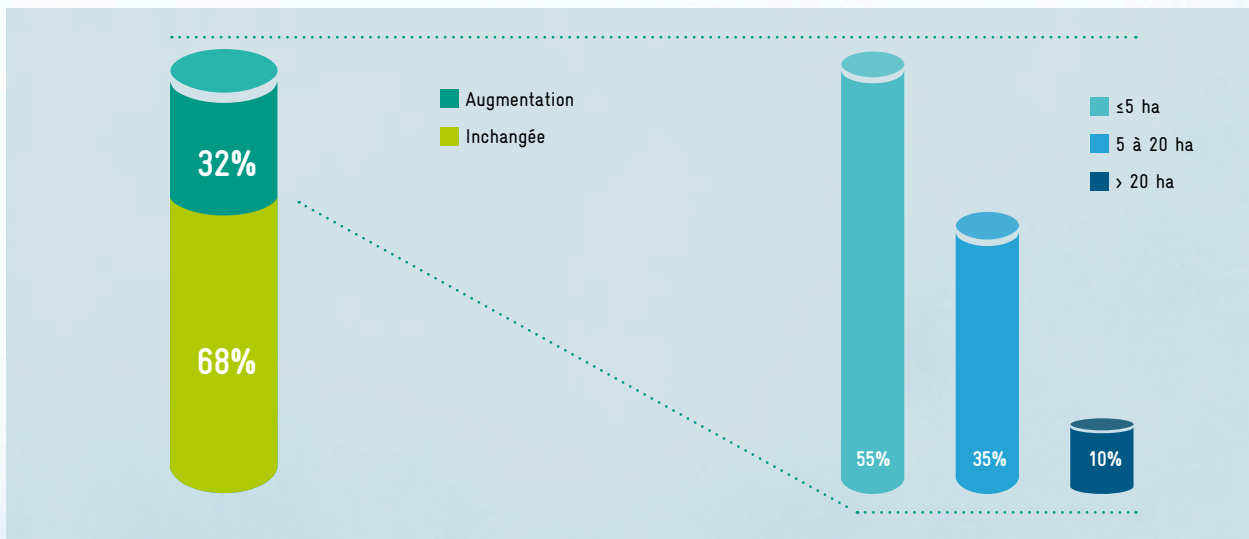


Figure 20 Impact de la conversion en PV sur l'augmentation de la consommation d'eau, par classe de taille des exploitations

6.3.3.3. Impact de la conversion en PV sur l'augmentation du volume d'eau unitaire (m^3/ha)

L'augmentation de la consommation d'eau peut provenir de :

- l'extension de la superficie irriguée,
- l'introduction de cultures en intercalaire,
- l'augmentation des apports d'eau à la parcelle.

Extension de la superficie irriguée :

L'analyse du *Tableau 15*, montre que :

Au niveau de Marrakech, l'extension est très limitée. Elle est de 3,55 ha sur 270,97 ha (superficie totale des exploitations visitées où il y a eu conversion en PV), soit 1,31%. L'extension a eu lieu au niveau de 2 exploitations sur 23.

Au niveau de Tata, l'extension est plus importante. Elle est de 19 ha sur 233,5 ha (superficie totale des exploitations visitées où il y a eu conversion en PV), soit 8,14%. L'extension a eu lieu au niveau de 7 exploitations sur 19.

Zone	Sup. initiale (ha)	Sup. après extension (ha)	Sup. additionnelle (ha)	Sup. additionnelle (%)
Marrakech	267,42	270,97	3,55	1,31%
Tata	214,5	233,5	19	8,14%

Tableau 15 Extension de la superficie irriguée au sein des exploitations PV visitées.

Introduction de cultures en intercalaire :

Seuls les agriculteurs de Tata ont déclaré avoir introduit de nouvelles cultures en intercalaire après passage au solaire. Toutefois, pour déterminer la superficie de ces nouvelles introductions, les réponses étaient imprécises, en ce sens que l'agriculteur affirme avoir introduit des cultures mais ne donne pas l'équivalent en hectare, ce qui rend difficile toute évaluation de superficie. Néanmoins, et pour ne pas négliger l'effet de cette pratique sur la consommation d'eau nous prenons la superficie de cultures introduites égale à celle de l'extension, soit 19 ha sur 233,5 ha (8,14%).

Augmentation des apports d'eau à la parcelle

Le constat est le même que pour les cultures en intercalaire ; les agriculteurs ayant augmenté les apports, surtout à Marrakech, ne précisent pas de combien ils les ont augmenté.

Au niveau de Marrakech, la somme des superficies des agriculteurs qui ont augmenté les apports d'eau à l'hectare est de 62,66 ha sur 270,97 ha (superficie totale des exploitations visitées où il y a eu conversion en PV), soit 23%.

Au niveau de Tata, la somme des superficies des agriculteurs qui ont augmenté les apports d'eau à l'hectare est de 9,00 ha sur 233,5 ha (superficie totale des exploitations visitées où il y a eu conversion en PV), soit 4%.

Impact de la conversion en PV sur l'augmentation de la consommation en m³

Afin d'estimer l'impact de la conversion en PV sur l'augmentation de la consommation d'eau en volume, nous avons pris en compte les impacts dus à l'extension, à l'introduction des cultures en intercalaire et à l'augmentation des apports à la parcelle.

Le calcul est fait selon les hypothèses suivantes :

- Assolement pratiqué dans les parcelles d'extension :
 - Marrakech : olivier (60%), céréales (15%), luzerne (15%) et maraichage (10%)
 - Tata : palmier (80%) et maraichage (pastèque) : 20%
- Assolement pratiqué dans les parcelles de cultures en intercalaire :
 - Tata : Luzerne (30%), céréales (30%), pastèque (30%) et maraichage (10%)
- Dotations d'eau considérées en m³/ha :
 - Olivier : 5 000
 - Maraichage : 7 000
 - Palmier (IL) : 8 000
 - Céréales : 4 000
 - Luzerne : 11 900

- Augmentation des apports d'eau à la parcelle : A défaut de réponses précises de la part des agriculteurs concernant ce paramètre, nous avons pris un taux de 10% comme hypothèse minimale d'augmentation des apports.

Le volume d'eau additionnel (m³/ha/an)

est calculé comme suit :

Pour Marrakech :

Volume additionnel

$$= (60\% \times \text{Dotation Olivier} + 15\% \text{ Dotation Céréales} + 15\% \text{ Dotation Luzerne} + 10\% \times \text{Dotation Maraichage}) \times (\text{Superficie additionnelle en \%} + \text{Augmentation des apports d'eau en \%} \times \text{Superficie touchée en \%})$$

Pour Tata :

Volume additionnel

$$= (80\% \times \text{Dotation Palmier} + 20\% \times \text{Dotation Pastèque}) \times (\text{Superficie additionnelle en \%} + \text{Augmentation des apports d'eau en \%} \times \text{Superficie touchée en \%}) + (30\% \times \text{Dotation Luzerne} + 30\% \text{ Dotation Céréales} + 30\% \text{ Dotation Pastèque} + 10\% \times \text{Dotation Maraichage}) \times \text{Superficie en intercalaires en \%}$$

Les résultats sont indiqués dans le [Tableau 16](#). Il ressort que l'impact de la conversion sur l'augmentation du volume unitaire est beaucoup plus important à Tata qu'à Marrakech, sous l'effet de l'extension, de l'introduction de cultures en intercalaire et de l'augmentation des apports. Toutefois, au niveau de Marrakech, il est probable que la fraction 10% de l'augmentation des apports soit sous-estimée sachant que dans cette zone le déficit des RE de surface poussent les agriculteurs à pomper plus d'eau pour augmenter les apports.

Zone	Volume additionnel (m ³ /ha/an)
Marrakech	220
Tata	1 288

Tableau 16 Impact de la conversion en PV sur l'augmentation du volume unitaire en m³

A titre indicatif, et sur la base de ces résultats, en prenant comme hypothèse les quotas de 10 000 ha au niveau de la zone de Marrakech et de 2 000 ha à Tata des superficies sujettes à la conversion dans le cadre du projet de subventionnement des installations PV, l'impact serait de 2,2 Mm³/an à Marrakech et de 2,6 Mm³/an à Tata.

6.4. Impact de la conversion sur la situation socio-économique de l'agriculteur

6.4.1. Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres sources d'énergie (Dh/ha/an)

Le gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres sources d'énergie a été déterminé de la manière suivante :

GAIN

$$= [(facture\ énergétique + maintenance + entretien + amortissement + main\ d'oeuvre)\ de\ l'ancien\ système] - [(maintenance + entretien + amortissement)\ du\ système\ solaire]$$

Le gain par source d'énergie (moyenne des trois zones) est donné dans la *figure 21*. Il ressort que le passage du gasoil au solaire génère le gain le plus élevé (8 567 Dh/ha/an), suivi du butane au solaire (7 297 Dh/ha/an) puis de l'électrique au solaire (6 688 Dh/ha/an).

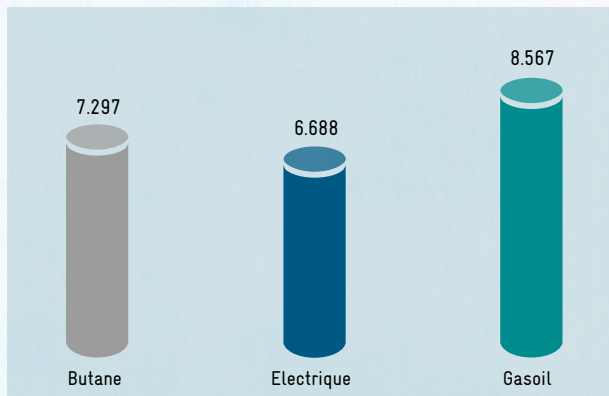


Figure 21 Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres énergies (DH/ha/an)

Par zone (*figure 22*), le gain le plus élevé est observé au niveau de la zone de Midelt (8 743 Dh/ha/an), suivie de Marrakech (7 376 Dh/ha/an) et de Tata (6 013 Dh/ha/an).

Cette différence entre Midelt et les deux autres zones est due au fait qu'une bonne partie des exploitations PV (57%) étaient équipées en gasoil avant la conversion.

La différence entre Marrakech et Tata est beaucoup plus attribuée à la différence entre les profondeurs des nappes dans les deux zones. Au niveau de Tata, la nappe étant superficielle et par conséquent les frais de pompage sont plus faibles comparativement à Marrakech.

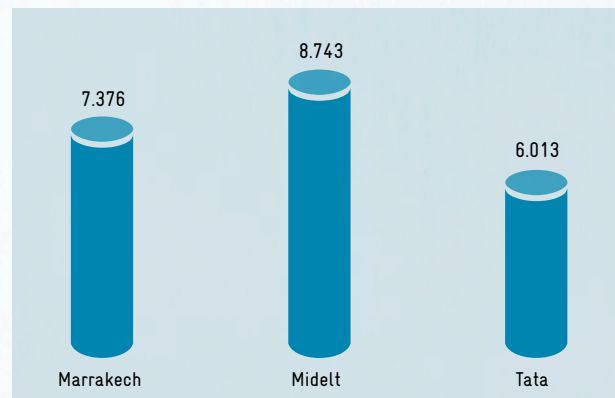


Figure 22 Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres énergies par zone (DH/ha/an)

Les dépenses issues de ces gains vont :

- en premier lieu à l'augmentation de la production (extension de la superficie irriguée et introduction de cultures en intercalaire)
- en second lieu aux dépenses familiales
- enfin, et à des degrés égaux, aux investissements agricoles et au remboursement des crédits contractés pour l'achat des installations PV

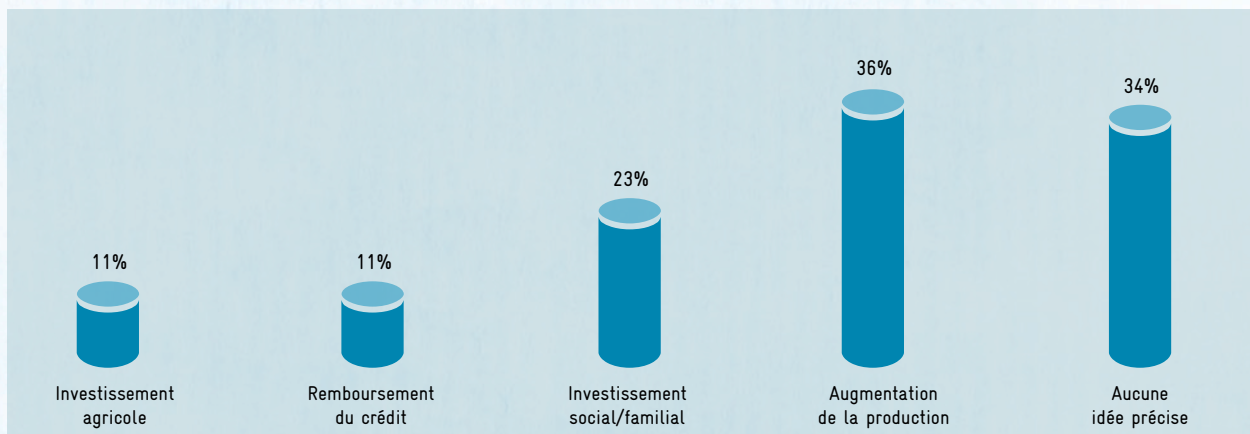


Figure 23 Utilisation des gains sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire par rapport aux autres sources d'énergie

6.4.2. Temps de retour sur investissement en PV (an)

Le temps de retour sur investissement (RSI) en PV est calculé comme suit :

$$RSI = \frac{(Coût d'investissement en PV)}{(GAIN sur coûts d'exploitation et d'investissement)}$$

En raison du prix élevé du gasoil par rapport aux autres sources d'énergie, le RSI le plus court est obtenu par le passage du gasoil au PS (2,7 ans), suivi de l'électrique (3,5 ans), en dernier lieu le butane (3,6 ans) (figure 24).

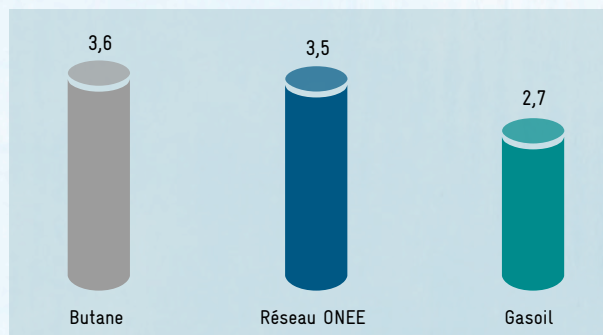


Figure 24 Temps de retour sur investissement (RSI) en PV en fonction des sources d'énergie (an)

Le RSI varie entre les zones :

- Midelt : RSI le plus faible (2,9 ans) : une bonne partie des exploitations PV étaient équipées en gasoil.
- Tata : RSI le plus élevé (3,8 ans) : en raison de la présence d'une nappe superficielle.
- Marrakech : (3,4 ans) : en raison de la présence d'une nappe à profondeur moyenne.

6.4.3. Marge bénéficiaire

Pour évaluer l'impact de la conversion en PV sur les bénéfices économiques des agriculteurs, nous avons pris des exemples de calcul de la marge bénéficiaire (MB) dégagée par les cultures d'olivier, pommier et pastèque au niveau de Marrakech, Midelt et Tata respectivement. Le calcul a été effectué pour des plantations d'olivier et de pommier adultes, conduites sous irrigation localisée, avec une bonne productivité (rendements moyens de l'ordre de 4 t/ha pour l'olivier et 30 t/ha pour le pommier). Pour la pastèque, elle est conduite en intensif avec un rendement moyen de 43 t/ha, produite précocement en avril-début mai, période où les prix sont élevés. Le Tableau 17 renseigne les éléments utilisés pour calculer les MB.

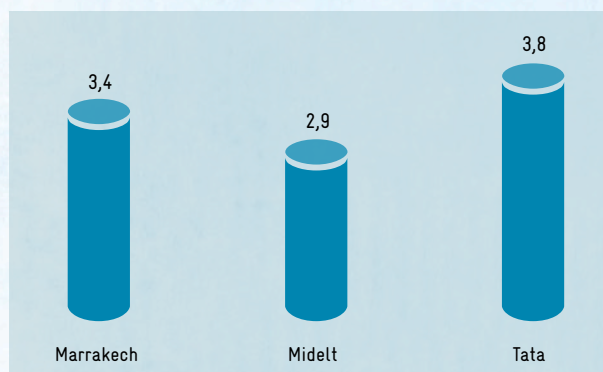


Figure 25 Temps de retour sur investissement (RSI) en PV par zone (an)

Zone	Culture	Source d'énergie de pompage	Rendement (t/ha)	Prix de vente (dh/kg)	Produit (dh/ha)	Charges (dh/ha)	Marge bénéficiaire nette (dh/ha)
Marrakech	Olivier	Solaire	4,5	6,7	29 913	12 509	17 404
		Butane	4,2	6,8	28 333	15 485	12 848
		Electrique	4,0	6,75	27 027	14 976	12 051
		Gasoil	8,0	6	48 000	36 453	11 547
Midelt	Pommier	Solaire	30,1	3,9	117 921	32 046	85 875
		Butane	33,0	3,5	114 367	35 518	78 848
		Electrique	28,5	4	113 058	34 247	78 810
		Gasoil	28,2	4,3	116 979	41 691	75 288
Tata	Pastèque	Solaire	44,2	2,2	87 000	32 931	54 069
		Butane	41,5	2,2	86 675	42 570	44 105

Tableau 17 Marge bénéficiaire de l'olivier, du pommier et de la pastèque

Les figures suivantes montrent que la MB des trois cultures obtenues sous pompage solaire dépasse la MB obtenue sous les autres systèmes de pompage :

- de 4 556, 5 353 et 5 857 Dh/ha, comparé respectivement au butane, à l'électrique et au gasoil pour l'olivier,
- de 7 026, 7 064 et 10 587 Dh/ha, comparé respectivement au butane, l'électrique et le gasoil pour le pommier,
- de 9 965 Dh/ha comparée au butane pour la pastèque.

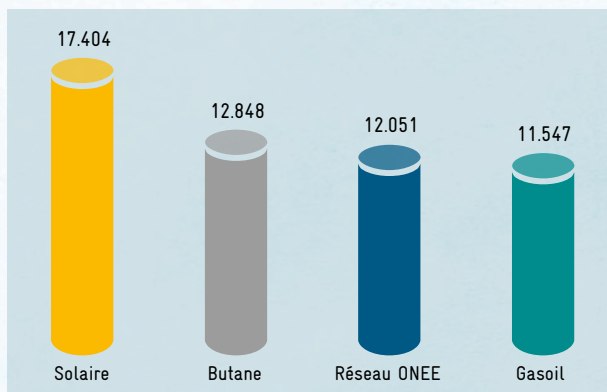


Figure 26 Marge bénéficiaire de la culture de l'olivier conduite sous différentes sources d'énergie de pompage à Marrakech (Dh/ha)

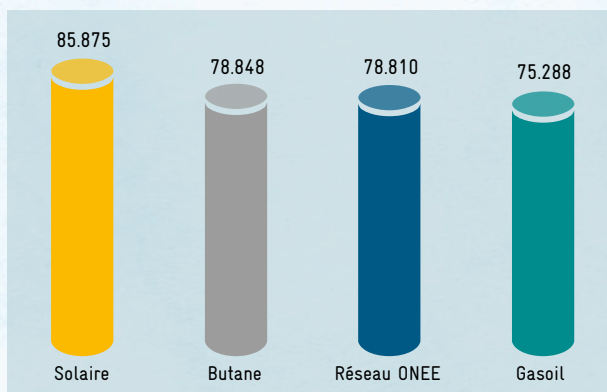


Figure 27 Marge bénéficiaire de la culture du pommier conduite sous différentes sources d'énergie de pompage à Midelt (Dh/ha)

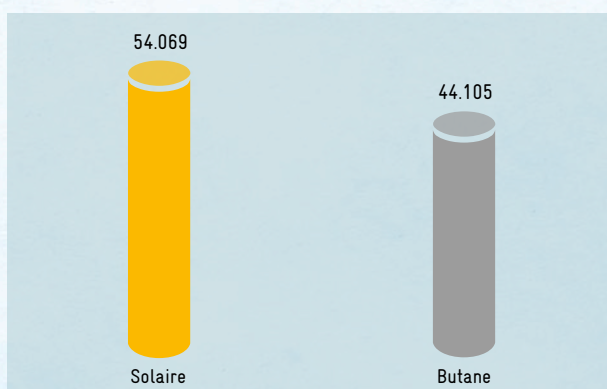


Figure 28 Marge bénéficiaire de la culture de la pastèque conduite sous pompage solaire et butane (Dh/ha)

6.4.4. Impact économique de la conversion en PV

Comme présenté plus haut, l'Etat Marocain a lancé un programme de promotion du pompage solaire dans l'irrigation afin de réduire la facture énergétique et soulager la Caisse de Compensation. Ce programme, d'une puissance totale installée de 15 MWc, est en cours d'élaboration, avec un coût global estimé à 2,5 milliards de dirhams.

Sur cette facture globale, 1 milliard de dirhams sera destiné à la subvention du système photovoltaïque, tandis que 1,5 milliards de dirhams seront consacrés aux subventions de l'irrigation par le Fonds de Développement Agricole (FDA).

L'opération vise 100 000 hectares sur trois années. Sont ciblées près de 20 000 exploitations, principalement de petite et moyenne superficie, qui utilisent l'énergie thermique (gasoil et gaz butane) pour le pompage de l'eau. Pour en bénéficier, les agriculteurs doivent répondre à certains critères. Parmi les prérequis figurent le couplage des techniques d'irrigation économes en eau (goutte à goutte) avec des systèmes intégrés de pompage solaire, l'éligibilité à l'aide de l'Etat dans le cadre du FDA, et l'approbation préalable délivrée par les services compétents du Ministère de l'Agriculture, conformément à la réglementation en vigueur.

Les aides financières incluent une subvention de 50% du coût d'installation des panneaux photovoltaïques avec des plafonds de 15 000 Dh/ha, à hauteur de 5 ha.

L'impact économique global de la conversion en PV (Dh/ha/an) au niveau de chaque zone, a été calculé de la manière suivante :

Impact Economique

$$= \text{GAIN sur coûts d'exploitation et d'investissement} + [\sum \text{Marge}(\text{Cultures extension}) + \sum \text{Marge}(\text{Cultures en intercalaire})] \times \text{Superficie Additionnelle en \%}$$

Dans le but d'évaluer l'impact économique de la subvention prévue des installations PV, nous avons calculé cet impact, avec et sans subvention.

- Les valeurs du gain sur coût d'exploitation et d'investissement sont données dans le tableau suivant :

Zone	Gain sans subvention			Gain avec subvention (15 000 Dh/ha à hauteur de 5 ha)		
	Butane	Electrique	Gasoil	Butane	Electrique	Gasoil
Marrakech	7 137	8 883	-	7 796	9 429	-
Midelt	8 639	7 105	9 414	9 424	8 055	10 203
Tata	6 070	5 821	6 363	7 014	6 992	7 727

Tableau 18 Gain sur les coûts d'exploitation et d'investissement du pompage solaire.

- La fraction de l'extension de la superficie irriguée est celle déterminée au paragraphe 9.4.3. Elle est de 1,31% au niveau de la zone de Marrakech et de 8,14% au niveau de Tata.
- Au niveau de tata, à défaut de valeurs sur la superficie des cultures introduites en intercalaire déclarées par les agriculteurs, nous avons pris la fraction de cette superficie comme étant égale à celle de l'extension de la superficie irriguée soit 8,14%. L'assolement considéré dans les parcelles de cultures en intercalaire est le suivant : Luzerne (30%), céréales (30%), pastèque (30%) et maraichage (10%).
- Les cultures considérées par le consultant dans la superficie d'extension correspondent à l'assolement prévalent dans chaque zone, à savoir :
 - zone de Marrakech : olivier (60%), céréales (15%), luzerne (15%) et maraichage (10%)
 - zone de Tata (zone d'extension) : palmier (80%) et pastèque (20%)
- Les marges bénéficiaires utilisées pour ces cultures sont calculées sur la base de cultures conduites en intensif et irriguées au goutte à goutte. Les MB sont les suivantes :

Culture	Marge bénéficiaires (DH/an/ha)
Olivier	17 404
Pastèque	54 100
Pomme de terre	17 000
Blé	4 600
Luzerne	15 000
Palmier	34 043
Pommier	85 900

Tableau 19 Marges bénéficiaires des cultures

Impact économique de la conversion en PV

avec et sans subvention :

Zone	Impact économique de la conversion en PV sans subvention			Impact économique de la conversion en PV avec subvention		
	Butane	Electrique	Gasoil	Butane	Electrique	Gasoil
Marrakech	7 359	9 104	-	8 017	9 651	-
Midelt	8 639	7 105	9 414	9 424	8 055	10 203
Tata	11 425	11 176	11 718	12 369	12 347	13 082
Moyenne	9 141	9 128	10 562	9 936	10 017	11 642

Tableau 20 Impact économique de la conversion en PV avec et sans subvention (DH/an/ha)

Zone	Impact économique de la conversion en PV sans subvention	Impact économique de la conversion en PV avec subvention
Marrakech	7 597	8 240
Midelt	8 743	9 567
Tata	11 368	12 535
Moyenne	9 236	10 114

Tableau 21 Impact économique de la conversion en PV avec et sans subvention (DH/an/ha) – moyenne par zone

L'impact économique de la conversion en PV sur la situation socio-économique de l'agriculteur est globalement positif. Sans subvention, l'impact varie d'environ 7 600 à 11 300 Dh/ha à Marrakech et Tata et passerait à environ 8 250 à 12 500 Dh/ha avec la subvention.

Impact de la subvention

L'impact de la subvention sur le gain est de l'ordre de 796, 889 et 1076 Dh/ha/an suite au passage du butane, de l'électrique et du gasoil, au solaire.

Zone	Butane	Electrique	Gasoil
Marrakech	658	546	-
Midelt	786	950	789
Tata	944	1 171	1 364

Tableau 22 Impact de la subvention (DH/ha/an)

Par zone, l'impact de la subvention est plus élevé à Tata (1 167 Dh/ha/an), suivi de Midelt (823 Dh/ha/an) et de Marrakech (643 Dh/ha/an).

Zone	Impact de la subvention (DH/an/ha)
Marrakech	643
Midelt	823
Tata	1 167

Tableau 23 Impact de la subvention - moyenne par zone

6.5. Avis des agriculteurs sur une "subvention sous conditions" des installations PV

Trois questions ont été posées aux agriculteurs afin de savoir s'ils acceptent ou non la subvention des installations PV sous certaines conditions, à savoir :

- Q1 : l'abandon des forages individuels et l'utilisation de forages collectifs
- Q2 : l'installation des équipements de contrôle et de collecte de données
- Q3 : de conclure un contrat qui engage les agriculteurs à ne pas dépasser un volume d'eau donné

Les réponses sont consignées dans le tableau suivant. Il ressort que pour :

- la première condition (Q1) ; presque la moitié des agriculteurs interviewés sont contre, en avançant qu'il est difficile de gérer les biens communs et qu'il y a un risque de conflits entre agriculteurs.
- la deuxième et la troisième condition (Q2 et Q3) ; la majorité des agriculteurs ont montré leur disposition à adhérer à cette proposition sous la condition majeure que le volume d'eau contracté soit suffisant pour couvrir les besoins en eau de leurs cultures.

Condition	Oui	Non	Si oui, sous quelles conditions ?		Si non, quelles sont les raisons ?	
			Oui	Non	Oui	Non
Q1 : abandonner les forages individuels et utiliser un forage collectif équipé en PV	57%	43%	- que les frais d'entretien du système soient à la charge de l'Etat - que les tours d'eau soient fixés et respectés		- Difficulté de gestion des biens communs - Risque de conflits entre les agriculteurs	
Q2 : accepter l'installation d'équipements de contrôle et de collecte de données	86%	14%	- que le volume d'eau contracté soit suffisant pour couvrir les besoins en eau des cultures		- L'eau est un don de Dieu - Restriction de la liberté de gestion - Risque d'insuffisance du volume contracté - Risque de diminution de la production par suite de l'insuffisance d'eau	
Q3 : accepter de conclure un contrat qui engage les agriculteurs à ne pas dépasser un volume d'eau donné	73%	27%				

Tableau 24 Avis des agriculteurs sur une "subvention sous conditions" des installations PV

7. CONCLUSIONS

- L'étude s'est basée sur l'enquête de 150 agriculteurs répartis sur 3 zones distinctes : la zone de Marrakech, zone de plaine caractérisée par une polyculture à dominance olivier. La zone de Midelt est à vocation arboricole à dominance pommier. Celle de Tata est à agriculture oasienne à dominance palmier dattier avec cultures sous étages.
 - Le PS est un phénomène récent au Maroc. Il a atteint entre 2012 et 2017 une puissance annuelle installée de 7 MWc et un chiffre d'affaire avoisinant les 65 MDh. Un programme de subvention du pompage solaire dans l'irrigation, lancé par l'Etat, vise d'atteindre une puissance totale installée de 15 MWc sur 100 000 ha, au profit de 20 000 agriculteurs avec un plafond de 75 000 Dhs pour 5 Ha, soit un investissement de plus de 1 MM Dh.
 - En termes de représentativité de l'échantillon, au niveau de la zone de Marrakech, 25 exploitations équipées en PV ont été visitées sur 105 exploitations que les responsables de l'ORMVAH nous ont communiquées et qui se trouvent dans la zone d'action de l'Office. Pour Tata et Midelt, 23 et 25 exploitations avec PV sont visitées respectivement au niveau de chaque zone, toutefois, le nombre total des exploitations avec PV existantes dans ces zones n'est pas connu mais il est vraisemblablement inférieur à celui de Marrakech.
 - Par taille d'exploitation, l'échantillon est constitué en majorité de petites et moyennes exploitations (46% et 43% respectivement). Les grandes sont moins fréquentes (11%).
 - Par source d'énergie autre que le solaire ; on note la prédominance du butane au niveau des zones de Marrakech et de Tata par contre à Midelt le gasoil est plus utilisé (certains agriculteurs de Midelt ont affirmé qu'ils sont restés sur le gasoil par habitude et n'ont pas pris l'initiative de passer au butane sachant que ce dernier est moins cher).
 - Par mode d'irrigation, à Marrakech et Midelt, la majorité des agriculteurs disposant du PS s'orientent vers le couplage de celui-ci avec l'irrigation localisée par contre à Tata le taux du gravitaire est élevé (48% au niveau des exploitations PS) en raison du statut collectif des terres (terrains non éligibles pour bénéficier de la subvention de la conversion en IL).
 - Concernant l'appréciation des agriculteurs sur la situation des ressources en eau, la majorité des agriculteurs en zones de Marrakech et de Midelt jugent que la situation des ressources en eau a atteint le stade de pénurie ou de risque de pénurie avec une baisse notable de la nappe depuis les années 80 au niveau de Marrakech (0,18 à 3,43 m/an par endroit) et au niveau de Midelt (baisse de 17 mètres en certains endroits après les deux années de sécheresse de 2015 et 2016)
- En revanche, la situation est considérée moins alarmante au niveau de Tata. Le 1/3 des agriculteurs interviewés estiment que la situation est bonne. Cependant, les autres 2/3 pensent qu'avec l'extension et l'intensification il y a risque de pénurie. En effet, le développement du pompage au niveau de la zone d'extension (zone de recharge) a impacté le débit des résurgences au niveau de la palmeraie traditionnelle.
- Facteurs limitant le pompage : 87% des agriculteurs déclarent pomper l'eau selon ce qu'ils croient être les besoins des plantes, 13% déclarent être limités soit à cause du débit insuffisant soit à cause du coût
 - Mis à part le risque de défaillance de dimensionnement de l'installation et le risque de vol, le PV présente un niveau de satisfaction très élevé par rapport aux autres sources d'énergie (satisfaction de 93% comparé à 24% butane, 22% réseau, 8% gasoil), en raison du faible coût, de la facilité de gestion et de la continuité d'approvisionnement en énergie.
 - A la question de savoir si les agriculteurs pensent opter à la conversion au PS, la quasi majorité (96%) déclarent souhaiter faire cette conversion pour des raisons d'économie en frais de pompage et d'approvisionnement continu en énergie. Cependant, l'absence de subvention pour le matériel PV, le coût d'investissement initial élevé et le refus de certains fournisseurs d'accorder des facilités de paiement, sont autant de facteurs qui entravent cette conversion.
 - Les agriculteurs interviewés affichent une forte attente par rapport au subventionnement prévu du pompage solaire. Toutefois, les agriculteurs optent de plus en plus pour le pompage solaire en raison de la tendance vers la baisse du coût des équipements photovoltaïques, du nombre croissant des fournisseurs et surtout à cause de la volonté des pouvoirs publics de vouloir supprimer le subventionnement du butane.
 - Avec le progrès de la technologie photovoltaïque et l'accroissement du nombre de fournisseurs, le coût des installations PV tend vers la baisse. Pour les exploitations de moins de 5 ha, le coût moyen à l'hectare est de l'ordre de 25 600 Dh alors que le programme de subventionnement prévu l'avait fixé à 30 000 Dh.
 - S'agissant du pilotage d'irrigation : la quasi majorité des agriculteurs (90%) n'adoptent pas cette technique. Ils déclarent fixer les doses et les fréquences d'irrigation en se basant sur leur propre expérience. Seulement 10% déclarent suivre les conseils de l'ORMVA ou faire appel aux services de conseillers privés.

- L'impact de la conversion en PV sur la consommation d'eau présente une tendance vers la hausse. Sur l'ensemble des agriculteurs disposant du PS enquêtés, 32% ont déclaré avoir augmenté la consommation d'eau.

Toutefois, l'impact varie fortement entre les différentes zones investiguées. Au niveau de Marrakech, 31% des agriculteurs ayant effectué la conversion en PV déclarent avoir augmenté la consommation d'eau. Ce taux est plus élevé à Tata (60%) où l'impact est plus fort. En revanche, à Midelt, l'impact est presque nul : la consommation d'eau est restée presque inchangée après passage au PS

Les facteurs augmentant la consommation d'eau sont la possibilité d'extension de la superficie irriguée sur des terrains avoisinant et l'introduction des cultures en intercalaire (cas de Tata), l'augmentation de l'apport d'eau pour la même culture dans les régions déficitaires (cas de Marrakech). Les facteurs pouvant garantir une consommation d'eau inchangée sont les conditions hydrogéologiques des nappes limitant les débits, des superficies irriguées figées et des assolements ne permettant pas des cultures en intercalaires (exemple pommier à Midelt).

- L'impact de la conversion en PV sur la situation socio-économique de l'agriculteur est principalement positif. Le temps de retour sur l'investissement entre 2,7 et 3,6 années et une marge bénéficiaire augmentée de 7 600 à 11 300 Dh par hectare selon les zones, permettent aux agriculteurs de réutiliser les gains, en premier lieu à l'augmentation de la production, en second lieu aux dépenses familiales et enfin à des degrés équivalents, aux investissements agricoles et aux remboursements des crédits contractés pour l'achat des installations PV.
- L'amélioration de la situation économique revient en grande partie aux gains réalisés sur les coûts d'exploitation et d'investissement suite au passage au solaire. Ce gain représente en moyenne 80% de l'amélioration de la situation économique. Il est de l'ordre de 6 700 Dh/ha/an après l'électrique, 7 300 après le butane et 8 600 après le gasoil.
- Au cas où le programme de subventionnement serait mis en œuvre, l'impact économique moyen de la conversion en PV, passerait de 8 250 à 12 500 Dh/ha selon les zones.

- Concernant une subvention conditionnée des installations PV, plus que la moitié des agriculteurs (57%) accepteraient d'abandonner les forages individuels pour un forage collectif sous conditions que les frais d'entretien du système soient à la charge de l'Etat et que les tours d'eau soient fixées et respectées. Les opposants refusent en raison de difficultés de gestion des biens communs et le risque de conflits entre agriculteurs.

- La majorité des agriculteurs acceptent un contrôle de la consommation d'eau (86% pour l'installation de compteurs, 73% pour la conclusion d'un contrat de gestion) sous condition que le volume d'eau contracté soit suffisant pour couvrir les besoins en eau des cultures.

Comme conclusions principales, nous retenons que :

- Sans implication, adhésion et engagement des agriculteurs à respecter la réglementation fixant les conditions d'octroi de la subvention et à maintenir la consommation d'eau inchangée après conversion en PV, on doit s'attendre à une augmentation de celle-ci. L'ampleur de cette augmentation est fonction de la disponibilité en eau, de la propriété foncière et des cultures/pratiques. L'expérience a montré que les réglementations instaurées sont peu respectées et le contrôle, par manque de moyens, reste très limité.
- Pour les petits exploitants, et selon les zones, l'avantage socio-économique paraît l'emporter sur toute augmentation éventuelle de la consommation d'eau comme c'est le cas pour la zone de Marrakech. Au niveau des zones oasiennes, cet avantage est plus important, mais il est tributaire d'une augmentation substantielle de la consommation d'eau. Dans ce zones, la subvention peut encourager les pratiques d'augmentation de la consommation (extension, cultures en intercalaire) et mettre en danger la durabilité des RE et de l'activité agricole. Pour les grands producteurs, une subvention limitée à 5 ha aura un impact limité sur la consommation d'eau vu que les agriculteurs de cette catégorie sont en nombre réduit et sont souvent propriétaires d'exploitations spécialisées à superficie et assolement figés. Par contre, si la subvention est accordée pour une superficie plus grande, il y a risque d'une consommation d'eau importante et disproportionnée par rapport à l'avantage socio-économique que pourrait générer la conversion en PV. De ce point de vue, est-il vraiment opportun d'accorder des subventions aux grands producteurs.

8. RECOMMANDATIONS

En vue de limiter l'impact négatif que peut avoir le subventionnement des installations PV sur la consommation d'eau, les recommandations suivantes, organisées en 3 volets, sont proposées :

Volet technique :

- Exiger le bon dimensionnement des installations PV. Pour cela, il faut confier le développement des installations PV à des entités agréées (Bureau d'études, Installateurs, Fournisseurs / Distributeurs, dans l'optique d'offrir un dimensionnement adéquat, un choix des équipements de bonne qualité avec traçabilité et une contractualisation des prestations. L'étude de dimensionnement doit être vérifiée et validée par l'administration.
"Le bon dimensionnement est l'un des meilleurs moyens de prévention contre le risque d'augmentation de la consommation d'eau, il faut surtout éviter le surdimensionnement".
- Encourager le projet de labellisation entrepris par l'AMISOLE "Association Marocaine des Industriels du Solaire et de l'Eolien" en partenariat avec l'AMEE "Agence Marocaine de l'Efficacité Energétique"
- Exiger des systèmes PV économe en eau ; Il s'agit de systèmes photovoltaïques couplés avec des systèmes d'irrigation à basse pression qui, avec des solutions ICT (Information and Communication technologies) détectent en temps réel les besoins en eau d'une culture donnée en un moment donné.
- Conditionner la subvention par une amélioration du pilotage d'irrigation basé sur le conseil et les besoins bien précisés avec formation, développement et vulgarisation des applications Smartphone pour le pilotage d'irrigation.

Volet gouvernance :

- Etablir un contrat de gestion entre l'Etat et les agriculteurs bénéficiaires de la subvention. Ce contrat définit les droits et les obligations des deux parties notamment :
 - La fixation du volume d'eau que l'agriculteur est autorisé à pomper. Ce volume tiendra compte des disponibilités hydriques locales.
 - L'installation de compteurs
 - L'interdiction de l'extension de la superficie irriguée et l'introduction de nouvelles cultures en intercalaire
- Limiter la subvention des installations PV pour une superficie de moins de 5 ha pour que l'impact sur la consommation d'eau soit maintenu à un niveau relativement faible. Pour les petits exploitants, l'impact économique est substantiel. Il permettra d'améliorer le revenu et contribuer à la réduction de la pauvreté et la vulnérabilité de cette classe d'exploitants. Les moyens producteurs peuvent bénéficier de la subvention à hauteur de 5 ha

car accorder une subvention pour des superficies au-delà de ce seuil entrainera inévitablement une augmentation substantielle de la consommation d'eau et une surexploitation des RE souterraine. Pour grands est-il opportun d'accorder des subventions pour 5 ha ?

- Encourager des systèmes de pompage collectif en accordant des taux de subvention préférentiels aux agriculteurs désirant abandonner le pompage individuel pour le pompage collectif.
- Création de mécanismes de contrôle pour se conformer aux conditions de subvention
 - Exiger des certifications sur les équipements utilisés.
 - Les prestataires doivent être labellisés par un établissement public agréé.
 - N'accorder la subvention qu'après validation, par l'administration, de l'installation conformément au Cahier de charges.
 - Effectuer des visites de contrôle des volumes autorisés, de l'extension de la superficie irriguée et de l'introduction de cultures en intercalaire. Etant donné les moyens limités, ces contrôles seront effectués au niveau de quelques exploitations à titre persuasif.
 - Equiper les installations de compteurs spéciaux pour la transmission automatique des volumes pompés et utiliser la télé-détection pour le contrôle de l'extension et de l'assolement.
- Renforcer les actions de sensibilisation sur la maîtrise de l'irrigation et la nécessité de sauvegarder des ressources en eau souterraine.

Etudes complémentaires :

- Etudes complémentaires pour limiter l'effet négatif de l'augmentation de la consommation d'eau.
- Elaboration d'un guide pratique sur le dimensionnement des installations PV agricole.
- Evaluer les incitations pour utiliser le PV pour autres consommations énergétiques (électrification de la ferme,) qui causerait une réduction indirecte du pompage.
- Evaluer/comparer les impacts de l'introduction du pompage solaire sur l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques.
- Réaliser un suivi au niveau d'un échantillon d'exploitations à disponibilités hydriques et pratiques agricoles similaires, par région, en vue d'évaluer avec plus de précision les impacts de la conversion en PV sur la consommation d'eau et sur la situation socio-économique de l'agriculteur.



ANNEX

9. ANNEXE : CASE STUDIES

9.1. LA ZONE DE MARRAKECH

L'activité agricole au sein de la zone de Marrakech est assurée par une juxtaposition d'exploitations à caractère vivrier dont l'activité principale est axée sur l'olivier, les céréales et un élevage plus ou moins extensif, et d'exploitations modernes dont l'activité agricole

est beaucoup plus axée sur des cultures à plus haute valeur ajoutée et davantage créatrices d'emplois, principalement l'olivier, le maraîchage, les agrumes. L'assolement se caractérise par une dominance des plantations dont l'olivier est l'espèce cultivée la plus importante.

1. Volet Identification

NOM et Prénom :	ANGAD Salah
Province :	El Kelâa des Sraghna
Commune :	Fraitâ
Statut foncier :	Melk
Type de périmètre :	Grande Hydraulique
Superficie agricole utile (ha) :	4,0
Superficie irriguée (ha) :	4,0

2. Ouvrages de captage

Type d'ouvrage	PT (m)	NS (m)
Nombre de points d'eau : 1		
Puits	40	34

3. Equipements de pompage

Energie de pompage actuelle :	Solaire
Date de mise en service :	2012
Puissance crête des panneaux (KWc) :	4,7
Etat :	Neuf
Ancienne source d'énergie de pompage :	Butane
Superficie agricole utile (ha) :	4,0
Superficie irriguée (ha) :	4,0

4. Production agricole

Culture	Mode d'irrigation	Sup. (ha)	Variété	Nb. arbres	Production (t)
Olivier	Gravitaire	4,0	Picholine Languedoc	816	30



Photo 9 Système Photovoltaïque



Photo 10 Puits d'irrigation

5. Analyse économique

Désignation	Montant (DH/ha)	%
I. CHARGES		
Charges d'investissements		
Acquisition du système PV	980	11%
Bassin	0	0%
Réseau d'irrigation	2 000	22%
Installation de la culture	991	11%
Charges récurrentes		
Frais d'eau d'irrigation	0	0%
Location de matériels	578	6%
Fumier	833	9%
Engrais	667	7%
Traitement phytosanitaire	250	3%
MO permanente	0	0%
MO saisonnière	2 778	31%
Total charges d'investissements	3 971	44%
Total charges récurrentes	5 106	56%
Total des Charges	9 077	100%
II. PRODUITS		
Valeur de la production Production (t) : 50 Rendement (t/ha) : 4,2 Prix Unitaire (DH/kg) : 7,5	31 250	-
Produit Total	31 250	-
III. REVENU AGRICOLE		
MARGE BRUTE	26 144	-
MARGE NETTE	22 173	-

6. Description

M. ANGAD Salah est un agriculteur âgé de 45 ans. Il est l'un des agriculteurs utilisant le système photovoltaïque dans la région. M. ANGAD a acheté son système en Italie (il faisait partie de la communauté marocaine vivant en Italie). Actuellement, il est installé au Maroc et gère une ferme spécialisée dans la culture de l'olivier. Le système solaire assure l'irrigation de 816 oliviers, sur une surface agricole de 4 hectares.

En 2012, Monsieur ANGAD a décidé de passer du système butane au solaire et ce, grâce aux avantages qu'il présente tels que le faible coût d'exploitation et la facilité de gestion du système. D'après M. ANGAD, la facture énergétique de son ancien système butane était de 1 500 Dirhams/mois, ce qui lui coûtait très cher.

Par rapport au côté pratique de l'irrigation, l'agriculteur affirme qu'il n'y avait pas de changements profonds après conversation au solaire. La conduite générale de l'olivier et les heures de pompage sont restées les mêmes. M. ANGAD n'a opté, ni pour l'extension de la superficie irriguée, ni pour l'introduction de nouvelles cultures en intercalaire, par souci de ne pas consommer plus d'eau. A ce sujet, M. ANGAD a fait preuve d'une conscience profonde de la préservation des ressources en eau.



Photo 11 Plantation d'oliviers



Photo 12 Vue d'ensemble de l'exploitation

1. Volet Identification

NOM et Prénom :	EL MGHARI Abdellah
Province :	Chichaoua
Commune :	Sidi Bouzid
Statut foncier :	Collectif
Type de périmètre :	Irrigation Privée
Superficie agricole utile (ha) :	12,0
Superficie irriguée (ha) :	12,0

2. Ouvrages de captage

Type d'ouvrage	PT (m)	NS (m)
Nombre de points d'eau : 1		
Forage	100	40

3. Equipements de pompage

Energie de pompage actuelle :	Solaire
Date de mise en service :	2015
Puissance crête des panneaux (KWc) :	11,04
Etat :	Neuf
Ancienne source d'énergie de pompage :	Butane

4. Production agricole

Culture	Mode d'irrigation	Sup. (ha)	Variété	Nb. arbres	Production (t)
Olivier	Localisée	12	Picholine Marocaine	2 449	50



Photo 13 Panneaux Photovoltaïque



Photo 14 Unité de contrôle du système

Photo 15 Forage d'irrigation



5. Analyse économique

Désignation	Montant (DH/ha)	%
I. CHARGES		
Charges d'investissements		
Acquisition du système PV	980	11%
Bassin	0	0%
Réseau d'irrigation	2 000	22%
Installation de la culture	991	11%
Charges récurrentes		
Frais d'eau d'irrigation	0	0%
Location de matériels	578	6%
Fumier	833	9%
Engrais	667	7%
Traitement phytosanitaire	250	3%
MO permanente	0	0%
MO saisonnière	2 778	31%
Total charges d'investissements	3 971	44%
Total charges récurrentes	5 106	56%
Total des Charges	9 077	100%
II. PRODUITS		
Valeur de la production Production (t) : 50 Rendement (t/ha) : 4,2 Prix Unitaire (DH/kg) : 7,5	31 250	-
Produit Total	31 250	-
III. REVENU AGRICOLE		
MARGE BRUTE	26 144	-
MARGE NETTE	22 173	-

6. Description

M. EL MGHARI Abdellah est gérant d'une ferme de 12 hectares basée à Chichaoua, spécialisée dans la culture de l'olivier. Avant la conversion au solaire, M. EL MGHARI utilisait le système de pompage butane, ce qui est le cas pour la majorité des exploitations agricoles à Chichaoua. Le système solaire assure l'irrigation de 2 580 oliviers. D'après M. EL MGHARI, la facture énergétique du système butane et ses coûts de réparations annuelles constituent une contrainte majeure pour les agriculteurs. Il décida de passer au solaire en 2015. Il déclare que la suppression de la subvention du gaz butane pourrait aggraver la vulnérabilité du secteur, d'où la nécessité de promouvoir le pompage solaire chez les exploitants de la région.

M. EL MGHARI déclare que la conversion en PV lui a permis d'introduire de profonds changements en termes de pratiques d'irrigation. Il déclare avoir augmenté la consommation d'eau suite à l'augmentation des apports d'eau par hectare. En fait, la facture énergétique de l'ancien système butane lui coûtait très cher, et constituait de ce fait, un facteur qui limitait l'activité d'irrigation : irrigation pratiquée un jour sur trois, avec une consommation de 1 bonbonne de gaz par jour d'irrigation, soit 3 heures de travail. Avec le solaire, M. EL MGHARI, déclare doubler voire tripler le nombre d'heures d'irrigation. Maintenant, il irrigue tous les jours, soit environ 8 à 11 heures d'irrigation selon l'ensoleillement.

Photo 16 Plantation d'oliviers



1. Volet Identification

NOM et Prénom :	OUAFIR Abdeljalil
Province :	Chichaoua
Commune :	Ait Hadi
Statut foncier :	Collectif
Type de périmètre :	Irrigation Privée
Superficie agricole utile (ha) :	5,5
Superficie irriguée (ha) :	5,5

2. Ouvrages de captage

Type d'ouvrage	PT (m)	NS (m)
Nombre de points d'eau : 1		
Forage	100	50



Photo 17 Panneaux photovoltaïques

3. Equipements de pompage

Energie de pompage actuelle :	Solaire
Date de mise en service :	2015
Puissance crête des panneaux (KWc) :	8.28
Etat :	Neuf
Ancienne source d'énergie de pompage :	Butane



Photo 18 Forage d'irrigation

4. Production agricole

Culture	Mode d'irrigation	Sup. (ha)	Variété	Nb. arbres	Production (t)
Grenadier	Localisé	3	Beldi	1000	10
Abricotier	Localisé	2.5	Kanouni	1000	2,5



Photo 19 Verger d'abricotier

5. Analyse économique

Désignation	Montant (DH/ha) Abricotier	Montant (DH/ha) Grenadier
I. CHARGES		
Charges d'investissements		
Acquisition du système PV	1 571	
Bassin	0	
Réseau d'irrigation	2 000	
Installation de la culture	1 509	
Charges récurrentes		
Frais d'eau d'irrigation	0	
Location de matériels	1 200	1 100
Fumier	1 200	1000
Engrais	0	
Traitement phytosanitaire	545	
MO permanente	2 836	
MO saisonnière	727	
Total charges d'investissements	5 080	5 080
Total charges récurrentes	6 508	6 208
Total des Charges	11 588	11 288
II. PRODUITS		
Valeur de la production		
Production (t) : 2,5 / 10		
Rendement (t/ha) : 1 / 3,3		
Prix Unitaire (DH/kg) : 3,5 / 2		
	3 500	6 600
Produit Total	3 500	6 600
III. REVENU AGRICOLE		
MARGE BRUTE	- 3 008	392
MARGE NETTE	- 8 088	- 4 688

6. Description

L'exploitant utilise le pompage photovoltaïque pour l'irrigation de la totalité de ses parcelles. L'âge des plantations de grenadier et d'abricotier est respectivement de 8 et 7 ans. Par conséquent, la production avant l'utilisation du pompage solaire (en 2015) était presque nulle du fait que les plantations ont été encore jeunes. Cependant, selon l'exploitant, même à présent, la production reste très limitée. Selon l'exploitant, cela est dû au manque d'eau. En effet, l'agriculteur déclare qu'avant conversion au pompage solaire, le débit disponible avec le système butane était de 30 m³/h, alors que le débit fourni actuellement par le système solaire n'est que de 12 m³/h.

D'après l'agriculteur, le problème d'insuffisance de débit est dû à un mauvais dimensionnement du système de pompage solaire. Ce problème s'est répercuté négativement sur la rentabilité de son exploitation. L'exploitant n'arrive plus à joindre le fournisseur/installateur de son système, qui a en fait disparu. Il pense que le prestataire a délibérément sous-dimensionné l'installation de sorte qu'elle corresponde à son budget. Cet exemple soulève la question de la fiabilité des installateurs/fournisseurs des systèmes de pompage solaire : est-ce qu'ils ont l'autorisation et la compétence pour exercer dans ce domaine.

Photo 20 Verger de grenadier



9.2. LA ZONE DE MIDELT

Etant donné l'aridité du climat, l'occupation du sol est dominée par les parcours et terrains incultes. La superficie irriguée est constituée de périmètres de PMH et de périmètres d'irrigation privée réservés surtout aux arbres fruitiers qui connaissent une progression soutenue grâce aux aides de l'Etat en matière de subvention de l'irrigation localisée et des plantations.

L'agriculture dans la zone de Midelt est dans son ensemble une agriculture traditionnelle, souvent vivrière, à laquelle est venue se greffer, depuis une vingtaine d'années, une agriculture moderne basée principalement sur l'arboriculture (principalement le pommier), les cultures maraichères (pomme de terre) et les cultures fourragères.

1. Volet Identification

NOM et Prénom :	AQUEJRIR Lhoussaine
Province :	Midelt
Commune :	Boumia
Statut foncier :	Melk
Type de périmètre :	Irrigation Privée
Superficie agricole utile (ha) :	3,0
Superficie irriguée (ha) :	2,0

2. Ouvrages de captage

Type d'ouvrage	PT (m)	NS (m)
Nombre de points d'eau : 1		
Puits	18,5	15

3. Equipements de pompage

Energie de pompage actuelle :	Solaire
Date de mise en service :	2017
Puissance crête des panneaux (KWc) :	5
Etat :	Neuf
Ancienne source d'énergie de pompage :	Réseau ONEE



4. Production agricole

Culture	Mode d'irrigation	Sup. (ha)	Variété	Nb. arbres	Production (t)
Pommier	Gravitaire	2	Golden, Gala, Star	2222	62,5



Photo 21 Puits d'irrigation

Photo 22 Verger de pommier

5. Analyse économique

Désignation	Montant (DH/ha)	%
I. CHARGES		
Charges d'investissements		
Acquisition du système PV	2 340	7%
Bassin	0	0%
Réseau d'irrigation	0	0%
Installation de la culture	617	2%
Charges récurrentes		
Frais d'eau d'irrigation	0	0%
Location de matériels	2 000	6%
Fumier	1 000	3%
Engrais	3 000	8%
Traitement phytosanitaire	7 500	21%
MO permanente	0	0%
MO saisonnière	18 750	53%
Total charges d'investissements	2 957	8%
Total charges récurrentes	32 250	92%
Total des Charges	35 207	100%
II. PRODUITS		
Valeur de la production Production (t) : 50 Rendement (t/ha) : 4,2 Prix Unitaire (DH/kg) : 7,5	93 750	-
Produit Total	93 750	-
III. REVENU AGRICOLE		
MARGE BRUTE	61 500	-
MARGE NETTE	58 543	-

6. Description

L'exploitant utilise le pompage photovoltaïque pour l'irrigation de 2 ha de pommiers. M. AQUEJRIR utilisait, avant la conversion au solaire en 2017, le système de pompage électrique. D'après l'exploitant, la raison principale de la conversion de système de pompage est la minimisation des coûts d'exploitation, ce qui est le cas pour la majorité des exploitants. En effet, M. AQUEJRIR déclare que la facture énergétique était de 2 500 Dirhams/mois en moyenne.

Après la conversion en pompage photovoltaïque, l'agriculteur affirme que la consommation en eau d'irrigation est restée fixe, puisque qu'il affirme pomper la quantité qu'il juge suffisante pour couvrir les besoins des pommiers et donc le débit et les coûts de pompage n'ont pas été des facteurs limitant de la quantité d'eau pompée.

L'exploitant est parmi les agriculteurs de Midelt équipés en solaire qui utilisent le système d'irrigation gravitaire.



Photo 23 Panneaux photovoltaïques

9.3. LA ZONE DE TATA

L'agriculture, au niveau de la zone de Tata, est du type oasien, pratiquée dans deux zones : (i) la palmeraie traditionnelle : à agriculture de subsistance, où pratiquement le palmier dattier constitue l'ossature de l'agriculture avec des cultures sous étages (céréales, luzerne

et maraichage) ; (ii) la zone d'extension : c'est une zone hors palmeraie, qui connaît la création de nouvelles fermes constituées à 80% de jeunes plantations de palmier. Ce sont des plantations conduites en intensif avec des densités élevées, irriguées à la goutte à goutte.

1. Volet Identification

NOM et Prénom :	ZANGA Abdelhadi
Province :	Tata
Commune :	Tigzmirt
Statut foncier :	Collectif
Type de périmètre :	Irrigation Privée
Superficie agricole utile (ha) :	3,0
Superficie irriguée (ha) :	3,0

2. Ouvrages de captage

Type d'ouvrage	PT (m)	NS (m)
Nombre de points d'eau : 1		
Forage	30	25

3. Equipements de pompage

Energie de pompage actuelle :	Solaire
Date de mise en service :	2015
Puissance crête des panneaux (KWc) :	4,32
Etat :	Neuf
Ancienne source d'énergie de pompage :	Electrique



Photo 24 Culture de melon sous-jacente



Photo 25 Culture de blé sous-jacente

4. Description

ZANGA est propriétaire d'une exploitation de 3 ha de palmiers. L'exploitation est équipée en système de pompage photovoltaïque depuis 2010. Avant cette date, l'exploitant utilisait le réseau électrique comme source d'énergie de pompage avec une facture mensuelle de 900 Dh en moyenne. Une partie de sa plantation est touchée par la maladie de Bayoud qu'il n'irrigue plus par crainte de propagation de la maladie. Au voisinage de M. Zanga, il existe des terrains plantés de palmiers que les propriétaires n'entretiennent plus pour diverses raisons (exode, autres occupations,...). Pour sauvegarder leurs palmiers, certains riverains passent un accord avec M. Zanga lui permettant d'exploiter leurs terrains entre les palmiers, en contrepartie il s'engage à irriguer leurs plants de palmier. M. Zanga exploite ces terrains en y cultivant des espèces maraichères (melon, pomme de terre, courge, blé,...). Avec l'installation PV, l'exploitant a augmenté la superficie contractée qui est à présent de 2 ha, et par conséquent a augmenté la consommation d'eau.



Photo 26 Installation photovoltaïque





Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Germany
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

E info@giz.de
I www.giz.de

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Germany
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

Programme: Competence Centre Water,
Wastewater and Wastemanagement
E info@wasser-giz.de
I www.wasser-giz.de

