Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne

coopération allemande

UTAP

APIA

ANME

nexus

Impact des systèmes de pompage et d'irrigation à énergie solaire en Tunisie

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Publié par Nexus Regional Dialogue in the MENA Region

THE NEXUS DIALOGUE PROGRAMME

C/O Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sièges : Bonn et Eschborn, Allemagne

Global Nexus Secretariat
C/O Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Allemagne

+49 6196 79-1878
nexus@giz.de
www.facebook.com/nexusresourceplatform/
@NEXUSPlatform #Nexusplatform
www.nexus-dialogue-programme.eu
www.water-energy-food.org

Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Nexus Regional Dialogue in the MENA Region (NRD) est un programme financé par l'Union Européenne et le Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ).

Il s'agit d'une publication du Nexus Regional Dialogue in the MENA Region réalisé en coopération avec la Ligue Arabe. Elle a été réalisée pour le compte de l'Union Européenne et de l'Allemagne (BMZ). La GIZ est responsable du contenu de cette publication. Le contenu ne représente ni l'opinion de l'Union Européenne ni celle de l'Allemagne (BMZ).

Lieu et date de publication
Tunis, juin 2019

Auteurs
Tarek Keskes (GFA), Hakim Zahar (GFA), Abdelkarim Ghezal (GFA), Khaled Bedoui (FAO)

Photo Cover
© GIZ / Abdelkarim Ghezal

Nom et logo de la société sous contrat :
GFA Consulting Group GmbH

GFA CONSULTING GROUP

TABLEAU DE SOMMAIRE

| LISTE DES GRAPHIQUES	4
| LISTE DES TABLEAUX	6
| LISTE DES ABREVIATIONS	7
01 | CONTEXTE DE L'ETUDE	8
02 | DEMARCHE METHODOLOGIQUE	9
2.1 | Elaboration du questionnaire	9
2.2 | Choix des exploitations visitées	10
2.3 | Déroulement de l'enquête	12
03 | LE POMPAGE SOLAIRE EN TUNISIE	13
3.1 | Principe de fonctionnement	13
3.2 | Pompage d'eau pour l'agriculture	14
3.3 | SPIS et puits illicites	17
3.4 | Cadre incitatif	18
04 | PRESENTATION DES ZONES ETUDIEES	21
4.1 | La région du centre	22
4.2 | Le sud tunisien	23
05 | RESULTATS DE L'ENQUETE	25
5.1 | Indicateurs généraux	25
5.2 | Indicateurs relatifs à l'installation de pompage solaire	28
5.3 | Indicateurs relatifs à l'eau et l'agriculture	34
5.4 | Impacts socio-économiques	41
06 | CONCLUSIONS	46
07 | RECOMMENDATIONS	49
7.1 | Cadre règlementaire	49
7.2 | Recherche et développement	51
7.3 | Renforcement des capacités et sensibilisation	52
ANNEXE 1 | QUESTIONNAIRE DE L'ENQUETE	54
ANNEXE 2 | APERÇU DES FERMES VISITEES	68

LISTE DES GRAPHIQUES

Figure 1	ETAPES DE L'ÉTUDE	9
Figure 2	EVOLUTION DES SPIS INSTALLÉES DURANT 2010-2017	10
Figure 3	RÉPARTITION DES POMPES SOLAIRES PAR GOUVERNORAT	11
Figure 4	RÉPARTITION SELON LES RÉGIONS	12
Figure 5	SCHÉMA DE PRINCIPE DE POMPAGE IMMERGÉ ET NON-RACCORDÉ AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE	13
Figure 6	ÉVOLUTION DE L'EXPLOITATION DES NAPPES PROFONDES PAR PUITS ILLICITES POUR LA PÉRIODE 2010-2015	14
Figure 7	RÉPARTITION DES FERMES VISITÉES SUR LA CARTE SUPERPOSÉE DES NAPPES PHRÉATIQUES (BLEU) ET PROFONDES (NOIR)	18
Figure 8	RÉPARTITION DE FERMES VISITÉES SELON LES SUPERFICIES EXPLOITÉES	21
Figure 9	RÉPARTITION PAR NIVEAU D'ÉDUCATION DES PROPRIÉTAIRES	26
Figure 10	MÉTHODES DE POMPAGE AVANT L'INTRODUCTION DES SPIS	26
Figure 11	RÉPARTITION DES MODÈLES DE GESTION	27
Figure 12	CONSIDÉRATION POUR LE DIMENSIONNEMENT	28
Figure 13	PUISSANCE DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES	28
Figure 14	RATIO PUISSANCE / SUPERFICIE IRRIGUÉE	28
Figure 15	ORIGINE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES	29
Figure 16	MOTIVATION DES AGRICULTEURS POUR L'INSTALLATION DE POMPES SOLAIRES	30
Figure 17	ESTIMATION DU NIVEAU DE DIFFICULTÉ DE L'ACTION DE MAINTENANCE	31
Figure 18	ESTIMATION DU TAUX DE PANNES	31
Figure 19	NIVEAU DE SATISFACTION DES AGRICULTEURS	31
Figure 20	DISPOSITION À RÉINVESTIR DANS LE SOLAIRE	32
Figure 21	COÛTS HORS TAXES DES SPIS VISITÉS	32
Figure 22	ESTIMATION DES NIVEAUX DE PRIX	33
Figure 23	RÉPARTITION DE PROFONDEUR DES PUITS	33
Figure 24	SUIVI DE LA QUANTITÉ D'EAU POMPÉE	34
Figure 25	EXISTENCE D'UN BASSIN DE STOCKAGE	35
Figure 26	ENERGIE UTILISÉE POUR LE POMPAGE DU BASSIN	36
Figure 27	BASE POUR LE DOSAGE DE L'EAU	37
Figure 28	RÉPONSE À LA QUESTION : PLUS D'EAU AMÉLIORE LE RENDEMENT DES PLANTATIONS ?	38
Figure 29	RÉPONSE À LA QUESTION : EST-CE QUE LES SPIS ONT PERMIS D'AUGMENTER LES VOLUMES D'EAU POMPÉE ?	39

Figure 30 | AUGMENTATION DES SUPERFICIES IRRIGUÉES SUITE À L'INSTALLATION DU SPIS	39
Figure 31 | PERCEPTIONS DES AGRICULTEURS SUR L'ÉTAT DES RESSOURCES EN EAU DANS LEURS RÉGIONS	39
Figure 32 | PERCEPTIONS DES AGRICULTEURS SUR L'ÉTAT DES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE	40
Figure 33 | GAIN SUR LA FACTURE ÉNERGÉTIQUE	40
Figure 34 | NOMBRE DES FAMILLES VIVANTS DE L'EXPLOITATION AGRICOLE	41
Figure 35 | SOURCE DE FINANCEMENT DU SYSTÈME SPIS	42
Figure 36 | AVIS DES INSTALLATEURS PAR RAPPORT AU SYSTÈME INCITATIF	43
Figure 37 | APPRÉCIATION DE L'APPORT DE L'ADMINISTRATION	44
Figure 38 | IMPACT SUR LE VOISINAGE	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 | RÉPARTITION DES INSTALLATIONS PAR RÉGION	11
Tableau 2 | RÉPARTITION DES INSTALLATIONS PAR PUISSANCE	11
Tableau 3 | RÉPARTITION DES INSTALLATIONS PAR ANNÉE DE MISE EN SERVICE	11
Tableau 4 | RÉPARTITION SELON LES GOUVERNORATS	12
Tableau 5 | TARIFS DU GASOIL ET DE L'ÉLECTRICITÉ POUR USAGE AGRICOLE EN 2008 ET 2018 (HORS TAXES)	15
Tableau 6 | EXEMPLE DE TEMPS DE RETOUR SUR FONDS PROPRES	16
Tableau 7 | RÉPARTITION DES PUITS DE SURFACE ÉQUIPÉS PAR DES MOTOPOMPES FONCTIONNANT AU GASOIL	17
Tableau 8 | SUBVENTIONS DU FTE DESTINÉES AUX SPIS NON RACCORDÉS AU RÉSEAU	19
Tableau 9 | RESSOURCES ET EXPLOITATION DES NAPPES PHRÉATIQUES PAR RÉGION	21
Tableau 10 | RESSOURCES ET EXPLOITATION DES NAPPES PROFONDES PAR RÉGION	22
Tableau 11 | RÉPARTITION PAR TYPE DE CULTURE	25
Tableau 12 | RÉPARTITION PAR RATIO PUISSANCE / SUPERFICIE IRRIGUÉE	29
Tableau 13 | NOMBRE DE POINTS D'EAU ÉQUIPÉS PAR EXPLOITATION	34
Tableau 14 | EXISTENCE DES COMPTEURS D'EAU POMPÉE	35
Tableau 15 | SOURCE D'INFORMATION POUR LA CONCEPTION ET L'INSTALLATION DES SYSTÈMES D'IRRIGATION LOCALISÉE	36
Tableau 16 | RÉPONSE À LA QUESTION : EST-CE QUE LES VOLUMES D'EAU POMPÉS SONT SUFFISANTS ?	41

LISTE DES ABREVIATIONS

ANME	AGENCE NATIONALE POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE
APIA	AGENCE DE PROMOTION DES INVESTISSEMENTS AGRICOLES
BIRH	BUREAU D'INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES
BMZ	MINISTÈRE FÉDÉRAL ALLEMAND DE LA COOPÉRATION ÉCONOMIQUE ET DU DÉVELOPPEMENT
CRDA	COMMISSARIAT RÉGIONAL DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE
CTV	CELLULE TERRITORIALE DE VULGARISATION
DGRE	DIRECTION GÉNÉRALE DES RESSOURCES EN EAU
DGREE	DIRECTION GÉNÉRALE DU GÉNIE RURAL ET DES EXPLOITATIONS DES EAUX
DT	DINAR TUNISIEN
FAO	ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
FTE	FONDS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE
FTI	FONDS TUNISIEN DE L'INVESTISSEMENT
GIZ	AGENCE ALLEMANDE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE POUR LE DÉVELOPPEMENT
ha	HECTARE
kWc	KILOWATT-CRÊTE
m^3	MÈTRE CUBE
MARHP	MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES HYDRAULIQUES ET DE LA PÊCHE
NRD	NEXUS REGIONAL DIALOGUE
ONAGRI	OBSERVATOIRE NATIONAL DE L'AGRICULTURE
PV	PHOTOVOLTAÏQUE
SPIS	SYSTÈMES DE POMPAGE ET D'IRRIGATION À ÉNERGIE SOLAIRE
STEG	SOCIÉTÉ TUNISIENNE DE L'ELECTRICITÉ ET DU GAZ
UTAP	UNION TUNISIENNE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE
WEF Nexus	NEXUS EAU-ÉNERGIE-ALIMENTATION

LISTE DES ABREVIATIONS

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

L'étude de cas sur les Systèmes de Pompage et d'Irrigation à Energie Solaire (SPIS) est réalisée dans le cadre d'une mission d'évaluation du Nexus eau-énergie-alimentation (WEF Nexus) en Tunisie commissionnée par l'initiative « Nexus Regional Dialogue in the MENA Region », financée par l'Union Européenne et le Ministère fédéral allemand de la Coopération Économique et du Développement (BMZ) et implémentée par la DG DEVCO et la GIZ. Cette étude est le résultat d'une étroite collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), notamment via son projet « Réaliser le potentiel et gérer les risques de l'irrigation solaire au Proche-Orient et en Afrique du Nord ». La préparation ainsi que l'exécution de l'étude durant ses différentes phases ont été réalisées en concertation et coordination avec les partenaires institutionnels tunisiens: le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP), notamment la Direction Générale du Génie Rural et des Exploitations des Eaux (DGGREE), l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME), l'Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA), Agence de Vulgarisation et de la Formation Agricoles (AVFA) et l'Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche (UTAP).

Les systèmes de pompage et d'irrigation à énergie solaire (SPIS) représentent l'une des interdépendances les plus importantes des secteurs eau-énergie-alimentation. La Tunisie a opté pour une politique incitative vis-à-vis du pompage solaire, à travers les subventions accordées par le Fonds de Transition Energétique (FTE, auparavant dénommé FNME – Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie) et le Fonds Tunisien de l'Investissement (FTI), et doit faire face aux risques encourus sur les ressources hydriques associés à une utilisation accrue de cette technologie. Grâce aux subventions allouées et à la baisse des coûts d'investissement des installations de pompage solaire, la demande des agriculteurs en SPIS augmente surtout que ces systèmes leurs permettent d'utiliser les eaux souterraines avec un coût d'exploitation bas. Ainsi, la promotion du pompage solaire risque d'entrainer une augmentation des volumes d'eaux prélevés si les conditions favorisant une utilisation durable des SPIS ne sont pas assurées. C'est la raison pour laquelle cette étude de cas s'intéresse à l'analyse de l'utilisation de l'eau souterraine, à l'aide de pompes solaires, d'un échantillon d'agriculteurs et propose des recommandations pour promouvoir une utilisation durable de la technologie et pour limiter les impacts des risques sur les ressources en eau.

[1] Dans le présent document, le genre masculin est utilisé au sens neutre et désigne les femmes autant que les hommes.

2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

La démarche adoptée pour la réalisation de l'étude de cas se base sur les processus de participation, de pilotage et d'apprentissage. Toutes les étapes de ce travail, notamment l'élaboration du questionnaire et la sélection des agriculteurs, ont été discutées et approuvées par les partenaires de la mission (MARHP, ANME, APIA, AVFA, UTAP). En plus des réunions de coordination, deux ateliers de travail ont permis de mettre en place une approche consensuelle avec une multitude d'acteurs des trois secteurs concernés.

Figure 1 : Etapes de l'étude

L'enquête de terrain constitue l'élément central qui permet 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 l'impact socio-économique.

2.1 ELABORATION DU QUESTIONNAIRE

Une tâche majeure dans la phase de préparation était l'élaboration du questionnaire. Afin de valoriser les expériences régionales, l'approche élaborée dans l'étude « 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 » dans le cadre du « Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau » (AGIRE) a été adaptée au contexte tunisien et aux objectifs de la mission. Le document est inclus en annexe et suit la structure suivante :

1. Identification de l'interlocuteur
2. Identification de l'exploitation agricole
3. Production agricole
4. Ouvrages de captage
5. Techniques d'irrigation
6. Equipements de pompage solaire
7. Impacts du système de pompage solaire
8. Questions diverses

2.2 CHOIX DES EXPLOITATIONS VISITÉES

La base de données de l'ANME regroupe des informations sur les pompes solaires subventionnées par le FTE et équipant les puits autorisés. Par conséquent, l'étude de cas se base sur les données officielles des SPIS installées entre 2010 et 2017, dont le nombre s'élève à 124 avec une puissance photovoltaïque (PV) installée totale d'environ 1,1 MWc.Toutes les installations sont réalisées en sites isolés. Le graphique 2 présente l'évolution du nombre d'installations et de la puissance totale installée selon les données de l'ANME.

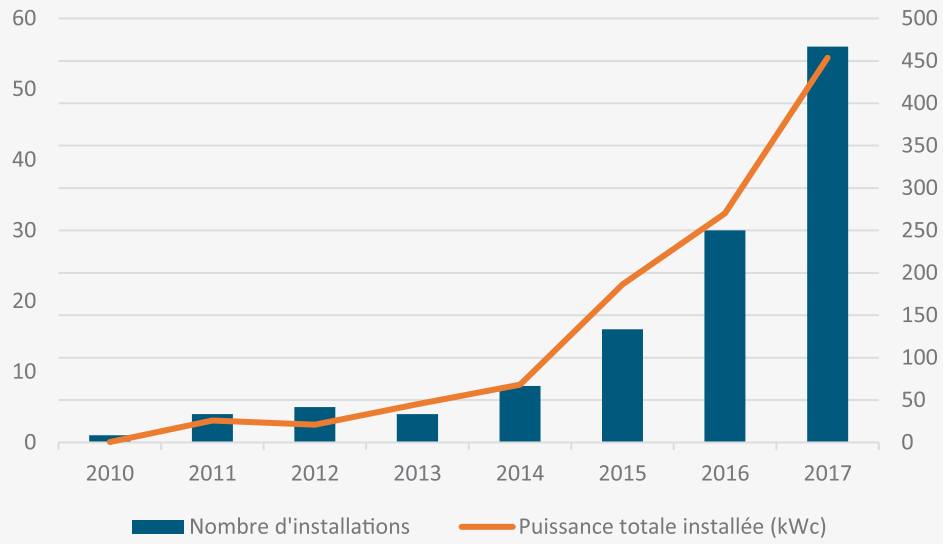

Figure 2 : Evolution des SPIS installés durant 2010-2017 "Source : Base de données de l'ANME"

L'enquête a été réalisée auprès de 24 fermes : 20 bénéficiant de subventions et 4 ayant des puits illicites. Un aperçu des fermes visitées figure en Annexe 1. Trois critères ont été retenus pour la sélection des fermes: leur distribution géographique, leur puissance installée et l'année de mise en service de l'installation solaire. L'ensemble des installations ayant bénéficiées d'une subvention du FTE entre 2010 et 2017 est présenté dans les tableaux et graphiques suivants :

Région	Nombre	%
Nord-Est	6	5%
Nord-Ouest	-	-
Centre-Est	34	27%
Centre-Ouest	35	28%
Sud-Est	45	36%
Sud-Ouest	4	3%
Total	**124**	**100%**

Tableau 1 : Répartition des installations par région, "source : ANME"

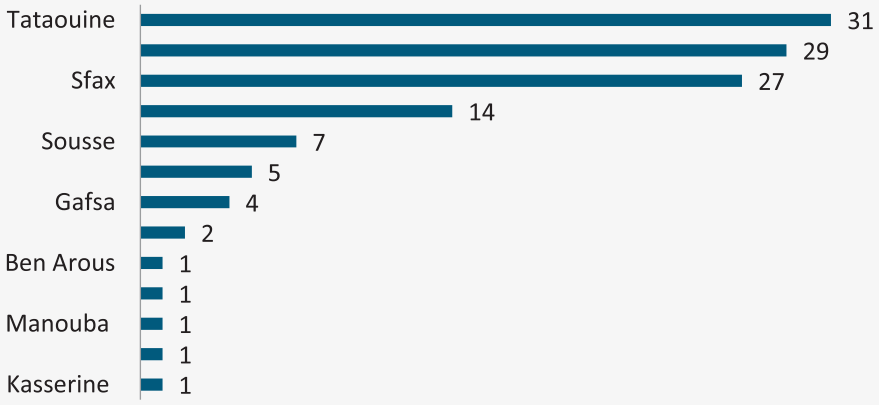

Figure 3 : Répartition des pompes solaires par gouvernorat, "source : ANME"

Puissance	Nombre	%
< 2 kW	4	3%
2 - 5 kW	46	37%
5 - 10 kW	32	26%
10 - 15 kW	16	13%
> 15 kW	26	21%
Total	**124**	**100%**

Tableau 2 : Répartition des installations par puissance, "source : ANME"

Année de mise en service	Nombre	%
< 2 ans	56	45%
2 à 5 ans	54	44%
> 5 ans	14	11%
Total	**124**	**100%**

Tableau 3 : Répartition des installations par année de mise en service, "source : ANME"

Sur la base des critères présentés ci-dessus, la sélection des fermes est repartie entre deux tiers au Sud et un tiers au Centre tunisien. Au total, 8 gouvernorats ont été visités. Les 4 fermes équipées d'installations illicites se trouvent au gouvernorat de Kébili. Le tableau 4 et le graphique 4 présentent la répartition des fermes visitées.

Gouvernorat	Nombre de fermes
Gabes	3
Gafsa	2
Kairouan	1
Kébili	4
Sfax	3
Sidi Bouzid	4
Sousse	1
Tataouine	6
Total	24

Tableau 4 : Répartition selon les gouvernorats

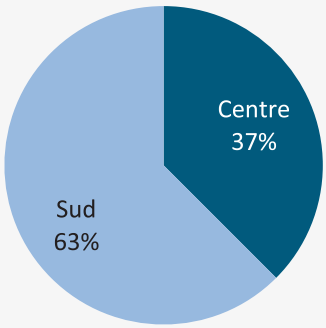

Figure 4 : Répartition selon les régions

2.3 DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE

Deux experts ont réalisé l'enquête avec le soutien de l'ANME et l'APIA ainsi que la collaboration de sociétés installatrices qui ont facilité le contact avec les agriculteurs. Certaines réponses des personnes interrogées sont basées sur des estimations car elles ne disposent pas de tous les détails relatifs aux informations demandées.

3. LE POMPAGE SOLAIRE EN TUNISIE

3.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le pompage solaire consiste à capter l'énergie solaire via des panneaux photovoltaïques pour produire de l'électricité qui alimente une pompe électrique permettant d'assurer le pompage de l'eau. L'énergie solaire n'est disponible que 6 heures par jour environ, elle atteint son intensité maximale au zénith. La figure 5 schématise le principe de pompage immergé et non-raccordé au réseau électrique.

Une installation SPIS est généralement constituéedes composants suivants :

1. 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.
2. Une unité de conditionnement de puissance, constituée d'un convertisseur, 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.
3. Un groupe électropompe immergé, constitué d'un moteur électrique à induction et d'une pompe centrifuge ou volumétrique.
4. Un câblage électrique, par lequel transite l'énergie du générateur au moteur, et les informations relatives aux contrôles de sécurité.
5. Une infrastructure hydraulique qui conduit l'eau de sa source (souvent un puit ou un forage) au réseau d'irrigation, via ou sans passage par un réservoir de stockage.

Figure 5 : Schéma de principe de pompage immergé et non-raccordé au réseau électrique[2]

[2]https://www.ecosolarwind.com/solar-pumps/

3.2 POMPAGE D'EAU POUR L'AGRICULTURE

L'agriculture irriguée joue un rôle important dans l'économie tunisienne, dans la balance commerciale et dans la sécurité alimentaire. En 2016, ce secteur représentait 37 % de la valeur de la production agricole, 27 % de l'emploi agricole et 20 % de la valeur de l'exportation agricole[3].

Contrairement à l'agriculture pluviale (culture en sec), l'agriculture irriguée est fortement liée à la disponibilité des eaux souterraines et aux aspects relatifs à l'énergie utilisée pour le pompage, notamment l'accès à l'énergie et les coûts associés.

Selon le Code des Eaux, l'accès à l'eau, à partir de 50 mètres de profondeur, est soumis à une autorisation qui donne lieu à une concession, contre le paiement d'une redevance calculée de manière forfaitaire sur la base du débit autorisé[4]. Le Bureau d'Inventaire des Ressources Hydrauliques (BIRH) intégré au sein de la DGRE est chargé de centraliser cette redevance. Par ailleurs, la responsabilité de l'application de la loi et des règlementations ultérieures relatives à la gestion de l'eau est confiée au MARHP. Les autorisations portant sur la création et l'exploitation des puits et des forages ne sont délivrées qu'en cas de l'équipement de l'exploitation agricole par un système d'irrigation permettant l'économie d'eau, tels que les systèmes goutte-à-goutte[5].

Malgré les clauses respectives dans le Code des Eaux, la redevance forfaitaire est rarement payée. Les contrôles ne sont pas effectués en manière régulière et les sanctions ne sont pas appliquées.

Le pompage d'eau destinée à l'irrigation agricole est principalement basé sur le gasoil ou l'électricité du réseau national. La part de la consommation énergétique de l'irrigation est estimée à environ 2 % de la consommation énergétique totale du pays en 2014[6].

Malgré l'application de prix de vente préférentiels de l'énergie pour le secteur agricole, le coût de revient de l'eau pompée pour l'irrigation a augmenté d'une manière considérable à cause de l'installation des systèmes d'irrigation sous pression, de l'approfondissement des forages, suite au rabattement de certaines nappes et de l'augmentation enregistrée au niveau des prix de l'énergie sur le marché tunisien. A titre indicatif, le tableau 5 compare les prix appliqués en 2008 et 2018 pour la vente du gasoil ainsi que les tarifs de vente de l'énergie électrique pour l'irrigation agricole en monnaie locale.

[3]Rapport National du Secteur De l'Eau, MARHP, 2016
[4]La gouvernance des eaux souterraines en Tunisie, IWMI Project Report no. 7, Mohamed Elloumi, Décembre 2017
[5]JORT N°91, Système d'information et de communication admistratives SICAD, Guide du citoyen, 15 Novembre 2005
[6]L'intensification de l'agriculture irriguée en Tunisie, A. Hamdane, M.S Bachta, FAO/BM, Avril 2014

		Tarifs en 2008	Tarifs en 2018
Gasoil (mill/litre)		890	1480
Electricité pour usage agricole - Basse Tension (mill/ kWh)	Jour	88	121
	Nuit	78	106
Electricité pour usage agricole - Moyenne Tension (mill/kWh)	Jour	96	164
	Nuit	76	120

mill = millime tunisien

Tableau 5 : Tarifs du gasoil et de l'électricité pour usage agricole en 2008 et 2018 (Hors taxes)

Etant donné l'augmentation des prix de vente du gasoil, la baisse des coûts des systèmes solaires PV et le développement des incitations spécifiques aux énergies renouvelables dans le secteur agricole, les SPIS sont devenus économiquement rentables par rapport aux systèmes fonctionnant au gasoil. Ce niveau de rentabilité n'est pas encore atteint par rapport aux systèmes raccordés au réseau électrique à cause des tarifs préférentiels et relativement bas de l'électricité pour usage agricole.

Le coût d'investissement initial dans le pompage solaire est plus élevé que les coûts des systèmes de pompage classique par l'électricité du réseau ou le gasoil. Comme les frais d'exploitation et de maintenance des systèmes photovoltaïques sont minimes, l'économie réalisée sur la facture énergétique est le paramètre principal pour évaluer la rentabilité de l'investissement. Ainsi, l'évolution des prix du gasoil et de l'électricité du réseau a un impact sur le développement des SPIS.

En tenant compte des prix de l'énergie pratiqués actuellement en Tunisie, l'investissement dans le pompage solaire n'est rentable que pour les agriculteurs utilisant actuellement les motopompes à gasoil. Le tableau 6 présente un comparatif de la rentabilité économique d'une installation solaire photovoltaïque d'une puissance de 5 kWc ayant couté 20 000 DT : 10 000 DT en subventions FTI et 10 000 DT en fonds propre de l'agriculteur. L'exemple se base sur l'économie faite sur la facture énergétique et ne prend pas en compte l'évolution des prix de l'énergie.

	Gasoil	Electricité réseau
Energie annuelle substituée	1 750 litres/an	8 000 kWh/an
Prix actuel de l'énergie (toutes taxes comprises)	1 480 mill/litre	142 mill/kWh (Tarif jour basse tension)
Economie annuelle sur la facture énergétique	2 590 DT/an	1 136 DT/an
Temps de retour sur fonds propres	4 ans	9 ans

mill = millime tunisien

Tableau 6 : Exemple de temps de retour sur fonds propres

A titre indicatif et d'après les annuaires statistiques du DGRE de l'année 2005, le nombre total des puits de surface équipés par des motopompes fonctionnant au gasoil s'élève à environ 51 000. La majeure partie se trouve dans les régions du nord et centre. Le tableau 7 détaille la répartition de ces puits par gouvernorat.

Région	Gouvernorat	Nombre de puits équipés de motopompes
Nord	Tunis	377
	Ariana	287
	Manouba	1 391
	Ben Arous	492
	Nabeul	7 714
	Bizerte	3 765
	Béja	576
	Jendouba	1 575
	Le Kef	2 208
	Siliana	1 251
	Zaghouan	757
	Total Nord	**20 393**
Centre	Sousse	1 225
	Monastir	1 140
	Mahdia	1 930
	Sfax	3 205
	Kairouan	5 360
	Kasserine	3 306
	Sidi Bouzid	7 099
	Total Centre	**23 265**
Sud	Gafsa	2 526
	Gabès	1 975
	Medenine	800
	Tozeur	1 570
	Kébili	75
	Tataouine	590
	Total Sud	**7 536**
TOTAL		**51 194**

Tableau 7 : Répartition des puits de surface équipés par des motopompes fonctionnant au gasoil, "Source : DGRE"

3.3 SPIS ET PUITS ILLICITES

L'énergie solaire photovoltaïque permet aux agriculteurs de fournir l'électricité à leurs systèmes de pompage hors-réseau. Les SPIS utilisant l'énergie solaire permettent de contourner la réglementation en vigueur qui interdit à la Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz (STEG) de raccorder des puits non autorisés à son réseau. Selon le rapport du MARHP de 2016[7], la part des forages illicites dans l'exploitation des nappes profondes est passée de 42 à 273 Mm^3 soit de 3,2 à 16 % entre 2010 et 2015 (figure 6).

[7]Rapport National du Secteur De L'eau, MARHP, 2016

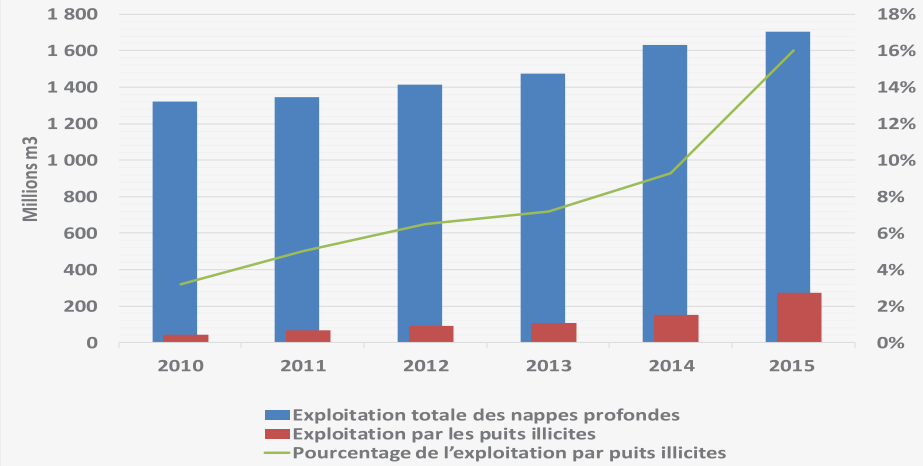

Figure 6 : Évolution de l'exploitation des nappes profondes par puits illicites pour la période 2010-2015, "source : MARHP"

Aujourd'hui, des statistiques officielles portant sur le nombre de puits illicites équipés par des systèmes de pompage solaire ne sont pas disponibles. Néanmoins, l'analyse des avantages fiscaux accordés par l'Etat pour les convertisseurs utilisés dans ces systèmes suggère que le nombre des SPIS montés sur des puits illicites augmente plus rapidement que le nombre des SPIS montés sur des puits autorisés. Durant la période de 2015 à 2018, le nombre total des convertisseurs ayant bénéficié des privilèges fiscaux s'élevait à 1 340 unités[8]. Etant donné que chaque SPIS fonctionne avec un convertisseur, il peut être déduit que le nombre des SPIS installés en Tunisie depuis l'année 2015 dépasse les 1 000 systèmes. Ces chiffres montrent que les statistiques officielles ne reflètent pas le nombre total des fermes réellement équipées en SPIS.

Afin d'apprécier la situation actuelle de manière complète, cette étude de cas doit être complétée par des enquêtes qui ciblent les installations sans autorisations. Il a été décidé d'intégrer quatre installations illicites à la liste des fermes visitées dans le cadre de la présente enquête.

3.4 CADRE INCITATIF

Afin d'encourager le recours à l'énergie solaire photovoltaïque en site isolé pour le pompage d'eau destiné à l'irrigation auprès des puits autorisés, l'Etat tunisien a instauré en 2009 une prime dont le taux a été fixé à 40 % du montant de l'investissement avec un plafond de 20 000 Dinars Tunisiens (DT) par projet. Cette subvention, accordée par le FTE et gérée par l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie, est débloquée directement au profit des sociétés installatrices après la réalisation des SPIS et leur réception par les services techniques de l'ANME.

[8]Statistiques communiquées par l'ANME

Les conditions de l'accord de cette subvention ont été révisées par le décret n° 2017-983 du 26 juillet 2017 fixant les nouvelles modalités d'intervention du Fonds de Transition Energétique (FTE). Conformément à ce décret, le plafond de la subvention accordée aux SPIS a été révisé à 50 000 DT et son montant est calculé sur la base de la puissance photovoltaïque installée (tableau 8).

Puissance du système	Subvention
< 2 kWc	3 500 DT/kWc
2 – 5 kWc	3 000 DT/kWc
5 – 10 kWc	1 500 DT/kWc
> 10 kWc	1 000 DT/kWc

Tableau 8 : Subventions du FTE destinées aux SPIS non raccordés au réseau depuis 2017

Les exploitations disposant déjà d'un raccordement au réseau électrique de la STEG ne peuvent bénéficier que des primes allouées par le FTE aux projets d'autoproduction de l'électricité par les énergies renouvelables. Pour les exploitations raccordées au réseau basse tension, cette prime est limitée à 5 000 DT par projet. En cas de raccordement au réseau moyenne tension, le taux de la prime octroyée par le FTE est fixé à 20 % du coût de l'investissement et plafonné à 200 000 DT.

D'autre part, le décret gouvernemental n° 2017-389 du 9 mars 2017 permet aux projets de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables dans le secteur de l'agriculture de bénéficier des incitations financières dans le cadre de la nouvelle loi de l'investissement. Ainsi tous les SPIS, y compris pour les exploitations raccordées au réseau électrique, peuvent bénéficier des primes accordées par le Fonds tunisien d'Investissement (FTI). Le taux de cette subvention est fixé à 50 % du coût de l'investissement avec un plafond de 500.000 DT. Ce taux est ramené à 60 % pour les sociétés mutuelles de service agricoles et des groupements de développement dans le secteur de l'agriculture. L'étude des demandes de subventions ainsi que leur octroi sont gérées par l'APIA.

Les subventions du FTE et le FTI ne peuvent pas être cumulées. Elles ne sont accordées que pour les SPIS installés sur des puits disposant des autorisations fournies par les Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDA) et respectant les cahiers de charge qui fixent, entre autres, le débit maximal autorisé des pompes.

Contrairement aux primes du FTE qui sont payées aux entreprises d'installation, les incitations accordées par le FTI aux SPIS sont débloquées directement au profit des agriculteurs après la réalisation de l'investissement en question. Les procédures et les étapes relatives à l'octroi des subventions du FTE et du FTI sont identiques et pourraient être résumées de la manière suivante :

1. L'agriculteur contacte un installateur éligible par l'ANME.
2. L'installateur de SPIS effectue une visite du site et élabore une étude de faisabilité
3. Une fois que l'agriculteur a accepté le devis, une demande de subvention avec un dossier intégranttous les documents exigés est préparée. En cas de subvention par le FTE, cette demande est déposée par l'installateur à l'ANME. Pour une demande auprès du FTI, le dossier est déposé directement par l'agriculteur à l'APIA.
4. Etude et évaluation de la demande par les services de l'ANME ou l'APIA.
5. Accord de l'octroi de la prime par l'institution concernée.
6. Installation du SPIS et réalisation des essais de mise en service.
7. Information de l'ANME ou de l'APIA de l'achèvement des travaux.
8. Réception et vérification du SPIS par les services techniques concernés de l'ANME ou l'APIA.
9. Déblocage de la prime.

Les fermes équipées de SPIS autorisés, sélectionnées dans le cadre de cette étude, ont toutes reçu des subventions du FTE avant la réforme de 2017. Cela est notamment dû au fait que les modifications sont relativement récentes. Par conséquent, les impacts des nouvelles réformes n'ont pas pu être mesurés dans le cadre de cette étude.

En plus des incitations financières directes, les composants des SPIS bénéficient des privilèges fiscaux qui consistent en :

- Taux minimums des droits de douane et de la Taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA) pour les composants des systèmes de pompage solaire qui n'ont pas d'équivalents fabriqués en Tunisie.
- Taux minimum de la TVA pour les modules solaires fabriqués en Tunisie.

4. PRESENTATION DES ZONES ETUDIEES

La répartition géographique des fermes visitées sur la carte des nappes phréatiques et profondes en Tunisie est présentée dans la figure ci-dessous.

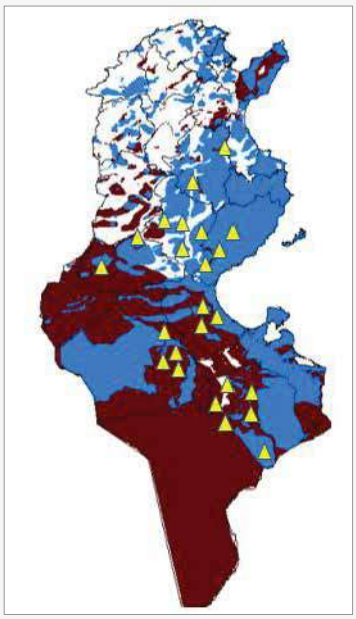

Figure 7 : Répartition des fermes visitées sur la carte superposée des nappes phréatiques (bleu) et profondes (noir)[9]

Les deux tableaux ci-dessous résument la situation de l'exploitation des nappes phréatiques et profondes dans les deux régions sélectionnées.

Région	Ressources	Exploitations en 2010		Exploitations en 2015	
	Volume (Mm^3)	Volume (Mm^3)	Taux (%)	Volume (Mm^3)	Taux (%)
Centre	252	349	139	355	140
Sud	139	118	95	134	96

Tableau 9 : Ressources et exploitation des nappes phréatiques par région

[9]Gestion des ressources en eau souterraines (nappes et aquifères) comme biens communs : Cas de la Tunisie, Hamdane, SCET Tunisie, 2014

Région	Ressources	Exploitations en 2010		Exploitations en 2015	
	Volume (Mm^3)	Volume (Mm^3)	Taux (%)	Volume (Mm^3)	Taux (%)
Centre	331	310	93	413	125
Sud	784	799	102	1026	131

Tableau 10 : Ressources et exploitation des nappes profondes par région

On recense actuellement près de 70 nappes phréatiques dont le taux d'exploitation dépasse 110 %, sur 226 nappes phréatiques en total. La plupart (43) sont localisées dans la région du centre[10]. La surexploitation des nappes profondes est signalée surtout au niveau des gouvernorats de Kairouan (123 %), Sfax (103 %), Sidi Bouzid (103 %), Gafsa (116 %) et Kébili (171 %).

4.1 LA RÉGION DU CENTRE

Sidi Bouzid : Appartenant à la région économique du centre-ouest de la Tunisie, le gouvernorat de Sidi Bouzid représente actuellement une des principales régions agricoles du pays où l'irrigation a connu un développement remarquable depuis deux décennies. L'extension des superficies irriguées est liée à la présence d'une importante ressource hydrique souterraine dont la mobilisation s'est faite par des puits de surface et des forages profonds. Pratiquée sur de petits périmètres, l'agriculture irriguée reste marquée par la prédominance des exploitations familiales[11].

Le gouvernorat de Sidi Bouzid connait depuis les années 1980 une mobilisation croissante et massive de ses ressources souterraines : nappes phréatiques d'abord, puis nappes profondes à partir des années 1990. En 2014, les ressources renouvelables contenues dans les 10 nappes phréatiques sont estimées à 62 Mm^3/an et celles contenues dans les 17 nappes profondes à 91,2 Mm^3/an. En 2014, l'exploitation estimée était de 91.6 Mm^3 sur les nappes phréatiques soit un taux de surexploitation de 147,4 % de et 61.5 Mm^3 sur les nappes profondes .

Kairouan : La région de Kairouan illustre parfaitement l'urgence et la complexité des enjeux nationaux et locaux de la gestion de l'eau. Cette partie de la Tunisie centrale est soumise à un climat semi-aride (pluviométrie de 200 à 500 mm/an), avec une forte variabilité spatiale et temporelle des précipitations et des écoulements de surface. La région dispose d'un fort potentiel de développement

[10]Rapport National du Secteur De L'eau, MARHP, 2016
[11]Les ressources en eau dans le gouvernorat de Sidi Bouzid, Mohamed Mhamdi, CRDA, Septembre 2014

agricole et d'un aquifère important dans la plaine de Kairouan, ce qui a permis des cultures variées : céréalicultures, arboriculture en sec et en irrigué, oléiculture, maraîchage irrigué. La nappe de la plaine de Kairouan, qui est en accès libre, de fait sinon de droit, est actuellement fortement surexploitée. Les bassins en amont des oueds qui débouchent dans la plaine sont beaucoup plus hétérogènes, à la fois dans leurs ressources en eau, leurs usages et leurs évolutions du fait des multiples interventions de l'homme, aux impacts parfois contradictoires.

Sfax : L'agriculture, notamment la culture de l'olive et de l'amande, occupe une place importante dans l'économie régionale. Les terres agricoles occupent la quasi-totalité de la superficie de la région (environ 90 %). Le gouvernorat produit en moyenne 40 % de l'huile d'olive et 30 % des amandes de la Tunisie, ce qui en fait le premier producteur national. Le gouvernorat de Sfax souffre de la surexploitation des ressources en eau. Le taux d'exploitation des nappes phréatiques et profonde dépasse respectivement 138 % et 108 % en 2016[12] .

Sousse : Le secteur agricole occupe une place prépondérante dans le développement de l'économie régionale. Les oliveraies, près de 5 millions de pieds, s'étendent sur 8 000 ha. Cela représente 40 % de la superficie arboricole du gouvernorat.

Le gouvernorat de Sousse possède des ressources hydriques limitées : 14,5 Mm^3 dans les nappes phréatiques et 17,7 Mm^3 dans les nappes profondes[13]. Le taux de salinité varie entre 1 et 4 g/L. Pour pallier aux problèmes de rareté des ressources hydriques, des transferts d'eau provenant d'autres régions sont réalisés.

4.2 LE SUD TUNISIEN

Tataouine : Cette région est de nature steppique où les parcours dominent. L'essentiel de l'agriculture est extensif et l'arboriculture en sec. L'agriculture irriguée est une activité récente réalisée sur des superficies encore modestes ne dépassant pas les 10 000 ha[14] . L'élevage est répandu et ancré dans l'histoire de la région.

Avec une moyenne pluviométrique ne dépassant pas les 150 mm par an, la région possède des ressources hydriques souterraines importantes et peu exploitées. A titre d'exemple, les ressources hydriques profondes sont évaluées à 50,4 Mm^3 et seulement 26,5 Mm^3 sont exploitées[15] .

[13] Gouvernorat en chiffre, Sousse, Commissariat Général de Développement Régional, 2016
[12] Gouvernorat en chiffre, Sfax, Commissariat Général de Développement Régional, 2016
[14] Rapport sur les résultats obtenus de l'analyse des données de l'échantillon Tunisien, deuxième version, Observatoire du Sahara et du Sahel, projet SASS III
[15] Arrondissement ressources en eau, Tataouine, Commissariat Régional de Développement Agricole, 2017

Gabes : L'agriculture dans cette région est traditionnellement basée sur l'arboriculture (notamment le palmier et le grenadier) dans les oasis. L'activité agricole est cependant en mutation. La transformation se fait dans le sens d'une intensification des cultures hors oasis. Cela provoque une surexploitation des nappes phréatiques et la détérioration de leurs qualités. A partir des années 1970, une baisse irréversible du débit des sources et leur tarissement est observé[16]. Face à la surexploitation des nappes phréatiques, les nappes profondes de la région de Gabès sont de plus en plus sollicitées.

Kébili : Elle s'appuie essentiellement sur l'agriculture oasienne ou l'agriculture en trois étages où le palmier (notamment la variété « Deglet Nour ») joue un rôle important. Cette région doit son existence à l'irrigation intensive totalement dépendante des eaux souterraines très peu renouvelables du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS). Elle est actuellement la plus menacée par la surexploitation et donc la dégradation continue de cet aquifère vital.

[16]Ahmed Mamou. Ressources en eau du sud tunisien et développement agricole. S. Marlet, I. Mekki. Gestion des ressources naturelles et développement durable des systèmes oasiens du Nefzaoua, Feb 2009, Douz, Tunisie. Cirad, 4 p., 2010

5. RESULTATS DE L'ENQUETE

5.1 INDICATEURS GÉNÉRAUX

Toutes les fermes visitées ont opté pour l'arboriculture fruitière majoritaire. A part les exploitations visitées à Kébili, toutes les installations de pompage solaire sont utilisées pour l'irrigation des oliviers. La plupart des fermes sont dédiées seulement à une culture (monoculture) pendant que d'autres ont des cultures plus diverses. Le tableau 11 résume les principales cultures observées par gouvernorat. L'arboriculture, notamment l'oléiculture, offre une rentabilité plus importante et consomme moins d'eau que d'autres cultures. Dans une logique de rendement et d'amortissement d'investissements, il semble que les SPIS sont plus utilisés pour des exploitations fortement rentables.

Gouvernorat / Principales cultures	Nombre
Gabes	
Oliviers	3
Gafsa	
Amandiers/oliviers	1
Oliviers/pistachiers/fourrages	1
Kairouan	
Oliviers	1
Kébili	
Palmiers dattiers	4
Sfax	
Oliviers	3
Sidi Bouzid	
Oliviers	
Oliviers/pêchers	1
Sousse	
Oliviers/amandiers/fourrages	1
Tataouine	
Oliviers	2
Oliviers/pêchers/figuiers	1
Oliviers/grenadiers/pêchers	1
Oliviers/maraichage	1
Oliviers/pêchers/amandiers/figuiers	1
Total général	**24**

Tableau 11 : Répartition par type de culture

Les fermes visitées ont des superficies exploitées allant de 2 à 100 ha. En majorité, celles-ci oscillent entre 10 et 50 ha, comme le montre le graphique 8. A titre comparatif, la taille moyenne nationale des exploitations est de 10,2 ha mais il existe une grande hétérogénéité autour de cette moyenne : 54 % des exploitations disposent de moins de cinq hectares et détiennent 11 % des superficies agricoles alors que 3 % seulement font plus de cinquante hectares et possèdent 34 % des surfaces[17]. Le graphique 8 présente la répartition des fermes visitées selon l'importance des surfaces exploitées. Il ressort de cette analyse que les exploitants sayant opté pour les SPIS ont en grande majorité des superficies qui dépassent la moyenne nationale.

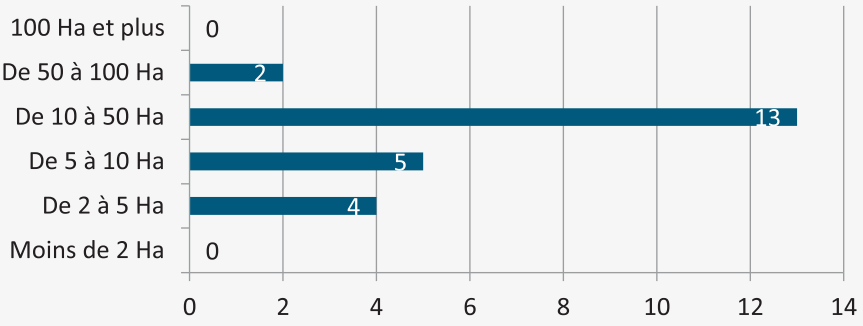

Figure 8 : Répartition de fermes visitées selon les superficies exploitées

Les propriétaires des fermes ne sont pas tous engagés sur le terrain. Certains ont d'autres activités professionnelles et se sont lancés dans l'agriculture pour faire fructifier leurs capitaux surtout que l'investissement dans l'agriculture bénéficie de plusieurs avantages fiscaux. Cela peut être observé à travers le niveau d'éducation et les domaines d'expertise des propriétaires (graphique 9). En grande majorité, ces propriétaires sont des diplômés de l'enseignement supérieur non agricole et exercent des métiers libéraux (médecins, experts techniques, etc.).

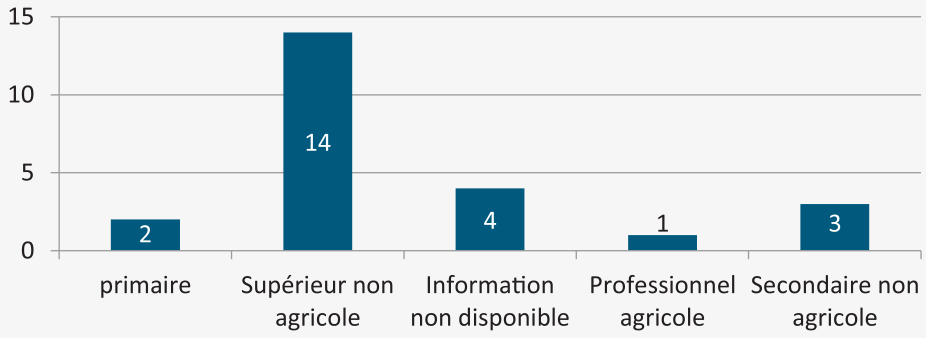

Figure 9 : Répartition par niveau d'éducation des propriétaires

[17] Enquête structures 2004-2005, éd. Ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques, Tunis, janvier 2006

Le graphique 10 présente les méthodes de pompage avant l'introduction des SPIS. 50 % des fermes visitées utilisent le gasoil pour alimenter les pompes. Dans 17 % des cas, ce qui correspond aux 4 fermes possédant des puits illicites, les pompes sont alimentées par l'électricité du réseau basse tension sous le régime tarifaire appliqué au secteur résidentiel. Les factures énergétiques sont par conséquent relativement élevées.

Dans 33 % des fermes visitées, le pompage solaire est la première technologie installée. Dans le tiers des cas, le pompage solaire a impulsé l'activité agricole. En plus de remplacer des systèmes polluants et coûteux en dépenses d'exploitation, la technologie solaire est à l'origine, ou du moins fait partie intégrante du processus d'initiation, de nouvelles exploitations – souvent synonymes d'activités génératrices de revenus.

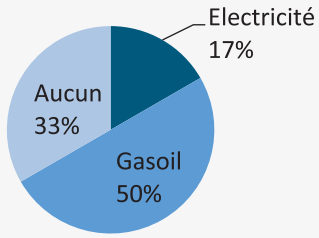

Figure 10 : Méthodes de pompage avant l'introduction des SPIS

Parmi les exploitations visitées, vingt sont possédées par des hommes et 4 par des femmes. Tous les propriétaires sont des porteurs de projet privés. Sur les 24 fermes visitées, uniquement trois fermes disposent d'une gestion collective des pompes solaires (graphique 11). Ces fermes possèdent des installations illicites et sont situées dans le gouvernorat de Kébili, où il y a une tradition locale de gestion participative des ressources en eau, notamment liée à l'histoire de l'exploitation des oasis. Le partage se fait de manière rudimentaire : Chaque membre du groupement dispose du droit d'utiliser la pompe un jour par semaine, indépendamment des conditions météorologiques (nuageux ou ensoleillé).

Toutes les autres fermes visitées utilisent la technologie solaire pour satisfaire leurs propres besoins. Pratiquement tous les agriculteurs interrogés ont rejeté l'idée d'abandonner leurs puits d'eau privés pour une gestion collective d'un seul forage équipé d'un SPIS et ce à cause du manque de confiance dans les modes de gestion collectifs : Ils craignent que le partage de l'eau ne soit pas équitable.

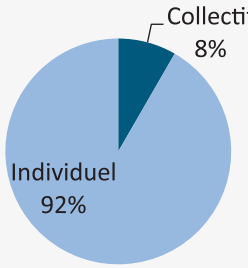

Figure 11 : Répartition des modèles de gestion

5.2 INDICATEURS RELATIFS À L'INSTALLATION DE POMPAGE SOLAIRE

Exception faite d'un unique propriétaire qui a conçu et monté son installation seul, tous les autres agriculteurs confirment que le dimensionnement de l'installation solaire a été proposé par le fournisseur suite à une étude faite sur la base des informations fournies par l'exploitant lui-même (graphique 12). Dans 71 % des cas, la puissance proposée par l'étude est retenue. Le budget à la disposition de l'agriculteur est aussi pris en considération dans les études. Dans 17 % des cas, la puissance installée a été révisée à la baisse par rapport à la puissance préalablement proposée par l'étude et ce par manque de budget. Dans 8 % des cas, les propriétaires ont décidé d'installer des puissances correspondant à l'ancien montant plafond de la subvention (20 000 DT). Pour ces cas, la limite de la subvention a été perçue par les propriétaires comme étant un paramètre contraignant au niveau du choix de la puissance solaire à installer. Suite à quoi, 62 % des installations photovoltaïques ont des puissances allant jusqu'à 10 kWc (graphique 13).

13 % des installations ont des puissances dépassant 20 kWc.

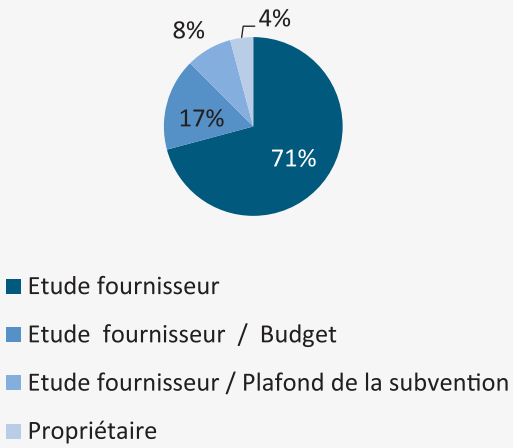

Figure 12 : Considération pour le dimensionnement

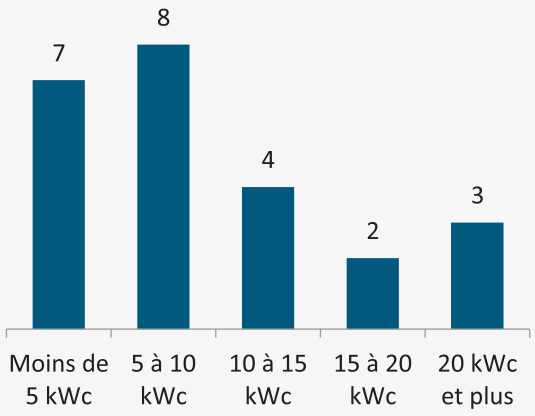

Figure 13 : Puissance des installations photovoltaïques

Le ratio de la puissance PV installée des SPIS visités varie de moins 0.5 kWc à plus que 2 kWc par hectare irrigué (graphique 14). Les grandes exploitations présentent les ratios les plus importants. Normalement, le dimensionnement de ces puissances devra se baser essentiellement sur les caractéristiques des puits à équiper et les besoins en eau des exploitations. A travers ces chiffres, on observe que le dimensionnement des SPIS ne se fait pas sur la base des besoins « standards » en eau par hectare irrigué. Cela est notamment dû aux conditions financières de l'agriculteur. Ce sont généralement les grands propriétaires qui se permettent des installations solaires s'adaptant au mieux à leurs besoins en eau comme le montre le tableau 12.

Superficie irriguée	Ratio kWc/Ha
Moins de 5 ha	0,23
De 5 à 10 ha	0,65
De 10 à 20 ha	0,99
20 ha et plus	1,00

Tableau 12 : Répartition par ratio puissance / superficie irriguée

Figure 14: Ratio puissance / superficie irriguée

La majeure partie des modules photovoltaïques installés sont d'origine tunisienne comme présenté dans le graphique 15. Ceci s'explique surtout par le fait que l'acquisition de modules locaux est plus facile pour la plupart des sociétés installatrices que le recours à l'importation. Les modules d'origine chinoise représentent 25 % des systèmes visités, alors que la part des modules allemands se limite uniquement à 17 %.

Cette répartition s'explique aussi par les prix des modules qui constituent la part la plus importante du coût d'investissement du système de pompage solaire. La dépréciation du Dinar Tunisien est une des raisons de ce phénomène. A Kébili, là où sont situées les fermes possédants des puits illicites, certains agriculteur sont déclaré avoir recourt à des panneaux de contrebande. Il est à noter que tous les convertisseurs équipant les SPIS sont importés.

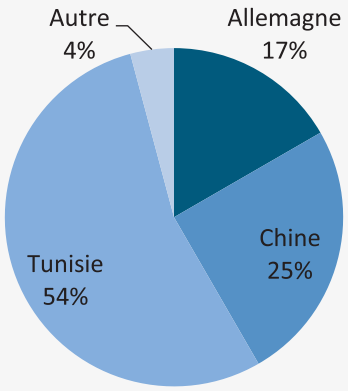

Figure 15 : Origine des panneaux photovoltaïques

Pour 91 % des agriculteurs interrogés, les économies sur la facture énergétique sont la motivation principale pour l'utilisation de l'énergie solaire. Les difficultés et les problèmes d'approvisionnement en gasoil sont présentés comme étant le deuxième facteur ayant encouragé les agriculteurs à s'orienter vers les SPIS. Les incitations financières accordées par l'Etat ont constitué un facteur important pour la prise de décision d'investir dans l'énergie solaire pour 50 % des agriculteurs enquêtés. Le graphique 16 illustre les différents facteurs ayant motivé les agriculteurs à s'équiper en SPIS.

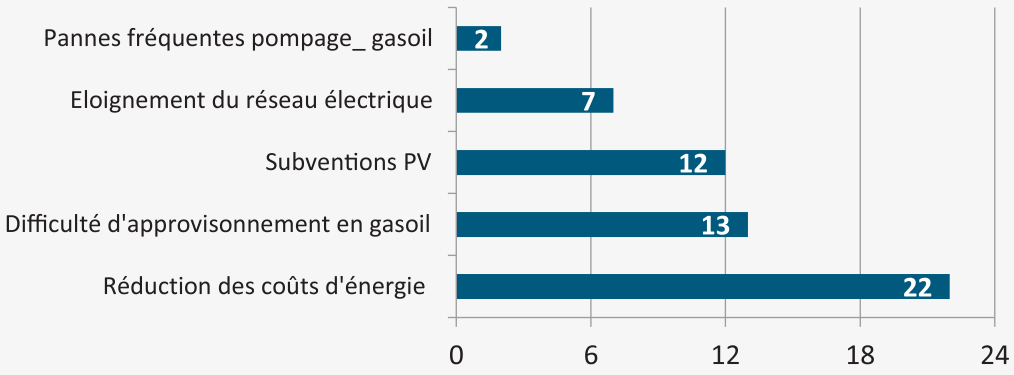

Figure 16 : Motivation des agriculteurs pour l'installation de pompes solaires

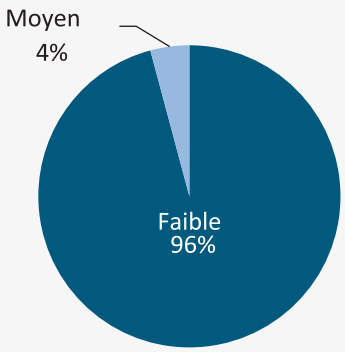

Figure 17 : Estimation du niveau de difficulté de l'action de maintenance

Contrairement au pompage par le gasoil, les pompes solaires sont considérées par 94 % des agriculteurs comme étant des équipements qui nécessitent peu de maintenance. Comme le montre le graphique 17, les actions de maintenance sont jugées simples. Elles se limitent au nettoyage périodique des modules solaires qui ne constituent pas un problème pour les agriculteurs car l'eau est disponible. La tâche peut être assurée par les employés de l'exploitation. Seuls, deux cas de pannes ont été déclarés pour cause d'un problème de variateur de vitesse et de destruction de la structure porteuse des modules à la suite d'une tempête (graphique 18).

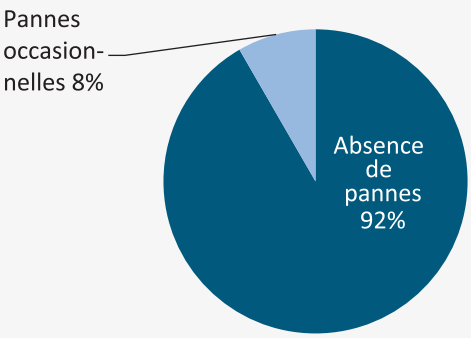

Figure 18 : Estimation du taux de pannes

Tel que présenté dans le graphique 19, les propriétaires d'installations de pompage solaire affichent un niveau de satisfaction élevé vis-à-vis des SPIS : 67 % sont très satisfaits et 25 % sont satisfaits. Sur les 24 exploitations visitées, l'enquête n'a relevé que 2 cas d'insatisfaction. Cette insatisfaction peut être expliquée par la dépendance du pompage solaire aux conditions d'ensoleillement et, sans réservoir, l'impossibilité d'irriguer pendant la nuit. Le niveau de satisfaction élevé explique la disposition de la quasi-totalité des agriculteurs à réinvestir dans le pompage solaire. Le taux des agriculteurs ayant exprimés leur disposition à réinvestir s'élève à 96 % (graphique 20).

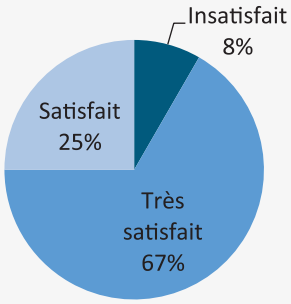

Figure 19 : Niveau de satisfaction des agriculteurs

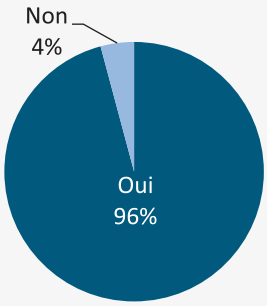

Figure 20 : Disposition à réinvestir dans le solaire

En se référant aux coûts hors taxes des SPIS visités, tels que présentés au niveau des demandes de subvention, le coût moyen rapporté à la puissance des SPIS s'élève à environ 3 720 DT/kWc.Les coûts d'investissement dans les systèmes de pompage solaire varient en fonction de l'origine des équipements, des prix pratiqués par les différents fournisseurs et de la nature des équipements et travaux réalisés. Dans plusieurs cas, les pompes ont été fournies par la société installatrice alors que dans d'autres cas, les pompes sont déjà en place. Les coûts des installations sans pompes varient entre 2 600 et 4 100 DT/kWc et celles fournies avec des pompes varient entre 3200 et 6200 DT/kWc. Le graphique 21 présente les coûts hors taxes des SPIS visités.

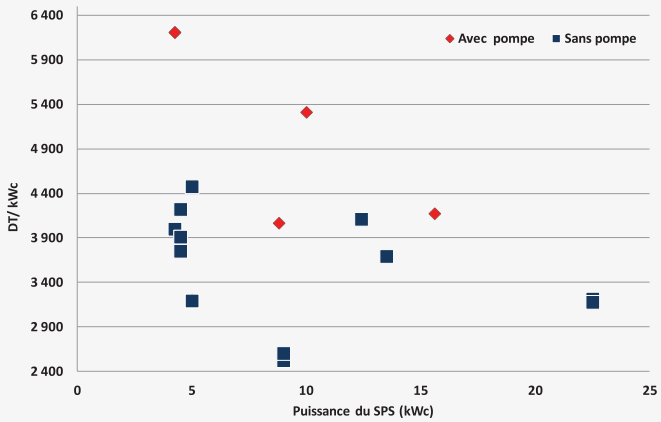

Figure 21 : Coûts hors taxes des SPIS visités

L'effet d'économie d'échelle n'est pas évident : Les systèmes les plus puissants n'ont pas les coûts unitaires les moins chers. Il parait évident que l'ancien principe de calcul des montants des subventions, qui était lié au coût de l'investissement (avant la révision de 2017), a contribué dans les fluctuations importantes des prix des SPIS. Il est aussi à noter que les montants communiqués à l'administration peuvent éventuellement différer du prix réel des SPIS, si cela fait partie des arrangements entre les agriculteurs et les sociétés installatrices.

Les coûts d'investissement sont considérés comme étant la principale contrainte pour la diffusion des SPIS à grande échelle. Malgré les subventions, les coûts des SPIS sont considérés par 63 % des agriculteurs enquêtés comme étant élevés et ne sont pas à la portée des petits agriculteurs (graphique 22). Il est à noter que 8 % des enquêtés n'ont pas exprimé leurs avis concernant ce sujet du fait qu'ils sont des simples employés des fermes et n'ont pas d'idées précises concernant le niveau des prix SPIS.

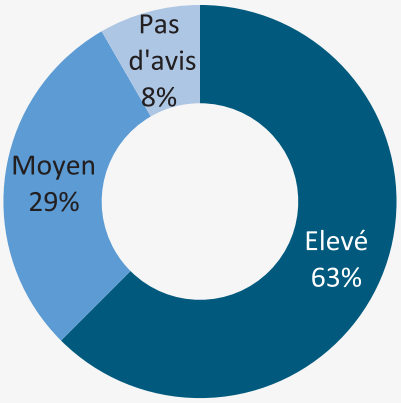

Figure 22 : Estimation des niveaux de prix

%

5.3 INDICATEURS RELATIFS À L'EAU ET L'AGRICULTURE

Le graphique 23 montre la répartition de profondeur des puits visités au cours de l'enquête. Uniquement 4 agriculteurs pompent de l'eau des nappes phréatiques (puits de surface), le reste des puits équipés par des systèmes de pompage solaire exploitent les eaux des nappes profondes (supérieur à 50 mètres). Il est à noter qu'en Tunisie, les puits de surface de profondeur inférieure à 50 mètres ne nécessitent pas d'autorisation préalable.

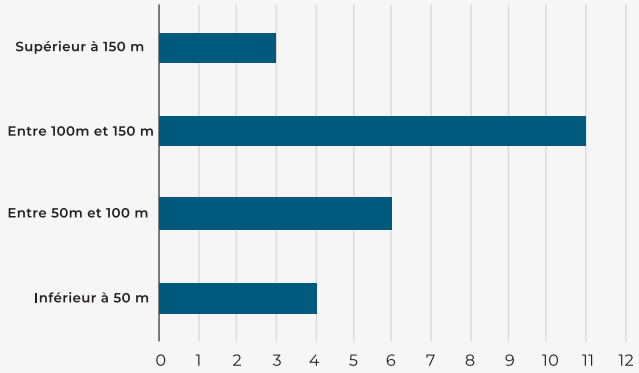

Figure 23 : Répartition de profondeur des puits

Deux tiers des fermes visitées possèdent une seule source d'eau équipée par le système de pompage solaire (tableau 13). 25 % des exploitations ont 2 points d'eau : généralement le premier équipé avec un SPIS et le deuxième avec une pompe conventionnelle. Il s'agit ici d'exploitations de plus de 10 ha. Respectivement à Tataouine et à Sfax, les agriculteurs ont déclaré avoir 3 et 7 puits (tous autorisés).

Nombre de points d'eau équipés dans l'exploitation	Nombre d'exploitation
1 point d'eau équipé	16
2 points d'eau équipés	6
3 points d'eau équipés	1
7 points d'eau équipés	1

Tableau 13 : Nombre de points d'eau équipés par exploitation

Plus de la moitié des exploitations visitées disposent d'un compteur pour le suivi de la quantité d'eau pompée et ce conformément aux dispositions du cahier de charges pour les installations de pompage solaire (tableau 14). Dans deux cas, le compteur est débranché ou n'a pas été installé à la suite de la demande de l'agriculteur. Le reste des agriculteurs interviewés déclarent ne pas avoir un compteur de suivi de la quantité d'eau pompée.

Les deux tiers des agriculteurs ont indiqué qu'ils assurent le suivi de la quantité d'eau pompée (graphique 24). Généralement, cela est fait d'une manière irrégulière. Outre les agriculteurs possédant un compteur, les autres estiment la quantité d'eau pompée à travers la fréquence journalière de remplissage et d'utilisation du bassin de stockage si disponible.

Les agriculteurs interrogés déclarent suivre le débit d'eau uniquement pour contrôler le rendement de la pompe solaire, notamment pendant les périodes nuageuses. il est à noter qu'aucun agriculteur n'a mentionné l'utilité du suivi pour assurer une bonne gestion de la ressource en eau.

Oui – Compteur installé		12
Non	Compteur inexistant	10
	Compteur enlevé	1
	Compteur non-installé	1

Tableau 14 : Existence des compteurs d'eau pompée

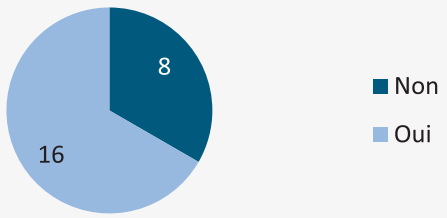

Figure 24 : Suivi de la quantité d'eau pompée

Toutes les exploitations visitées utilisent la technique d'irrigation localisée : le goutte-à-goutte. Une exploitation à Sfax utilise en plus des électrovannes. Une exploitation à Tataouine utilise un système de pilotage à distance de l'irrigation et une autre à Gafsa se prépare à utiliser cette technique. A Kébili, les agriculteurs ont recours à la submersion des canaux à cause de la culture en étage pratiquée dans cette région.

Une étude de la FAO sur les techniques d'irrigation réalisée dans 13 pays du monde, incluant la Tunisie [18], suggère que l'introduction de l'irrigation de haute technologie en l'absence de contrôle des allocations d'eau, aggrave généralement la situation : la consommation par unité de surface augmente, la surface irriguée croît et les agriculteurs ont tendance à pomper davantage d'eau à partir de sources toujours plus profondes.

Tel que présenté dans le tableau 15, la moitié des agriculteurs ont opté pour l'irrigation localisée à la suite des conseils des agriculteurs voisins. 30 % des agriculteurs ont consulté un expert pour la conception et l'installation des systèmes d'irrigation localisée et seulement 20 % ont consulté les services agricoles (CRDA/CTV) pour le choix de la technique d'irrigation. En analysant ces résultats, on observe que seuls les grands agriculteurs ont eu recours aux conseils d'un expert agricole. Les autres utilisent d'autres moyens imprécis comme les conseils entre agriculteurs.

Nombre de points d'eau équipés dans l'exploitation	Nombre d'exploitation
1 point d'eau équipé	16
2 points d'eau équipés	6
3 points d'eau équipés	1
7 points d'eau équipés	1

Tableau 15 : Source d'information pour la conception et l'installation des systèmes d'irrigation localisée

Le graphique 25 montre que 63 % des agriculteurs possèdent un bassin de stockage d'eau pompée, 8 % ont programmé la construction d'un bassin et 29 % agriculteurs pratiquent l'irrigation au fil du soleil sans réservoir de stockage. Aucun agriculteur n'a installé un système de batterie. Les agriculteurs déclarent que le bassin de stockage leur offre :

- Un gain au moment de l'investissement initial : il est moins coûteux d'investir dans un réservoir que dans des batteries ;
- Un gain dans l'exploitation du système : les batteries ont une durée de vie limitée ;
- La possibilité d'irriguer pendant la nuit ;
- Une certaine autonomie d'approvisionnement en eau.

[18]"Does improved irrigation technology save water?A review of the evidence", FAO, 2017

La majorité des réservoirs sont construits en béton avec des volumes qui varient entre 15 et 250 m^3. Dans deux cas, les agriculteurs ont construit un bassin à l'aide d'une géo-membrane. L'absence d'un bassin de stockage chez certains agriculteurs est due aux contraintes financières. Vu le coût initial relativement élevé des SPIS, certains agriculteurs préfèrent démarrer avec des SPIS sans réservoir tout en prévoyant la construction ultérieure des bassins de stockage.

D'autre part, il a été constaté que certains réservoirs sont sous-dimensionnés pour des raisons financières (graphique 26). Ces bassins ont un volume limité qui ne suffit pas pour l'irrigation de toute l'exploitation. Le graphique montre que seulement 5 bassins sont dimensionnés de manière à garantir la pression nécessaire pour les systèmes d'irrigation localisée (entre 1 et 2 bar). Dans les autres cas, les agriculteurs sont obligés d'utiliser des pompes pour pomper l'eau des réservoirs.

Les agriculteurs déclarent avoir rencontré plusieurs problèmes dans la constitution du dossier de subvention de l'APIA relatif à la construction d'un réservoir de stockage. Il semble que la majorité de difficultés rencontrées par les agriculteurs sont liées à la mauvaise compréhension des procédures relatives à l'octroi des subventions.

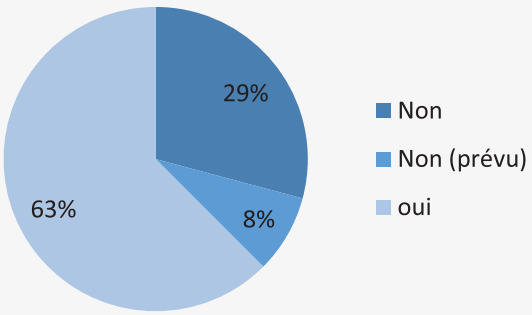

Figure 25 : Existence d'un bassin de stockage

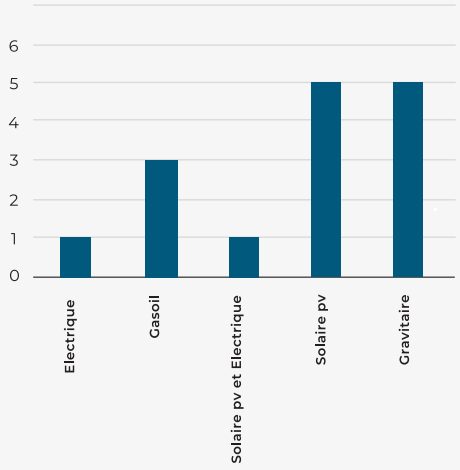

Figure 26 : Energie utilisée pour le pompage du bassin

Le graphique 27 montre qu'un tiers des exploitants se base sur l'état de la plante pour fixer les doses et la fréquence d'irrigation. 25 % de l'échantillon enquêté fait recours aux conseils d'expert et au retour d'expérience de l'agriculteur lui-même pour fixer le besoin en eau des plantations.

D'après l'enquête, aucun des agriculteurs interrogés n'a reçu de conseils ou d'encadrement de la part des services agricoles dans leurs régions pour le calcul du besoin en eau des plantations et la fréquence d'irrigation selon les saisons et l'état de la plante. Seulement les agriculteurs qui ont les moyens financiers sont encadrés par des experts agricoles. Les autres utilisent leur « perception » de la situation sans encrage scientifique pour l'irrigation, ce qui contribue à la surexploitation des ressources.

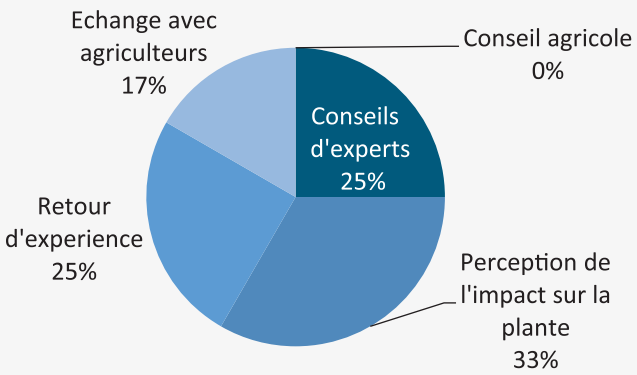

Figure 27 : Base pour le dosage de l'eau

La majorité des agriculteurs, environ 88 % des enquêtés, sont convaincus que l'apport de quantités supplémentaires d'eau améliore le rendement des exploitations (graphique 28). Cette appréciation a été donnée dans presque toutes les régions visitées. Ces perceptions, indépendamment du système de pompage utilisé, amplifient le risque de surexploitation des ressources.

Plus de 80 % des agriculteurs équipés par les systèmes de pompage solaire déclarent que cette technologie leur a permis d'augmenter les volumes d'eau pompée pour l'irrigation (graphique 29). Une tendance vers la hausse du volume d'eau pompée est remarquée chez la majorité des enquêtés. Les exploitants ont le sentiment que les SPIS offrent une « gratuité » des ressources en eau contrairement au pompage avec le gasoil ou le réseau électrique. Ce jugement favorise la surexploitation des ressources.

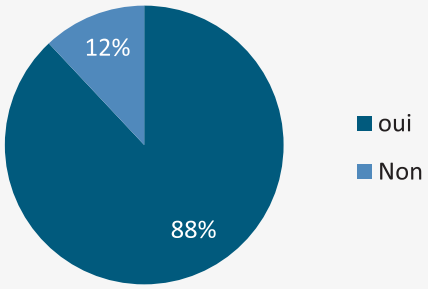

Figure 28 : Réponse à la question : Plus d'eau améliore le rendement des plantations ?

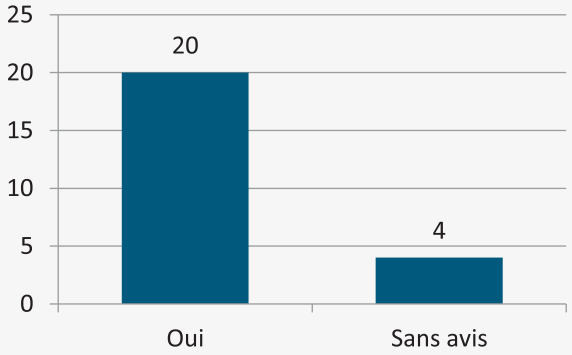

Figure 29 : Réponse à la question : Est-ce que les SPIS ont permis d'augmenter les volumes d'eau pompée ?

Tel qu'illustré dans le graphique 30, plus de la moitié des agriculteurs enquêtés (13 sur 24) déclarent avoir profité du plus en eau pompée et le gain sur la facture énergétique pour l'extension de la superficie irriguée et l'introduction de cultures intercalaires.

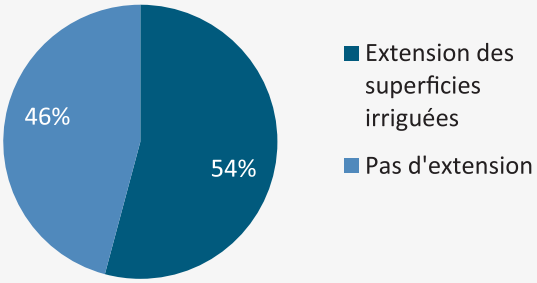

Figure 30 : Augmentation des superficies irriguées suite à l'installation du SPIS

%

Selon l'appréciation des agriculteurs sur la situation des ressources en eau dans leurs régions, 58 % ont jugé que la situation des ressources en eau est bonne (graphique 31). Cependant, cela ne reflète pas la réalité du terrain : les nappes profondes sont majoritairement en état de surexploitation avec un rabattement annuel important accompagné d'un risque de salinisation.

A Kébili, les agriculteurs ont indiqué être conscient du problème mais, selon eux, la situation n'est pas si critique, faisant référence à des publications sur les réseaux sociaux indiquant que la région est dotée d'un réserve souterraine gigantesque des ressources d'eau douce.

Cet exemple n'est pas anodin : Les informations correctes et mensongères (« fake news ») circulant sur les réseaux sociaux en Tunisie, notamment Facebook, influencent le jugement des agriculteurs.

A l'échelle du pays, plus de la moitié des agriculteurs juge que la Tunisie encourt un risque de pénurie d'eau (graphique 32).Selon les données de l'Observatoire National de l'Agriculture (ONAGRI), le pays est depuis plus de 25 ans dans une situation de stress hydrique absolu et elle souffre pour la troisième année consécutive d'une sécheresse sévère.

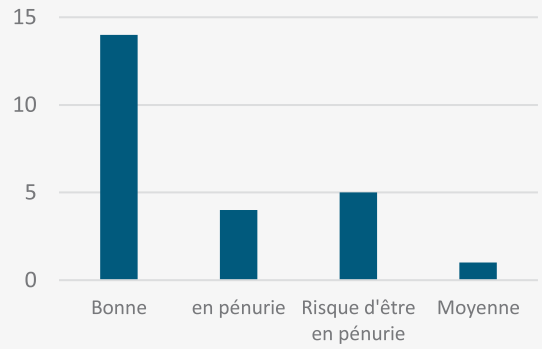

Figure 31 : Perceptions des agriculteurs sur l'état des ressources en eau dans leurs régions

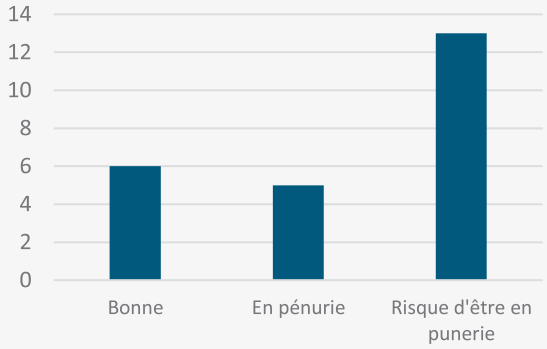

Figure 32 : Perceptions des agriculteurs sur l'état des ressources en eau en Tunisie

Tous les agriculteurs rencontrés affirment que le pompage solaire n'a pas d'impact sur la ressource en eau. Cela est notamment dû au fait que la majorité des installateurs immergent les pompes plus que nécessaire (surdimensionnement) pour éviter les interventions de maintenances dues aux effets de rabattements. Ainsi, l'eau est toujours disponible quand la pompe est en fonctionnement.
L'agriculteur a donc l'impression que les niveaux d'eau sont toujours suffisants.

Quant au sujet des quantités d'eau pompée, qui est lié à la puissance de pompage et la capacité des bassins, la moitié des agriculteurs pensent que la quantité d'eau pompée est suffisante et une autre moitié pense le contraire (voir tableau 16). L'insatisfaction est majoritairement due à :

- Sous-dimensionnement des SPIS à cause de manque de financement. Ces contraintes sont rencontrées au niveau des petites et moyennes exploitations.
- La volonté de rester dans la limite de la subvention pour les installations de grande taille.
- L'extension des superficies exploitées après l'installation du SPIS.
- sous-dimensionnement des bassins de stockages principalement pour raisons financières.

Suffisante	10
Partiellement suffisante	1
Insuffisante	13

Tableau 16 : Réponse à la question : Est-ce que les volumes d'eau pompés sont suffisants ?

5.4 IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

La majorité des agriculteurs déclarent qu'il y a un gain financier important sur la facture énergétique qui reste cependant difficile à estimer, et ce pour deux raisons :

1. L'exploitation du puit démarre directement en utilisant le système de pompage solaire, donc il est impossible de quantifier le gain sur la facture énergétique par rapport à un système conventionnel.
2. Dans plusieurs régions, les agriculteurs achetaient du gasoil de contrebande.Les fortes variations du prix de ce carburant illégal rendent le calcul difficile.

Au niveau des exploitations de plus de 50 ha, ce gain peut atteindre plus de 10 000 TND/an (figure 33). Une grande partie d'exploitants enquêtés ont indiqué que les gains financiers sur la facture énergétique sont utilisés pour deux activités :

- L'intensification des exploitations.
- L'extension des superficies irriguées.

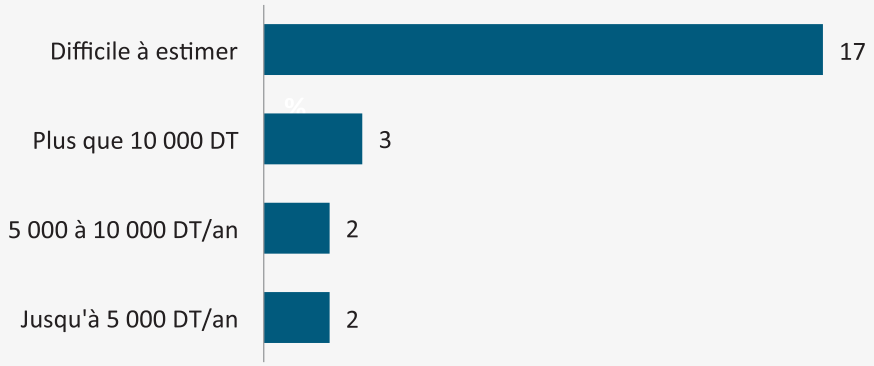

Figure 33 : Gain sur la facture énergétique

Dans la quasi-totalité des exploitations, un seul responsable travaille à temps plein et assure une présence permanente. Quant à la main d'œuvre saisonnière, il est difficile de la quantifier actuellement surtout puisque la majorité des exploitations visitées n'ont pas encore atteint le stade de production (jeunes cultures).

Dans 37 % des fermes visitées, les agriculteurs ont déclaré qu'ils sont les exploitants uniques et travaillent avec le soutien de leurs familles (figure 34). Dans 40 % des cas enquêtés, 2 à 3 familles vivent de l'exploitation agricole : généralement la famille du propriétaire/investisseur, qui vit en ville, et la famille de l'ouvrier permanent qui vit avec sa famille dans la ferme.

A Kébili, où l'activité agricole principale est la production des dattes, les exploitations visitées sont collectives. Les agriculteurs, 7 dans un cas et 10 dans l'autre, ont partagé le cout du puit et de l'installation SPIS qu'ils l'exploitent à tour de rôle.

A Tataouine, 12 familles d'une même tribu partagent l'exploitation de leur terrain agricole à travers une association de développement. Les coûts sont partagés entre les membres de l'association familiale.

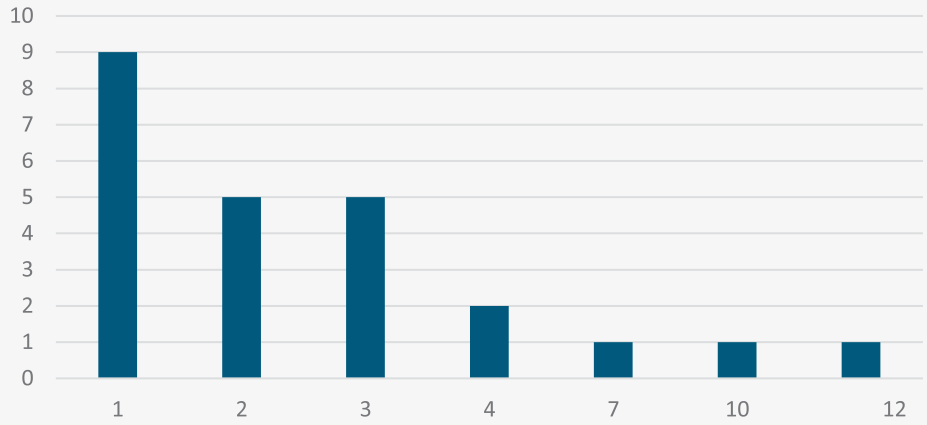

Figure 34 : Nombre des familles vivants de l'exploitation agricole

Malgré le coût d'investissement conséquent des installations de pompage solaire, la majorité des agriculteurs (63 %) font recours aux fonds propres pour le financement de leurs installations tel que présenté dans le graphique 35. Certains installateurs offrent des facilités de paiement qui consistent à échelonner le paiement sur deux ou trois ans en fonction de l'investissement, la taille de l'installation et la nature de l'activité agricole.

Malgré l'importance de la subvention accordée par l'APIA qui peut dépasser 50 % de l'investissement, les agriculteurs ont préféré dans tous les cas enquêtés le recours à la subvention du FTE. Dans le cas de la subvention gérée par l'APIA, les agriculteurs doivent payer la totalité de l'investissement et attendre la validation de leur dossier pour recevoir la prime. Dans le cas du FTE, les agriculteurs payent une facture déjà déduite du montant de la subvention.

Dans aucun des cas il n'y a eu recours aux crédits bancaires comme outil de financement des SPIS. Les difficultés rencontrées dans la préparation des dossiers et la lourdeur des procédures administratives représentent les principales causes de refus de ce moyen de financement par les agriculteurs.

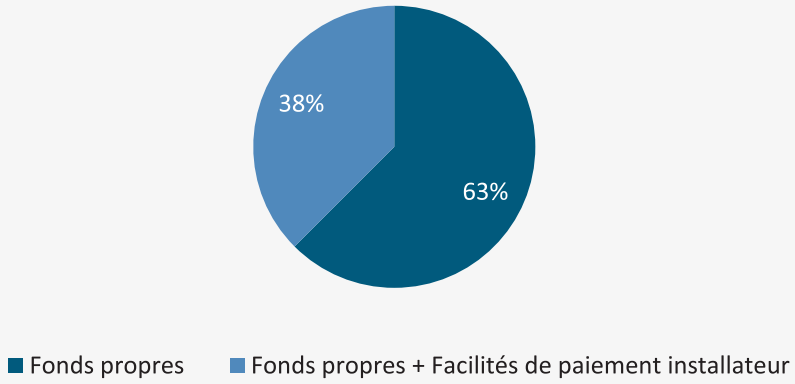

Figure 35 : Source de financement du système SPIS

La moitié des agriculteurs interrogés affichent une forte satisfaction par rapport au montant de la subvention octroyée (figure 36)[19] . Les agriculteurs insatisfaits sont soit des petits agriculteurs pour lesquels l'investissement est onéreux malgré la subvention, soit des grands agriculteurs confrontés au problème du montant plafonné de la subvention, qui est jugé comme étant relativement bas par rapport à l'importance de leur coût d'investissement. Dans le cas des exploitations disposant de puits illicites, les agriculteurs ont opté pour le pompage solaire sans recours aux subventions en raison de la rentabilité de cette technologie par rapport au gasoil.

[19]Les ouvriers qui ne connaissent pas les détails des investissements effectués parles propriétaires ont répondu « sans avis ».

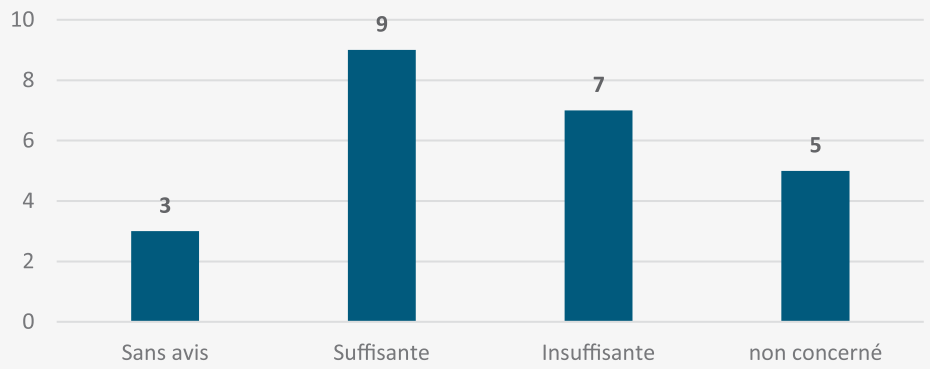

Figure 36 : Avis des installateurs par rapport au système incitatif

La figure 37 présente l'appréciation des agriculteurs par rapport à l'appui et l'assistance de l'administration. La majorité des interrogés (62 %) ont déclaré être satisfaits du service de l'administration concernant le contrôle de la conformité de l'installation aux exigences du cahier de charges. Les agriculteurs, souvent incapable d'évaluer la qualité de l'installation, se sentent rassurés par de tels contrôles qui, en quelque sorte, représente pour eux une garantie de la qualité du SPIS. Il est à noter que ces opérations de contrôle sont indispensables pour déclarer la réception des SPIS et procéder par la suite au paiement des subventions du FTE au profit des installateurs.

Cependant, les procédures et les modalités relatives à l'octroi des subventions ont été critiquées par les sociétés installatrices rencontrées, dont notamment la lenteur des délais relatifs aux :

- Contrôle et réception des installations quipeuvent dépasser les 2 mois ;
- Déblocage de la subvention qui peut dépasser les 6 mois.

Ces retards peuvent entrainer une tendance des sociétés installatrices à favoriser l'installation des SPIS pour équiper les points d'eau illicites, du fait que les agriculteurs, dans ces régions, payent en liquide. Par ailleurs, les sociétés ne sont pas obligées de passer par des procédures administratives relativement lentes et complexes et d'attendre plusieurs mois pour recevoir le paiement des subventions.

D'autre part et du fait que les agriculteurs exploitant des puits illicites ne bénéficient pas des subventions allouées par l'Etat aux SPIS, ils ne sont pas concernés par les opérations de contrôle de leurs installations par les services techniques de l'administration. L'absence du contrôle de l'administration à cette catégorie de SPIS a donné lieu à des phénomènes négatifs comme :

- La non-conformité de certaines installations solaires aux exigences techniques et aux règles de sécurité ;
- L'apparition de « pseudo » installateurs (installateurs non-agrées) ;
- L'installation desmodules solaires ne disposant de l'agrément de l'ANME (risque d'infiltration d'équipements de mauvaise qualitésur le marché).

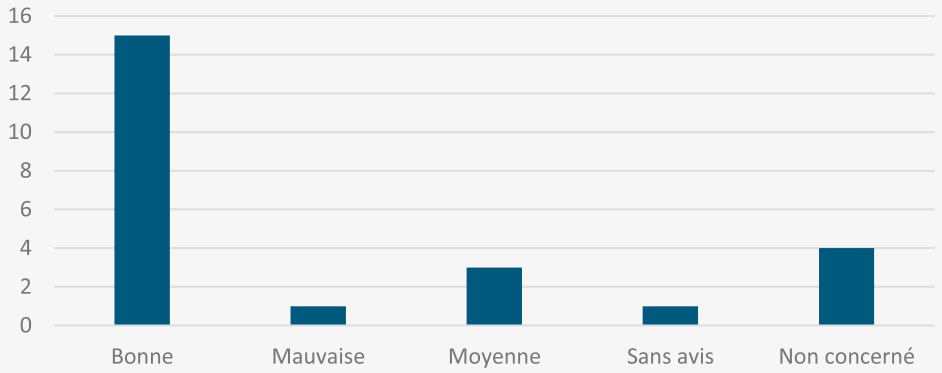

Figure 37 : Appréciation de l'apport de l'administration

Dans environ 80 % des cas, les agriculteurs interrogés ont déclaré que leurs installations de pompage solaire ont incité leurs voisins à, également, s'équiper de SPIS (figure 38). Avant leur acquisition, ces voisins le sont contactés pour poser des questions relatives à la technologie solaire PV (principe de fonctionnement, coût, capacité de pompage...) et discuter de leurs propres retours d'expériences. Les raisons données pour expliquer la motivation des voisins sont classées ci-dessous par ordre d'importance :

1. Economie de gasoil ;
2. Solution unique pour l'irrigation ;
3. Performance techniques approuvées ;
4. Amélioration de la dotation en eau.

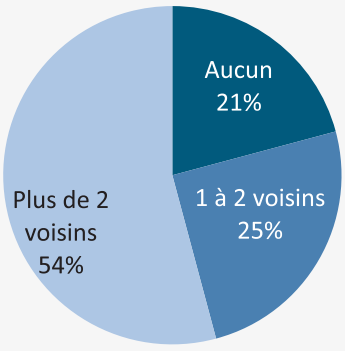

Figure 38 : Impact sur le voisinage

6. CONCLUSIONS

Cadre réglementaire et incitatif

L'échantillon des fermes visitées dans le cadre de l'enquête est choisi en se référant à la base de données fournie par l'ANME et englobant 124 SPIS réalisés durant la période 2010-2017. L'analyse des importations de convertisseurs montre que le nombre de SPIS effectivement installés est plus élevé que les statistiques officielles. Au cours de la période de 2015 à 2018, le nombre total de convertisseurs ayant bénéficié de privilèges fiscaux s'élève à 1 340 unités. Ce résultat suggère que la plupart des SPIS étaient montés aux puits illicites.

Les SPIS bénéficient de subventions relativement importantes octroyées par le FTE ainsi que le FTI. Toutefois, la lenteur des procédures administratives constitue une contrainte importante et favorise indirectement la réalisation des SPIS hors système incitatif. Dans le cas du FTI, la complexité des procédures administratives et les modalités d'octroi encourageant certains agriculteurs à opter pour la prime accordée par le FTE, devenue plus attractive après la révision récente de son taux et de son montant plafond.

Paramètres socio-économiques et financiers

La motivation principale pour l'utilisation des SPIS est la réalisation d'économies sur les dépenses énergétiques, notamment pour les exploitations agricoles utilisant le gasoil. Les coûts d'investissement des SPIS sont considérés par la plupart des agriculteurs enquêtés comme étant élevés et ne sont pas à la portée des petits agriculteurs. Le morcellement des exploitations agricoles limite considérablement la diffusion à grande échelle des SPIS. Pour des raisons économiques et financières, les SPIS sont plus fréquents dans les exploitations ayant des superficies relativement importantes.

Dans le cadre de l'enquête, aucun SPIS n'a été mis en place avec un schéma de financement intégrant des crédits bancaires. Les SPIS sont financés par les fonds propres des agriculteurs. Certains installateurs offrent des facilités de paiement qui consistent à étaler le paiement sur deux ou trois ans en fonction de l'investissement, de la taille de l'installation et de la nature de l'activité agricole.

Le dimensionnement de l'installation solaire est généralement proposé par le fournisseur à la suite d'une étude faite sur la base des informations fournies par l'exploitant lui-même. Dans un cas sur quatre, la puissance installée est plus faible que la puissance proposée par l'étude par manque de budget ou pour rester dans la limite de la subvention FTE.

Les propriétaires de SPIS sont fortement satisfaits par la technologie installée. La quasi-totalité des agriculteurs interrogés ont exprimé leur disposition à réinvestir dans cette technologie. Les échanges entre agriculteurs voisins sont un facteur important dans la prise de décision au niveau des exploitations (conception des systèmes d'irrigation, choix du PV, etc.).

Utilisation et gestion de l'eau

L'accès au pompage solaire a encouragé un tiers des agriculteurs à exploiter de nouvelles superficies irriguées, notamment pour l'arboriculture, dans des zones pratiquant l'agriculture à sec ou non exploitées. Ainsi, le recours aux SPIS pourrait être considéré comme étant bénéfique pour l'extension de l'activité agricole. Dans une logique de rendement et d'amortissement de l'investissement, les SPIS sont plus utilisés pour des exploitations fortement rentables telles que l'oléiculture. Ainsi, les SPIS permettent indirectement de valoriser l'eau en incitant les agriculteurs à opter pour des cultures à fortes valeurs ajoutées ou à l'intensification des exploitations.

Avec des coûts d'exploitation minimes, les SPIS risquent de provoquer une augmentation de la consommation en eau au niveau de l'exploitation et ce, en majeure partie, pour cause de manque d'encadrement et d'information. Les agriculteurs ne paient pas la redevance d'eau introduite par le Code d'Eaux et pensent avoir recours à une eau gratuite et inépuisable. 90 % des agriculteurs estiment pomper plus d'eau qu'avant l'installation du système. La plupart des agriculteurs ne suivent pas les indications du compteur d'eau ou ont même enlevé le compteur.

Les agriculteurs croient que l'augmentation de la dotation en eau améliore toujours le rendement des plantations : « Plus la plante reçoit d'eau mieux elle se porte ». Les agriculteurs jugent que les ressources en eau dans leurs régions sont bonnes et ne sont pas suffisamment conscients de la gravité de la situation.

Toutes les exploitations visitées utilisent la technique d'irrigation localisée « goutte-à-goutte » ce qui permet d'améliorer le rendement et mieux valoriser l'eau au niveau de la parcelle concernée.
Malgré les limites techniques du pompage solaire, les agriculteurs ont pu adapter leurs techniques d'irrigation avec les spécificités de fonctionnement des SPIS – notamment par la construction de bassins de stockage (réservoir). Vu le coût initial relativement élevé des SPIS, certains agriculteurs préfèrent démarrer avec des SPIS sans réservoir et le construire plus tard. Certaines exploitations ont des réservoirs sous-dimensionnés pour des raisons financières. Le volume des bassins ne suffit pas pour l'irrigation de toute l'exploitation.

La conception du système d'irrigation se fait majoritairement suite aux conseils des agriculteurs voisins ou d'experts. Le faible taux du recours aux conseils des services agricoles (CRDA/CTV), censés être les premiers encadreurs de l'agriculteur, illustre le fossé qui existe entre l'agriculteur et ces services.

La totalité des propriétaires de puits individuels rejette l'idée d'un forage collectif par peur des difficultés de gestion des biens communs et le risque de ne pas avoir les quantités d'eau suffisantes pour leurs cultures.

7. RECOMMENDATIONS

7.1 CADRE RÈGLEMENTAIRE

Cadre règlementaire et incitatif

Veiller au respect de la loi

Malgré un cadre règlementaire d'ores-et-déjà bien fourni, la réglementation n'est pas respectée par tous. Il est nécessaire d'appliquer la loi, notamment le Code des Eaux, et de sanctionner les contrevenants comme prévu par les dispositions légales. A titre d'exemple, la redevance calculée sur la base du nombre de mètres cube d'eau pouvant être prélevée restent bien souvent impayée. Un organisme devrait être chargé d'effectuer des contrôles réguliers et, si nécessaire, sanctionner les personnes agissant dans l'illégalité. Ces contrôles pourraient se faire par échantillonnage.

Les puits illicites

Il est indispensable d'identifier et de contrôler les puits illicites équipés par des SPIS. Les systèmes de pompage solaire lorsqu'ils sont surdimensionnés et mal gérés amplifient la surexploitation des ressources. Une étroite coordination entre les différents acteurs devrait être engagée dans l'objectif de préserver ces ressources. Aussi l'adoption, la publication et l'application du nouveau Code des Eaux est une urgence pour limiter la prolifération de ces puits illicites. Ces efforts devraient être précédés par des actions sur terrain d'information et de sensibilisation. De plus, il est recommandé de contrôler la vente des variateurs de vitesse qui devraient être conditionnée à l'existence d'un puit autorisé. Un registre devra être mis en place pour éviter la fraude et permettre les contrôles sur terrain.

S'assurer des moyens de contrôle

Une étude de la FAO sur les techniques d'irrigation[20] suggère que le rétablissement d'un équilibre entre un approvisionnement et une consommation durable de l'eau exige d'abord un contrôle physique des ressources en eau par le gouvernement ou d'autres organismes responsables de l'utilisation durable, puis des interventions pour réduire les allocations. Cela implique qu'un accès contrôlé à l'eau doit précéder l'introduction de l'irrigation de haute technologie. Il est recommandé de suivre cette séquence d'actions pour éviter le financement de projets de modernisation de haute technologie en l'absence de contrôle préalable des allocations d'eau.

[20]"Does improved irrigation technology save water?A review of the evidence", FAO, 2017

Adapter le référentiel technique du cadre incitatif

Dans l'objectif de limiter le surdimensionnement des installations et la surexploitation des ressources, le référentiel technique des installations de pompage photovoltaïque doit exiger un dimensionnement en fonction du débit autorisé. Il devrait aussi prendre en compte les quantités d'eau nécessaires en fonction de l'activité agricole pratiquée. Les services de l'ANME et de l'APIA devront contrôler le respect de ces conditions lors de l'examen des demandes de subvention. De ce fait, le manuel de pompage solaire devrait être révisé pour inclure ces nouveaux paramètres de dimensionnement des SPIS.

Conditionner la subvention aux plans de gestion de l'eau

Pour mieux valoriser l'eau pompée en utilisant les SPIS, des critères supplémentaires pourraient être envisagés pour l'obtention de la subvention. A titre d'exemple, il est recommandé de conditionner la subvention à l'élaboration d'un plan de gestion qui valorise l'eau : type de culture, intensification, technique d'irrigation etc. Cela est déjà le cas dans la subvention FTI et doit être envisagé dans le cadre la subvention FTE.

Renforcer la coopération entre ANME et APIA

Il est proposé de renforcer la coordination entre l'ANME et l'APIA dans le but d'assurer une coopération plus efficace entre les deux institutions au niveau de l'étude des demandes des subventions FTE et FTI et la coordination des opérations de contrôle des travaux.

Limiter les délais de réception des installations et déblocage de la subvention

Il est recommandé de renforcer en nombre le personnel de l'ANME, en particulier dans le sud, pour améliorer les délais de réception des installations. Il est aussi recommandé de raccourcir les délais de déblocage de la subvention, vu le grand défi que cela représente pour les finances des installateurs.

Encourager les SPIS collectifs

Les subventions devraient inclure des clauses favorables à la gestion collective des SPIS pour limiter le nombre de forages. Cette initiative pourrait être promue en accordant des taux de subvention préférentiels aux agriculteurs désirant abandonner le pompage individuel pour le pompage collectif. L'enquête a souligné le manque d'intérêt des agriculteurs dans cette approche. Il faudra les sensibiliser au sujet de la gestion collective et les aider à mieux comprendre les avantages d'une telle alternative.

7.2 RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Contrôle électronique

Encourager la mise en place d'appareils de contrôle électronique qui transmettent des informations en temps réel sur le niveau des réservoirs, les débits de pompe et les eaux de forage. Des informations qui pourront permettre de suivre le montant d'eau pompé, prendre des décisions réglementaires et d'anticiper une utilisation excessive de l'eau.

Réaliser une identification géodésique de l'ensemble des puits en opération

Les nappes d'eau sont des ressources communes à plusieurs exploitations agricoles. Il est recommandé de développer un réseau d'identification des pompes en opération qu'elles soient solaires, électriques ou carburant au diesel afin de cerner et mieux sensibiliser les exploitants sur l'impact de leur exploitation sur leur voisinage qui utilise les mêmes ressources hydriques.

Promouvoir le développement d'un outil de planification holistique pour SPIS

Il est nécessaire de disposer d'outils de planification complets qui tiennent compte des liens entre l'énergie, l'eau et la production agricole, ainsi que des finances, de la technologie et des politiques. De nombreux fabricants et fournisseurs proposent des outils pour comprendre la faisabilité et la conception de SPIS. Cependant, l'intégration des systèmes (pompe solaire et technologie d'irrigation) est nécessaire. Il est aussi intéressant de fournir des référentiels modèles dans ces outils pour permettre aux utilisateurs d'évaluer la durabilité de leurs plans.

Le programme GIZ sur "L'énergie durable pour l'alimentation et l'agriculture", en partenariat avec la FAO, met actuellement au point une boîte à outils pour les systèmes d'irrigation à énergie solaire (SPIS)[21]; conçue pour permettre aux conseillers et praticiens dans le domaine de l'irrigation solaire de fournir des conseils pratiques aux utilisateurs finaux, décideurs et financiers.

Encourager les audits des grandes fermes équipées en SPIS

Il est recommandé de mettre en place des outils incitatifs pour promouvoir la réalisation d'audits d'impacts des grandes exploitations sur l'énergie, l'eau et l'agriculture. L'objectif est d'identifier et mettre en place des mesures pour améliorer la durabilité de la ferme. Cette mesure devra être accompagnée d'une campagne de sensibilisation pour intéresser les grands agriculteurs et groupements de développement agricole.

[21] Energypedia, Toolbox: https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

7.3 RENFORCEMENT DES CAPACITÉS ET SENSIBILISATION

Sensibiliser à l'irrigation solaire

La connaissance des technologies SPIS ainsi que leur adaptabilité aux différents systèmes, tailles et cultures agricoles est limitée par le manque de formation des installateurs et des agents agricoles. Des mesures de formation ciblées peuvent contribuer à une meilleure utilisation du potentiel de SPIS et à la gestion de ses risques, par exemple par le biais de :

- Campagnes de sensibilisation sur les SPIS dans les établissements qui enseignent l'agriculture, l'eau et l'énergie ou le développement rural ;
- Inclusion de l'irrigation solaire dans les programmes d'enseignement des services de vulgarisation agricole, des gestionnaires d'irrigation, des techniciens et du personnel technique de l'administration ;
- Des formations afin de sensibiliser les agriculteurs aux avantages et aux risques des SPIS et de leurs enseigner des méthodes d'irrigation, des modes de culture et une gestion des sols plus économes en eau. Il est recommandé aussi d'inclure les réseaux sociaux dans les canaux de communication pour endiguer le problème de la désinformation.

Renforcer les moyens de l'encadrement et la vulgarisation agricole

Dans l'objectif de sensibiliser les agriculteurs et leur apporter un encadrement de proximité en ce qui concerne les techniques d'irrigation et la fixation du besoin et la fréquence d'irrigation, il est recommandé de redynamiser les CTV et CRDA pour qu'ils puissent accomplir leurs rôles d'encadrement et vulgarisation dans les meilleures conditions. Le renforcement de la mission de conseil agricole est d'une importance capitale pour améliorer le rendement des plantations et la préservation des ressources.

Démontrer des bonnes pratiques

L'étude a montré l'impact important des SPIS sur leur voisinage. Des séries de projets de démonstration dans des régions stratégiques pourraient améliorer la situation en donnant l'exemple des bonnes pratiques. Certains de ces projets pourraient être dédiés à la recherche et développement pour tester et démontrer l'utilité des innovations. Les projets de démonstration pourraient être financés avec l'appui des bailleurs de fonds.

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DE L'ENQUETE

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE SUR L'IMPACT DES INSTALLATIONS DE POMPAGE SOLAIRE SUR LA CONSOMMATION D'EAU ET LA SITUATION SOCIO - ECONOMIQUE DES AGRICULTEURS

Date de l'enquête : |__|__|/|__|__|/|__|__|__|__| (JJ/MM/AAAA)
Heure début de l'enquête: |_____| Heure fin de l'enquête: |_____|
Nom de l'enquêteur |_____|

Nous nous référons aux récentes discussions entre Monsieur/Madame |_____| et l'équipe du Groupe GFA Consulting Group -concernant la conduite d'une enquête sur terrain des investigations de l'impact des installations de pompage solaire sur la consommation d'eau souterraine et les changements conséquents sur la situation socio- économique des agriculteurs en Tunisie.

L'étude d'impact est dirigée par la GIZ en coopération avec l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME) et l'Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA) et se trouve appuyée par l'Union Européenne et le Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ). Cette étude est aussi appuyée par une collaboration entre la GIZ et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) dans le cadre du projet TCP/RAB/3604 intitulé: « Réaliser le potentiel et gérer les risques de l'irrigation solaire au Proche-Orient et en Afrique du Nord » coordonné par un comité de pilotage qui inclut notamment la Direction Générale du Génie Rural et des Exploitations des Eaux (DGGREE) et la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP).

L'enquête qui ne prendra pas plus que 2 heures de votre temps sera conduite comme suit :
1- Volet Identification
2- Production agricole
3- Caractérisation des ouvrages de captage
4- Techniques d'irrigation
5- Équipements de pompage solaire
6- Impact du système de pompage solaire
7- Questions diverses.

Les informations que vous fournirez ne serviront qu'à illustrer les aspects relatifs à l'utilisation des pompes solaires et de leur impact et aucune donnée personnelle ne sera fournie au public. Dans un premier stade, 10 agriculteurs seront interviewés et les résultats seront référés aux agriculteurs 1,2,3,...,10 sans aucune mention de leur identité.

Les résultats serviront à mieux orienter le programme du Gouvernement Tunisien de support des pompes solaires au profit des agriculteurs.

I. IDENTIFICATION DE L'INTERLOCUTEUR:

Nom et Prénom : _____

Téléphone : _____

Qualité : Propriétaire : ☐ Gérant/Responsable : ☐ Ouvrier: ☐

Age (ans) : _____

Niveau d'instruction : Néant : ☐ Primaire: ☐ Secondaire : ☐ Universitaire : ☐

II. IDENTIFICATION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE :

Gouvernorat : _____

Délégation : _____

Localité : _____

Coordonnées : X _____ Y _____ Z _____

Nom et Prénom du propriétaire/gérant : _____

Age (ans) : _____

Adresse : _____ Localité _____

Téléphone : _____ Adresse E-mail: _____

Niveau d'instruction du propriétaire : Primaire: ☐ Secondaire agricole : ☐ Secondaire non agricole : ☐

Professionnel agricole: ☐ Professionnel non agricole:☐

Supérieur agricole: ☐ Supérieur non agricole: ☐

Expérience dans le domaine agricole : _____

Statut de l'exploitation: Familiale: ☐ Privée: ☐ Société: ☐

Autre: ☐ précisez : _____

Affiliation à des organisations professionnelles: Aucune: ☐ URAP: ☐ GDA:☐ SMSA: ☐

Autre: ☐ précisez : _____

Superficie totale: _____ Ha Superficie exploitée :_____ Ha Superficie irriguée : _____ Ha

Originede l'eau d'irrigation Puits de surface: ☐ Forage: ☐

Autre: ☐ précisez : _____

Depuis quand utilisez-vous l'eau pour l'irrigation ? Moins de 5 ans : ☐ De 5 à 10 ans ☐

Autre période : ☐ précisez : _____

Type de main d'œuvre employée : Familiale : ☐ Occasionnelle : ☐ Permanente : ☐

Nombre de familles vivant entièrement de l'exploitation agricole : _____

Effectif permanent à l'exploitation agricole : _____

Effectif total lors des périodes de récoltes : ____

Matériel agricole : Propriété privé: ☐ En association avec d'autres propriétaires : ☐

Recours à la location :☐

Est- ce que vous faites des enregistrements de toutes les interventions majeures effectuées au niveau de votre exploitation :

- Aspects techniques : Oui : ☐ Non : ☐
- Aspects financièrs : Oui : ☐ Non : ☐

Si oui, pouvons -nous consulter ceux de 2017 et de 2018: Oui : ☐ Non : ☐

III. PRODUCTION AGRICOLE :

Cultures pratiquées: Grandescultures: ☐ Cultures industrielles: ☐ Arboriculture: ☐

Maraichage: ☐ Autre: ☐ précisez : ____

Cultures irriguées: Grandescultures: ☐ Cultures industrielles: ☐ Arboriculture: ☐

Maraichage: ☐ Autre: ☐ précisez : ____

Répartition selon les surfaces:

Cultures pratiquées	Superficie(ha)	
	Enirrigué	Ensec

Données sur les cultures annuelles en irrigué :

Culture	Superficie (ha)	Variété	Rendement (Qx/ha)	Date de semis	Date de récolte

Données sur les arboricultures en irrigué:

Culture	Superficie (ha)	Variété	Age de la plantation	Rendement (t/ha)	Date de récolte

IV. OUVRAGES DE CAPTAGE :

Nombre total de points d'eau ____ (y compris les points d'eau non fonctionnels, abandonnés ou non officiellement reconnus par les autorités)

Nombre de points d'eau non fonctionnels : ____

Raisons de non fonctionnalité : Baisse du niveau de la nappe : ☐ Ouvrages de secours : ☐ Non équipés : ☐

Autre: ☐ , spécifiez : ____

Nombre de points d'eau fonctionnels et équipés de pompes: ____

Précisez le nombre de pompes en fonction de l'énergie utilisée: Gasoil: ____ Electrique: ____ Solaire PV: ____

Caractéristiques des points d'eau équipés :

N°	Nature (Puits/ Forage)	Année d'exploitation	Diamètre (m)	Profondeur totale (m)	Niveau statique (m)	Débit autorisé (m^3/h)	Pompes				
							Energie	Puissance (kW)	Profondeur de la crépine (m)	Débit (m^3/h)	Date mise en service

Quand pompez-vous de l'eau?

Systèmes de pompage	1 : Pompage solaire	2 : Pompage électrique	3 : Pompage pargasoil

		Heures de pompage											
		1 :00	2 :00	3 :00	4 :00	5 :00	6 :00	7 :00	8 :00	9 :00	10 :00	11 :00	12 :00
1	AM												
	PM												
2	AM												
	PM												
3	AM												
	PM												

Disposez-vous de compteurs pour suivre les quantités d'eau pompée : Oui : ☐ Non : ☐

Avez-vous une estimation de la quantité journalière d'eau pompée : Oui: ☐ Non : ☐

Si "oui ", _____ m^3/j

Disposez -vous d'un bassin d'eau pour le stockage ou la régulation d'eau pompée: Oui : ☐ Non : ☐

Si "oui ", Capacité du bassin (m^3): _____ Pourcentage de remplissage actuel (%) : _____

Disposez-vous de pompes au niveau du bassinde stockage: Oui : ☐ Non : ☐

Si "oui ", quel est le système de pompage utilisé ? Gasoil : ☐ Electrique : ☐ Solaire :☐

Puissance (kW) : _____ Débit (m^3/h) : _____

Avez-vous été dans l'incapacité de pomper l'eau pour une période quelconque? Oui : ☐ Non : ☐

Si oui, pour quelles raisons ? Pénurie d'eau pompée: ☐ Problèmes techniques : ☐

Coûts élevés de pompage : ☐ Interdiction de pompage : ☐

Autre(s) problème(s), précisez : _____

Avant la mise en place du système de pompage solaire, avez -vous remarqué une baisse de niveau de l'eau ?

Oui : ☐ Non : ☐

Si "oui ":

Depuis quand ? _____ et de combien (m) ? _____

Est-ce une baisse saisonnière ? Oui : ☐ Non: ☐ Si"oui":de _____ au mois de : _____

Rabattement moyen annuel (m/an): _____

Avant la mise en place du système de pompage solaire, avez-vous remarqué une diminution du débit?

Oui : ☐ Non : ☐

Si "oui ":

Depuis quand ? _____ et de combien (m^3/h) ? _____

Est-ce une baisse saisonnière ? Oui : ☐ Non : ☐ "Oui": de _____ au mois de: _____

V. TECHNIQUES D'IRRIGATION :

Technique d'irrigation: Goutte-à-goutte: ☐ Gravitaire: ☐ Aspersion: ☐

Autre : ☐, précisez : _____

Qui a influencé le choix de votre système d'irrigation?

Conseil Office / CRDA / AVFA : ☐ Conseil d'un BET, Société ou Expert : ☐ Autres agriculteurs : ☐

Quels autres facteurs ont influencé le choix du système d'irrigation ?

Calcul : ☐ Etat des plantes : ☐ Subventions : ☐ Autre : ☐, précisez : _____

Est-ce que vous avez utilisé un autre système d'irrigation avant? Oui ☐ Non ☐

Si oui, précisez : _____

Avantages/désavantages du nouveau système, précisez : _____

_____

Comment fixez-vous la dose et la fréquence d'irrigation ?

Conseil Office / CRDA / AVFA: ☐ Conseil d'un BET, Société ou Expert : ☐ Calcul : ☐ Etat des plantes : ☐

Échange avec agriculteurs : ☐ Perception de satisfaction de la plante : ☐ Disponibilité d'eau : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

Selon vous, quels sont les besoins annuels en eau d'irrigation des différentes cultures que vous pratiquez dans votre exploitation ?

Cultures	Estimation des besoins annuels en eau de ces cultures (m^3/ha)

Quelles sont les durées moyennes de distribution de l'eau pour les différentes cultures :

Culture	Durée	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
	Heures/jour												
	Jours/mois												
	Heures/jour												
	Jours/mois												
	Heures/jour												
	Jours/mois												
	Heures/jour												
	Jours/mois												
	Heures/jour												
	Jours/mois												
	Heures/jour												
	Jours/mois												

La quantité d'eau pompée suffit-elle pour votre exploitation? Oui : ☐ Non : ☐

Si non, -durant quelle saison avez-vous des besoins non satisfaits ? _____

Pensez-vous que donner plus d'eau aux cultures augmentera toujours les rendements ?

Oui : ☐ Non : ☐ Explication : _____

_____

Quels sont les problèmes liés à la disponibilité de l'eau d'irrigation ?

Disponibilité de l'eau en quantité suffisante : ☐ Salinité: ☐ Autres : _____

Avez-vous changé vos pratiques culturales pour s'adapter aux problèmes rencontrés ?

Oui : ☐ Non : ☐

Si oui, quelles sont les cultures abandonnées et/ou introduites ?: _____

_____

_____

Quel est la salinité de l'eau utilisée ? _____ en g/l

Si pas d'analyse, comment jugez -vous la salinité : Faible: ☐ Moyenne: ☐ Forte : ☐

Si cette salinité continue à progresser que pensez -vous faire ?

Introduire des cultures mieux adaptées à la salinité: ☐ Chercher une autre source d'eau: ☐

Investir dans une unité de dessalement: ☐ Abandonner l'agriculture: ☐

VI. EQUIPEMENTS DE POMPAGE SOLAIRE :

N°	Puissance PV	Marque des panneaux	Type des panneaux	Date d'installation du système	Puissance de la pompe	Débit de la pompe
1						
2						
3						
4						
5						

Origine des panneaux: _____ Etat: Neuf: ☐ deuxième main: ☐

Type de panneaux : Monocristallin : ☐ Polycristallin : ☐ Amorphe : ☐

Type d'onduleur: Centralisé : ☐ String (par rangée) : ☐ Multistring : ☐ Modulaire : ☐

Quelle a été votre motivation pour avoir acheté une pompe solaire :

Réduire les coûts d'énergie : ☐ Difficulté d'approvisionnement en gasoil: ☐

Éloignement du réseau : ☐ Équipement existant désuet : Panne fréquente de l'ancien équipement : ☐

Programme de subvention : ☐ Information depuis l'expérience du voisinage : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

Base de dimensionnement du système de pompage solaire:

Résultat d'une étude : ☐ Dans la limite du budget disponible : ☐ Conseil fournisseur : ☐

Conseil fournisseur : ☐ Sur la base de l'expérience d'un autre agriculteur : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

Avez-vous rencontré des difficultés particulières lors de montage et de réalisation de votre projet de pompage solaire:

Oui : ☐ Non : ☐

Si oui, précisez la nature des difficultés : _____

_____

Coût global du système de pompage solaire : _____ DT

Taux de subvention accordée par l'Etat : _____ %

Montant à la charge de l'exploitant : _____ DT

Source de financement : Fonds propres : ☐ Crédit bancaire : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

Si financement par crédit bancaire :

Taux d'endettement : _____ % Taux d'intérêt : _____ %

Durée de remboursement : _____ ans Années de grâce : _____ ans

Coût annuel d'entretien du système de pompage solaire : _____ DT

Niveau de satisfaction pour le fonctionnement du système de pompage solaire ?

Insatisfaction : ☐ Faible : ☐ Moyen : ☐ Elevé : ☐

Si "faible", pourquoi ?

Mauvais service-après-vente : ☐ Investissement élevé : ☐ Faible débit d'eau : ☐

Lié aux conditions météorologiques : ☐ Fragilité : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

En cas d'insatisfaction :

Explication : _____

_____

Pratique d'activités de maintenance du système PV? Oui : ☐ Non : ☐,

Si "oui " : Fréquence : Périodique : ☐ En cas de panne : ☐

Type de maintenance : Nettoiement : ☐ Autre : ☐, spécifiez : _____

Qui assure la maintenance ? : En interne : ☐ Contrat de maintenance : ☐ atelier/technicien local : ☐

Pannes du système PV ? Oui : ☐ Non : ☐, "Oui" :

Fréquence : _____, type de défaillance ? : _____

Quelle est votre disposition à investir dans des nouveaux systèmes de pompage solaire ? Oui : ☐ Non : ☐

Précisez vos justificatifs : _____

VII. IMPACTS DU SYSTEME DE POMPAGE SOLAIRE :

Equipements substitués

Avez-vous déjà utilisé un autre système de pompage avant de changer vers le photovoltaïque ?

Oui : ☐ Non : ☐

Si "oui " :

- Quelle était l'ancienne source d'énergie utilisée ? Réseau STEG : ☐ Gasoil : ☐ Autre : ☐

Qu'avez-vous fait des anciens équipements :

Mis en opération sur une autre source : ☐ Gardés en secours : ☐ Vendus : ☐ Prêtés : ☐ Jetés : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

Impacts sur l'eau

Est-ce que vous avez constaté un changement après l'installation de la pompe solaire :

- Une baisse de niveau de l'eau? : Oui : ☐ Non : ☐ Si "oui " :

  Depuis quand ? ____ et de combien (m) ? ____

  Est-ce une baisse saisonnière ? Oui : ☐ Non : ☐ "Oui" : de ____ au mois de : ____

  Rabattement moyen annuel (m/an) : ____

- Une dégradation de la qualité de l'eau : Oui : ☐ Non : ☐ Si "oui " :

  Si «oui» quel type de dégradation ? ____

  Depuis quand ? ____ Avez-vous fait des essais de laboratoire ? Oui : ☐ Non : ☐

  Est-ce une dégradation saisonnière ? Oui : ☐ Non : ☐

  Si "oui " : de ____ au mois de : ____

- Une diminution du débit: Oui : ☐ Non : ☐ Si "oui " :

  Depuis quand ? ____ et de combien (m^3/h) ? ____

  Est-ce une baisse saisonnière ? Oui : ☐ Non : ☐ Si "oui ": de ____ au mois de: ____

Quels sont les résultats générés par la reconversion au PV vis-à-vis de la consommation en eau :

- Extension des superficies irriguées : ☐ Si "oui ", de combien d'ha: ____
- Augmentation de l'intensification des terres : ☐ Si "oui ", de combien de cultures pour une même parcelle ? : ____ Augmentation du taux d'intensification: ____
- Augmentation de la dotation d'eau à l'ha : ☐ Si "oui ", de combien (%) : ____
- Augmentation du nombre de points d'eau équipés: ☐
- Achat des pompes plus puissantes (en matière de débit) : ☐
- Introduction de nouvelles cultures : ☐ (qui n'étaient pas pratiquées à cause de leurs grands besoins)
  - Si "oui "– lesquelles ? ____
- Réduction du volume pompé : ☐ (à cause de la dépendance du PV aux conditions météorologiques)
  - Si "oui "– de combien ? ____
- Autre : ☐, précisez : ____

Impacts économiques

- Estimation de la facture énergétique de l'ancien système de pompage (avant le PV) : _____ DT/an
- Estimation du gain sur la facture énergétique grâce au système de pompage solaire PV : _____ DT/an

- Le gain résultant de la suppression du coût d'exploitation lié au pompage, a-t-il servi à une augmentation de la production? Oui : ☐ Non : ☐

  - Si "oui ", comment?

    - Extension de superficie cultivée : ☐ Augmentation de la densité : ☐
    - Utilisation des nouvelles cultures (à haut rendement) : ☐
    - Amélioration du traitement phytosanitaire : ☐
    - Amélioration de la fertilisation : ☐
    - Achat de nouveaux matériels agricoles : ☐ spécifiez : _____
    - Autre : ☐, précisez : _____

  - Si "non", précisez à quoi ce gain a-t-il servi ?
    - Investissement social/familial : ☐, précisez : _____
    - Autre : ☐, précisez : _____

Autres impacts

L'installation du PV a-t-elle influencé les voisins? Oui : ☐ Non : ☐

- Si "oui",

  - Motivation des voisins d'installer ce système : ☐
    - Pourquoi : _____

      Nombre de pompes solaires installées au voisinage : _____
  - Découragement des voisins d'installer ce système : ☐
    - Pourquoi : _____
  - Autre : ☐,
    - Précisez en expliquant : _____

VIII. QUESTIONS DIVERSES

- Le pompage chez les voisins impacte-t-il votre comportement ?

Excès de pompage : ☐ Diminution de pompage : ☐ Aucun impact : ☐

- Quel est votre avis sur les systèmes de pompage ? (1: Faible 2 : Moyen 3: Elevé)

	Energie solaire			Energie électrique			Energie thermique (gasoil)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Difficultés d'entretien									
Disponibilité des équipements sur le marché									
Risque de pannes									
Coût d'investissement									
Coût de fonctionnement									

- Par quel moyen obtenez-vous les informations concernant l'activité d'irrigation et de pompage ?

Radio : ☐ Internet: ☐ Services du CRDA : ☐ Voisins : ☐ Expert : ☐

Autre : ☐, précisez : _____

- Contactez-vous les services de l'agriculture ? Oui : ☐ Non : ☐

- Comment jugez-vous la situation de l'eau au niveau de votre région?

En pénurie : ☐ Risque d'être en pénurie : ☐ Bonne : ☐

- Comment jugez-vous la situation de l'eau en Tunisie ?

En pénurie : ☐ Risque d'être en pénurie : ☐ Bonne : ☐

- Qu'est-ce que vous proposez comme solutions ?

Cultures moins exigeantes : ☐ Sensibilisation: ☐

Autre : ☐, précisez : _____

- Seriez-vous prêt à abandonner votre forage individuel et utiliser un forage collectif équipé par un système de pompage solaire qui est subventionné par l'Etat ? Oui : ☐ Non : ☐

Seriez-vous prêt dans ce cadre à participer à un système d'autocontrôle des bénéficiaires en collaboration avec les autorités compétentes ? Oui : ☐ Non : ☐

Explication: _____

- Comment jugez-vous le niveau actuel de la subvention accordée par l'Etat aux systèmes de pompage solaire :
Suffisant : ☐ Insuffisant :☐

Explication : _____

_____

- Comment jugez-vous l'accès au crédit bancaire pour le financement des systèmes de pompage solaire ?

Impossible: ☐ Difficile :☐ Assez facile: ☐ Long: ☐ Rapide: ☐

Explication : _____

_____

- Comment jugez-vous la qualité des équipements et des services en relation avec le pompage solaire ?

Equipements : _____
Sociétés installatrices : _____
Assistance et appui de l'administration : _____

- Accepteriez-vous de bénéficier d'une subvention du pompage solaire à condition d'installer des équipements de contrôle et de collecte et fourniture de données relative à l'eau (compteur, capteur de niveau)? Oui : ☐ Non : ☐

Explication : _____

_____

- Accepteriez-vous de bénéficier d'une subvention du pompage solaire à condition de conclure un contrat avec les autorités compétentes (le CRDA) dans le but de protéger les eaux souterraines, qui vous engage à ne pas dépasser un volume d'eau donné ? Oui : ☐ Non : ☐

Explication : _____

_____

- Accepteriez-vous de bénéficier d'une subvention du pompage solaire à condition de :

Utiliser un système d'irrigation localisée : ☐ Cultiver des plantes moins consommatrices :☐

Ne pas dépasser une superficie irriguée donnée : ☐ Faire une formation en irrigation : ☐

COMMENTAIRE

Commentaire de l'interlocuteur :

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ANNEXE 2 : APERÇU DES FERMES VISITEES

Gouvernorat	Année installation	Puissance solaire (kWc)	Superficie irriguée (ha)	Cultures pratiquées
Gabes	2014	10	4	Oliviers
	2016	4,5	15	Oliviers
Gafsa	2016	9	4	Oliviers/Pistachiers/Fourrages
	2017	15,6	40	Amandiers/Oliviers
Kairouan	2017	9	4	Oliviers
Kébili	2016	5	4	Palmiers Dattiers
	2017	9	6	Palmiers Dattiers
	2018	9	7	Palmiers Dattiers
Sfax	2013	22,5	17	Oliviers
	2015	5	7,5	Oliviers
	2016	8,8	27	Oliviers
Sidi Bouzid	2013	12,4	10	Oliviers/Pêchers
	2014	22,5	15	Oliviers
	2016	4,5	3	Oliviers
Sousse	2015	13,5	22	Oliviers/Amandiers/Fourrages

Gouvernorat	Année installation	Puissance solaire (kWc)	Superficie irriguée (ha)	Cultures pratiquées
Tataouine	2016	4,25	2	Oliviers/Maraîchage
	2016	4,25	10	Oliviers
	2016	4,5	10	Oliviers/Pêchers/Amandiers/Figuiers
	2016	30	30	Oliviers/Grenadiers/Pêchers
	2017	4,25	15	Oliviers/Pêchers/Figuiers
	2017	5	8	Oliviers

Global Nexus Secretariat
C/O Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Germany

+49 6196 79-1878
nexus@giz.de
www.facebook.com/nexusresourceplatform/
@NEXUSPlatform #Nexusplatform
www.nexus-dialogue-programme.eu
www.water-energy-food.org