

PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE DANS LE BASSIN DU SASS

Vers une agriculture durable et rentable
au Sahara



PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE DANS LE BASSIN DU SASS

**Vers une agriculture durable et rentable
au Sahara**

Rédigé par :

Ali Mhiri
Consultant régional

Lu par :

Abdelkader Dodo
Coordinateur du programme Eau
Djamel Latrech
Coordinateur du projet SASS III
Maxime Thibon
Conseiller scientifique

Revu par :

Khatim Kherraz
Secrétaire exécutif de l'OSS

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. Problématique générale du SASS	13
2. Déclinaisons locales de la problématique générale du SASS	17
3. Objectifs du projet SASS III	18
3.1. Objectif général du projet	18
3.2. Objectif spécifique de la composante « pilotes »	20
4. Concept des pilotes et approche de leur mise en œuvre	23
4.1. Concept de pilote de démonstration	23
4.2. Approche de mise en œuvre des pilotes	25
4.3. Processus de mise en œuvre des pilotes	28

RÉSULTATS DES PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE

33

ALGÉRIE

35

P1

1. Contexte général du pilote	36
2. Problématique locale de l'irrigation	38
3. Thématique du pilote de Ksar Aït Messaoud	39
4. Localisation et caractéristiques du pilote	40
5. Plan d'action du pilote	44
6. Évaluation de la mise en œuvre du plan d'action	45
7. Principaux résultats obtenus	47
8. Évaluation des résultats obtenus	53
9. Conclusion et recommandations	55

P2

1. Contexte général du pilote	57
2. Problématique locale de l'irrigation	59
3. Thématique de démonstration agricole	60
4. Localisation et caractéristiques du pilote	60
5. Plan d'action du pilote	62
6. Évaluation des activités réalisées	63
7. Principaux résultats obtenus au cours des 2 années consécutives de la mise en œuvre du pilote	68
8. Évaluation des résultats obtenus	75
9. Conclusion et recommandations	76

LIBYE

79

P3

1. Contexte général de l'irrigation	82
2. Problématique locale du pilote	82
3. Thématique de démonstration du pilote	82
4. Localisation et caractéristiques du pilote	83
5. Plan d'action du pilote	85
6. Évaluation des activités réalisées	85
7. Résultats obtenus	85
8. Diffusion des résultats du pilote.	95
9. Conclusion et recommandations	96

P4

1. Problématique locale de l'irrigation	97
2. Conclusion et recommandations	98

TUNISIE

100

P5

1. Contexte général du pilote.	103
2. Problématique locale du pilote	104
3. Thématique du pilote	104
4. Localisation et caractérisation du pilote	105
5. Plan d'action de mise en œuvre du pilote	108
6. Évaluation des activités réalisées	109
7. Résultats obtenus	109
8. Conclusion et recommandations	117

P6

1. Contexte général du pilote	121
2. Problématique du pilote	122
3. Thématique du pilote	123
4. Objectif du Pilote	123
5. Localisation et caractéristiques du pilote	123
6. Plan d'action du pilote	127
7. Évaluation des activités réalisées	129
8. Résultats obtenus	132
9. Résultats de la seconde année agricole	139
10. Conclusion	142

P7

1. Contexte général du pilote	145
2. Problématique locale de l'eau	146
3. Thématique du pilote	147
4. Objectif du pilote	147
5. Localisation et caractéristiques du pilote	147
6. Plan d'action du pilote	150
7. Évaluation des activités réalisées au cours de la 1 ^{re} année agricole (2011-2012)	151
8. Résultats obtenus et leur évaluation	154
9. Conclusion sur le pilote	159

ÉVALUATION SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS DES PILOTES CONCLUSION GÉNÉRALE

162
167

RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES pour une gestion efficiente de l'eau d'irrigation dans la zone SASS

I. Introduction	171
1. Objectif des recommandations opérationnelles	171
2. Destinataires des recommandations opérationnelles	171
3. Domaines d'action ciblés	172
4. Capitalisation des résultats obtenus	172
5. Enseignements tirés de ces résultats	172
II. Recommandations opérationnelles	175
1. Recommandations dans le domaine institutionnel	175
2. Recommandations dans le domaine technique	177
3. Recommandations dans le domaine socio-économique	180
4. Recommandations dans le domaine environnemental	181

Liste des figures, graphiques et tableaux

FIGURES

Figure 1.	Carte des points d'eau exploités du SASS en 2010 dans les trois pays.	22
Figure 2.	Carte des périmètres irrigués dans les zones SASS des trois pays.	22
Figure 3.	Carte de localisation des pilotes dans les zones SASS des trois pays.	22
Figure 4.	Image spatiale de localisation géographique de l'oasis Ksar Ait Messaoud.	40
Figure 5.	Localisation d'une batterie de puits de surface parallèlement à la périphérie Est de l'oasis.	40
Figure 6.	Image satellitaire du tracé des bouches des puits verticaux d'une foggara dans la zone du pilote.	41
Figure 7.	Vue au sol des bouches des puits verticaux de la foggara de Tamentit en cours de réhabilitation.	41
Figure 8.	Restauration d'un puits vertical de la foggara de Tamentit en cours de réhabilitation.	41
Figure 9.	Coupe verticale dans la galerie de la foggara de Tamentit à son embouchure.	41
Figure 10.	Partiteur d'une foggara à l'entrée d'une oasis.	42
Figure 11.	Reste du quota d'eau d'un exploitant du pilote de la foggara après une importante baisse de son débit.	42
Figure 12.	Abandon total d'une exploitation après baisse du débit de la foggara desservant cette oasis.	42
Figure 13.	Système de culture traditionnel avec irrigation par submersion.	43
Figure 14.	Ruines de l'ancien village de Tamentit avec son oasis après tarissement de sa foggara.	43
Figure 15.	Équipe du projet avec les exploitants de l'oasis autour du forage.	45
Figure 16.	Visite des parcelles du pilote avec les consultants de l'OSS en compagnie des exploitants du pilote.	45
Figure 17.	Raccordement d'un puits à un bassin individuel de stockage.	45
Figure 18.	Installation d'une électropompe refoulante à la sortie d'un bassin de stockage.	45
Figure 19.	Espace intercalaire inoccupé faute d'eau avant le projet.	46
Figure 20.	Culture intercalaire mis en culture (courgette conduite en irrigation localisée, 2011-2012).	46
Figure 21.	Ancien canal (séguia) de distribution et d'irrigation par submersion et son remplacement.	46
Figure 22.	Culture de tomate d'hiver conduite en irrigation localisée 2011-2012.	46
Figure 23.	Culture de pomme de terre à deux stades de développement.	53
Figure 24.	Culture de courgette à deux stades de développement.	53
Figure 25.	Culture de tomate à deux stades de développement.	53
Figure 26.	Culture de piment au démarrage.	53
Figure 27.	Canal collecteur principal de la Vallée d'Oued Righ.	58
Figure 28.	Image satellitaire et carte des oasis de la vallée d'Oued Righ.	61
Figure 29.	Image satellitaire du site du pilote.	61
Figure 30.	Image spatiale de la palmeraie du pilote.	61
Figure 31.	Fossé de drainage à ciel ouvert intra-parcelle devenu non fonctionnel par manque de maintenance.	61
Figure 32.	Canal collecteur secondaire colmaté par les roseaux.	61
Figure 33.	Parcelle de l'oasis avant sa rénovation par le projet.	64
Figure 34.	Canal de distribution de l'eau à l'entrée de l'exploitation.	64
Figure 35.	Pose du tuyau de drainage.	64
Figure 36.	Remblaiement du fossé de drainage après la pose d'un tuyau de drainage.	64
Figure 37.	Amendement sableux.	64
Figure 38.	Installation d'une électropompe pour la mise sous pression de l'eau d'irrigation.	64
Figure 39.	Fonctionnement efficace du réseau de drainage dès la pose des canaux enterrés.	65
Figure 40.	Supervision de l'installation du réseau d'irrigation localisée par le Consultant national algérien.	65
Figure 41.	Regard de visite de l'arrivée et de l'évacuation des eaux de drainage.	65
Figure 42.	Schéma du dispositif de suivi évaluation du bilan hydrosalin.	69

Figure 43.	Parcelle de culture d'ail dans l'espace intercalaire de la palmeraie.	75
Figure 44.	Carte de localisation de l'exploitation pilote (carré en vert).	84
Figure 45.	Deux parcelles irriguées du pilote durant les deux saisons agricoles (2012 et 2013).	85
Figure 46.	Vue générale d'une parcelle de culture de piment.	89
Figure 47.	Première récolte prête à la cueillette.	89
Figure 48.	Vue générale des parcelles de culture de tomate et de courgette.	89
Figure 49.	Vue générale d'une culture d'aubergine.	90
Figure 50.	Vue générale d'une culture de concombre.	90
Figure 51.	Toute la production de courge endommagée après une attaque virale.	90
Figure 52.	Culture de piment doux endommagée par des coups de soleil.	90
Figure 53.	Culture de tomate endommagée par une maladie cryptogamique.	90
Figure 54.	Planches de pépinière pour la multiplication des plants de chou, chou-fleur et tomate.	92
Figure 55.	Parcelle en cours de préparation pour une culture de la tomate.	92
Figure 56.	Parcelle de chou-fleur.	92
Figure 57.	Culture de tomate démarrée sous tunnel.	92
Figure 58.	Visite d'évaluation des résultats du pilote par les techniciens de la GWA.	94
Figure 59.	Visite d'évaluation conjointe des résultats par l'équipe de l'OSS et des directeurs de la GWA.	94
Figure 60.	Exploitants agricoles en visite du pilote (mai 2013).	94
Figure 61.	Séance d'explication et d'évaluation des résultats du pilote avec des exploitants de la région.	95
Figure 62.	Séance d'évaluation globale du pilote entre l'équipe de l'OSS et les cadres du GWA.	95
Figure 63.	Une des sources d'eau géothermale dont les eaux sont refroidies dans un lac à Tawergha en Libye.	99
Figure 64.	Forage mis à la disposition du projet par la GWA.	99
Figure 65.	Manifestation visible de la salinisation du sol.	105
Figure 66.	Canal collecteur des eaux de drainage du pilote colmaté.	105
Figure 67.	Image spatiale de localisation l'oasis de Jedida dans son environnement salin du Chott.	106
Figure 68.	Image spatiale des parcelles du pilote.	106
Figure 69.	Localisation du pilote dans l'oasis de Jedida avec son infrastructure.	107
Figure 70.	Creusage des tranchées des drains.	114
Figure 71.	Pose des drains.	114
Figure 72.	Connexion des drains au niveau des regards de visite.	114
Figure 73.	Coupe de sol dans la trachée du drain enrobé de gravier.	114
Figure 74.	Cylindre en béton perforé faisant fonction de regard de visite.	114
Figure 75.	Regard de visite en place.	115
Figure 76.	Regard destiné à recevoir l'électropompe pour l'évacuation des eaux de drainage.	115
Figure 77.	Panneau solaire destiné au pompage de l'eau de drainage en place.	115
Figure 78.	Dispositif de pompage des eaux de drainage en place.	115
Figure 79.	Carte de l'emplacement des piézomètres.	116
Figure 80.	Piézomètre pour le suivi de la nappe du sol.	116
Figure 81.	Tuyau de refoulement des eaux de drainage par la station de pompage solaire.	116
Figure 82.	Oliveraies de la région de Zarzis développées sur des terres sableuses.	124
Figure 83.	Oliviers desséchés durant les épisodes de sécheresse.	124
Figure 84.	Un des nombreux puits de surface et son petit bassin qui marquent le paysage de la région.	124
Figure 85.	Parcelle de cultures vivrières de plein été irriguées aux eaux saumâtres.	125
Figure 86.	Illustration du mode d'irrigation d'été par submersion.	125
Figure 87.	Culture de pastèque avec des eaux saumâtres de plein été.	125
Figure 88.	Olivier bénéficiant des irrigations des cultures intercalaires.	125
Figure 89.	Localisation du site du pilote par rapport à la ville de Médenine (flèche jaune).	126

Figure 90.	Localisation du site du pilote sur la berge droite de l'Oued Smar (flèche jaune).	126
Figure 91.	Délimitation de la parcelle du pilote.	126
Figure 92.	Quelques membres de l'équipe des acteurs locaux.	132
Figure 93.	Puits de surface du pilote réhabilité, avec l'abri de la station de dessalement.	132
Figure 94.	Château d'eau de stockage de l'eau dessalée.	132
Figure 95.	Station de dessalement.	132
Figure 96.	Bassin de mélange des eaux saumâtres et dessalées pour l'obtention de différentes qualités d'eau.	132
Figure 97.	Plan parcellaire de l'exploitation de la première saison agricole (2011-2012).	133
Figure 98.	Parcelle du pilote avant et après le démarrage des premières cultures en mars 2012.	134
Figure 99.	Parcelle du pilote après la mise en place des cultures (mars 2012).	134
Figure 100.	Démarrage d'une culture de tomate dans l'une des deux serres.	134
Figure 101.	Une des deux serres installées dans l'espace intercalaire des lignes d'olivier.	135
Figure 102.	Culture de tomate sous serre en pleine production le 5 juin 2012.	135
Figure 103.	(a et b) Récolte du concombre le jour de la visite du pilote.	135
Figure 104.	Culture de pomme de terre de saison en Juin 2012 à la récolte.	136
Figure 105.	Agriculteurs de la localité de Smar participant au premier atelier de diffusion des résultats.	136
Figure 106.	Plan parcellaire de l'exploitation du pilote au cours de la seconde année agricole.	139
Figure 107.	Occupation du sol du pilote vers la fin mars 2013 (après récolte des cultures intercalaires de plein champ).	140
Figure 108.	Excellent développement d'une culture précoce de piment conduite sous serre.	140
Figure 109.	Image satellitaire de l'exploitation du pilote 7 en Tunisie (Chenchou, Mgacem, El Hamma de Gabès).	148
Figure 110.	Bacs de préparation des solutions-mères des engrais liquides.	155
Figure 111.	Un des deux osmoseurs pour le dessalement de l'eau saumâtre.	155
Figure 112.	Vue générale sur le dispositif cultural avec le réseau de chauffage.	155
Figure 113.	Vue latérale du palissage des plants de tomate sous serre.	156
Figure 114.	Détail de la culture sur les boudins de substrat artificiel.	156
Figure 115.	Vue latérale de la culture d'aubergine sur substrat artificiel.	156
Figure 116.	Grappes de tomate variété Cocktail à deux stades de maturité.	156
Figure 117.	Équipement pour la fabrication et l'impression des emballages en carton.	157
Figure 118.	Équipement de pesage et d'étiquetage des productions destinées à l'exportation.	157
Figure 119.	Caisses de tomate et d'aubergine conditionnées prêtes à l'exportation.	157
Figure 120.	État des cultures lors de la visite de suivi-évaluation de Kerry West du FEM au pilote 7.	160

GRAPHIQUES

Graphique 1.	Prévision de l'évolution des superficies irriguées dans les zones SASS des trois pays (en ha)	13
Graphique 2.	Projections démographiques (habitants de la zone SASS et par pays)	13
Graphique 3.	Superficies des parcelles cultivées (ha) par exploitant.	51
Graphique 4.	Superficies totales des diverses cultures intercalaires de tous les exploitants du pilote.	51
Graphique 5.	Estimation des rendements (q/ha) réalisés par agriculteur et par culture.	52
Graphique 6.	Productions vendues par culture et par exploitant, prix de vente des récoltes et recettes par exploitant.	54
Graphique 7.	Superficies et dates de semis des cultures annuelles intercalaires (2012-2013).	71
Graphique 8.	Bilan hydrosalin à l'échelle de la parcelle - Période (01/01/2013- 31/03/2013).	74
Graphique 9.	Recettes des cultures et bilan financier du pilote durant la saison agricole 2011-2012.	88

TABLEAUX

Tableau 1.	Les deux étapes du processus de création et de diffusion du progrès technique agricole.	24
Tableau 2.	Les deux étapes de validation des « pilotes de démonstration agricole ».	24

Tableau 3.	Interactions entre les centres de décision, les partenaires au développement de l'irrigation au niveau local.	27
Tableau 4.	Évaluation des activités de la mise en œuvre du pilote 1.	50
Tableau 5.	Évaluation des activités menées au pilote 2.	68
Tableau 6.	Superficies, rendements et recettes des espèces cultivées.	72
Tableau 7.	Eaux de drainage et sels exportés du pilote durant la période 1-1-13 au 31-3-13.	73
Tableau 8.	Efficience de l'eau d'irrigation.	74
Tableau 9.	Bilan économique du pilote (campagne agricole automne 2012/hiver-printemps 2013).	75
Tableau 10.	Évaluation des résultats obtenus.	76
Tableau 11.	Évaluation des activités réalisées.	88
Tableau 12.	Productions, recettes et bilan économique de la 2 ^e année agricole du pilote (2013).	93
Tableau 13.	Évaluation des activités réalisées.	113
Tableau 14.	Évolution profondeur de la nappe (en centimètre) avant drainage.	118
Tableau 15.	Évolution de la salinité de l'eau de drainage (g/l) dans les regards de visite.	118
Tableau 16.	Résultats de suivi de la salinité du sol.	119
Tableau 17.	Fiche d'analyse du puits du pilote (Analyse réalisée au CITET).	127
Tableau 18.	Évaluation des activités réalisées.	131
Tableau 19.	Performances agricoles et recettes de la première saison agricole 2011-2012.	137
Tableau 20.	Bilan économique de la 1 ^{re} année du pilote.	138
Tableau 21.	Évolution de la salinité des eaux et du sol.	138
Tableau 22.	Bilan économique de la 2 ^e année du pilote.	141
Tableau 23.	Composantes du coût du dessalement de l'eau du puits.	142
Tableau 24.	Comparaison des performances économiques du pilote avec les systèmes de culture traditionnels.	143
Tableau 25.	Évaluation des activités réalisées au pilote 7.	154
Tableau 26.	Performances techniques et économiques du pilote 7.	158
Tableau 27.	Récapitulation des réalisations et des contraintes rencontrées.	163
Tableau 28.	Évaluation des performances des pilotes.	165
Tableau 29.	Évaluation des résultats techniques et économiques et environnementaux des pilotes.	166

Acronymes

ANRH	Agence nationale des ressources en eau
CLSP	Comité local de suivi du pilote
CN	Consultant national
CP	Coordinateur du projet à l'OSS
CR	Consultant régional
CRDA	Commissariat régional au développement agricole (Tunisie)
DG	Directeur général
DGGREE	Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux (Tunisie)
DGRE	Direction générale des ressources en eau (Tunisie)
DRANRH	Direction régionale de l'ANRH
DSA	Direction des services agricoles (Algérie)
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FFEM	Fonds français pour l'environnement mondial
INRAA	Institut national de la recherche agronomique d'Algérie
IRA	Institut des régions arides de Médenine
MAE	Ministère de l'agriculture et de l'environnement (Tunisie)
ONID	Office national de l'irrigation et du drainage (Algérie)
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
SASS	Système aquifère du Sahara septentrional
URERMS	Unité de recherche en énergies renouvelables en milieu saharien (Algérie)



INTRODUCTION GÉNÉRALE

13

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DU SASS

17

DÉCLINAISONS LOCALES DE LA PROBLÉMATIQUE

18

OBJECTIFS DU PROJET SASS III

18 Objectif général du projet

20 Objectif spécifique de la composante « pilotes »

23

CONCEPT DES PILOTES ET APPROCHE DE LEUR MISE EN ŒUVRE

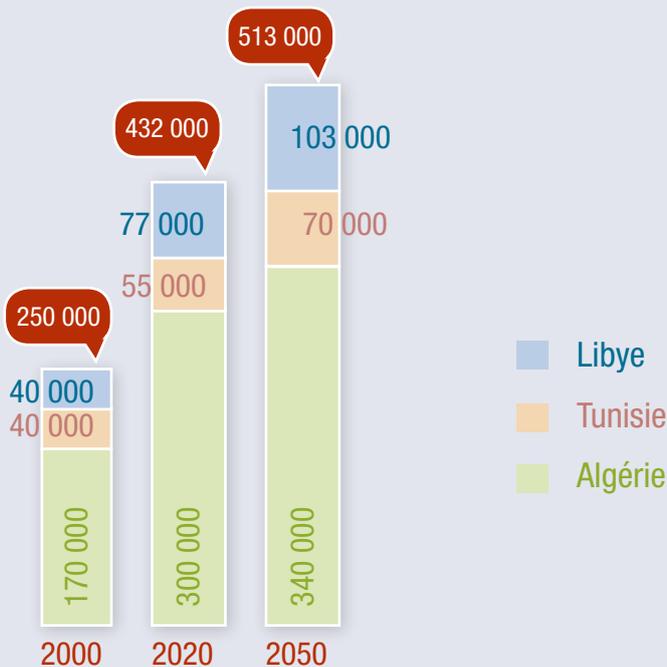
23 Concept de pilote de démonstration

25 Approche de mise en œuvre des pilotes

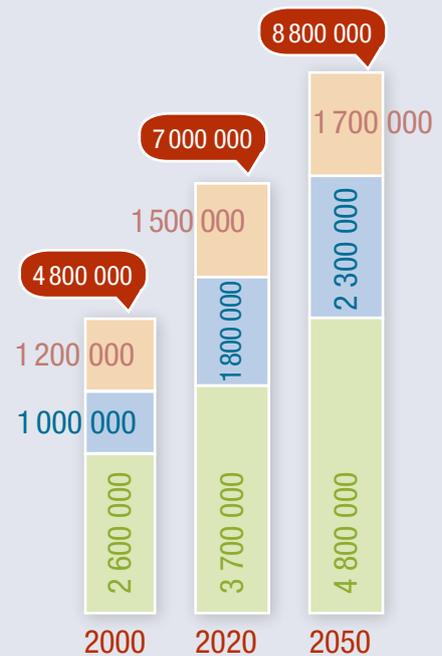
28 Processus de mise en œuvre des pilotes

1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DU SASS

Le Système aquifère du Sahara septentrional (SASS), ressource d'eau souterraine commune partagée par l'Algérie, la Libye et la Tunisie, renferme des ressources d'eau considérables mais très faiblement renouvelables. Ce système s'étend sur une très vaste superficie de plus de un (1) million de km² répartis sur sept cent mille (700 000) km² en Algérie, quatre vingt mille (80 000) km² en Tunisie et deux cent cinquante mille (250 000) km² en Libye. Ce système aquifère est formé d'une superposition complexe de nappes dont les deux principales sont logées dans deux formations géologiques différentes : le Continental intercalaire (CI ou l'Albien) et le Complexe terminal (CT). L'exploitation de ce système est très ancienne : d'abord à travers les sources, puis moyennant des puits de surface et ou des foggaras selon les contextes structuraux, ensuite grâce à des forages de plus en plus profonds, pouvant dépasser dans certains cas mille mètres (1000 m) de profondeur. Au cours du dernier demi-siècle, l'intensité d'exploitation de cette ressource n'a pas cessé d'augmenter pour répondre à une croissance permanente de la demande. En effet, cette dernière est passée, selon les estimations des derniers travaux de l'OSS (2000), de 0,6 à 2,5 milliards de m³/an dans l'ensemble des trois pays. Ces prélèvements se sont faits sans aucune coordination ou concertation entre ces pays quant aux risques et impacts de la surexploitation de l'aquifère. De surcroît, les projections de l'accroissement de la pression sur cette ressource au cours des prochaines décennies sont encore plus alarmantes. La projection jusqu'à l'horizon 2050 est rapportée aux graphiques 1 et 2 (OSS, SASS I).



Graphique 1. Prédiction de l'évolution des superficies irriguées dans les zones SASS des trois pays (en ha)



Graphique 2. Projections démographiques (habitants de la zone SASS et par pays)

En 2011, l'enquête socioéconomique et environnementale, menée dans la zone algérienne du SASS réalisée dans le cadre de ce projet, a montré que la superficie irriguée est passée de 170 000 ha en l'an 2000 à 270 000 ha en 2012, confirmant ainsi la tendance similaire observée en Tunisie au cours de la même période.

De nos jours, la tendance lourde de surexploitation de l'aquifère est clairement avérée par le tarissement complet de la plupart des sources, la réduction de l'artésianisme, le rabattement des niveaux piézométriques, la dégradation de la qualité des eaux par salinisation et l'interférence négative entre les tendances évolutives de cette ressource dans les pays voisins (Algérie/Tunisie d'un côté et Tunisie/Libye de l'autre).

En effet, les études du projet SASS dans sa première phase (SASS I) avaient clairement montré que le Système aquifère du Sahara septentrional évoluait dans une dynamique régressive aux plans quantitatif et qualitatif et que la poursuite des prélèvements d'eau selon la tendance croissante actuelle dans les trois pays se traduira à l'avenir par des réductions substantielles des ressources facilement mobilisables et une dégradation de leur qualité. En conséquence, leurs usages deviendront, dans la plupart des secteurs, inappropriés ou risqués et plus coûteux, notamment en irrigation qui consomme plus de 85 % de la ressource.

Plus encore, dans une perspective de renforcement des prélèvements, les risques encourus sont évidemment plus grands, allant jusqu'à la remise en cause des plans de développement socio-économique, qui ont atteint le seuil de non-durabilité dans de nombreuses régions du SASS, avec des conséquences négatives tant sur le plan social, qu'économique et environnemental.

De grandes interrogations, d'ordres stratégique et politique, par rapport à l'avenir du développement de la population de cette Grande Zone SASS et la préservation de la qualité de son environnement sont donc posées aux niveaux local, national et régional. Telle est la problématique générale et commune à toutes les régions bénéficiaires des eaux du SASS, où les activités socioéconomiques, dont notamment l'agriculture irriguée, sont confrontées à la réalité actuelle de la pénurie d'eau et à la grande menace de son aggravation à moyen et long termes.

Plusieurs facteurs commandent et aggravent cette dynamique. Nous citerons en particulier :

- les politiques sociales de faible tarification de l'eau qui n'incitent pas à la conservation de la ressource et à l'amélioration de l'efficacité de son usage.

Pour diverses raisons (culturelle, sociale, manque de sensibilisation des décideurs politiques...) la ressource eau n'est toujours pas évaluée et utilisée en considérant sa valeur économique. Dans ce contexte et dans les trois pays, l'eau est facturée par les divers types de gestionnaires sur la base du seul coût de maintenance des équipements des réseaux de distribution et de sa mobilisation (pompage). Ce qui ne représente pas le coût réel de ce bien économique, loin s'en faut. Il en résulte par la force des choses un gaspillage inconsidéré au niveau de l'utilisateur primaire, en plus des pertes dans les réseaux de distribution en amont des bornes d'irrigation...

- La faible valorisation de l'eau d'irrigation au niveau de la parcelle : la plupart des systèmes de cultures sont peu ou pas performants aux plans économique (faibles rendements et faible valeur marchande des productions), social (au point que de nombreux exploitants deviennent de plus en plus salariés pluriactifs en dehors de leurs exploitations) et environnemental (perte de fertilité des terres par salinisation et hydromorphie, perte de biodiversité.)
- L'extension des superficies irriguées par la création de nouveaux périmètres aussi bien publics que privés, autorisés ou non, ce qui se traduit par de nouveaux forages et une accélération du rythme de la surexploitation de l'aquifère.
- L'introduction de nouveaux systèmes de culture fort consommateurs d'eau, peu ou pas rentables (céréaliculture irriguée par aspersion ou par pivot), qui n'ont de surcroît aucun effet d'entraînement sur le développement socioéconomique au niveau local.
- Le changement climatique vers un accroissement de l'aridité et des fréquences des épisodes de sécheresse, de plus en plus confirmé pour ces régions souffrant déjà d'un bilan hydrique climatique important. En effet, la zone SASS couvre des écorégions allant des zones carrément désertiques (avec une pluviométrie annuelle < 100 mm et une évapotranspiration $> 3\ 000$ mm) aux zones arides (avec une pluviométrie annuelle de 100-200 mm et une évapotranspiration de l'ordre de 2 000-2 500 mm). Le réchauffement climatique accompagné d'un accroissement des températures moyennes et maximales se traduira par une augmentation excessive de la demande climatique en eau, c'est-à-dire des besoins des cultures en eau. En d'autres termes, cela augmentera les volumes d'eau d'irrigation/ha. En outre, les températures maximales extrêmes constitueront de leur côté une contrainte physiologique majeure supplémentaire au choix et à la conduite des systèmes de culture.
- Le transfert des eaux du SASS vers des zones extérieures à son territoire pour satisfaire des besoins urgents en eau. En effet, parmi les scénarii de comblement des déficits en eau des régions arides ou semi-arides situées au nord de la zone SASS, figure le transfert de volumes considérables d'eau, notamment pour l'eau potable, l'industrie ou l'irrigation. Ce transfert ne pourrait que contribuer à aggraver et accélérer le processus de surexploitation du SASS avec toutes ses conséquences.
- La concurrence d'autres secteurs socioéconomiques pouvant supporter des coûts d'opportunité d'utilisation de ces eaux mieux que l'irrigation. C'est le cas du tourisme ou de l'industrie.

Tous ces facteurs peuvent jouer isolément ou simultanément, selon les cas, rendre cette problématique générale plus aiguë et menacer la réalisation des stratégies de développement socioéconomique des populations locales.

Face à ces risques vitaux, deux principaux types de solution peuvent être apportés :

- combler le déséquilibre croissant entre l'offre et la demande en eau en favorisant l'accroissement de l'offre par la multiplication des forages, y compris les forages les plus profonds dans le Continental intercalaire(CI). Cette option va dans le sens des politiques adoptées dans les trois pays durant les dernières décennies.

La poursuite de cette option serait envisageable dans la mesure où les études prospectives faites par l'OSS dans le cadre du projet SASS I avaient montré, par modélisation, qu'il serait possible de combler les déficits actuels et même ceux à venir, pour certaines régions, par de nouveaux forages à réaliser non dans les zones de consommation, mais dans de nouvelles zones éloignées, à l'instar du Bassin occidental du SASS en Algérie, où la piézométrie n'a pas été jusqu'ici affectée d'une façon significative.

- La maîtrise de la surexploitation de cet aquifère dans les trois pays moyennant diverses actions et mesures d'accompagnement, dont notamment l'arrêt de l'extension des superficies irriguées et la limitation des forages nouveaux, tout en favorisant l'innovation technique dans des systèmes de production performants économes en eau et la valorisant au mieux et durablement.

Dans la première option, il serait nécessaire de procéder au transfert des eaux mobilisables vers les régions d'utilisation, à savoir les grands périmètres irrigués (oasis anciennes et récentes déficitaires en eau). Évidemment, dans ce cas de figure, la surexploitation de l'aquifère ne serait que plus renforcée et ses impacts négatifs plus aggravés sur le long terme. À terme, la problématique de non-durabilité de l'irrigation ne sera pas résolue, sans pour autant améliorer l'efficacité des plans de développement en cours ou à engager à l'avenir, étant donné l'énorme gaspillage de cette ressource vitale et sa faible rentabilité...

Au plan politique, cette option ne pourrait être décidée que par les planificateurs au niveau national. Tous les autres acteurs de l'eau, y compris les usagers primaires n'auraient qu'à l'appliquer et à en profiter, si elle est à leur avantage, et ne pas l'adopter si elle ne conforte pas leurs intérêts. C'est dire qu'elle ne ferait que reporter l'échéance de la faillite des stratégies de développement.

La 2^e option est plus rationnelle et pourrait être en mesure d'améliorer d'une façon significative la valorisation de la ressource. Cependant, elle ne pourrait pas répondre positivement à une forte demande sociale de création de nouveaux périmètres. Autrement dit, cette deuxième option est bien meilleure sur les plans économique et environnemental mais inacceptable sur le plan social.

Néanmoins, il serait également possible d'adopter une solution mixte d'optimisation des objectifs. Elle consiste à agir simultanément sur deux leviers :

- permettre la création de nouveaux périmètres avec de nouveaux forages dans des zones moins surexploitées, loin des zones irriguées actuellement, tout en veillant

au développement de nouveaux systèmes de culture plus performants sur tous les plans et ayant un effet multiplicateur du développement local ;

- instaurer une politique d'intensification des systèmes de culture traditionnels existants moyennant une meilleure gestion des terres et des irrigations (maîtrise des pertes et du gaspillage de l'eau) afin d'augmenter significativement la valorisation économique, de sorte que cette nouvelle agriculture puisse devenir apte à payer exactement le coût réel de l'eau. Dans cette perspective, plusieurs mesures d'accompagnement de natures diverses devraient être prises (mesures financières, juridiques, institutionnelles, sociales...) pour les moyen et long termes.

Il importe de souligner, cependant, que dans tous les cas de figure, l'amélioration de la situation ne sera possible qu'avec la participation de l'exploitant irrigant à la conception et la mise en œuvre de toute politique d'irrigation.

C'est que au niveau de l'exploitation, l'agriculteur constitue, en fait, le décideur principal qui, au quotidien, est seul en mesure d'optimiser la consommation de l'eau pour produire plus et mieux avec le minimum d'eau possible tout en améliorant son revenu agricole.

C'est dans cette perspective que se propose d'agir le projet SASS III avec ses composantes « enquêtes socioéconomiques et environnementales » et « pilotes de démonstration agricole ».

2. DÉCLINAISONS LOCALES DE LA PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DU SASS

La diversité des contextes naturels, des expériences des populations locales en matière d'irrigation et de l'ancienneté des systèmes de culture pratiqués dans la vaste zone du SASS fait que la problématique de l'eau se décline sous de multiples formes au niveau local. Trois grands types de déficiences peuvent être à l'origine des menaces qui portent sur l'aquifère et l'irrigation. Il pourrait s'agir :

- d'une pénurie d'eau structurelle au niveau des zones d'utilisation agricole : elle s'exprime en termes de bilan hydrique négatif au niveau local entre l'offre globale et la demande globale exprimée en cette ressource par les superficies cultivées. Autrement dit, les superficies cultivées souffrent d'un manque d'eau qui porte préjudice à l'économie locale, au revenu des exploitants et qui menace à terme la durabilité de l'irrigation ainsi que l'intégrité de l'aquifère et la qualité des terres.
- d'une grave déficience au niveau de la gestion d'une ressource théoriquement suffisante pour couvrir les besoins totaux des cultures en place. Cette déficience pourrait résider dans une grande perte d'eau dans les réseaux de distribution jusqu'aux exploitations et à l'intérieur des exploitations. Dans certaines situations cette déficience est due à un déséquilibre entre les droits d'eau ou les droits d'usage de l'eau des exploitants et la superficie de leurs parcelles. Les conséquences

de cette mauvaise gestion sont en fin de compte de la même nature que celles évoquées précédemment.

- Et pour la majorité des cas, d'une très faible valorisation de l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole (modes d'irrigation et techniques culturales inappropriés, qualité de l'eau ne convenant pas aux cultures pratiquées) par rapport aux potentialités réalisables.

Ces déficiences peuvent souvent s'additionner et les problématiques locales deviennent alors plus complexes aux plans technique, social et économique, avec de graves impacts environnementaux.

3. OBJECTIFS DU PROJET SASS III

3.1. Objectif général du projet

L'inventaire des systèmes de culture réalisé dans cette zone à l'occasion du projet SASS II avait pour but d'analyser, aux plans technique, socioéconomique et environnemental, leurs performances et leur durabilité, de cerner leurs limites et d'identifier leurs contraintes. Les résultats obtenus étaient alarmants : une multitude de situations complexes évoluant vers la dislocation progressive de la plupart des systèmes et la déstructuration du tissu social qui les porte, avec de multiples formes d'adaptation aux contextes nouveaux allant jusqu'à l'abandon des terres. C'est qu'initialement, l'agriculture dans les zones SASS des trois pays était limitée à l'agriculture oasisienne traditionnelle. C'était un système de culture spécifique au contexte désertique d'une population sédentaire ou pratiquant occasionnellement un nomadisme local limité. Dans ce système, les cultures sont organisées en trois étages : la palmeraie à l'étage le plus élevé, l'arboriculture fruitière diversifiée à l'étage intermédiaire et les cultures herbacées (fourragères et légumières) au ras de sol. Ce système a pour objectif principal de satisfaire une grande partie des besoins alimentaires spécifiques des oasiens et de leurs cheptels animaux familiaux. Il est construit sur une stratégie de groupe basée sur des principes agronomiques qui assurent :

- la création d'un microclimat plus humide que le milieu désertique qui tamponne les excès thermiques des milieux désertiques et leurs amplitudes, les fortes luminosités pour certaines cultures, et se traduit par une réduction de l'évapotranspiration potentielle de l'eau et par voie de conséquence une diminution relative des besoins en eau des cultures. C'est l'effet oasis.
- l'optimisation de l'exploitation de la lumière solaire à travers la captation maximale de l'énergie solaire par les parties aériennes des trois étages de culture, d'une part, et l'exploitation de toute l'eau d'irrigation et de la fertilité du sol par les systèmes racinaires des diverses cultures structurés à différentes profondeurs. C'est l'intensification.

- l'intégration des productions végétales à une production animale familiale, ayant entre autres objectifs, la production de fumier destiné à être recyclé sur place pour entretenir la fertilité des terres et restituer les exportations des éléments nutritifs par les productions végétales. C'est la logique d'intégration de toutes les pratiques culturelles.
- des règles de gestion communautaire des ressources naturelles, dont principalement l'eau et le sol. La société oasienne est en effet solidement organisée autour de la gestion de ces deux ressources avec des fonctions, des droits et des obligations bien précises pour tous les oasiens par rapport au déroulement des irrigations et la maintenance de la qualité des terres à travers leur drainage régulier.

Il s'agit donc d'un système de production conçu, mis en place et développé par des communautés ayant des besoins élémentaires précis produits sur place. Mais ce n'est pas un système fermé, il est semi-autonome, ouvert sur son environnement naturel et humain et entretient avec lui des relations de complémentarité.

Ce système se caractérise par sa biodiversité, ses performances relatives et par ces faiblesses, et tout changement qui déroge au respect des quatre principes cités précédemment déstabilise la logique de sa viabilité et se traduit au niveau de l'exploitation par diverses formes d'adaptation aux contraintes principales rencontrées, en l'occurrence la pénurie d'eau et/ou la dégradation de la qualité de cette ressource. Les diverses formes d'adaptation se déclinent successivement comme suit :

- simplification progressive du système par suppression d'un ou des deux étages inférieurs pour ne laisser que le palmier selon les disponibilités d'eau ;
- perte de la biodiversité par élimination des espèces jugées les moins performantes ;
- suppression des cultures fourragères d'été et d'hiver, et donc désintégration de la production animale, considérée comme colonne vertébrale de l'entretien de la fertilité des terres à travers le fumier recyclé ;
- abandon partiel de l'exploitation au profit de la pluriactivité hors oasis ;
- réalisation de nouveaux forages illicites en dehors des oasis traditionnelles destinés à la création de nouveaux périmètres irrigués (oasis de monoculture de palmier ou de nouveaux systèmes de culture spécialisée à ciel ouvert comme la céréaliculture, arboriculture fruitière, cultures maraîchères), ce qui ne fait qu'intensifier le processus de surexploitation de la ressource SASS et accroître par voie de conséquence le déficit hydrique local.

Face à ce diagnostic alarmant, la concertation entre les trois pays concernés a débouché sur la création d'un mécanisme de concertation pour continuer les investigations sur cette ressource et identifier les voies susceptibles d'aider à ramener le grand secteur de l'irrigation de cette grande zone sur la voie de la durabilité. C'est à partir de là qu'est né le projet SASS III pour approfondir et généraliser la prise de conscience, à tous les niveaux de prise de

décision, des défis à relever et prospector des solutions durables appropriées aux diverses problématiques locales liées à l'usage agricole de l'eau et ses impacts socioéconomiques et environnementaux.

Le projet SASS III visait un objectif général d'identification et de proposition de recommandations opérationnelles pour l'amélioration de la gestion de cette ressource dans le sens de l'augmentation de l'efficacité de son utilisation en irrigation. Ces recommandations sont destinées principalement aux décideurs des trois pays via le Mécanisme de concertation qui a pour rôle d'orienter ces derniers vers une mise en convergence de leurs politiques et stratégies d'exploitation du SASS dans une perspective de durabilité.

Cet objectif général est à réaliser à travers les résultats des deux composantes bien distinctes mais fondamentalement complémentaires du projet :

- une composante « enquêtes socioéconomiques et environnementales » qui a pour essence l'analyse et la compréhension de la dimension socio-économique de l'utilisation des eaux du SASS en irrigation au niveau de l'exploitation agricole, niveau auquel devraient s'opérer des changements significatifs en matière de comportement des exploitants par rapport à la ressource rare utilisée, mais bien évidemment mal valorisée actuellement ;
- une composante de « pilotes de démonstration agricole » visant l'identification et la concrétisation, sur le terrain, de diverses solutions techniques performantes, éprouvées, d'irrigation, dans des exploitations agricoles chez des agriculteurs à des fins de démonstration et de vulgarisation aux niveaux local, national et régional. Ce rapport traite spécifiquement les résultats de ces pilotes.

3.2. Objectif spécifique de la composante « pilotes »

Il est attendu, au terme de ce projet, que les résultats de ces deux composantes soient intégrés pour atteindre l'objectif général commun, à savoir la formulation de recommandations opérationnelles dédiées aux trois pays. Quant à l'objectif spécifique de la composante « pilotes », il consiste à démontrer aux usagers et aux autres décideurs de l'eau qu'il existe des solutions techniques efficaces pour augmenter la productivité du mètre cube d'eau, tout en assurant la rentabilité des investissements nécessaires et l'amélioration des revenus des exploitants agricoles, sans porter préjudice à l'intégrité ou la qualité des ressources naturelles mobilisées à cet effet. Ceci dans divers contextes locaux de la zone SASS des trois pays.

Compte tenu de l'existence d'une grande diversité de situations, d'une part, et des moyens financiers limités du projet, d'autre part, seules six problématiques locales de gestion non durable des eaux d'irrigation ont été identifiées et sélectionnées par Autorités de l'eau des trois pays.

Des projets de pilotes de démonstration agricole ont été conçus autour de ces problématiques

locales, à raison de deux unités par pays. Leurs thématiques de démonstration de ces pilotes se déclinent comme suit :

PILOTES D'ALGÉRIE

P1 : Restauration et sauvegarde des foggaras et de leurs systèmes de production agricoles : cas de l'oasis de Ksar Ait Messaoud dans la région de Reggane, Wilaya d'Adrar dans le Sud-Ouest de la zone SASS d'Algérie.

P2 : Rationalisation de la gestion des terres et de l'eau d'irrigation et amélioration de leur valorisation en irrigation dans le Sud-Est algérien : cas de l'oasis de Sidi Mahdi à Touggourt dans la Vallée de l'Oued Righ, Wilaya de Ouargla.

PILOTES DE LIBYE

P3 : Restauration et sauvegarde des systèmes de production agricole irrigués en eaux saumâtres dans la plaine de la Jeffara libyenne : cas de la zone de Souani, située au sud-est de Tripoli.

P4 : Valorisation agricole des eaux géothermales dans l'irrigation de cultures hors saison dans la zone des oueds du Centre de la Libye (Oued Zemzem)

PILOTES DE TUNISIE

P5 : Bonification des terres irriguées affectées par la salinisation et l'hydromorphie et restauration du système de culture oasien : cas de l'oasis de Jedida au gouvernorat de Kebili, Tunisie.

P6 : Dessalement et utilisation des eaux saumâtres en irrigation dans la plaine de la Jeffara tunisienne : cas de la région de Semar, gouvernorat de Médenine.

P7 : Développement de l'irrigation aux eaux géothermales dessalées dans la région de Chenchou, région d'El Hamma de Gabès, gouvernorat de Gabès.

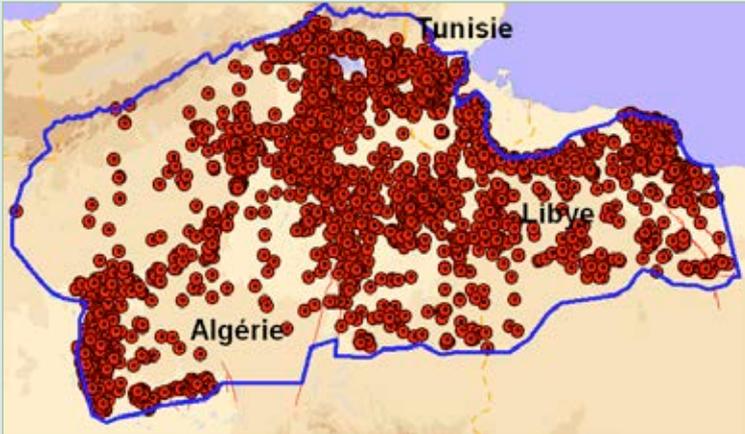


Figure 1. Carte des points d'eau exploités du SASS en 2010 dans les trois pays.



Figure 2. Carte des périmètres irrigués dans les zones SASS des trois pays.

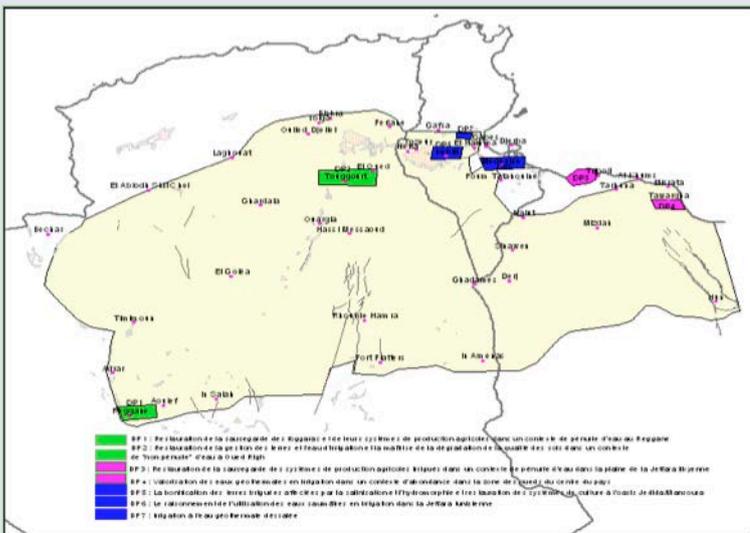


Figure 3. Carte de localisation des pilotes dans les zones SASS des trois pays.

Ces thématiques peuvent être classées en deux catégories :

- trois thématiques relatives au système oasien traditionnel, deux en Algérie et une en Tunisie ;
- trois thématiques relatives à des systèmes de culture irriguée hors oasis : une en Libye et deux en Tunisie. Ce sont des systèmes spécialisés récents qui ont tendance à se développer en dehors des oasis, en rupture totale avec les systèmes traditionnels et à la recherche de plus d'efficacité économique.

Chacune de ces thématiques repose sur une problématique locale particulière de l'eau et de son usage agricole, identifiée et considérée, aussi bien par l'exploitant que par les décideurs, comme une contrainte majeure à l'amélioration des performances de l'irrigation dans certaines régions ou périmètres irrigués de la zone SASS.

Nous rappelons dans ce qui suit les problématiques spécifiques de ces pilotes.

4. CONCEPT DES PILOTES ET APPROCHE DE LEUR MISE EN ŒUVRE

Le projet SASS III vise, à travers ses deux principales composantes (enquêtes et pilotes), la compréhension et le changement du comportement des usagers primaires par rapport à l'efficacité de l'utilisation de la ressource eau en irrigation. Pour cette raison, toutes les activités prévues sont focalisées sur l'exploitant et l'exploitation agricoles des principaux systèmes de culture en vigueur. Afin d'éviter les échecs et de capitaliser les leçons de nombreux projets et études réalisés ailleurs, nous avons opté pour une pédagogie de proximité basée sur la participation de tous les acteurs de l'eau, au centre desquels figure l'exploitant agricole. Ce dernier est considéré comme l'agent de vulgarisation des résultats attendus en matière d'amélioration des performances de l'irrigation. Nous présentons dans ce qui suit les deux fondements de cette pédagogie de proximité adoptée.

4.1. Concept de pilote de démonstration

Le concept de pilote de démonstration est emprunté ici au domaine de l'innovation technologique industrielle. En effet, les découvertes de la recherche et les inventions dans ce domaine sont souvent réalisées dans une première phase sur des appareils ou des systèmes de production miniaturisés et isolés du contexte de la grande production. Pour fiabiliser ces découvertes et innovations, aux plans physique, socioéconomique et environnemental, on les teste sur des unités prototypes ou des pilotes d'une échelle grande nature, proche des tailles réelles de l'exploitation optimale de l'objet de l'invention.

Le « pilote de démonstration agricole » est donc considéré ici comme un outil de fiabilisation et de démonstration de l'efficacité d'un paquet technologique de production agricole appliqué par les agriculteurs eux-mêmes sur leurs propres exploitations, avec l'encadrement du projet. Ainsi considéré, il constitue une des étapes du processus de la création et de la diffusion du progrès technique agricole auprès des professionnels. Ce processus se décompose en :

- deux étapes de recherche (fondamentale et appliquée) ;
- deux étapes de validation des résultats de recherche dans une approche systémique, avec
 - une étape de fiabilisation des innovations dans un système de culture intégré à l'échelle d'une exploitation agricole,
 - une étape de viabilisation du système de culture en question dans un système de production contextualisé.

Ces étapes sont définies aux tableaux 1 et 2.

Pour de nombreuses situations, les solutions techniques éprouvées, adaptées (ou adaptables) aux divers contextes, existent déjà en grande nature, dans l'un ou l'autre des trois pays, ou ailleurs, dans des contextes similaires qui rendent leur transfert concevable et réalisable.

Etape 1	Etape 2
Recherche factorielle au laboratoire ou sur des parcelles expérimentales	Validation des résultats de la première étape dans divers contextes
Durée approximative : 2-3 ans	Durée : 1-2 ans
Produit : publication scientifique	Produit : publication ou brevet

Tableau 1. Les deux étapes du processus de création et de diffusion du progrès technique agricole.

Etape 3 : Fiabilisation des innovations dans un système de culture	Etape 4 : Viabilisation du système de culture dans un système de production agricole
Pilote démonstration d'un système de culture à l'échelle d'une exploitation agricole (paquet technologique intégré innovant...)	Pilote de démonstration agricole sur un système de production agricole à l'échelle de plusieurs exploitations : intégration du système de culture fiabilisé dans le contexte socioéconomique et environnemental d'une situation donnée (marché, foncier, services agricoles, organisations professionnelles, filières, politique de l'Etat...)
Durée : 2-3 ans	Durée : 3-4 ans
Produit : un système de culture fiable aux plans technique, économique et environnemental	Produit : un système de production viable reproductible assurant un développement local.

Tableau 2. Les deux étapes de validation des « pilotes de démonstration agricole ».

Le montage d'un paquet de solutions de différentes natures, mais pour l'essentiel de solutions techniques associées à des mesures d'ordres social et organisationnel, visant la levée des contraintes à la gestion durable de la ressource, et leur implémentation sur des unités de production réelles (exploitation, parcelle, élément de serre) chez les exploitants, avec leur accord, leur travail et leur évaluation, devrait constituer le meilleur moyen de communication pour susciter chez l'ensemble des usagers de l'eau, situés aux alentours de ces pilotes, l'adoption du changement nécessaire au niveau des modes d'exploitation et de valorisation de l'eau et des terres.

Les pilotes sont donc conçus comme des modèles de mise en œuvre de ces solutions, apprêtées et intégrées aux contextes socio-économiques locaux concernés. S'ils sont réalisés convenablement, ils seront en mesure de générer des résultats positifs qui auront vocation à être diffusés le plus largement possible, avec des adaptations parfois nécessaires, dans la zone SASS.

Il importe de souligner cependant que ces pilotes ne se proposent pas de traiter les contraintes structurelles à l'origine des faibles performances de l'agriculture irriguée, comme la pénurie structurelle d'eau (transfert d'un complément d'eau d'une autre zone) ou les questions foncières (morcellement, réduction des superficies au fil du temps) qui nécessitent des réformes profondes sur le long terme. Seules sont ciblées dans le cadre de ce projet les contraintes et insuffisances d'ordres technique et organisationnel et dont les solutions pourraient être mises en œuvre et appropriées dans le court terme par les usagers et leurs associations ainsi que par les Autorités de l'eau et du développement agricole. Ils couvriront donc un nombre limité de problématiques de développement agricole liées à la valorisation optimale.

La description sommaire de la thématique de chaque pilote permet de cerner le champ des actions à mener. Ce champ pourrait couvrir une multitude d'actions complémentaires pouvant contribuer à la restauration de l'ensemble du périmètre irrigué en question dans une approche systémique, intégrant tous les segments du parcours de l'eau (mobilisation, distribution, utilisation agricole, drainage). Cependant, compte tenu du fait que le coût global de ces actions dépasse largement le budget alloué à chacun des pilotes, il y a besoin de procéder à une hiérarchisation des actions pour ne considérer que celles jugées à la fois les plus décisives, innovantes et ayant des résultats concrets avec un impact de démonstration prégnant dans le court terme.

4.2. Approche de mise en œuvre des pilotes

Au niveau local, les pilotes devraient être considérés comme un nouvel outil de développement socio-économique des zones concernées, capable de concilier la croissance économique, le développement humain et la promotion sociale tout en sauvegardant les ressources naturelles en quantité et en qualité pour les léguer aux générations futures.

Ce développement a donc trois fondements :

- la rentabilité économique des innovations techniques de gestion et d'exploitation des ressources en eau et en sol ;
- l'acceptation et l'appropriation de ces innovations par les populations locales concernées ;
- la préservation des ressources naturelles dont notamment l'aquifère mobilisé et le sol irrigué de toute forme de dégradation.

Cette vision du développement suppose donc la conception de modes d'usage agricole des ressources naturelles par des exploitants irrigants qui acceptent d'assumer ces trois fondements. Ainsi l'approche de l'implication et de la participation de ces usagers à toutes les étapes de mise en œuvre des pilotes devient une condition *sine qua none* de la réalisation des résultats attendus et de leur diffusion à grande échelle. De plus, cette approche participative permet de capitaliser le savoir-faire local et l'expérience des

populations concernées, de prendre en considération leurs priorités locales et de les intégrer dans une stratégie ouverte aux innovations. Dans cette perspective, il importe :

- d'entamer un processus de décentralisation des prises de décision. Il s'agit de déléguer vers les localités une grande partie du pouvoir et des responsabilités pour encourager et exploiter les initiatives des exploitants et renforcer les organisations locales existantes ou encourager la création d'autres à l'initiative des intéressés. C'est l'application du principe de subsidiarité qui permet le transfert du pouvoir vers les usagers locaux des ressources naturelles ;
- de développer le partenariat et la coopération entre toutes les parties concernées (organisations paysannes, ONG, associations, administration, autorités locales) ;
- de prendre en compte les initiatives existantes en matière de Gestion des ressources naturelles (GRN) et les intégrer dans un seul programme d'action cohérent visant un développement durable ;
- d'identifier les rôles (ou obligations) des partenaires concernés, dont notamment l'État et l'exploitant agricole dans la réalisation des activités prévues et mettre en place une instance locale de suivi-évaluation des résultats et de leur diffusion.

Cette approche participative restitue à la communauté locale des exploitants son autonomie de gestion de la ressource eau, mais lui impose en retour des obligations de valorisation optimale de cette dernière et la préservation de la qualité des terres. Elle se veut être une approche holistique (globale et intégrée). Elle vise donc, en fin de compte, à gérer les multiples relations entre les partenaires au développement autour de la ressource la plus convoitée par les partenaires. Ces interactions sont des externalités positives ou négatives qui s'expriment différemment dans le temps et dans l'espace.

Les partenaires au développement ou CENTRES de DÉCISION au niveau local sont multiples. Ils se déclinent dans la plupart des cas comme suit :

- l'exploitant usager de l'eau en irrigation. Il décide de sa stratégie socioéconomique (dans les court, moyen et long termes), des aménagements à l'intérieur de son exploitation et des modalités d'utilisation de l'eau en irrigation (choix des cultures, des techniques, du degré d'intensification...) ,
- les communautés d'exploitants organisées en tant que groupes d'intérêts, ONG, groupements, qui gèrent les ressources en eau et certains services et intérêts communs ;
- l'État, à travers ses administrations centrales, régionales et locales qui gèrent les équilibres économiques, sociaux et environnementaux à différentes échelles spatiales, locales, régionales et nationales et veillent à l'appropriation par les populations locales de l'approche participative.

Dans ce qui suit sont résumées les diverses formes d'interaction positives ou négatives à gérer dans le cadre d'un partenariat équitable (tableau 3).

Interactions entre	Externalités positives	Externalités négatives
Exploitant-Exploitant	Synergie et coopération pour services communs	Concurrence pour l'eau, problème foncier, divers impacts négatifs
Exploitant-Communauté	Synergie Convergence des objectifs Coopération pour services mutuels d'achat et de commercialisation	Conflit de partage de la ressource Impacts négatifs immédiats ou potentiels, non paiement factures communes (énergie, eau...)
Exploitant-Administration	Mise en convergence, amélioration efficacité des aides/subventions de l'État, vulgarisation...	Impacts négatifs liés à discordance entre stratégie État et stratégies paysannes...
Exploitant-Communauté-Administration	Synergie, Convergence d'intérêts Partage à l'amiable des ressources Respect des règles de la gestion durable de la ressource	Irrespect des règles de la GDS Conflits d'allocation de ressource (restriction...) Impact négatifs de non-maintenance des aménagements et infrastructures générales (fossés de drainage)
Communauté-Communauté	Convergence d'intérêts Coopération, complémentarité des rôles	Divers types de conflits autour de la gestion des ressources partagées, des aménagements communs...
Communauté-État	Complémentarité Convergence des intérêts	Conflit sur les ressources, les objectifs stratégiques, le rôle des partenaires
Communauté-Communauté-État	Cohérence des plans de développement Coopération, complémentarité des rôles et des aménagements	Conflits d'intérêts et des rôles

Tableau 3. Interactions entre les centres de décision, les partenaires au développement de l'irrigation au niveau local.

Ainsi, les principes de cette approche participative se déclinent comme suit :

- l'implication et l'engagement volontaires de toutes les parties concernées au niveau local (les acteurs de l'eau) par rapport aux trois fondements du développement durable local ;

- la prise en compte des droits et des obligations de chaque partie à travers un mécanisme de concertation et de règlement des litiges à l'amiable dans le cadre d'une cohérence générale des intérêts de tous ;
- la participation de toutes les parties à toutes les étapes : depuis la conception des objectifs d'un pilote jusqu'à l'élaboration du plan d'action de sa mise en œuvre, la concrétisation du plan et le suivi-évaluation de ses résultats.

Sur cette base, tous les pilotes prévus seront conçus, réalisés et évalués avec la participation active des usagers de l'eau et les autres parties prenantes. Les exploitants irrigants pourront transmettre leurs expériences et participer à la réalisation d'un modèle viable sur leurs propres terres. Ils pourront constater de visu les résultats des innovations proposées et être dans ce cas les meilleurs communicateurs et diffuseurs des innovations introduites.

Plus que cela, au-delà de la durée du projet, l'appropriation des innovations du pilote par les exploitants amènera ces derniers et l'autorité nationale de l'eau à réfléchir sur les modalités de financement de la duplication du pilote. Une nouvelle phase de négociation pourra alors s'engager.

4.3. Processus de mise en œuvre des pilotes

Ce processus se décompose en quatre étapes successives, passées brièvement en revue dans ce qui suit, et détaillées ultérieurement dans la présentation de chaque pilote.

ÉTAPE 1 : mise en place du mécanisme institutionnel de partenariat pour la conception, la mise en œuvre de l'approche participative et le suivi évaluation du pilote.

Dans cet objectif, les actions suivantes sont réalisées successivement :

- identification des acteurs de l'eau concernés par chaque pilote et recrutement du consultant national chargé de sa gestion sur le terrain ;
- choix définitif de la thématique du pilote ;
- recherche et choix du site et de l'exploitant du pilote ;
- organisation d'un atelier local de sensibilisation et d'information : Constitution du Comité local de suivi-évaluation du pilote ;
- établissement de conventions de partenariat entre l'OSS et ses partenaires au développement ainsi que les institutions locales de recherche agronomique ;
- négociation, établissement et adoption du plan d'action relatif au système de culture à mettre en place ;
- évaluation des contributions financières de l'exploitant, du projet et éventuellement d'autres partenaires ;
- mobilisation de la contribution financière du projet.

ÉTAPE 2 : exécution du plan d'action dans toutes ses dimensions

- exécution du plan d'action au quotidien par le Consultant national, l'exploitant et les autres membres du CLSEP ;
- réalisation d'une étude technique détaillée pour la mise en place du pilote ;
- acquisition et installation des équipements hydrauliques et agricoles ;
- démarrage du système de culture innovant conformément au plan d'action validé et adopté par le Comité local de suivi-évaluation du pilote (CLSEP).

ÉTAPE 3 : suivi-évaluation de l'exécution et des résultats du pilote

Ce suivi-évaluation est accompli durant toute la durée du projet. Il porte ainsi sur :

- l'exécution des plans d'action prévus initialement dans le cadre logique du projet et mis à jour régulièrement en fonction des contraintes rencontrées et des impératifs de réalisation des objectifs du projet ;
- les résultats techniques, socioéconomiques et environnementaux obtenus.

Ce suivi est régulièrement rapporté notamment par :

- des rapports trimestriels réguliers des consultants nationaux ;
- les rapports semestriels et annuels du consultant régional ;
- les rapports éventuels des inspections des autorités centrales de l'eau et des évaluations externes de consultants internationaux ;
- les rapports des ateliers nationaux et régionaux dédiés à la présentation et la diffusion des résultats des pilotes ;
- les rapports du consultant régional relatifs aux missions de suivi de l'avancement de mise en œuvre des plans d'action des pilotes des trois pays ;
- les procès verbaux des ateliers locaux, nationaux et régionaux de restitution, discussion et diffusion des résultats.

Le suivi de l'exécution des plans d'action est assuré à deux niveaux :

- celui des opérateurs au niveau local. Les comités locaux de suivi de chacun des pilotes (CLSP) regroupant des représentants de ces opérateurs dont notamment les usagers de l'eau ou leurs représentants, procèdent sur le terrain, au quotidien, au constat de l'état d'avancement des activités prévues, relèvent les contraintes et les retards éventuels par rapport à la planification initiale et proposent des solutions de rattrapage.

Les constats sont adressés :

- à l'autorité nationale de l'eau du pays concerné,
- au Consultant national chargé de la réalisation du pilote,

... au Consultant régional chargé de la composante « Pilotes », à l'OSS.

- Celui du Coordinateur du projet à l'OSS, en concertation avec les autorités nationales de l'eau des trois pays, avec l'assistance des deux consultants régionaux qui effectuent des missions de suivi-évaluation sur le terrain.

La synthèse de ces évaluations étant réalisée dans les rapports réguliers du Consultant régional. Elle est validée en fin de parcours par l'OSS et transmise aux partenaires de l'OSS dans ce projet.

Le suivi-évaluation global des résultats du projet SASS III est accompli à deux niveaux :

- une auto-évaluation qui est assurée par les consultants nationaux et régionaux en concertation avec les Autorités Nationales de l'Eau des trois pays et avec la supervision de l'OSS,
- une évaluation externe confiée à un évaluateur externe à l'OSS.

En ce qui concerne l'auto-évaluation est régulièrement effectuée pour la plupart des pilotes à l'exception du pilote 4 prévu en Libye et qui n'a pas été réalisé pour des raisons sécuritaires. Pour chacun des pilotes, l'évaluation est effectuée sur la base des indicateurs d'état (performances techniques, économiques) et des indicateurs d'impacts environnementaux qui lui sont spécifiques et liés à sa problématique locale de non-durabilité. Ces indicateurs sont identifiés d'avance dans le cadre logique du Projet.

A titre indicatif, les indicateurs de performances se déclinent globalement comme suit :

- l'amélioration de la valorisation de l'usage de l'eau en irrigation,
- l'amélioration des rendements des principales cultures,
- l'augmentation des revenus agricoles des exploitants,
- la création d'emplois,
- la rentabilité économique du système de culture mis en place
- l'acceptation de l'approche participative et des résultats du pilote par la communauté des exploitants.

Quant aux indicateurs d'impacts environnementaux, ils couvrent les principales menaces auxquelles sont confrontées les ressources naturelles. Ces impacts sont :

Les impacts strictement hydrogéologiques, dont notamment :

- la réduction, voire la disparition de l'artésianisme, qui implique à l'avenir le recours au captage de l'eau par pompage et entraînera la disparition des captages traditionnels comme les foggaras ;
- le rabattement excessif des nappes du CI et du CT, qui se traduit par un dénoyage des forages peu profonds et la nécessité de forer de plus en plus profond pour

implanter de nouveaux forages et, d'autre part, par des interférences entre captages, y compris entre les trois pays ;

- le tarissement des exutoires naturels : exutoire tunisien, qui lui-même alimente un aquifère en aval (la Jeffara) ; inversion des écoulements au niveau des chotts et diffusion d'eau salée dans le SASS ; augmentation de la salinité des eaux du SASS.

En fait ces impacts hydrogéologiques n'ont pas été suivis, pour la simple raison qu'ils ne peuvent pas se manifester dans le court terme (la durée du projet).

Les impacts sur la qualité des terres irriguées :

- la salinisation du profil cultural du sol par irrigation à l'eau saumâtre,
- l'hydromorphie et l'engorgement du sol à cause d'une déficience de drainage naturel ou de l'inefficacité d'un réseau de drainage artificiel ; l'hydromorphie naturelle ou la remontée de la nappe superficielle entraînent toujours une accumulation des sels dans le profil du sol et leur remontée par capillarité vers les couches superficielles les plus exploitées par les racines ;
- la perte de la fertilité des terres par suite de l'abandon des systèmes culturaux oasiens qui intègrent des cultures fourragères et l'élevage familial à l'exploitation agricole ainsi que le recyclage du fumier pour entretenir la fertilité biologique du sol.

Les impacts environnementaux indirects :

- les rejets d'eaux usées dans les nappes phréatiques dus à la forte croissance urbaine et à une déficience de la gestion de l'assainissement urbain ; cette dérive contribue à l'alimentation de la nappe phréatique, à sa pollution chimique et microbiologique ;
- la pollution de la nappe par les pesticides et les intrants chimiques utilisés irrationnellement dans les divers systèmes de production agricole intensifs ;
- la dégradation des zones humides utilisées comme réceptacles des rejets des multiples activités humaines, qui menace leurs équilibres et leurs biodiversités ;
- la surexploitation des ressources en terres et en végétations naturelles (utilisées comme parcours, plantes aromatiques et médicinales...) aux alentours des périmètres irrigués.

ÉTAPE 4 : diffusion et la vulgarisation des résultats par divers moyens comme :

- l'élaboration de rapports réguliers sur l'état d'avancement du pilote et de ses résultats par les consultants National et Régional ;
- la visite du pilote par d'autres exploitants, vulgarisateurs et autres acteurs du développement local ;
- l'organisation d'ateliers de restitution des résultats aux niveaux national et régional ;
- l'élaboration de plaquettes dédiées aux pilotes.

Ce rapport final sur la composante « pilotes de démonstration agricole » du projet SASS III, conduit en Algérie, en Libye et en Tunisie, couvre les acquis et les résultats obtenus durant toute la durée du projet depuis son démarrage en juillet 2010 jusqu'à sa clôture en juin 2013, soit une période de 36 mois. Il synthétise toutes les activités menées, passe en revue leurs résultats et les évalue, comme prévu, sur la base d'indicateurs pertinents définis d'avance. Il en dégage les principales recommandations opérationnelles pour mettre en œuvre une gestion durable de cette ressource précieuse. Il embrasse ainsi toutes les phases de conception et de réalisation des six pilotes, ainsi que celle de l'exploitation de leurs résultats aux plans agricole, économique, social et environnemental. Pour le rédiger, les rapports et contributions multiformes de l'ensemble des acteurs qui ont participé à l'exécution de cette composante ont été capitalisés. Il s'agit notamment :

- des exploitants des pilotes réalisés ;
- des techniciens locaux des administrations responsables de l'eau, de l'irrigation et de l'environnement ;
- des consultants nationaux recrutés dans le cadre de ce projet pour l'encadrement de la gestion technique et financière des pilotes ;
- de la direction générale de l'ANRH au niveau central et ses directions régionales des Wilayas d'Adrar et de Ouergla, en charge du développement du secteur de l'eau, ainsi que d'autres services techniques de l'irrigation et de la protection de l'environnement ;
- du consultant régional en charge de la réalisation de la composante « pilotes » de ce projet ;

C'est grâce au recoupement et à la combinaison des résultats obtenus et des attentes des usagers de cette ressource que des recommandations opérationnelles ont pu être formulées pour faire bénéficier ces populations d'un renouveau technologique et organisationnel susceptible de les conduire vers de nouveaux systèmes durables de culture irriguée. Ces systèmes leur permettront de garantir une amélioration significative de leurs revenus au travers d'une augmentation de l'efficacité économique de l'irrigation, assurant en même temps la conservation de la ressource SASS.

RÉSULTATS DES PILOTES

35

PILOTES D'ALGÉRIE

36 P1 : Oasis de Ksar Aït Messaoud au nord de Reggane

56 P2 : Oasis de Sidi Mahdi près de Touggourt

79

PILOTES DE LIBYE

81 P3 : Région d'Essouani, sud-est de Tripoli

97 P4 : Oued Zemzem (Zone des oueds du Centre)

102

PILOTES DE TUNISIE

103 P5 : Oasis Jedida près de la ville de Kebili

120 P6 : Smar Médenine

145 P7 : Chenchou près d'El Hamma de Gabès

162

ÉVALUATION SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS DES PILOTES DES 3 PAYS

167

CONCLUSION GÉNÉRALE

I. PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE D'ALGÉRIE

L'Algérie est le pays sur lequel s'étend la partie la plus vaste du territoire du SASS, soit environ 700 000 km² sur un total de 1 million de km². C'est également celui qui exploite le plus cette ressource pour couvrir les besoins hydriques de tous les secteurs socioéconomiques de cette région. Plus de 85 % de l'exploitation de la ressource est allouée à l'agriculture, le reste à l'eau potable, l'industrie et le tourisme.

Développée dans des aires à bioclimats en grande partie désertique et subdésertique, et en faible partie aride-inférieur, où le bilan hydrique climatique (différence entre pluviométrie annuelle et évapotranspiration potentielle annuelle) est largement négatif, l'agriculture y est exclusivement irriguée. Initialement cantonnée dans les oasis traditionnelles, structurées socialement, culturellement et économiquement, et depuis la nuit des temps, autour de cette ressource SASS, cette agriculture évolue et s'étend en superficie, avec son ouverture sur les marchés, avec l'adoption de nouveaux systèmes de production, en dehors des oasis dans des périmètres ouverts, spécialisés, parmi lesquels figurent en particulier les cultures maraîchères sous abris et la céréaliculture.

De nos jours, il existe une grande diversité de systèmes de culture qui témoignent des tentatives d'adaptation des exploitants agricoles aux changements socioéconomiques et technologiques qu'ils subissent. Dans cette dynamique, certains de ces systèmes périssent, d'autres se transforment alors que d'autres se développent avec plus ou moins de succès. Cependant, la plupart d'entre eux souffrent d'une multitude de contraintes structurelles d'ordres social, foncier et économique. De plus, la plupart des systèmes de culture irriguée valorisent mal l'eau d'irrigation et induisent des impacts environnementaux négatifs sur la ressource et sur les terres irriguées.

En conséquence, la durabilité de cette agriculture irriguée n'est pas assurée, et se trouve confrontée à de multiples problématiques, souvent complexes, où les dimensions techniques sont imbriquées et liées à des contraintes sociales et économiques. Pour ce projet, le point focal du projet, à savoir l'Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), a proposé deux problématiques majeures différentes affectant l'agriculture irriguée de deux systèmes oasiens différents. Il s'agit :

- système oasien de la Grande Zone du Touat-Gourara-Tidikelt, exploitant l'aquifère SASS grâce aux foggaras pour l'irrigation.
- système oasien de la Grande Vallée d'Oued Righ, une des grandes régions spécialisées notamment dans la culture du palmier dattier, variété Deglet Nour.

Ces problématiques sont analysées et traitées dans ce qui suit.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Localisation géographique : Wilaya d'Adrar, région de Reggane, oasis de Ksar Aït Messaoud à 10 km au nord de Reggane sur la route Reggane-Adrar.

Problématique locale de l'irrigation : une pénurie d'eau découlant du tarissement progressif des foggaras desservant l'oasis, avec pour conséquence l'abandon de l'irrigation sur une grande superficie des terres aménagées.

Thématique du pilote : la restauration du débit des foggaras par pompage solaire et la réhabilitation du système agricole oasisien.

Système de production agricole : c'est le système oasisien familial destiné à la production de denrées alimentaires pour l'autoconsommation et le commerce local.

Système de culture : c'est un système de polyculture familial basé sur la phoeniciculture (culture du palmier dattier, variété locale) avec diverses cultures vivrières.

Ressource d'eau exploitée : une foggara en cours de tarissement et des puits de surface surexploités.

Disponibilité de l'eau pour l'irrigation : l'oasis souffre d'un grand déficit hydrique.

Qualité de l'eau : l'eau de la foggara est bonne (salinité totale de l'ordre de 2 g/l, alors que l'eau des puits voit sa salinité atteindre 3-4 g/l).

Mode de gestion de la ressource eau : les foggaras sont gérées dans un cadre communautaire et les puits de surface sont exploités à titre privé.

Menaces qui pèsent sur ce système de production : le tarissement total des foggaras, la baisse continue de la piézométrie et l'augmentation de la salinité de l'eau des puits.

1. Contexte général du pilote

La région de Touat-Gourara-Tidikelt s'étend dans la Wilaya d'Adrar sur la bordure sud-est de l'Erg Occidental, selon un axe nord-sud allant de l'oasis de Timimoun au nord à

la localité de Reggane au sud en passant par la ville d'Adrar. C'est une région totalement désertique, avec un déficit hydrique climatique annuel supérieur à 3 000 mm/an, des terres squelettiques infertiles (plateaux érodés par la déflation éolienne...) et une absence de couverture végétale naturelle. Ainsi, dans ce contexte, l'agriculture pluviale y est impossible et l'évolution du climat au cours de l'ère quaternaire vers une désertification de l'ensemble de la grande région située au sud de l'Atlas saharien a imposé à la population autochtone à s'adapter à ce milieu inhospitalier. Outre l'option d'émigrer en dehors de ce territoire, deux modes de vie distincts mais complémentaires étaient adoptés, selon la disponibilité ou non de ressources en eau facilement mobilisables :

- le mode de vie nomade basé sur le pastoralisme et le commerce transfrontalier,
- le mode sédentaire, cantonné dans un chapelet d'oasis, aligné le long de la périphérie ouest du plateau de Tadmaït et la limite est du Grand Erg Occidental, à la faveur d'une multitude d'exutoires naturels de la nappe du Continental intercalaire qui était sub-affleurante dans cette zone. Il est utile de rappeler que cette nappe est l'une des deux formations aquifères qui constituent le SASS.

C'est grâce à la disponibilité de cette ressource du CI et à la facilité de sa mobilisation qu'ont été développées les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt. En effet, outre l'exploitation directe des sources d'eau, le génie paysan a innové en matière d'exhaure de l'eau du CI par le système des foggaras. Il s'agit là de galeries sub-horizontales creusées à faible profondeur (celle du niveau statique de la nappe). Le drainage naturel de l'eau dans ces galeries se réalise par gravité vers les zones basses naturelles pour les usages domestiques et l'irrigation de petites oasis. L'eau y est alors gérée dans un cadre communautaire à travers des associations locales ayant pour fonctions de :

- répartir équitablement l'eau aux bénéficiaires ;
- résoudre les conflits autour de la ressource eau ;
- veiller à l'implication de tous les bénéficiaires de l'eau aux travaux de maintenance de l'état et du fonctionnement des foggaras en amont de l'oasis et des réseaux de drainage de chaque oasis.

Dans ces contrées, c'est autour de la ressource rare, l'eau, que les communautés sont intimement structurées. De plus, le système oasien traditionnel qui nourrit en grande partie ces communautés, n'est viable qu'à trois conditions :

- la pérennité de la ressource eau en quantité et en qualité ;
- la maintenance des ouvrages hydrauliques (foggaras et réseaux de drainage pour l'évacuation des eaux de drainage des terres) ;
- l'ouverture de l'oasis vers son environnement désertique et steppique de jadis, pour échanger certaines denrées produites sur place (dattes) contre d'autres denrées comme les céréales.

2. Problématique locale de l'irrigation

Le mot ksar (ksour au pluriel) veut dire en arabe Château. C'est que traditionnellement, chaque oasis constitue un système socio-économique structuré culturellement et socialement autour de la ressource eau. Il existe donc au niveau local un pouvoir local de décision dédié à la gestion de cette ressource comme précisé précédemment (allocation et partage de l'eau, maintenance de l'infrastructure hydraulique). Ce pouvoir est détenu par une structure locale élue dirigée par un des bénéficiaires, généralement un notable de la communauté locale. Dans les plus grandes et anciennes oasis de cette région, ce centre de décision local était matérialisé par le ksar, qui est un édifice militaro-sécuritaire destiné au stockage communautaire des denrées alimentaires stratégiques, et par extension, le mot ksar est alloué à l'ensemble de l'oasis. De ce fait, l'acception du mot ksar désigne de nos jours l'ensemble de l'entité « localité-oasis-communauté ».

Ainsi, le Ksar Aït Sidi Messaoud est une petite oasis d'une superficie totale de l'ordre de 240 ha subdivisée sur deux parties :

- l'oasis initiale irriguée avec les eaux de trois foggaras en cours de tarissement ;
- une extension d'une superficie de 120 ha dont seulement 23 ha sont encore irrigués et exploités par soixante-dix exploitants avec les eaux d'une foggara tarie à plus de 70 % de son débit initial et une batterie de puits de surface en cours de surexploitation.

Le pilote est installé sur seulement quelques parcelles de cette extension totalisant une superficie de l'ordre d'un hectare.

La population de cette oasis est de 645 habitants dont les revenus étaient initialement exclusivement agricoles, mais qui se sont diversifiés par la force des choses suite à la faillite du système agricole oasien à cause de la pénurie d'eau. En effet, sous l'impact de plusieurs facteurs, dont notamment l'extension des superficies irriguées, le manque de maintenance des galeries des foggaras et la surexploitation de l'aquifère CI par des forages profonds, le débit de la plupart des foggaras n'a pas cessé de diminuer au fil des années. Dans cette région, il y avait plus de 4000 foggaras fonctionnelles avec des débits adaptés aux besoins des usagers.

Aujourd'hui, de nombreuses foggaras ont complètement tari et d'autres ont vu leurs débits baisser significativement, dont celle alimentant le pilote (dénommée Foggara de Tadmaït). Son débit continu initial dépassait les 5 l/s, il n'est plus aujourd'hui que d'environ 1 l/s. C'est évidemment très insuffisant pour assurer la survie du système oasien en place, situation qui a conduit l'ANRH à autoriser les exploitants à creuser et exploiter à titre individuel des puits de surface à la périphérie orientale de l'oasis. Comme le pompage de l'eau est assuré à l'énergie électrique 24 h sur 24, cela n'a fait qu'accélérer la surexploitation de la nappe et le tarissement de la foggara.

Cette situation est grave à plus d'un titre et témoigne d'une dérive par rapport aux règles de gestion communautaire de l'aquifère. En effet, l'eau des foggaras était gérée partout dans un cadre de concertation obéissant à des règles scrupuleusement observées. La dérogation à ces règles, par l'introduction de la gestion individuelle des puits de surface, a aggravé la situation et débouché sur une impasse qui menace la durabilité de l'irrigation dans cette localité.

La problématique actuelle de cette oasis réside donc dans un grand déficit hydrique en eau d'irrigation généralisé : la foggara et les puits ne sont plus en mesure de satisfaire les besoins minima en eau de l'oasis. En conséquence la superficie irriguée se réduit à sa plus simple expression (moins du cinquième de la superficie initiale de l'extension), et les exploitants sont amenés à compléter leurs revenus en recourant à une pluriactivité diversifiée en dehors de l'oasis, avec de nombreux cas d'abandon total ou partiel de l'irrigation.

Dans ce contexte, l'une des solutions durables à cette problématique complexe, pourrait être le rétablissement du débit initial de la foggara par un pompage ménagé à l'énergie solaire (quelques heures/jour à un débit de l'ordre de 5 l/s) dans la nappe. L'eau pompée serait alors injectée dans le réseau de la foggara, en amont du répartiteur pour être partagée équitablement entre les ayants droit selon leurs quotas définis dans un cadre communautaire. Cela permettrait de restaurer l'agriculture oasisienne, augmenter le revenu des ménages des oasisiens et stabiliser ces populations autochtones sur leurs exploitations.

3. Thématique du pilote de Ksar Aït Messaoud

Elle consiste à démontrer dans ce pilote qu'il serait possible de :

- restaurer le débit initial de la foggara par pompage solaire en amont de l'oasis ;
- réhabiliter durablement le système de production agricole oasisien, tout en assurant une amélioration significative de l'efficacité de l'eau d'irrigation et une augmentation du revenu agricole des exploitants, sans impacts négatifs sur la nappe et sur les terres.

Ceci à la condition d'avoir l'adhésion et la participation des exploitants et de leur association locale à la concrétisation du pilote.

Au plan technique, cet objectif nécessite :

- l'installation d'une station de pompage solaire (un panneau d'une certaine puissance et un équipement de pompage conséquent) ;
- l'intensification du système de culture par le recours à des techniques agricoles éprouvées (irrigation localisée appropriée, fertilisation et lutte phytosanitaire raisonnées).

4. Localisation et caractéristiques du pilote

Le site du pilote se trouve à 10 km au nord de l'agglomération de Reggane sur la route menant à la ville d'Adrar, chef lieu de la Wilaya portant ce nom.

Ses coordonnées sont : $x= 0^{\circ} 05' 43'' 07'' E$; $y= 26^{\circ} 46' 32'' 07'' N$; $z= 205m$

Figure 4. Image spatiale de localisation géographique de l'oasis Ksar Ait Messaoud.

Noter en particulier :

- le paysage typiquement désertique de la zone ;
- l'irrégularité des longueurs des parcelles de culture suite aux déficits hydriques enregistrés dans chacune des exploitations.



Figure 5. Localisation d'une batterie de puits de surface parallèlement à la périphérie Est de l'oasis.



Figure 6. Image satellitaire du tracé des bouches des puits verticaux d'une foggara dans la zone du pilote.



Figure 7. Vue au sol des bouches des puits verticaux de la foggara de Tamentit en cours de réhabilitation sur la route Adrar-Reggane.

Figure 8. Restauration d'un puits vertical de la foggara de Tamentit en cours de réhabilitation.



Figure 9. Coupe verticale dans la galerie de la foggara de Tamentit à son embouchure à la périphérie de l'ancienne oasis du même nom au sud d'Adrar sur la route de Reggane.



Figure 10. Partiteur d'une foggara à l'entrée d'une oasis.



Figure 11. Reste du quota d'eau d'un exploitant du pilote de la foggara après une importante baisse de son débit.



Figure 12. Abandon total d'une exploitation après baisse du débit de la foggara desservant cette oasis.





Figure 13. Système de culture traditionnel avec irrigation par submersion.



Figure 14. Ruines de l'ancien village de Tamentit totalement abandonné avec son oasis après tarissement de sa foggara.

Ce pilote n'est pas conçu sur l'ensemble de l'Oasis. Seules quelques parcelles (exploitations) appartenant à différents exploitants sont prises en considération.

Telle est la situation d'impasse dans laquelle se trouve l'oasis de Ksar Aït Messaoud, à l'instar de nombreuses autres oasis de cette grande région.

Pour restaurer les foggaras et leurs oasis menacées de disparition, le projet SASS III part de l'hypothèse qu'il serait possible de réhabiliter ces oasis avec l'introduction d'un paquet technologique éprouvé en mesure de mieux valoriser l'eau utilisée et assurer la stabilité des exploitants dans leur terroir.

L'objet de ce pilote était de démontrer la faisabilité et l'efficacité de cette option de rénovation. Le plan d'action appliqué dans cette démonstration est rapporté dans ce qui suit.

5. Plan d'action du pilote

Conformément à la démarche du projet présentée dans la première partie, le plan d'action du pilote est structuré selon quatre types d'activité, à savoir :

- des activités d'ordre institutionnel pour consacrer l'adoption et l'application de l'approche participative (mobilisation des acteurs de l'eau et du développement de l'irrigation au niveau local, constitution du Comité local de suivi-évaluation de la mise en place du pilote et de ses résultats, recrutement du consultant national en charge de la gestion du pilote...).
- des activités d'innovation technique pour l'amélioration des performances agricoles, économiques et environnementales de l'irrigation. Ces activités se déclinent en deux catégories visant deux objectifs :

- l'acquisition et la mise en service d'une station de pompage solaire comportant un panneau solaire, d'une part, et d'un groupe d'électropompe pouvant fournir un débit d'eau de 5 l/s à partir d'un forage existant mis à la disposition du projet par l'ANRH, d'autre part. Cette station fonctionnerait pendant 6 à 8 h par jour selon la durée de l'ensoleillement.

- la rénovation du système de culture par une intensification raisonnée des techniques culturales et le recours aux intrants chimiques. Dans cet objectif, l'irrigation par submersion a été remplacée par deux modes d'irrigation localisée. Un mode réservé aux palmiers comportant un système d'ajutage commandé par des micro-vannes et un mode de goutte-à-goutte pour les cultures annuelles (légumes, céréales et fourrages) dans l'espace intercalaire de la palmeraie. Cela a nécessité la mise sous pression de l'eau moyennant de petites électropompes individuelles.

La mise en œuvre de cette rénovation a nécessité l'amélioration des capacités de nombreux exploitants de l'oasis.

- des activités de suivi-évaluation de mise en œuvre du pilote et de ses résultats (suivi régulier des réalisations et de leurs résultats, production de rapports réguliers sur l'avancement de la mise en œuvre du pilote et la collecte des résultats, visite du pilote par les responsables et les exploitants locaux avec discussion des résultats...)
- des activités de diffusion et de vulgarisation des résultats (organisation d'ateliers de vulgarisation, visite du pilote aux responsables de l'Autorité nationale de l'eau..., production de plaquettes d'information et de diffusion des résultats...).

6. Évaluation de la mise en œuvre du plan d'action

Le forage mis à la disposition du projet pour rétablir le débit initial de la foggara de Tademait, est dénommé forage Ait Messaoud. Il est situé en bordure orientale de l'oasis.

Ses coordonnées sont : $X = 0^{\circ} 06' 11'' E$; $Y = 26^{\circ} 46' 45''$; $Z = 213 \text{ m}$

Sa profondeur est de 150 m, son niveau statique est à 34 m et son débit d'exploitation est de 20 l/s.

Les figures 16 à 18 illustrent les réalisations matérielles au niveau du pilote.

Figure 15. Équipe du projet avec les exploitants de l'oasis autour du forage pour la validation du choix de cette nouvelle ressource et son utilisation pour le rétablissement du débit initial de la foggara.



Figure 17. Raccordement d'un puits à un bassin individuel de stockage pour la mise sous pression du nouveau réseau d'irrigation localisée.

Figure 16. Visite des parcelles du pilote avec les consultants de l'OSS en compagnie des exploitants du pilote.



Figure 18. Installation d'une électropompe refoulante à la sortie d'un bassin de stockage pour la mise sous pression du réseau d'irrigation localisé.

Figure 19. Espace intercalaire inoccupé faute d'eau avant le projet.



Figure 20. Culture intercalaire mis en culture (courgette conduite en irrigation localisée, 2011-2012).



Figure 21. Ancien canal (séguia) de distribution et d'irrigation par submersion et son remplacement par une irrigation localisée adaptée au palmier.

Figure 22. Culture de tomate d'hiver conduite en irrigation localisée 2011-2012.

En attendant l'installation de la station de pompage solaire prévue, les exploitants ont adopté le nouveau système d'irrigation localisée en utilisant les faibles ressources en eau des puits de surface disponibles. C'est ainsi que, grâce à l'économie d'eau assurée par le nouveau mode d'irrigation localisée et sa gestion raisonnée, la superficie irriguée a plus que doublé par la mise en culture des interlignes entre les palmiers (avec l'adoption de diverses cultures vivrières).

Grâce aux deux réseaux d'irrigation mis en place, une économie d'eau très significative a été obtenue avec condamnation des Séguias (canaux en terre sableuse très perméable, donc source d'une grande perte d'eau par infiltration).

Diverses cultures ont été mises en place par cinq exploitants sur une superficie totale de l'ordre d'un hectare (palmier dattier et cultures légumières en intercalaire). Les volumes d'eau disponibles ont permis de restructurer les exploitations et de faire fonctionner le nouveau mode d'irrigation, mais n'ont pas du tout permis de satisfaire les besoins minima des cultures en eau. Malgré cela, les exploitants ont fait des progrès énormes dans la prise de conscience de l'enjeu de l'économie de l'eau et de l'amélioration de sa valorisation. Ils ont également saisi la complexité de la situation hydrique de leur oasis et les interférences entre les impacts de l'exploitation des puits de surface et la viabilité de leur foggara.

En définitive, malgré le grand déficit hydrique de l'oasis, les résultats agricoles obtenus ont renforcé la conviction des exploitants que l'augmentation du débit de la foggara par la station de pompage solaire leur permettra de restaurer leur oasis et d'améliorer en conséquence leurs revenus agricoles.

L'évaluation des activités prévues dans ce pilote est rapportée au tableau 4 (page suivante).

7. Principaux résultats obtenus

Les résultats attendus de ce pilote étaient la réhabilitation du système oasien traditionnel grâce à la réhabilitation du débit initial de la Foggara par pompage solaire, d'une part, et l'amélioration des revenus des exploitants, par voie de conséquence.

Comme la station de pompage solaire n'est pas encore mise en place, l'objectif spécifique de ce pilote n'est pas encore atteint. Cependant, l'introduction de techniques appropriées d'intensification des cultures dans le contexte du déficit hydrique a permis de provoquer une reconversion totale des habitudes et des réflexes des exploitants par rapport à la gestion de l'eau d'irrigation. En effet, les résultats techniques enregistrés chez les cinq exploitants n'étaient pas uniformes et n'avaient pas atteint le même niveau de performances.

Les données suivantes explicitent les performances réalisées sans le complément d'eau attendu de la station de pompage solaire.

7.1. Superficie cultivée

L'introduction de l'irrigation localisée a permis, grâce à l'économie d'eau réalisée, d'étendre la superficie cultivée sur tout l'espace intercalaire entre les lignes de palmier. La superficie totale des parcelles des cinq exploitants du pilote est d'un ha. Les cultures intercalaires y occupent 0,8 ha soit 80 %. Cela a permis d'atteindre un taux d'intensification proche de 100 %.

Le graphique 3 (page 51) donne le détail des superficies cultivées par les cinq exploitants du pilote.

Activités prévues	Degré de réalisation	Résultats	Moyen de vérification
Activités d'ordre institutionnel			
Mobilisation des acteurs de l'eau au niveau local	Totalement	Information assurée des exploitants agricoles, de la Direction régionale de l'ANRH, de la Station régionale de l'INRAA à Reggane	Rapport de la 2 ^e mission du CR dans cette région
Recrutement du Consultant national (CN)	Réalisé	Contrat signé et démarrage des activités du CN	Rapport trimestriel du CN
Organisation d'un atelier de sensibilisation	Réalisé	Engagement de nombreux exploitants	Rapport trimestriel du CN
Constitution du Comité du Comité local de suivi-évaluation	Réalisée	Participation des exploitants au comité	Composition du Comité selon rapport trimestriel du CN
Conventions de partenariat	Convention de partenariat avec l'INRAA signée et appliquée	Participation des partenaires à la réalisation et au suivi du pilote (INRAA, ANRH, DSA de Reggane)	La convention de partenariat avec l'INRAA
Activités d'ordre technique			
Prospection de terrain avec le CN et l'Autorité de l'eau, le Service agricole et les exploitants agricoles et choix du site du pilote	Totalement	Site du pilote sélectionné Forage existant mis à la disposition du projet par l'ANRH pour rétablir le débit initial de la foggara	Rapport de mission du CR, Rapport trimestriel du CN
Etude technique et Conception des composantes du pilote	Totalement	Conception du pilote	Rapport trimestriel du CN

Identification des aménagements et équipements nécessaires	Totalement	Liste des équipements et devis d'estimation du coût du pilote	Rapport trimestriel du CN
Elaboration du Plan d'action de mise en œuvre du pilote	Réalisée	Le Plan d'action disponible	Rapport trimestriel du CN et 3 ^e rapport trimestriel du CR
Mise en œuvre du plan d'action	Equipement agricole réalisé Station de pompage solaire commandée, sa mise en place n'est pas encore réalisée	Equipements partiellement installés avec difficultés d'approvisionnement Débit de la foggara non encore rétabli en attendant l'installation de la station de pompage solaire	Rapport trimestriel du CN
Plan parcellaire et premières cultures annuelles	Réalisés, avec les seules ressources d'eau disponibles	Les premières récoltes ont montré de nettes améliorations par rapport aux moyennes locales mais restent en deçà des objectifs visés La deuxième saison agricole a été conduite également sans la station de pompage.	Rap. du CN Rap. de mission du CR Communication CN lors premier atelier régional sur les pilotes, juin 2012. Rapport du CN du 4 ^e trimestre 2012
Activités de vulgarisation et diffusion des résultats			
Ateliers d'information	1 ^{er} atelier de sensibilisation réalisé	Engagement des exploitants à mettre en œuvre le pilote dans leurs exploitations	1 ^{er} rapport trimestriel du CN
Diffusion des résultats	Présentation de la synthèse des stratégies nationales de l'eau des trois pays au Comité de pilotage du Projet à Alger en mai 2011 Réalisation d'une plaquette dédiée au pilote	Une présentation en PowerPoint Un dépliant réalisé	Le document de la synthèse, Rapport de mission du CR à Alger pour le Comité de pilotage du projet Le dépliant en question

Visite du pilote	Activité non encore démarrée car la station de pompage solaire n'est pas encore installée	Résultats positifs mais insuffisants,	
Activités de suivi-évaluation et de reporting			
Rapports trimestriels du consultant national	Rapports réceptionnés et validés	Etat d'avancement de la mise en œuvre des pilotes bien décrits	Les rapports du CN
Rapports trimestriels et semestriels du Consultant régional	Soumis et acceptés par l'OSS	Informations partagées sur l'état d'avancement de la mise en œuvre de la composante pilote	Les rapports du CR
Rapports semestriels du CR	Rapports soumis et validés	Idem précédent	Les documents des rapports
Rapport annuel du CR	Premier rapport annuel (juillet 2010 à juin 2011 du CR	Idem précédent	Le document du rapport
Rapport de mi-parcours sur la composante pilotes	Rapport réceptionné en décembre 2012 et validé	L'état des lieux est bien décrit	Le rapport en question
Rapports finaux provisoires remis en juin 2013	Rapports proposés aux pays pour validation	Les résultats restent partiels en attendant l'installation du panneau solaire	Le rapport en question
Projet de rapport final sur la composante pilotes	Rapport réceptionné et validé par l'OSS	Les résultats définitifs arrêtés à la date de fin décembre 2013	Ce rapport

Tableau 4. Evaluation des activités de la mise en œuvre du pilote 1.

7.2. Espèces cultivées

Elles sont très variées. Leur choix était du ressort des exploitants qui prennent en considération la satisfaction de leurs besoins alimentaires en premier lieu. Les rendements obtenus ne sont pas identiques et traduisent les niveaux de soins prodigués par les exploitants, les quotas d'eau dont ils disposent et la qualité de leurs terres.

Graphique 3. Superficies des parcelles cultivées (ha) par exploitant.

C'est la pomme de terre qui s'est avérée la culture préférée des exploitants, car elle ne pose pas de problème technique, ni de stockage ou de commercialisation, et c'est le haricot qui occupe la plus faible superficie et la culture la moins réussie. Les cycles végétatifs de ces cultures présentent l'avantage de se succéder tout au long de la saison fraîche, d'octobre à mai, et d'étaler leurs productions, ce qui permet de gérer au mieux possible le peu d'eau disponible.

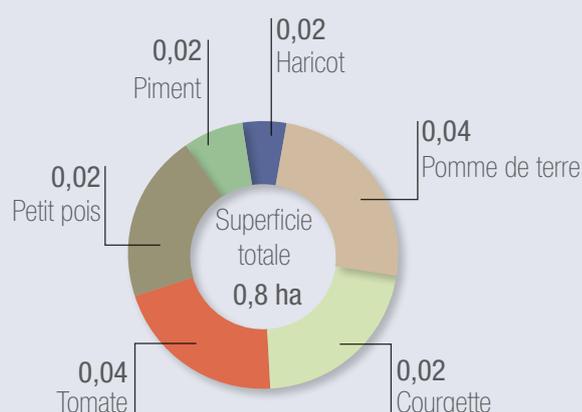
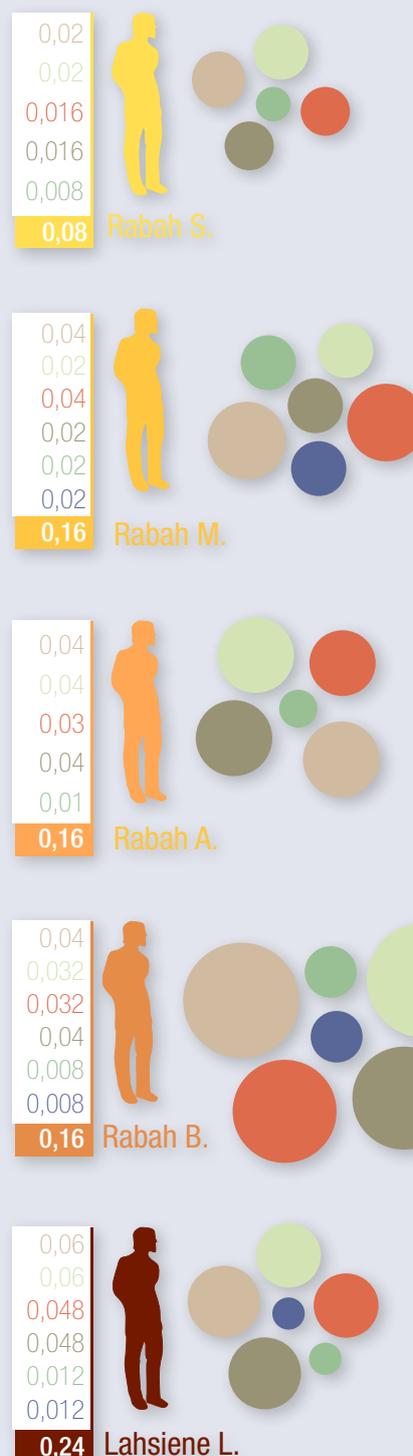
Quant au palmier, il n'occupe que 20 % de la superficie totale des parcelles, mais son système racinaire, étalé en dehors de sa frondaison, lui permet de profiter de l'irrigation consacrée aux cultures intercalaires. Cependant, compte tenu du déficit hydrique général, sa production n'a pas encore changé.

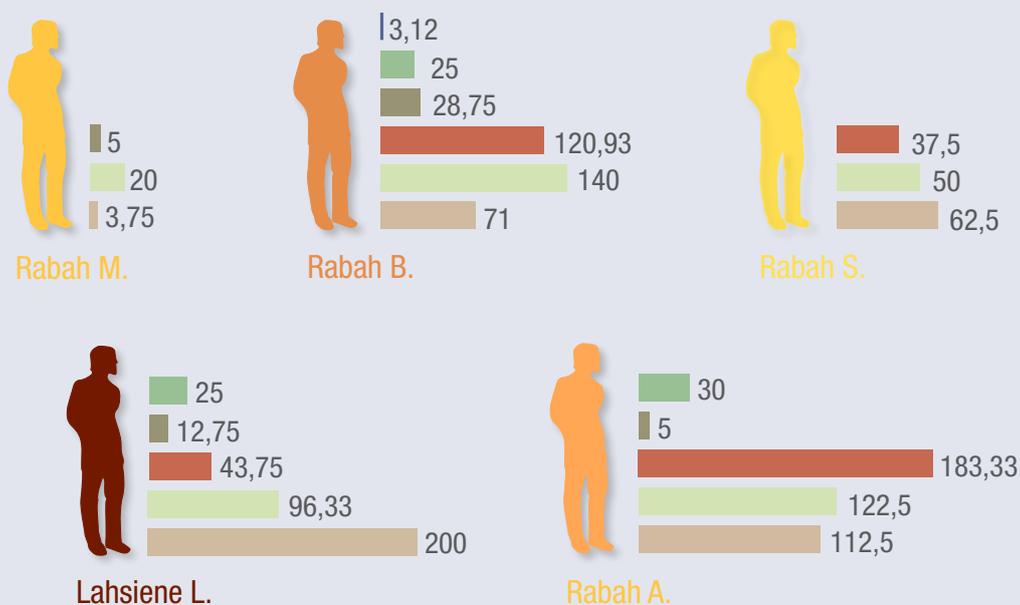
7.3. Rendements obtenus

Il n'était pas possible dans le contexte de cette oasis de peser régulièrement toutes les productions récoltées. Une partie non négligeable de ces productions était autoconsommée, offerte ou conservée, sans être comptabilisée. Le graphique 5 donne une estimation des rendements obtenus sur la base des productions commercialisées.

Ces rendements moyens sont évidemment faibles par rapport aux moyennes nationales réalisées dans d'autres contextes édaphiques et climatiques, mais ils sont nettement supérieurs aux rendements obtenus traditionnellement dans les oasis.

Graphique 4. Superficies totales des diverses cultures intercalaires de tous les exploitants du pilote.





Graphique 5. Estimation des rendements (q/ha) réalisés par agriculteur et par culture.

Pour certaines de ces cultures, comme la pomme de terre et la courgette, les rendements obtenus atteignent le double de ceux connus par les exploitants en dehors des parcelles du pilote. Il y a donc une grande satisfaction des exploitants du pilote par rapport aux performances réalisées. Ils envisagent de faire mieux le jour où la station de pompage solaire sera mise en service et leur fournira le complément d'eau attendu.

7.4. Productions

Les récoltes ont été en grande partie vendues sur le marché local, soit au total 5 224 kg toutes espèces confondues. Les prix de vente étaient très variables et dépendaient de plusieurs facteurs dont notamment la disponibilité des exploitants à vendre le jour du marché (graphique 6).

Ces données prouvent que l'introduction du paquet technologique d'intensification accompagnant le mode d'irrigation localisé approprié aux cultures pratiquées a permis de :

- mieux valoriser le peu d'eau disponible sur une plus grande superficie pour obtenir plus de production ;
- supprimer la main-d'œuvre allouée à la conduite de l'irrigation ;
- découvrir les problématiques liées à cette intensification comme le choix des espèces et des variétés les plus adaptées au contexte désertique, l'approvisionnement en intrants chimiques nécessaires (engrais solubles utilisables en fertigation et divers pesticides...) et la question de l'accès au marché extérieur pour écouler les productions à des prix convenables ;
- améliorer sensiblement le revenu agricole, selon la majorité des exploitants qui ont adopté le paquet technologique.

C'est dire tout le travail réalisé par la communauté des exploitants avant même la mise en service de la station de pompage qui permettrait d'accroître d'une façon significative les productions.

8. Evaluation des résultats obtenus

Il est évident que cette évaluation n'est que provisoire étant donné que la pièce maîtresse de ce pilote n'a pas encore été installée. Les résultats obtenus doivent être mis dans leur contexte, ils n'ont porté que sur les changements de diverses natures provoqués par le projet :

- un changement de comportement des exploitants par rapport à la ressource : ils intègrent dorénavant le concept d'économie d'eau et de valorisation optimale de l'eau. Ils ont découvert



Figure 23. Culture de pomme de terre à deux stades de développement.



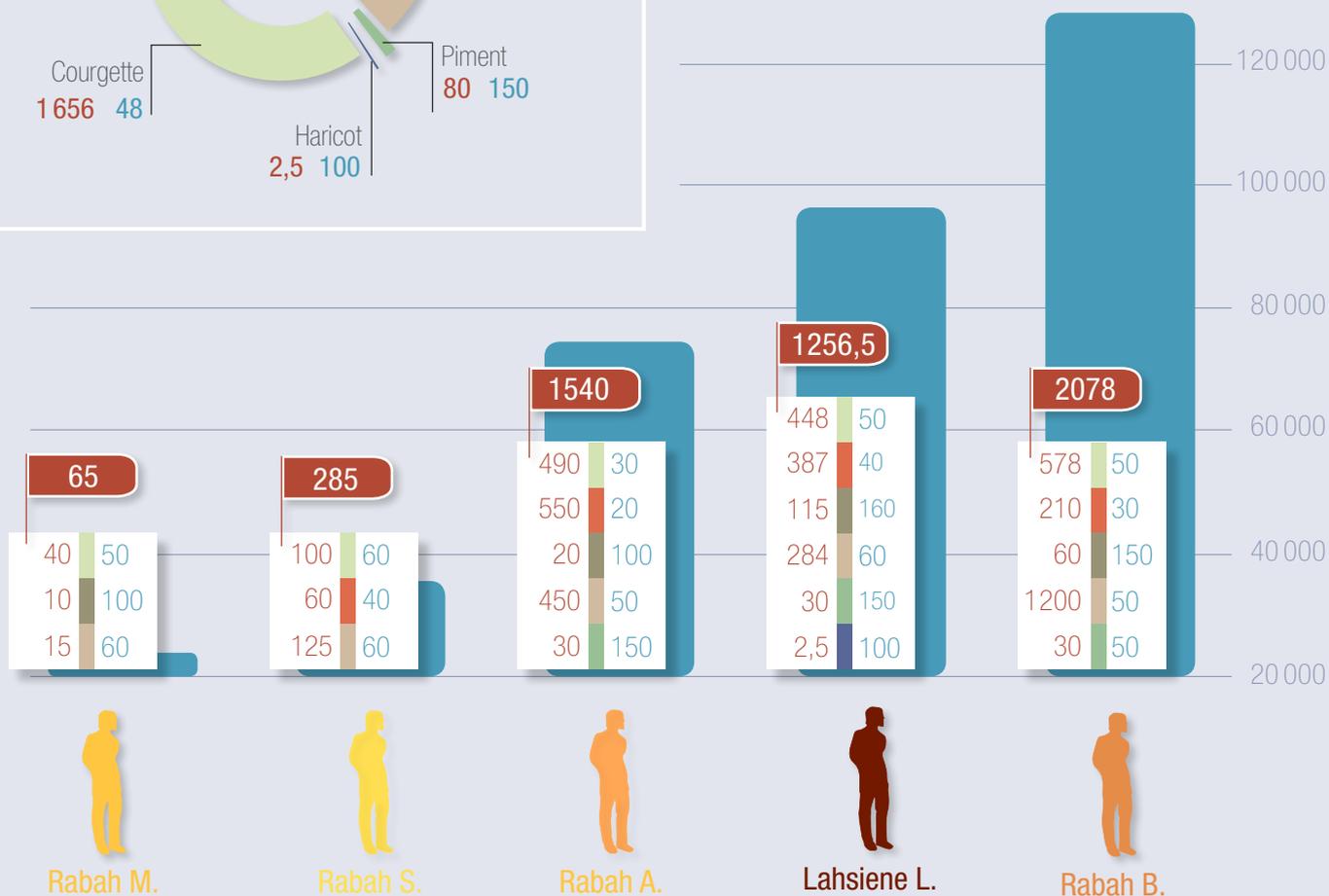
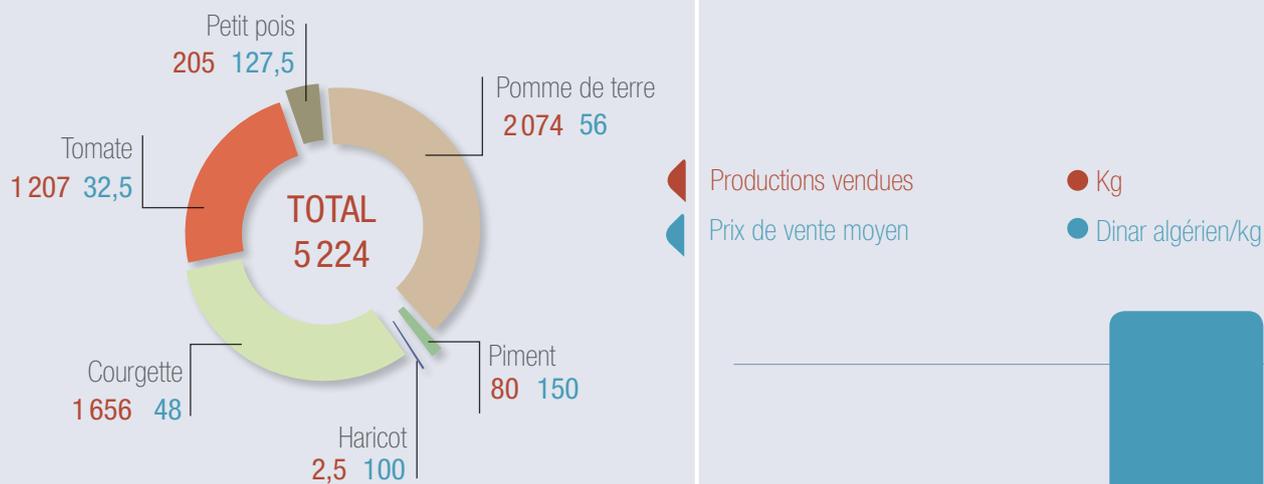
Figure 24. Culture de courgette à deux stades de développement.



Figure 25. Culture de tomate à deux stades de développement.



Figure 26. Culture de piment au démarrage.



Graphique 6. Productions vendues (kg) par culture et par exploitant, prix de vente des récoltes (en dinar algérien/kg sachant que 100 DA = 1 € environ) et Recettes (DA) par exploitant sans celles obtenues de la vente des récoltes de datte et de l'élevage familial qui ne sont pas déclarées.

qu'ils sont capables de produire plus avec le peu d'eau disponible, et ils sont demandeurs d'innovation et d'encadrement pour résoudre les nouvelles contraintes de l'intensification de leur système de culture (approvisionnement en intrants chimiques, écoulement des productions, adaptation des variétés introduites...);

- un changement technique : le passage de l'irrigation gravitaire à une irrigation localisée adaptée au contexte de l'oasis s'est traduit par une augmentation significative des productions et leur étalement sur toute la saison fraîche, ce qui a amélioré l'approvisionnement des ménages en divers produits frais ou conservés (tomate séchée, ail, céréales, fourrage...);

- un changement social : la réussite de cette démonstration a déclenché une nouvelle dynamique sociale en matière de gestion communautaire de l'oasis ;
- l'adoption par de nombreux agriculteurs (plus de 60 %) de l'oasis des nouvelles techniques introduites et la manifestation d'une forte demande d'encadrement de proximité.

Tous ces changements devraient se confirmer le jour où les exploitants auront à leur disposition un complément d'eau pour satisfaire les besoins hydriques du palmier et des cultures annuelles intercalaires. C'est ce qui reste à confirmer dès la mise en place de la station de pompage solaire.

9. Conclusion et recommandations

Ce pilote est mis en place dans sa composante agricole seulement. Des contraintes d'ordres financier, commercial et logistique n'ont pas permis jusqu'à ce jour l'installation et la mise en service de la station de pompage solaire déjà acquise. Elle devrait pouvoir être installée dans un avenir proche pour démarrer la nouvelle saison agricole avec le complément d'eau attendu. Dans cette perspective, son impact sur le bilan hydrique du pilote et sur l'efficacité de l'irrigation sera évalué correctement au cours des prochaines années.

Les résultats techniques obtenus avec le peu d'eau disponible, mais avec un nouveau mode d'irrigation économe d'eau, ont ouvert des perspectives prometteuses de sauvegarde de cette oasis en décadence. Les exploitants des parcelles des pilotes sont persuadés de la pertinence et de l'efficacité des innovations introduites et la plupart de leurs voisins ont adopté l'irrigation localisée et les cultures intercalaires intensives. Leurs revenus agricoles ont été sensiblement améliorés. Il en découle une forte demande sociale pour l'extension du projet à l'ensemble de l'oasis. Malheureusement, la satisfaction de cette demande n'est guère possible sans la station pompage solaire et le rétablissement du débit initial de la foggara.

En conséquence, il importe de mobiliser tous les partenaires du projet à tous les niveaux de prise de décision pour mettre en place la station de pompage prévue dans les meilleurs délais. Cette dernière reste la pièce maîtresse de la stratégie de sauvegarde des foggaras et de leur système oasien communautaire.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Localisation géographique : Wilaya de Ouargla, région de Touggourt (Vallée de Oued Righ), oasis de Sidi Mahdi à 5 km au sud-est de Touggourt.

Problématique locale de l'irrigation : dans un contexte général de non-pénurie d'eau, la mauvaise gestion des eaux d'irrigation et des réseaux de drainage engendre le rehaussement du niveau de la nappe phréatique, avec pour conséquences le développement de l'hydromorphie dans la plupart des terres irriguées et leur salinisation. D'où de graves impacts socioéconomiques et environnementaux.

Thématique du pilote : la restauration de la qualité des terres par une meilleure gestion des terres et de l'eau et l'intensification du système de culture.

Système de production agricole : c'est le système oasien familial basé sur le palmier dattier, variété Deglet Nour, comme culture principale et des cultures vivrières destinées en partie à l'autoconsommation.

Système de culture : c'est un système de polyculture familial basé sur la phoeniciculture (culture du palmier dattier, variété locale) avec diverses cultures vivrières.

Ressource d'eau exploitée : il existe dans cette région deux nappes exploitées par forage : le Continental intercalaire (CI) aux eaux géothermales et le Complexe terminal (CT).

Disponibilité de l'eau pour l'irrigation : globalement, les ressources d'eau disponibles pourraient couvrir les besoins des cultures. Cependant, les défaillances au niveau de la gestion de ces ressources engendrent localement des conflits et des pénuries d'eau.

Qualité de l'eau : les eaux des deux nappes ont des salinités de l'ordre de 3-4 g/l, d'où les risques évidents de salinisation des terres irriguées.

Mode de gestion de la ressource eau : les ressources en eau d'irrigation sont gérées par des associations d'exploitants au niveau local. Quant au réseau de drainage à ciel ouvert situé à l'extérieur des exploitations agricoles, il est géré par l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID).

Menaces qui pèsent sur ce système de production :

l'aggravation de l'hydromorphie et de la salinisation des terres consécutives à la déficience des irrigations et du drainage constitue une lourde menace pour la durabilité du système oasien de la Vallée d'Oued Righ, une des principales zones productrice de Deglet Nour en Algérie.

Tendance évolutive du système : en l'absence d'une intervention intégrée et coordonnée de tous les acteurs de l'eau pour raisonner la gestion de l'eau, l'irrigation sera abandonnée progressivement au fur et à mesure de la dégradation des terres, et par voie de conséquence, du système de production agricole.

1. Contexte général du pilote

Le site du pilote se localise dans la Haute Vallée d'Oued Righ. Cette vallée s'étale au nord-est du Sahara, en bordure du Grand Erg Oriental et au sud de l'Atlas saharien sur un axe nord-sud long d'environ cent cinquante (150) km. Elle est définie par les coordonnées suivantes :

$$X1 = 04^{\circ}58'55'' - X2 = 06^{\circ}28'41''$$

$$Y1 = 32^{\circ}45'22'' - Y2 = 34^{\circ}33'47''$$

La vallée forme une large dépression allongée avec un point culminant situé au sud, à 80 m d'altitude à Touggourt et un point aval au nord, à la cote 0 (zéro) m à El Mghaïer aux abords du chott Mérouane. Il existe même des cotes négatives aux alentours et au centre de ce Chott. Sa pente générale est donc de l'ordre de 1 pour mille. C'est ce qui expose la plupart des terres de cette vallée au mauvais drainage avec toutes ses conséquences. Elle commence au sud à Goug situé à environ 30 km au sud de Touggourt et se termine dans la commune d'Oum Ettiou le long de la route nationale n° 3. Administrativement, la vallée relève de deux Wilayas (Ouargla et El Oued) et le pilote est basé dans le territoire de la Wilaya de Ouargla dans la région de Touggourt, plus précisément à l'oasis Sidi Mahdi.

Cette vallée constitue une grande zone de développement socioéconomique bien particulière qui a su étendre depuis longtemps une phoeniciculture (culture du palmier dattier) à base d'une monoculture de la variété Deglet Nour dans plus de 50 oasis totalisant une superficie de l'ordre de 20 000 ha, de part et d'autre d'un axe central, le canal d'Oued Righ. Ce canal est utilisé comme collecteur général des eaux de ruissellement et des eaux de drainage agricole et d'assainissement urbain.

Au plan climatique, il s'agit d'une région désertique, recevant une pluviométrie de moins

de 100 mm/an, avec un bilan hydrique climatique négatif durant tous les mois de l'année, ce qui rend l'agriculture pluviale inconcevable. D'où l'importance de la ressource SASS dans cette région pour l'ensemble des activités socioéconomiques, et notamment pour l'agriculture irriguée.

Le système de drainage de la Vallée d'Oued Righ est assuré par le canal à ciel ouvert sur une longueur de 150 km allant de la localité de Goug (Daira de Temacine) jusqu'au chott Mérouane à Melghir (Wilaya d'El Oued). Ce canal a été initialement construit en 1924, sa pente d'écoulement est de l'ordre de 0,1 % (un pour mille), le tiers sud de ce canal étant d'origine naturelle, alors que les deux tiers nord ont été creusés et recalibrés.



Figure 27. Canal collecteur principal de la Vallée d'Oued Righ.

Suite à la dégradation de la fonctionnalité du canal, l'État avait engagé de grands travaux pour son réaménagement entre 1980 et 1984. Les objectifs de ces travaux étaient :

- le rabattement du niveau de la nappe phréatique ;
- l'assèchement de la vallée par l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires ;
- l'évacuation des eaux d'assainissement des zones urbaines situées de part et d'autre de ce canal, sur tout son trajet.

Le canal collecte et évacue les eaux de drainage dans Chott Mérouane à travers Oued Khrouf. Ses caractéristiques hydrologiques se déclinent comme suit :

- Longueur totale = 136 km
- Largeur moyenne = 10 m

- Profondeur moyenne = 4 m
- Vitesse moyenne d'écoulement = 0,7 m/s
- Salinité moyenne = 15 g/l
- Pente d'écoulement = 1/1000
- Débit en amont (Touggourt) est de 2,6 m³/s.
- Débit moyen max en aval (Chott Merouane) > 5m³ /s

Ce canal central joue donc un rôle vital pour l'ensemble des communautés développées le long de son itinéraire et pour la sauvegarde de la qualité des terres des oasis, principale ressource de denrées alimentaires dans la région.

Quant aux ressources souterraines en eau, il existe trois principales nappes :

- la nappe phréatique dont la profondeur varie de 0 à 50 m, avec des eaux chargées en sels (jusqu'à 13 g/l). L'alimentation de cette nappe est entretenue essentiellement par les excédents d'irrigation. Elle est rarement exploitée pour l'irrigation ;
- la nappe du Complexe terminal, située à des profondeurs variant entre 65 et 416 m, dont le débit ponctuel varie de 25 à 45 l/s ; elle fournit une eau ayant une charge saline de 3 à 11 g/l ;
- la nappe du Continental intercalaire, située à des profondeurs pouvant atteindre 2 200 m au nord de la vallée. Sa qualité est nettement meilleure que celle de la précédente. Elle est mobilisée surtout pour l'eau potable.

Ces ressources sont de plus en plus sollicitées pour répondre à une croissance effrénée de la demande en eau par tous les secteurs socio-économiques. Mais c'est toujours l'agriculture qui en demande le plus. Le nombre total de forage d'exploitation des deux principales nappes est passé de 318 en 1975 à 848 en 2004. Ce nombre a certainement dépassé les 1 000 actuellement, compte non tenu des forages illicites.

2. Problématique locale de l'irrigation

La problématique du pilote P2 concerne la plupart des oasis de la Vallée d'Oued Righ en Algérie, ainsi que de nombreuses oasis de Tunisie et de Libye. En effet, de multiples oasis traditionnelles et modernes de cette région souffrent des impacts d'une gestion inappropriée des eaux d'irrigation et de drainage des terres. La mise en eau de vastes superficies dans un contexte général de non-pénurie d'eau et la remontée de la nappe phréatique se sont traduites par le développement d'une intense hydromorphie engendrant une salinisation des terres. La réalisation d'un imposant réseau de drainage à l'extérieur des exploitations agricoles n'a pas permis de rabattre suffisamment le niveau de la nappe phréatique. Il en découle une faible efficacité de l'eau d'irrigation, une dégradation des plantations, voire même leur dépérissement dans certaines situations. Ainsi, la durabilité

de cette agriculture est assurément menacée au vu des tendances évolutives des revenus des exploitants agricoles. De plus en plus, les petits exploitants sont amenés à recourir à la pluriactivité pour améliorer leurs revenus.

3. Thématique du pilote

Cette thématique porte sur l'amélioration de l'efficacité de l'eau d'irrigation et la maîtrise de la dégradation des terres dans un contexte de non-pénurie d'eau.

Elle implique donc la correction des déficiences de la qualité des terres par le drainage enterré à l'intérieur des exploitations agricoles, ensuite l'amélioration de la gestion de l'eau d'irrigation pour assurer à la fois le dessalement des horizons superficiels du sol et la rénovation du système de culture. L'objectif final étant l'intensification de ce système de culture, l'augmentation des revenus des exploitants et l'amélioration de leurs conditions de vie.

4. Localisation et caractéristiques du pilote

Les coordonnées du pilote sont : $x= 6^{\circ} 06' 01'' 20'' E$; $Y= 33^{\circ} 04' 39'' 13'' N$; $Z = 205$.

Le pilote se situe dans l'oasis de Sidi Mahdi à cinq kilomètres au sud de Touggourt (wilaya d'Ouargla), en face de l'aéroport de Touggourt et à proximité de la station régionale de l'INRAA.

Il s'agit d'une palmeraie d'une superficie totale de 5 ha créée en 1959, comportant 2 parcelles P1 et P2, irriguées initialement par submersion avec les eaux d'un forage creusé dans le Complexe terminal. Les planches ont une longueur de 108 m et une largeur de 1,5 m. Les palmiers sont plantés sur le bord des planches avec un écartement de 9 m sur la ligne et de 15 m entre les lignes. Les planches sont également exploitées pour diverses cultures vivrières annuelles et fruitières, de sorte que leur irrigation par submersion profite à toutes les espèces. L'espace intercalaire, rarement cultivé, est occupé par des fossés de drainage à ciel ouvert, le plus souvent très mal entretenus, non fonctionnels et envahis d'espèces végétales indicatrices d'une forte hydromorphie.

Le réseau initial de distribution de l'eau d'irrigation est réduit à une canalisation principale en béton, le reste étant formé de séguias (rigoles en terre). L'irrigation est alors effectuée en série, et nécessite la mobilisation d'une main-d'œuvre et beaucoup de temps, avec de grandes pertes d'eau par infiltration. Compte tenu du faible prix de l'eau payé par l'exploitant, les volumes d'eau d'irrigation sont souvent excessifs et contribuent au lessivage des éléments nutritifs solubles, au rehaussement de la nappe phréatique et au développement de l'hydromorphie. Toute l'exploitation souffre de la proximité de la nappe du système racinaire des palmiers.

Figure 28. Image satellitaire et carte des oasis de la vallée d'Oued Righ.

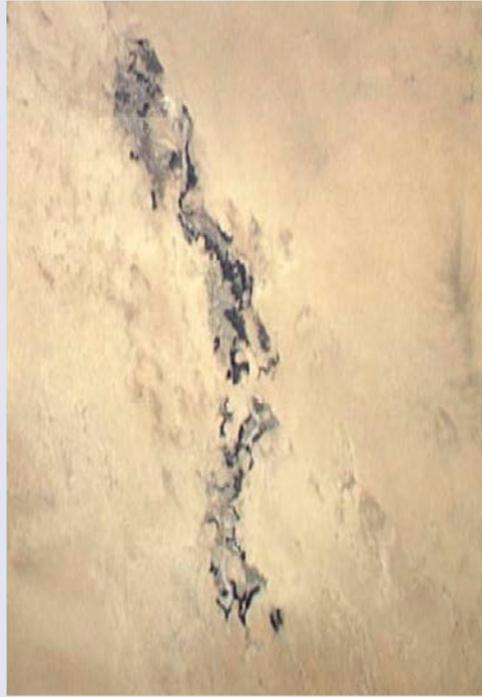


Figure 29. Image satellitaire du site du pilote.



Figure 30. Image spatiale de la palmeraie du pilote.



Figure 31. Fossé de drainage à ciel ouvert intra-parcelle devenu non fonctionnel par manque de maintenance.



Figure 32. Canal collecteur secondaire colmaté par les roseaux.



La faible pente générale de la Vallée ne facilite pas le drainage naturel des eaux excédentaires. Cela induit un engorgement du sol qui affecte à des degrés divers les terres des compartiments successifs de la vallée d'Oued Righ.

Les fossés à ciel ouvert à l'intérieur des exploitations, mal entretenus, finissent par s'effondrer, se colmater rapidement et perdent ainsi leur efficacité.

De même en est-il des réseaux de canaux secondaires de drainage aménagés à l'extérieur des exploitations. Les roseaux hydrophiles (des phragmites) qui s'y développent rapidement et à des densités élevées, finissent par bloquer l'évacuation des eaux de drainage venant des exploitations.

D'où la nécessité urgente de pallier toutes les formes de dégradation de l'ensemble des composantes du réseau de drainage.

De plus, les eaux de drainage agricole sont contaminées par les rejets d'eaux usées ménagères et industrielles non traitées des nombreuses bourgades et villes de la Vallée d'Oued Righ. Les périmètres irrigués souffrent ainsi de trois contraintes édaphiques majeures :

- l'hydromorphie (remontée de la nappe superficielle à faible profondeur provoquant l'asphyxie des cultures) ;
- la salinisation progressive des terres qui lui est associée, découlant d'une mauvaise gestion des eaux d'irrigation et de drainage ;
- la contamination de la nappe et du sol par les polluants biologiques et chimiques des eaux usées industrielles et ménagères.

Dans le site du pilote retenu à l'oasis de Sidi Mahdi qui offre toutes les caractéristiques de cette problématique, les actions prévues visent deux objectifs fondamentaux :

- remédier d'abord au mauvais drainage et provoquer un processus progressif de dessalement des horizons superficiels des terres et la restauration de leur fertilité ;
- améliorer les performances agricoles et économiques de l'irrigation moyennant une intensification raisonnée du système de production oasien.

5. Plan d'action du pilote

Pour atteindre les objectifs visés, un plan d'action a été élaboré et adopté avec l'exploitant et les autres partenaires du projet. Conforme à l'approche globale du projet, il est structuré selon quatre axes :

- un axe institutionnel intégrant l'approche participative avec une mobilisation de tous les acteurs de l'eau autour des objectifs du projet SASS III, la constitution d'un Comité local de suivi-évaluation du pilote et l'adoption du plan d'action. Des

conventions de partenariat ont ainsi été établies entre l'OSS et divers acteurs au niveau local, parmi lesquels figurent l'Institut national de la recherche agronomique algérien, la Direction régionale de l'ANRH et l'ONID.

- Un axe technique qui comporte toutes les activités d'aménagement des terres et d'innovation technique en matière d'intensification et de conduite des cultures :
 - les travaux d'aménagement consistent en la mise en place d'un réseau de drainage enterré à 1,4 m de profondeur, l'amendement sableux à la surface du sol, la mise en place de deux réseaux d'irrigation localisée adaptés successivement aux palmiers (ajutage à haut débit commandé par des micro-vannes) et aux diverses cultures annuelles localisées dans l'espace intercalaire entre les lignes de palmier (réseau goutte-à-goutte pour culture maraîchère à faible débit) ;
 - L'intensification des techniques culturales (espèces et variétés locales ou sélectionnées choisies par l'exploitant selon sa stratégie, recours aux intrants chimiques...).

Il faut indiquer que l'exploitation a été subdivisée en deux parcelles d'une même superficie P1 et P2. P1 est la parcelle pilote qui a bénéficié de divers travaux d'aménagement, d'équipements agricoles et de pratiques culturales innovantes, alors que P2 était gérée comme témoin, c'est-à-dire selon les pratiques antérieures au projet.

Les premiers travaux entrepris portaient sur la pose d'un réseau de drainage enterré avec une contribution technique et matérielle importante de l'ONID (Office National de l'Irrigation et du Drainage), organisme national en charge des réseaux de d'irrigation et de drainage de tous les périmètres de la Vallée.

Dans la parcelle pilote, le mode d'irrigation par submersion a été remplacé par des canalisations en plastique étanches où l'eau est mise sous pression moyennant une électropompe refoulante (figures 38 à 41).

- Un axe de suivi-évaluation de la mise en œuvre du pilote et de ses résultats sur la base d'indicateurs de performance économique, technique et environnemental prédéfinis ; ce suivi étant assuré localement par le CLSEL, par les services techniques locaux et les consultants de l'OSS sous la supervision du Coordinateur du Projet.
- Un axe de diffusion des résultats à travers des visites du pilote et la production de plaquettes et de présentation des résultats aux ateliers locaux et régionaux.

6. Évaluation des activités réalisées

Cette évaluation est synthétisée au tableau 5.



Figure 33. Parcelle de l'oasis avant sa rénovation par le projet.



Figure 34. Canal de distribution de l'eau à l'entrée de l'exploitation.

Figure 35. Pose du tuyau de drainage.

Figure 36. Remblaiement du fossé de drainage après la pose d'un tuyau de drainage.

Figure 37. Amendement sableux pour combler ce qui reste des fossés de drainage à ciel ouvert et le rehaussement de la surface du sol.

Figure 38. Installation d'une électropompe pour la mise sous pression de l'eau d'irrigation.



35



36



37



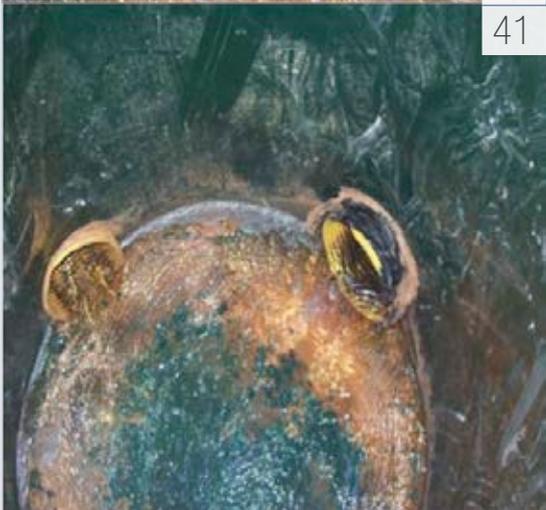
38



39



40



41

Figure 39. Fonctionnement efficace du réseau de drainage dès la pose des canaux enterrés.

Figure 40. Supervision de l'installation du réseau d'irrigation localisée par le Consultant national algérien.

Figure 41. Regard de visite de l'arrivée et de l'évacuation des eaux de drainage.

Activités prévues	Degré de réalisation	Résultats	Moyen de vérification
Activités d'ordre institutionnel			
Mobilisation des acteurs de l'eau au niveau local	Totalement	Engagement volontaire des exploitants agricoles à adopter les innovations techniques sur leur exploitation	Rapport de la 2 ^e mission du CR dans la région
Recrutement du Consultant national (CN)	Réalisé	Contrat signé et mission accomplie	Rapports trimestriels du CR
Organisation d'un atelier de sensibilisation	Réalisé	Engagement de nombreux exploitants	Premier Rapport trimestriel du CR
Constitution du Comité local de suivi-évaluation	Réalisée	Participation des exploitants au comité	Composition du Comité dans rapport trimestriel du CN
Conventions de partenariat	Conv. avec l'INRAA, l'ANRH, l'ONID et les exploitants	Participation des partenaires à la réalisation et au suivi du pilote	Les conventions signées par les partenaires et rapports trimestriels des CR et CN
Activités d'ordre technique			
Prospection de terrain avec le CN et l'Autorité de l'eau, le Service agricole et les exploitants agricoles et choix du site du pilote	Totalement	Site du pilote sélectionné	Rapport de mission du CR, Rapport trimestriel du CN
Etude technique et conception des composantes du pilote	Totalement	Conception du pilote et plan d'action	Rapport trimestriel du CN
Identification des aménagements et équipements nécessaires	Totalement	Liste des équipements et devis d'estimation du coût du pilote	Rapport trimestriel du CN
Adoption du plan d'action de mise en œuvre du pilote	Réalisée	Le plan d'action adopté	Rapport trimestriel du CN et 3 ^e Rapport trimestriel du CR

Mise en œuvre du plan d'action	Réalisée	Réseaux de drainage et d'irrigation réalisés et fonctionnels ; cultures annuelles mises en place avec pratiques de l'irrigation localisée pour les cultures annuelles et la cuvette pour les palmiers ; fertilisation et traitement phytosanitaire. Cependant, suspension d'approvisionnement en eau et impacts négatifs sur les récoltes des cultures annuelles durant le printemps 2012. Cette contrainte n'a été levée que durant l'automne 2012.	Rapport de mi-parcours du CR Communication du CN au 1 ^{er} atelier régional sur les pilotes juin 2012 Médenine Tunisie Nouvelle convention entre les acteurs administratifs de l'eau, l'OSS et l'exploitant
Activités de vulgarisation et diffusion des résultats			
Ateliers d'information	1 ^{er} atelier de sensibilisation réalisé	Engagement des exploitants à recevoir le pilote dans leur exploitation	1 ^{er} rapport trimestriel du CN
Diffusion des résultats	Présentation de la synthèse des stratégies nationales de l'eau des trois pays au Comité de pilotage du Projet à Alger en mai 2011 Présentation des résultats du P2 à l'atelier régional sur les pilotes en juin 2012	Une présentation en PowerPoint Visites d'étudiants et d'enseignants de l'INA de Harrach	Le document de la Synthèse, Rapport de mission du CR à Alger pour le Comité de pilotage du projet Communication du CN sur le P2 à l'Atelier régional sur les pilotes juin 2012, Médenine Tunisie
Visite du pilote	Première visite du pilote par des enseignants et chercheurs de l'INA Alger	Approbation. Affectation de 3 étudiants de Mastères sur compostage des déchets de cultures disponibles	Rapport du CN, protocole des recherches sur le compostage et liste des étudiants

Suite page suivante

Activités de suivi-évaluation et de reporting			
Rapports trimestriels du consultant national	Rapport du CN algérien en charge du pilote disponible, réceptionnés et validés	État d'avancement de mise en œuvre des pilotes bien décrits	Les documents des rapports d'état d'avancement de conception du pilote par le CN
Rapports trimestriels du CR	Soumis et acceptés par l'OSS	Informations partagées sur l'état d'avancement de la mise en œuvre de la composante pilote	Les documents des rapports du CR
Rapport semestriel du CR	Rapport du premier semestre (juillet à décembre 2011) soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Le document du rapport
Rapport annuel du CR	Rapport soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Le document du rapport
Rapport de mi-parcours	Rapport soumis et validé	Idem précédent	Le document du projet
Rapport de 1 ^{re} étape sur les pilotes	Rapport soumis et adopté	Idem précédent	Le document du projet
Rapport final provisoire sur les pilotes d'Algérie (juin 2013)	Rapport soumis pour validation	Les résultats finaux ont été présentés au comité de pilotage en mai 2013	Ce rapport
Projet de rapport final sur l'ensemble de la composante pilotes (décembre 2013)	Rapport soumis pour validation	Tous les résultats avec des orientations générales sur les Recommandations opérationnelles	Document de ce projet de rapport final
Rapport final sur la composante Pilotes	Remis à l'OSS pour validation	Tous les résultats et les Recommandations Opérationnelles	Ce rapport final

Tableau 5. Évaluation des activités menées au pilote 2.

7. Principaux résultats obtenus au cours des deux années consécutives de mise en œuvre du pilote

7.1. Principaux résultats agricoles de la première année (2011-2012)

Les principaux résultats agricoles obtenus au cours de la première année (2011-2012) se résument comme suit :

- la première récolte de dattes (novembre 2011) obtenue après la réalisation du réseau de drainage et du réseau d'irrigation a montré une augmentation de plus de 50 % de la production dans la parcelle pilote par rapport à la parcelle témoin ;
- une nette amélioration de la qualité des dattes ;
- un doublement des recettes de la vente sur pied de la récolte de l'ensemble de l'exploitation ;
- une nette amélioration du revenu de l'exploitant suite à ce succès immédiat ;
- l'absence, malheureusement, de la récolte des cultures annuelles mises en place qui n'ont pas terminé leurs cycles suite à l'arrêt de l'irrigation en raison d'un conflit social.

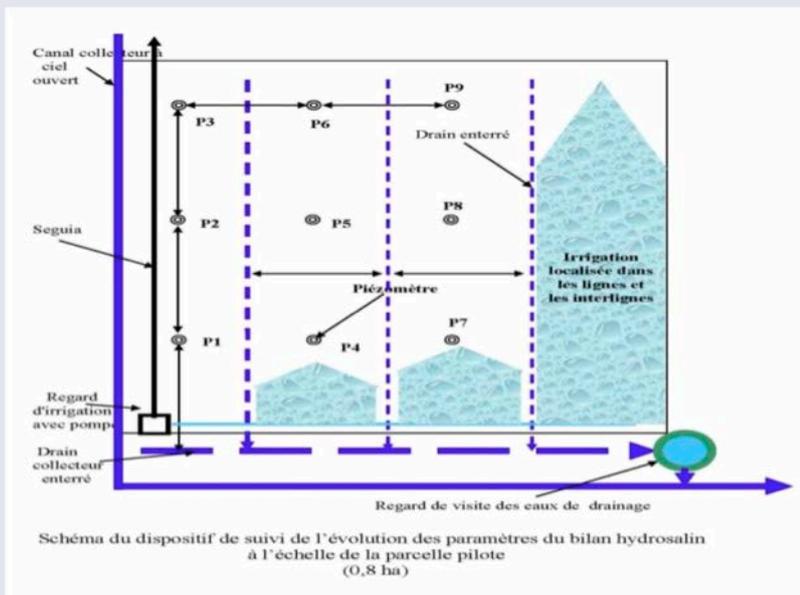


Figure 42. Schéma du dispositif de suivi évaluation du bilan hydrosalin.

Concernant les impacts environnementaux de l'installation des réseaux d'irrigation localisée et du drainage enterré, un protocole de suivi de la variation du niveau de la nappe, de la salinité des eaux de drainage, de celle de la nappe (dans les piézomètres) et du sol a été mis en place et exécuté à des pas de temps de 24 heures durant les irrigations. De même, les volumes d'eau d'irrigation et de drainage ont été estimés dès la mise en place des cultures et le démarrage des irrigations (deux fois/semaine). Les résultats obtenus se déclinent comme suit :

- par rapport à l'efficacité du réseau de drainage, les débits d'eau de drainage enregistrés présentent une évolution cohérente avec l'occurrence des irrigations et

la dynamique de la nappe. On observe en effet un pic de débit de pointe presque concomitant avec l'apport d'eau d'irrigation, suivi d'une phase descendante marquée par un débit de tarissement progressif ;

- la salinité des eaux d'irrigation est de l'ordre de 4,2 g/l et celle des eaux de drainage a varié entre 9 et 10 g/l de sels totaux solubles, preuve de la bonne efficacité du drainage sur le dessalement du sol ;
- 24 heures après l'irrigation, on enregistre une légère remontée de la nappe superficielle suivie d'un rabattement progressif de son niveau ;
- après deux mois d'irrigation-drainage, le niveau de la nappe a baissé de l'ordre de 20 cm ;
- les résultats préliminaires d'analyse du sol au voisinage des 9 piézomètres installés dans le pilote montrent une stabilisation de la salinité moyenne de la solution du sol du profil cultural autour de 5-6 g/l. Cela traduit une bonne efficacité des irrigations et un équilibre entre la salinité de l'eau d'irrigation et celle du sol.

Ainsi, les résultats de la première saison hivernale de 2012 montrent à l'évidence un impact positif du réseau de drainage sur la qualité du sol et le rabattement du niveau initial de la nappe. Ce résultat s'est confirmé durant la saison estivale au cours de laquelle le régime d'irrigation et le fonctionnement hydrosalin du sol ont été plus intenses. Le premier objectif du pilote est donc pleinement atteint.

Quant au bilan économique, il n'a pu être réalisé en raison de la suspension des irrigations suite à un conflit social, avec pour conséquence, la perte de toutes les cultures annuelles démarrées durant l'automne 2011 et l'hiver 2012. Le conflit a été résolu grâce à l'intervention des Services techniques de la région et la fourniture d'eau a été rétablie à la fin de l'été 2012. Ainsi, la deuxième année agricole a pu être démarrée à l'automne et poursuivie jusqu'à son terme en mai 2013.

7.2. Résultats de la deuxième année (2012-2013)

Le plan d'action réalisé au cours de cette deuxième année agricole, défini en concertation et avec l'approbation de l'exploitant, comporte :

- la poursuite du suivi des impacts du drainage sur la nappe et le sol ;
- l'application des techniques culturales d'intensification de la culture du palmier dattier ainsi que des cultures intercalaires ;
- la mise en place d'espèces annuelles vivrières choisies par l'exploitant pour leur rentabilité avec l'application stricte des recommandations techniques d'intensification (irrigation localisée et fertilisation appropriée) ;
- l'introduction de l'élevage avicole, considéré comme très rentable par l'exploitant, parce qu'il fournit tout le fumier nécessaire à l'exploitation. Ceci représente une

économie non négligeable pour le pilote, étant donné le coût très élevé du fumier de mouton utilisé et les difficultés d'approvisionnement en engrais chimiques dans cette région. Cette innovation suggérée par l'exploitant a été discutée et approuvée par le Comité local de suivi-évaluation du pilote et par les consultants national et régional du projet.

- le suivi des consommations d'eau et de la profondeur de la nappe, et l'établissement des bilans hydrique et salin de la parcelle équipée du réseau de drainage enterré ;
- le suivi des recettes et des dépenses engagées.

Les résultats chiffrés sont rapportés aux graphiques et tableaux suivants :



Graphique 7. Superficies et dates de semis des cultures annuelles intercalaires (2012-2013).

D'après ces résultats, bien que le drainage soit efficace, le dessalement du sol n'est pas encore total puisque le bilan salin dans le sol reste positif. L'évacuation totale des sels apportés par les eaux d'irrigation n'est donc pas achevée. Il y a eu pour cette période de suivi des eaux de drainage une accumulation de 3,274 tonnes, ce qui représente environ 25 % des sels apportés. Compte tenu du fait que le processus de dessalement est encore à son début, ces résultats doivent être considérés comme très positifs, en comparaison

Espèces cultivées	Superficie (m ²)	Date de semis ou de repiquage	Quantités récoltées	Unité	Observation
Palmier dattier	10 000 (100 pieds)		8 000	Kg	Rendement moyen de 80 Kg/palmier
Orge cultivé pour ses graines	2 750	5 décembre 2012	550	Kg	Rendement moyen en grain de 20 Q/ha
Orge récolté en vert (fourrage)	2 750	5 décembre 2012	11 000	Botte de 1 kg	Deux coupes par saison
Oignon	220	8 décembre 2012	465	Botte de 1,5 kg	
Ail	330	9 décembre 2012	320	Botte de 1 kg	Rendement moyen en bulbe de 7580 bottes/ha
Laitue	330	15 décembre 2012	350	Botte de 0,5 kg	5,1 tonnes/ha
Carotte	220	10 décembre 2012	350	Botte de 2 kg	30 tonnes/ha
Fève	220	2 décembre 2012	880	Kg	16 tonnes/ha (gousses vertes)
Coriandre	220	Décembre 2012	1 022	Botte de 0,25	11 tonnes/ha (feuille)
Luzerne	550	1 décembre 2012	898	Botte de 1 kg	16 tonnes/ha
Épinard	110	Décembre 2012	416	Botte de 1 kg	37 tonnes/ha
Navet	110	10 décembre 2012	230	Botte de 2 kg	20 tonnes/ha

Tableau 6. Superficies, rendements et recettes des espèces cultivées

avec la situation initiale où tous les sels apportés s'accumulaient dans le sol et la nappe. La dissolution des sels les moins solubles (sulfates notamment) accumulés dans le sol et leur évacuation en dehors de l'exploitation ne pourra se faire que progressivement et à des vitesses différentes selon la nature des éléments chimiques considérés. Il importe alors de continuer le suivi-évaluation du bilan salin annuel pour décrire la tendance évolutive du niveau de la nappe, de sa salinité ainsi que de la salinité du sol, du volume et de la salinité des eaux de drainage exportés en dehors de l'exploitation pendant plusieurs années. Remarquons toutefois que ce bilan reste approximatif étant donné que la nappe

Tour d'eau	Nombre de jours	Débit moyen (l/s)	Volume eau drainage (m ³)	Concentration en sels totaux (g/l)	Exportation totale de sel (tonne)
Tour (1)	3	0.18	46.66	9.85	0.46
Tour (2)	4	0.13	44.93	8.76	0.39
Tour (3)	3	0.19	49.25	6.49	0.32
Tour (4)	4	0.13	44.93	8.86	0.40
Tour (5)	3	0.16	41.47	7.51	0.31
Tour (6)	4	0.15	51.84	6.53	0.34
Tour (7)	3	0.19	49.25	6.50	0.32
Tour (8)	4	0.12	41.47	9.32	0.39
Tour (9)	3	0.19	49.25	6.34	0.31
Tour (10)	4	0.18	62.21	6.58	0.41
Tour (11)	3	0.15	38.88	8.51	0.33
Tour (12)	4	0.13	44.93	6.65	0.30
Tour (13)	3	0.16	41.47	7.85	0.33
Tour (14)	4	0.18	62.21	10.40	0.65
Tour (15)	3	0.15	38.88	9.91	0.39
Tour (16)	4	0.16	55.30	8.91	0.49
Tour (17)	3	0.19	49.25	8.76	0.43
Tour (18)	4	0.14	48.38	6.43	0.31
Tour (19)	3	0.19	49.25	9.50	0.47
Tour (20)	4	0.16	55.30	8.34	0.46
Tour (21)	3	0.14	36.29	9.39	0.34
Tour (22)	4	0.19	65.66	7.95	0.52
Tour (23)	3	0.13	33.70	8.95	0.30
Tour (24)	4	0.19	65.66	7.42	0.49
Tour (25)	3	0.15	38.88	9.65	0.38
Total période (1/1/2013-31/3/2013)	1 205.28		9.83		

Tableau 7. Eaux de drainage et sels exportés du pilote durant la période 11/1/13 au 31/3/13.

du sol est ouverte latéralement. La circulation de cette nappe par le drainage naturel est à l'origine de transfert plus ou moins important de sels solubles.

Au plan technique, les rendements moyens/ ha sont de l'ordre du double ou du quadruple de ceux réalisés dans toute la zone. Ces performances sont traduites par les taux d'efficience d'utilisation de l'eau d'irrigation pour les cultures pratiquées.



Graphique 8. Bilan hydrosalin à l'échelle de la parcelle - Période (01/01/2013- 31/03/2013).

Cultures	Superficie (m ²)	productions récoltées Kg	Volume total d'eau consommé (m ³)	m ³ d'eau consommé par kg de fruits ou de légumes	Taux d'efficience du m ³ d'eau = Kg produit/m ³ d'eau
Orge graine	2 750	550	1 318.31	2.40	0,2
Orge en vert (fourrage)	2 750	11 000	1 318.31	0.12	4
oignon	220	697.5	105.46	0.15	3,12
Ail	330	320	158.20	0.12	0 ;96
Laitue	330	175	158.20	0.90	0,53
Carotte	220	700	105.46	0.15	3,18
Fève	220	880	105.46	0.12	4
Coriandre	220	255.5	105.46	0.41	1,16
Luzerne	550	898	263.66	0.29	1,6
Epinard	110	416	52.73	0.13	3,78
Navet	110	460	52.73	0.11	4,18

Tableau 8. Efficience de l'eau d'irrigation.

Le bilan économique de cette campagne est lui aussi très positif (tableau 9).

La comparaison des recettes totales (3 138 650 DA) réalisées au cours de cette campagne avec les recettes moyennes de l'exploitation (347 340 DA) avant le projet permet de mesurer l'impact très positif sur le revenu de l'exploitant du pilote ; c'est dire toute la pertinence de cette démonstration de gestion efficiente et durable de la ressource SASS en Algérie. Elle ouvre indubitablement de nouvelles perspectives pour l'avenir des oasis de l'ensemble de la Vallée d'Oued Righ.

Production	Recettes	Charges totales	Marge brute
P. végétale	1.038.650 DA ou 10 386 euros	350.000 DA ou 3.500 euros	688.650 DA ou 6.886 euros
P. avicole	2.100.000 DA ou 21.000 euros	1 ;600.000 DA ou 16.000 euros	500.000 DA ou 5.000 euros
Total	3 138 650 DA ou 386 euros	1.950.000 DA ou 19.500 euros	1.188.650 DA o 11.886 euros

Tableau 9. Bilan économique du pilote (campagne agricole automne 2012/hiver-printemps 2013).

Figure 43. Parcelle de culture d'ail dans l'espace intercalaire de la palmeraie.



8. Évaluation des résultats obtenus

Cette évaluation est faite sur la base des indicateurs retenus dans les objectifs du projet. Le tableau 10 résume cette évaluation

Résultats	Appréciation	Commentaire
Efficienc e du drainage	Très positive,	La fraction de lessivage est de 32% du volume des irrigations
Evacuation des sels des eaux d'irrigation	Positive	Dynamique positive qui devrait s'améliorer dans la durée après dissolution des éléments chimiques les plus solubles comme les chlorures et les sulfates
Amélioration des rendements	Très positive	Elle pourrait s'améliorer avec une meilleure maîtrise de la fertilisation organique et minérale
Efficienc e des eaux d'irrigation	Très positive	Elle pourrait encore s'améliorer
Amélioration du revenu de l'exploitant	Très hautement significative	L'exploitant a réinvesti ces premiers bénéfices dans l'aviculture
Impact environnemental	Très positif	Rabattement significatif de la nappe et évitement de l'accumulation des sels importés par les irrigations

Tableau 10. Évaluation des résultats obtenus.

9. Conclusion et recommandations

Le pilote est mis en place dans ses composantes hydraulique et agricole. Le plan de culture est exécuté et les résultats obtenus, considérés comme très positifs par tous les partenaires, y compris l'exploitant, dépassent les objectifs prévus.

- Au plan technique, une augmentation du rendement de la plantation de palmier dattier avec une nette amélioration de la qualité des fruits. Une réussite évidente dans la conduite des cultures vivrières dans l'espace intercalaire, après remblaiement des fossés de drainage à ciel ouvert et leur remplacement par un réseau de drainage enterré. L'obtention de rendements supérieurs à ceux obtenus dans le système traditionnel (au moins 30 à 50 % de plus).
- Au plan environnemental, la réussite du réseau de drainage enterré, avec une baisse de 30-40cm du niveau de la nappe du sol en quelques semaines d'irrigation, accompagnée d'une chute de la salinité des eaux de drainage et du sol. Une panne de livraison de l'eau d'irrigation pour des raisons sociales a engendré la non-réalisation du plan de culture de la première année, mais le rétablissement de la fourniture d'eau a permis de réaliser celui de la deuxième année jusqu'à son terme et de confirmer les résultats relatifs à l'efficacité du drainage et de ses impacts positifs sur les cultures,
- Au plan économique, le revenu agricole de l'exploitant s'est nettement amélioré avec un quadruplement des recettes de l'exploitation et le doublement de sa marge brute. La réussite est telle que l'exploitant s'est engagé de son propre gré dans

un petit élevage d'aviculture industrielle. Cet élevage s'est avéré très profitable à l'exploitant en lui générant d'importants profits supplémentaires et une production de quantités suffisantes de fumier pour couvrir les besoins du pilote. De plus, sous la supervision de l'INRAA, l'exploitant a appris à valoriser la végétation des phragmites (roseaux des canaux de drainage) en compost, en mélange avec du fumier. Le compost obtenu est d'une excellente qualité physique et chimique.

Ces résultats positifs obtenus dans un nouveau [système de culture](#) irrigué familial intensif devraient être fiabilisés dans le cadre d'un [système de production](#) sur plusieurs exploitations de plusieurs hectares d'une même oasis relevant d'une même communauté paysanne ; ces exploitations bénéficiant d'un environnement socio-économique et d'un contexte environnemental similaires. C'est que la réussite technique d'un système de culture sur une petite superficie par un exploitant ne garantit pas nécessairement sa réussite sur plusieurs exploitations, pour plusieurs raisons :

- des raisons techniques : le drainage enterré était efficient parce que le site du pilote présente une légère pente suffisante pour assurer l'évacuation des eaux de drainage de l'exploitation vers le canal collecteur extérieur [par gravité](#). Il importe donc de s'assurer de [la pente](#) des terrains de tous les exploitants du futur pilote de système de production. Comme il est primordial de s'assurer de la possibilité technique de réaliser un réseau de drainage efficient intégré sur l'ensemble des exploitations du pilote.
- Des raisons économiques : l'augmentation des superficies irriguées par les cultures intercalaires et l'amélioration de leur rendement se traduiront par un accroissement considérable des productions qui devront être écoulées sur le marché local dans une première phase. Dans cette perspective, il importe de s'assurer de la capacité du marché local à absorber ces productions à des prix acceptables pour les exploitants. A défaut, la recherche de nouveaux débouchés s'impose, et les exploitants devront s'organiser, toujours dans un cadre communautaire, pour identifier de nouvelles filières commerciales et adapter leurs productions en conséquence.

Il est donc recommandé de répliquer ce pilote de système de culture sur [un pilote de système de production](#) à une échelle spatiale suffisamment grande pour tester la faisabilité des innovations techniques introduites (approvisionnement en intrants et divers services techniques), d'une part, et la capacité des exploitants à s'organiser pour viabiliser ce modèle de gestion et de valorisation, et pour maîtriser l'ensemble de la filière des productions des cultures vivrières.

- Des raisons sociales : la réussite du nouveau système de culture restera conditionné par le rétablissement des structures communautaires qui devront veiller sur la bonne gestion des eaux d'irrigation et la maintenance des réseaux de drainage, aussi bien à l'intérieur des exploitations qu'à l'extérieur. C'est dans ce cadre communautaire que les exploitants devront s'engager à autoriser la réalisation des

travaux d'aménagement et d'installation d'ouvrages hydro-agricoles dans leurs exploitations, dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau et en sol.

Par ailleurs, il importe de rappeler que la problématique traitée dans ce pilote concerne l'ensemble des oasis de la Vallée d'Oued Righ. A terme, le drainage de ces oasis devrait être abordé dans le cadre d'une approche systémique agro-hydro-pédologique, prenant en compte tous les paramètres (salinisation du sol et variation du niveau de la nappe du sol, bilan hydrique des cultures et bilans salins des terres à diverses échelles spatiales, exploitation). Le futur pilote de système de production devrait être conçu selon cette approche.

II. LES PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE DE LIBYE

La Libye est le pays maghrébin le plus pauvre en ressources hydriques renouvelables. Ses principales ressources sont souterraines et la plus grande partie de ces dernières proviennent du SASS ou des nappes qui lui sont liées. Elles sont mobilisées et surexploitées pour couvrir les besoins de tous les secteurs socioéconomiques. Devant le déficit croissant entre l'offre et la demande, le recours au dessalement de l'eau de mer pour satisfaire une partie de la demande en eau potable devient l'ultime solution, malgré son coût encore relativement élevé.

Sur la base de l'information collectée et analysée par les spécialistes des deux pays qui exploitent la même ressource de la grande plaine de la Jeffara, à savoir la Libye et la Tunisie, un modèle mathématique a été conçu et élaboré pour simuler le comportement futur de ce système aquifère et élaborer des prévisions sur son comportement à moyen terme (50 ans). Les simulations faites ont abouti aux conclusions suivantes pour la Libye :

- la poursuite des prélèvements actuels jusqu'en 2050 entrainera des rabattements additionnels importants et une progression continue de l'intrusion marine dans la région de Tripoli : ce scénario aboutit inéluctablement à la disparition d'une partie des ressources en eau de la zone centrale de la Jeffara libyenne, soit par tarissement physique, soit par une dégradation excessive de la qualité des eaux (augmentation de leur salinité) ;
- une augmentation supplémentaire des prélèvements dans les zones déjà exploitées de la Jeffara est inconcevable ;
- l'hypothèse d'une réduction significative des prélèvements, politiquement difficile à mettre en œuvre, aurait des impacts positifs sur la conservation de la ressource et la préservation de sa qualité.

Dans cette situation de pénurie, c'est l'agriculture irriguée qui est la plus pénalisée. Le rabattement des niveaux de cette nappe et sa salinisation par intrusion des eaux marines ont conduit à l'abandon de l'irrigation sur de vastes superficies et, par voie de conséquence, la dégradation de l'infrastructure hydraulique et des réseaux d'irrigation dans la partie occidentale de la Jeffara libyenne.

Par ailleurs, il existe dans la Zone Centrale (zone des oueds Merdoum, Zemzem) d'importantes ressources d'eau géothermales peu valorisées en irrigation.

Partout et dans tous les cas de figure, l'efficacité de l'irrigation est extrêmement faible et n'eut été le faible prix de l'eau payé par les exploitants, l'agriculture irriguée ne pourrait pas se maintenir, même dans les zones encore pourvues de ressources d'eau. La productivité physique du mètre cube d'eau est très faible et sa rentabilité économique n'est pas assurée face à la concurrence des denrées importées.

Ainsi, le secteur de l'agriculture irriguée est lourdement menacé de restriction sous l'effet de multiples contraintes locales comme le tarissement des puits, le rabattement important de la nappe, la salinisation excessive de l'eau rendant son utilisation en irrigation inappropriée. Parmi ces diverses problématiques, l'Autorité libyenne de l'eau avait retenu deux grandes situations à traiter dans le cadre de la composante « pilote » de ce projet. Ce choix étant justifié par l'extension spatiale et les impacts socioéconomiques de ces problématiques. Il s'agit de :

- la pénurie d'eau de bonne qualité pour l'irrigation dans l'ensemble de la vaste plaine de la Jeffara libyenne, pénurie consécutive au rabattement du niveau de la nappe et sa contamination par l'intrusion des eaux marines ;
- la non-valorisation des ressources en eaux géothermales en irrigation intensive dans la région des oueds de la zone centrale du pays.

Ce sont deux problématiques pertinentes majeures qui se prêtent à l'analyse et à la résolution dans le cadre du projet SASS III. Elles ont été retenues pour faire l'objet des deux pilotes libyens P3 et P4.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Pilote 3

Localisation géographique : ce pilote est localisé dans la région d'Essouani, à une vingtaine de kilomètres au sud de Tripoli. Ses coordonnées géographiques WGS 84 sont : Long. : 13°.0677 - Lat. : 31°.6525.

Problématique locale de l'irrigation : un rabattement important de la nappe avec une dégradation de la qualité (salinisation) de ses eaux, suite à la surexploitation de l'aquifère par de multiples forages illicites.

Thématique du pilote : le raisonnement de l'utilisation des eaux saumâtres en irrigation de cultures intensives.

Système de production agricole : dans cette zone, l'agriculture irriguée est en voie d'abandon. Cependant, certains exploitants pratiquent un système de cultures maraîchères d'hiver ou d'été à l'intérieur de vieilles plantations d'olivier. La destination des productions est le marché de Tripoli. Mais l'efficacité de l'eau utilisée est faible et les sols se salinisent au fil des années.

Ressource d'eau exploitée : Un forage privé exploitant la nappe de la Jeffara à plus de cent soixante mètres de profondeur et dont le niveau statique baisse sous l'effet de la pression croissante sur cette ressource.

Disponibilité de l'eau pour l'irrigation : l'eau disponible est en mesure de couvrir les besoins hydriques de la superficie du pilote, avec un coût de pompage réel croissant.

Qualité de l'eau : l'eau du forage exploité a une salinité de 1,6 g/l de sels totaux solubles à faciès géochimique chloruré-sodique.

Mode de gestion de la ressource eau : l'exploitant gère son forage à titre privé et individuel. Il assure la maintenance de son forage et paie l'énergie électrique largement subventionnée au niveau national.

Menaces qui pèsent sur ce système de production : La surexploitation continue de cette nappe aggrave la situation de l'agriculture irriguée. Le rabattement de la nappe se traduit par l'accroissement du coût de l'exhaure de l'eau ainsi que la dégradation de sa qualité avec pour conséquence la salinisation des terres et la chute des rendements des cultures.

Tendance évolutive du système : en l'absence d'intervention pour maîtriser d'une façon significative la surexploitation de cette ressource, l'irrigation sera abandonnée à moyen terme par pénurie d'eau de bonne qualité. La recherche de solutions alternatives s'oriente vers le raisonnement de l'utilisation des eaux saumâtres en irrigation ou le recours au dessalement de ces eaux. Se pose alors la question des impératifs de l'intensification des cultures et l'augmentation de l'efficience de l'eau pour rentabiliser les investissements nécessaires.

1. Contexte général de l'irrigation

L'agriculture irriguée dans la plaine de la Jeffara a connu un boom durant deux décennies (1980-2000) dans le cadre d'une politique agricole volontariste visant la sécurité alimentaire du pays. Dans cet objectif, de grands périmètres irrigués ont été créés et de nombreux forages creusés par l'État. Cette politique a été relayée par la suite par des investissements privés autour de multiples puits et forages, ce qui a fini par déclencher un processus de surexploitation effréné de la ressource, accompagné par le rabattement de la nappe et l'intrusion des eaux marines. Les rendements des cultures n'ont pas tardé à chuter et la rentabilité des projets d'irrigation a été remise en cause. D'où l'abandon progressif de l'irrigation.

2. Problématique locale du pilote

La problématique du pilote P3 est représentative de celles de l'ensemble des périmètres irrigués de la grande plaine de la Jeffara libyenne. Elle réside dans la pénurie d'eau de bonne qualité, d'où la recherche de solutions alternatives à cette pénurie pour sauver l'agriculture irriguée dans une perspective de développement durable.

3. Thématique du pilote

Dans le contexte de cette pénurie d'eau et l'existence d'une ressource en eau de qualité médiocre, le projet se propose de démontrer qu'il serait possible d'adopter les résultats de la recherche agronomique relative à l'irrigation aux eaux saumâtres. Ces solutions sont connues et pratiquées depuis plusieurs décennies dans de nombreux pays méditerranéens. Il s'agit donc de mettre en place chez l'exploitant, avec son accord, par lui et avec l'assistance du projet un paquet technologique permettant l'utilisation durable des eaux saumâtres disponibles en irrigation intensive, à la fois rentable et sans impact négatif sur

la qualité des terres. Ceci en attendant la validation des résultats d'un autre pilote mis en œuvre en Tunisie, ayant pour objectif la démonstration de la rentabilité du dessalement des eaux saumâtres pour l'irrigation.

4. Localisation et caractéristiques du pilote

L'exploitation qui a abrité le pilote est située dans la région d'Essouani dans la banlieue sud de Tripoli (voir carte de localisation de cette exploitation page suivante). Cette région était initialement cultivée en régime pluvial par des plantations d'olivier conduites dans le cadre d'un système de culture de *dry farming*. L'irrigation n'a été introduite à grande échelle que vers la fin du siècle dernier dans le cadre de la politique d'encouragement de l'Etat à la mobilisation de l'eau et à l'irrigation.

Cette exploitation s'étend sur plus de 5 ha dont seulement trois ont été aménagés pour l'irrigation.

Le reste de la superficie est maintenu en régime pluvial, il est considéré comme une sole en repos qui sera irriguée en alternance avec les trois ha qui le sont actuellement. Cette alternance permet le dessalement du sol par lessivage naturel au hasard des orages qui surviennent sporadiquement dans cette région aride. En cas de besoin (épisode de sécheresse), une ou deux irrigations par submersion pourraient être pratiquées pour contribuer à ce dessalement avant le retour à l'irrigation.

Le débit d'eau disponible de 3 l/s est en mesure de couvrir correctement les besoins en eau des trois hectares du pilote, par contre, la salinité de l'eau de 1,6 g/l constitue une contrainte au choix des cultures. Les plus exigeantes d'entre elles, comme le fraisier ou les haricots, ne seront pas cultivées. Toutes les solanacées (piment, aubergine, tomate, pomme de terre...), les crucifères (chou-fleur, chou rave) les cucurbitacées (melon, pastèque, concombre, courge, courgette...) ainsi que toutes les autres espèces tolérantes au sel (oignon, ail, légumineuses d'hiver comme la fève et le bersim) pourraient être intégrées dans les rotations des plans de culture selon les besoins des exploitations. Ceci, à condition de clôturer leurs cycles végétatifs au plus tard à la fin du mois de mai,, afin de suspendre totalement les cultures annuelles durant tout l'été et éviter ainsi les chaleurs excessives et leurs impacts négatifs sur les cultures. En juillet et août, la demande climatique en eau est en effet très élevée et les températures diurnes peuvent atteindre des niveaux extrêmes qui provoquent des dégâts énormes sur les cultures. L'arrêt total des irrigations de juin à août, une des règles absolues à respecter, permettra une économie substantielle en eau, une maîtrise des risques de salinisation des terres et évitera les risques de dommages aux cultures.

Quant à la qualité du sol, sa texture est sableuse ; d'origine alluvionnaire remanié par le vent, il est très perméable et profond, et donc favorable au drainage vertical, au lessivage des sels et sans risque de sodisation du sol.

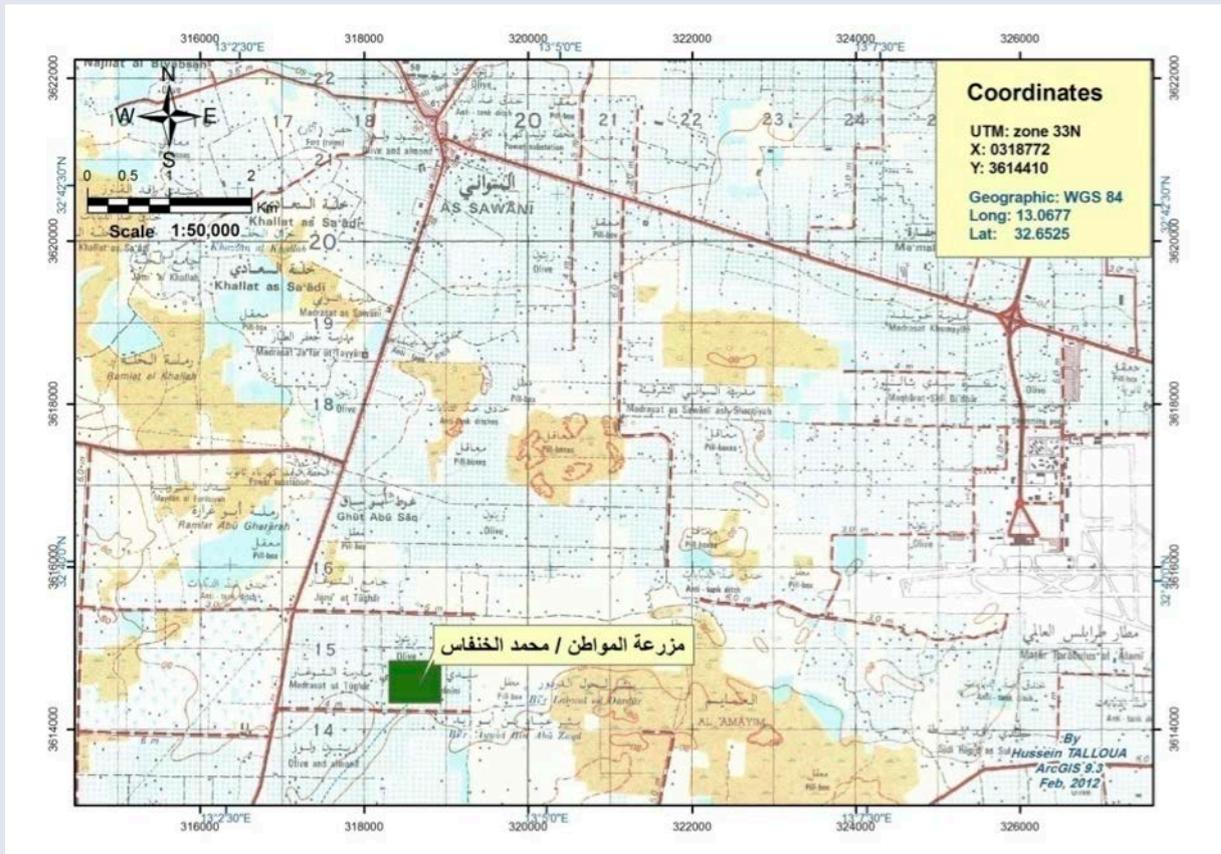
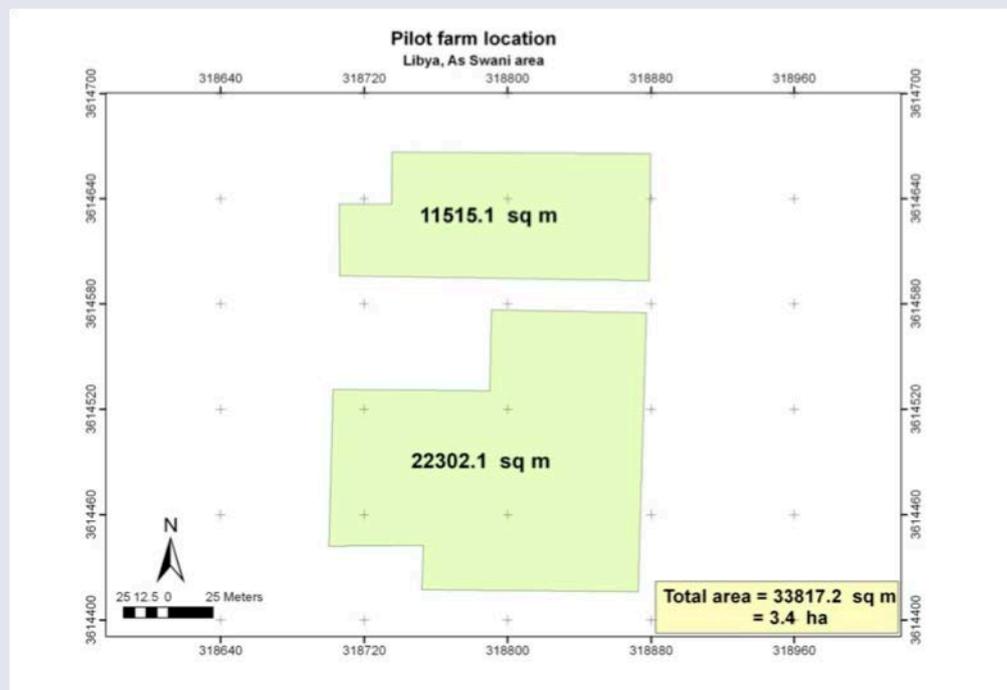


Figure 44. Carte de localisation de l'exploitation pilote (carré en vert).

Figure 45. Les deux parcelles irriguées du pilote durant les deux saisons agricoles (2012 et 2013).



5. Plan d'action du pilote

Ce plan a été conçu selon les quatre axes (institutionnel, technique, suivi-évaluation et diffusion de l'information) présentés dans la première partie du rapport. Il a pour but d'atteindre les objectifs technique (augmentation de l'efficacité de l'eau), socioéconomique (amélioration des revenus des exploitants) et environnemental (maîtrise des impacts environnementaux négatifs : rabattement et salinisation de la nappe et des terres). Pour ce faire, il importait de choisir un système de culture intensif, consommant le moins d'eau possible, susceptible de rentabiliser les investissements nécessaires et répondant à la demande locale et nationale en denrées alimentaires. Ce système a été un système de cultures maraîchères pratiqué tout au long de la saison fraîche (automne, hiver et printemps). Certaines cultures hors saison sont conduites sous de petits tunnels, les autres sont cultivées en plein air.

Ce système a été conduit en intensif, l'irrigation était localisée (goutte-à-goutte) avec une fertilisation mixte (organique et minérale) et des traitements phytosanitaires le plus souvent préventifs.

Pour diverses raisons dont notamment la rigueur de l'hiver, les cultures n'ont été mises en place, au cours de cette première année, qu'à partir du mois d'avril 2012 et les récoltes se sont poursuivies durant l'été. Les cultures pratiquées étaient le piment, la tomate, l'aubergine, la courgette, la courge et le concombre.

6. Évaluation des activités réalisées

Cette évaluation est synthétisée au tableau 11.

7. Résultats obtenus

7.1. Résultats de la première saison agricole (2011-2012)

Les cultures mises en place étaient le concombre, la courgette, la courge, le poivron doux, l'aubergine, la tomate et le piment fort.

Les figures 46 à 50 illustrent la réalisation de ces cultures.

Fort malheureusement, les cultures installées n'étaient pas toutes arrivées au terme de leurs cycles végétatifs. La culture de courge a été victime d'une attaque virale qui a causé la perte de toute la récolte soit un minimum de 10 tonnes de fruits et la tomate a été partiellement endommagée par des coups de soleil, avec des pertes importantes au niveau de la qualité des fruits. De même pour le piment doux (Figures 51 à 53).

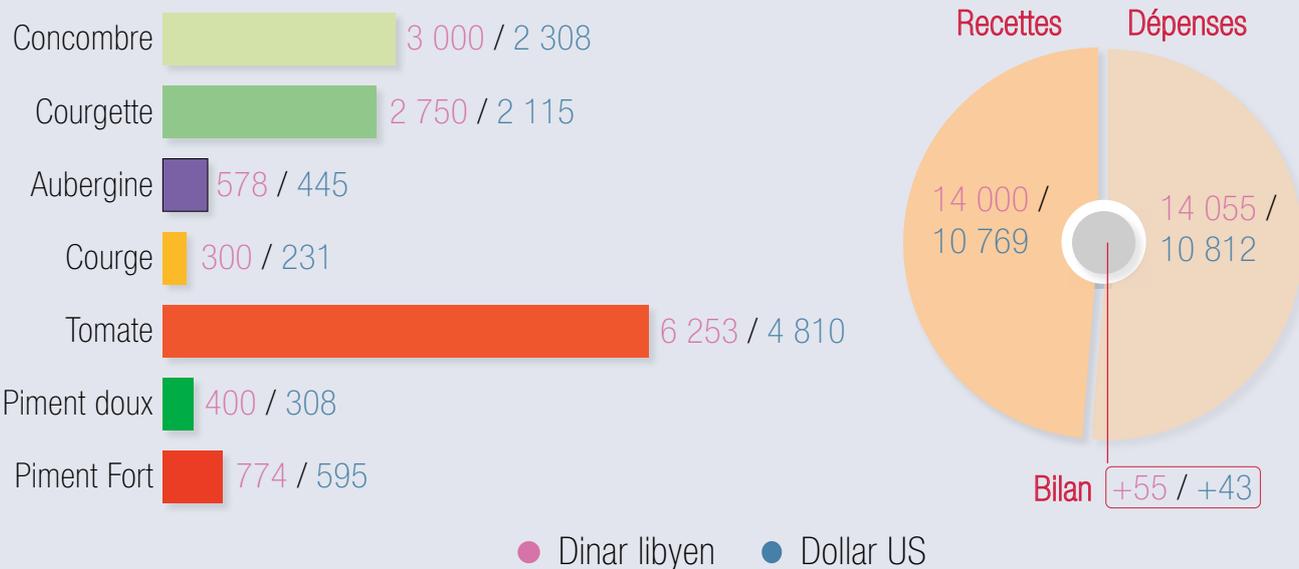
Ces dégâts confirment l'importance des risques encourus pour les cultures maraîchères estivales dans ces régions désertiques. Ils confortent un des principes de la stratégie

Activités prévues	Degré de réalisation	Résultats	Moyen de vérification
Activités d'ordre institutionnel			
Mobilisation des acteurs de l'eau au niveau local	Totalement	Information assurée de l'exploitant, de l'Autorité libyenne de l'eau et du Service agricole de la région de Tripoli	Rapports de la 2 ^e mission du CR dans cette région
Recrutement du Consultant national (CN)	Réalisé	Contrat signé et démarrage des activités du CN	Rapports mensuels du CN
Organisation d'un atelier de sensibilisation	Réalisé	Engagement de tous les acteurs de l'eau	Rapport trimestriel du CR
Constitution du Comité local de suivi-évaluation	Réalisée	Participation des acteurs de l'eau au comité	Composition du Comité selon rapport trimestriel du CR
Activités d'ordre technique			
Prospection de terrain avec le CN et l'Autorité de l'eau, le Service agricole et les exploitants agricoles et choix du site du pilote	Totalement	Site du pilote sélectionné Forage existant mis à la disposition du projet par l'exploitant	Rapport de mission du CR,
Étude technique et conception des composantes du pilote	Totalement	Conception du pilote	Rapport mensuel du CN
Identification des aménagements et équipements nécessaires	Totalement	Liste des équipements et devis d'estimation du coût du pilote	Rapport mensuel du CN
Élaboration du plan d'action de mise en œuvre du pilote	Réalisée	Le plan d'action disponible	Rapport mensuel du CN et 3 ^e Rapport trimestriel du CR
Mise en œuvre du plan d'action	Équipement agricole réalisé	Équipements installés	Rapport trimestriel du CN
Plans parcellaires de première et seconde saisons agricoles prévues	Réalisés	La première saison agricole était une réussite technique mais avec des résultats économiques en deçà des objectifs visés suite à des accidents climatiques et à des attaques parasitaires. La deuxième saison agricole a démarré dans de bonnes conditions avec des résultats positifs sur tous les plans	Rapport du CN Rapport de mission du CR Communication CN lors premier atelier régional sur les pilotes juin 2012. Rapports mensuels du CN du 4 ^e trimestre 2012

Activités de vulgarisation et diffusion des résultats			
Ateliers d'information	1 ^{er} atelier de sensibilisation réalisé	Engagement de l'exploitant à mettre en œuvre le plan d'action et à recevoir les visiteurs	1 ^{er} rapport du CR
Diffusion des résultats	Présentation de la synthèse des stratégies nationales de l'eau des trois pays au Comité de pilotage du Projet à Alger en mai 2011 Autres ateliers régionaux	Une présentation en PowerPoint Présentation, discussion et adoption des résultats	Document de la synthèse, Rapport de mission du CR à Alger pour le Comité de pilotage du projet Procès verbaux des ateliers
Visite du pilote	Activité réalisée par les techniciens locaux et les consultants Une journée porte ouverte aux exploitants de la zone organisée en mai 2013	Résultats positifs Résultats très positifs qui ont suscité une demande sociale de réplcation du système de cultures chez d'autres exploitants	Rapport de mission du CR
Activités de suivi-évaluation et de reporting			
Rapports mensuels du consultant national	Rapports réceptionnés et validés.	État d'avancement de mise en œuvre du pilote bien décrit	Rapports du CN
Rapports trimestriels du CR	Soumis et acceptés par l'OSS	Informations partagées sur l'état d'avancement de la mise en œuvre de la composante pilote	Rapports du CR
Rapports semestriels du CR	Premier semestre (juillet à décembre 2010)	Idem précédent	Document du rapport
Rapport annuel du CR	Premier rapport annuel (juillet 2010 à juin 2011 du CR)	Idem précédent	Document du rapport
Rapport de mi-parcours sur la composante pilotes	Rapport réceptionné, validé	État des lieux est bien décrit	Rapport en question

Rapport semestriel janvier-juin 2012	Rapport soumis et réceptionné	L'évaluation des résultats est réalisée et les insuffisances sont signalées et des propositions faites	Rapport en question
Rapport final provisoire de décembre 2013	Rapport soumis à l'OSS et validé	Les résultats techniques, économiques et environnementaux sont concluants	Rapport en question
Rapport sur les pilotes de Libye, septembre 13	Rapport soumis à l'OSS et validé	Résultats confirmant les objectifs visés	Rapport en question
Le rapport final sur la composante Pilotes de SASS III (mars 2014)	Ce rapport	Les résultats obtenus et les enseignements tirés	Ce rapport

Tableau 11. Évaluation des activités réalisées



Graphique 9. Recettes des cultures et bilan financier du pilote durant la saison agricole 2011-2012.

Figure 46. Vue générale d'une parcelle de culture de piment.



Figure 47. Première récolte prête à la cueillette.



Figure 48. Vue générale des parcelles de culture de tomate et de courgette.





Figure 49. Vue générale d'une culture d'aubergine.



Figure 50. Vue générale d'une culture de concombre.

Figure 51. Toute la production de courge endommagée après une attaque virale.



Figure 52. Culture de piment doux endommagée par des coups de soleil.



Figure 53. Culture de tomate endommagée par une maladie cryptogamique.



adoptée dans la conception de ce pilote, à savoir le bannissement des cultures irriguées d'été à cause des risques de maladies, de températures élevées excessives et de coups de soleil.

Quant aux résultats financiers, ils sont rapportés au graphique 9.

Le bilan financier de cette première saison agricole était donc quasiment nul. Il importe de rappeler à ce sujet que l'exploitant était acculé à retarder le démarrage de la première saison agricole à cause de la rigueur exceptionnelle de l'hiver 2012, ce qui s'est répercuté sur le calendrier des récoltes.

Par ailleurs le volume total de l'eau d'irrigation consommé durant toute la saison était de 24 100 m³ pour une superficie nette totale de 2,8 ha, soit une moyenne de 8 707 m³/a. Cette consommation peut être considérée comme remarquablement faible dans le contexte climatique de cette région et en comparaison avec les consommations des cultures d'été. Et pour cause, les trois cultures (courge, tomate et piment), endommagées, n'ont pas bénéficié de toutes les irrigations prévues durant la fin du cycle cultural.

En ce qui concerne l'impact des irrigations sur le sol, l'augmentation de la salinité du sol au niveau du profil cultural était modérée (un maximum de 5 mS/cm). Le dessalement prévu par une irrigation au démarrage de la prochaine campagne agricole devrait ramener la salinité du sol à son niveau initial.

7.2. Résultats de la deuxième campagne agricole (automne 2012-hiver/printemps 2013)

Les cultures pratiquées étaient le chou, le chou-fleur, la tomate, la pastèque, le melon et le concombre dont les plants avaient été cultivés en pépinière dans le pilote. Les figures 54 à 57 illustrent certaines cultures mises en place.

Les résultats techniques et économiques obtenus sont consignés au tableau 12.

Il se dégage de ce tableau les conclusions suivantes :

- la production totale marchande, de l'ordre de 85 tonnes pour 2,8 ha, soit de l'ordre de 29 tonnes/ha toutes espèces confondues, est nettement supérieur aux résultats de la première année, mais reste relativement faible par rapport au potentiel de production réalisable, pour des cultures hors saison, avec plus de soins aux cultures. Cependant, cette évaluation globale devrait être modulée selon l'espèce considérée : les meilleures performances sont obtenues avec la tomate et le melon avec respectivement des rendements de 55,5 tonnes/ha et 32 tonnes/ha.
- Les recettes totales étaient très satisfaisantes étant donné les prix de vente élevés des produits obtenus sur le marché local. C'est dire tout l'intérêt de ce système de culture pour la satisfaction de la forte demande locale en légumes et fruits produits en hors saison.



54



55



56



57

Figure 54. Planches de pépinière pour la multiplication des plants de chou, chou-fleur et tomate.

Figure 55. Parcelle en cours de préparation pour une culture de la tomate.

Figure 56. Parcelle de chou-fleur.

Figure 57. Culture de tomate démarrée sous tunnel.

Culture	Superficie m ²	Production Kg	Recettes DL	Charges DL	Bilan DL
Concombre	3 760,12	4 000	3 000		
Courgette	2 063,30	4 000	3 000		
Aubergine	1 100,94	2 000	500		
Pastèque	924,27	3 000	1 500		
Tomate	8 734,83	47 600	35 700		
Piment	2 032,74	1 000	1 250		
Melon	6 310,82	20 000	14 000		
Choux	2 177,12	3 000	1 200		
Total	27 104,14	84 600	60 150 DL 50 125 US\$	26 250 DL 21 875 US\$	+ 33 900 US\$ + 28 250 US\$

Tableau 12. Productions, recettes et bilan économique de la 2^e année agricole du pilote (2013).

- Le bilan économique de cette 2^e année, très positif, se solde par une marge brute totale de 33 900 dinars libyens, soit une marge brute à l'hectare de 11 300 DL. C'est l'équivalent de 9 400 US \$/ha, ce qui correspond au salaire annuel d'un haut fonctionnaire libyen.
- Le bilan environnemental est identique à celui de l'année passée. La salinité moyenne du sol reste maîtrisable moyennant une irrigation de lessivage au démarrage des cultures au début de chaque automne.
- La consommation en eau a été inférieure à celle de l'année précédente, se traduisant par une économie d'eau, d'une part, et une augmentation de l'efficacité de cette ressource.

Globalement, ces résultats sont objectivement très positifs par rapport aux objectifs visés et aux messages à transmettre à tous les preneurs de décision.

- Pour les agriculteurs potentiellement intéressés par ce système de culture, ces résultats ouvrent des perspectives évidentes de réplique de ce pilote dans la même région avec des eaux saumâtres de qualité comparable. La tendance générale du désintérêt des paysans libyens au secteur agricole pourrait être inversée par une politique volontariste visant à la fois une amélioration de la conservation et de la valorisation de l'eau, d'une part, et la contribution nationale libyenne à la satisfaction de la demande nationale en denrées produites par ce système de culture.
- Pour les décideurs, ces résultats méritent d'être fiabilisés sur de nombreuses exploitations pour les valider dans un système de production qui intègre au système de culture la dimension du marché en amont et en aval de la production. Une fois le système validé, les pouvoirs publics pourraient envisager d'élaborer une politique d'incitation au développement de ce système.



58

Figure 58. Visite d'évaluation des résultats du pilote par les techniciens de la GWA.



59

Figure 59. Visite d'évaluation conjointe des résultats par l'équipe de l'OSS et des directeurs de la GWA.



60

Figure 60. Exploitants agricoles en visite du pilote (mai 2013).

8. Diffusion des résultats du pilote

Les résultats de la deuxième année du pilote ont fait l'objet de nombreuses activités d'évaluation et de diffusion auprès de divers partenaires du projet, dont notamment des agriculteurs de la région du pilote, les techniciens de l'Autorité libyenne de l'eau, ses directeurs généraux successifs, ainsi que les acteurs de l'eau de l'Algérie et de la Tunisie lors d'ateliers régionaux organisés en dehors de la Libye. Les photos suivantes illustrent ces activités.



61

Figure 61. Séance d'explication et d'évaluation des résultats du pilote avec des exploitants de la région.

Figure 62. Séance d'évaluation globale du pilote et discussion des perspectives de sa réplication en Libye, entre l'équipe de l'OSS et les cadres du GWA.



62

Finalement, tout en étant positifs, ces résultats restent très perfectibles aux plans agricoles et économiques moyennant une assistance de proximité dans la gestion des facteurs techniques de production. Cette assistance pourrait être envisagée dans le cadre d'un programme d'adoption et de réplication de ce modèle de développement de l'irrigation.

Au terme de cette deuxième année, le bilan global de l'évaluation des résultats obtenus est très positif, conforté par une forte demande sociale de réplication du pilote exprimée à tous les niveaux de prise de décision. Il revient aux autorités libyennes d'élaborer une vision stratégique pour le développement de ce système de culture en un système de production durable, tenant compte de toutes les dimensions de la problématique initiale.

10. Conclusion et recommandations

Ce pilote a été mis en œuvre conformément au plan d'action élaboré dans une approche participative avec tous les partenaires du projet. Ce plan d'action a intégré le savoir-faire de l'exploitant aux innovations techniques introduites pour l'intensification du système de culture. Malgré son démarrage tardif à cause des événements politiques survenus en Libye, ce pilote a été réalisé dans toutes ses dimensions. Le système de culture intensif irrigué aux eaux saumâtres disponibles a donné d'excellents résultats techniques au cours de la 2^e saison agricole. Ceux de la première année n'étaient pas concluants suite à la perte des récoltes de trois cultures attaquées par des parasites et des brûlures solaires. Les pertes enregistrées sont estimées à plus de 15 000 dinars libyens qui auraient pu constituer les bénéfices de cette première année.

Le bilan économique de la deuxième année est par contre très positif. Il a généré une marge brute de 11 300 dinars libyens/ha (soit environ 9 400 US\$/ha), ce qui témoigne d'une amélioration très significative de la productivité économique de l'eau d'irrigation dans ce système de culture. Plus que cela, cette performance est assurément encore perfectible pour atteindre un niveau plus élevé de l'efficacité de l'eau, tout en préservant le sol d'une salinisation irrémédiable. Ces améliorations pourraient être réalisées à l'avenir après la levée de multiples contraintes imposées par les conditions sécuritaires (difficultés d'approvisionnement en intrants, contraintes de recrutement de main-d'œuvre...).

Compte tenu du grand intérêt accordé par tous les acteurs de l'eau en Libye (administrations et ministères concernés, de nombreux exploitants de la région d'Essouani et d'autres zones voisines) aux performances de ce pilote, il est fortement recommandé dans le court terme de répliquer ce pilote à une échelle spatiale de quelques dizaines d'hectares, dans un contexte similaire, pour fiabiliser les résultats techniques et économiques dans le contexte du marché local libyen. Ce serait alors un pilote de démonstration de l'efficacité et la viabilité de tout un système de production agricole.

La Libye regorge de ressources en eaux géothermales dans la zone centrale des Oueds Merdoum et Zemzem... (au sud de Mesrata). Ces ressources émergent encore dans certaines régions sous forme de sources d'eaux chaudes et, dans d'autres, elles sont mobilisées par des forages artésiens... ces eaux sont actuellement refroidies à l'air libre puis utilisées en irrigation classique des oasis ou de périmètres irrigués hors oasis. Ce mode de valorisation a permis certes de contribuer à l'augmentation des productions agricoles (productions végétales et animales), mais l'efficacité physique et la valorisation économique de cette eau sont extrêmement faibles. De plus, l'énergie calorifique naturelle (la géothermie) et gratuite de cette eau n'est pas exploitée et mise en valeur sur les plans technique et économique, de quelque façon que ce soit. Bien au contraire, cette énergie est considérée comme une contrainte qu'il faut lever pour pouvoir utiliser l'eau.

Pourtant, il existe dans la Zone SASS un savoir-faire éprouvé en matière de valorisation de ces eaux chaudes en irrigation de cultures hors saison conduites sous abris, d'abord pour chauffer ces derniers, ensuite pour l'irrigation après leur refroidissement. Ce savoir-faire est bien établi dans la zone SASS de Tunisie, particulièrement dans la zone du Chott (régions de Gabès, de Kebili et de Tozeur).

L'objet du pilote 4, prévu dans cette zone centrale de Libye, était de transférer la technologie et le savoir-faire des exploitants tunisiens en la matière dans une exploitation disposant d'une ressource en eau géothermale.

1. Problématique locale de l'irrigation

Cette problématique du pilote P4 réside dans un contexte de grande disponibilité de ressources en eaux géothermales non valorisées en irrigation selon le modèle fonctionnant en Tunisie.

En effet, la valeur ajoutée que présentent ces ressources à travers leurs températures élevées pourrait aisément être capitalisée dans un pilote de démonstration agricole.

Dans cet objectif, le projet a sélectionné avec les techniciens de l'Autorité générale de l'eau de Libye la zone idoine pour installer le pilote prévu, à savoir la zone d'Oued Zemzem où deux agriculteurs répondant aux critères déterminés à l'avance ont accepté de mettre en œuvre le pilote dans leur exploitation. La GWA a, de son côté, mis à la disposition du projet un forage existant pour la réalisation du pilote.

Malheureusement, le pilote n'a pas vu le jour pour des raisons sécuritaires. La révolution libyenne a démarré quelques jours après la mission de sélection du site et des exploitants. A ce jour, la région centrale des oueds n'est pas accessible sans risques pour les opérateurs directs sur le terrain.

Suite à des concertations, il a été décidé de remplacer ce pilote par un autre sur la même thématique dans la région d'El Hamma de Gabès en Tunisie. Ce pilote est une exploitation déjà fonctionnelle et, avec l'accord de l'exploitant, une convention de partenariat a été conclue pour autoriser les visites de techniciens et d'exploitants libyens. Ce nouveau pilote baptisé P7, est principalement dédié à leur sensibilisation et à leur formation.

2. Conclusion

Abstraction faite du pilote 4 qui n'a pas été réalisé, les résultats obtenus au pilote 3, consacré à la problématique de dégradation de la qualité (salinisation) des ressources en eau de la Jeffara libyenne et de ses impacts sur la qualité des terres irriguées sont très positifs. Ils ouvrent de sérieuses perspectives de réhabilitation de l'agriculture irriguée, avec des eaux saumâtres, dans des conditions techniques bien déterminées qui assurent à la fois la conservation de la ressource eau, la préservation de la fertilité des terres et une amélioration substantielle du revenu des exploitants. Ces résultats prometteurs, obtenus au niveau d'un [système de culture](#) intensif, devraient maintenant être fiabilisés et validés dans un grand pilote de [systèmes de production](#), intégrant les principales contraintes structurelles, non abordées dans le présent projet.

En tout état de cause, l'adoption de ces résultats ne devrait pas se faire sur la base d'une [simple vulgarisation des techniques agricoles](#) éprouvées dans le pilote, mais à travers toute une nouvelle vision de modernisation de l'agriculture irriguée intensive dans une [approche systémique](#) qui prenne en compte toutes les dimensions (économique, organisation communautaire de gestion de l'eau et des services agricole...) ainsi que les divers segments des filières de productions concernées. Cette vision, négociée et partagée par tous les acteurs desdites filières, devrait être ensuite concrétisée par des programmes de mise en œuvre où l'État aura un rôle déterminant dans la mobilisation et la gestion durable des ressources souterraines en eau, alors que les exploitants agricoles devraient assurer de leur côté une amélioration significative de l'efficacité de l'irrigation et la préservation de la fertilité des terres sur leurs exploitations.

Ces perspectives devraient faire l'objet d'un débat national libyen pour aboutir à un consensus, puis d'une concertation avec l'Observatoire du Sahara et du Sahel qui pourrait éventuellement contribuer à accompagner l'Autorité libyenne de l'eau à tracer la voie d'un nouveau durable de la gestion des ressources en eau du SASS de la Jeffara libyenne au service du développement agricole de cette grande région.



63



64



Figure 63. Source d'eau géothermale dont les eaux sont refroidies dans un lac à Tawergha en Libye.

Figure 64. Forage mis à la disposition du projet par la GWA.

III. PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE DE TUNISIE

La problématique de l'eau dans la zone SASS de Tunisie se pose avec une acuité particulière pour de multiples raisons parmi lesquelles figurent en particulier :

- le grand déficit hydrique local en l'absence de toute autre ressource hydrique significative pouvant contribuer à satisfaire la demande croissante en eau pour tous les secteurs socioéconomiques et environnementaux ;
- la localisation de cette zone autour de la région des chotts, souffrant plus qu'ailleurs du rabattement des niveaux piézométriques du SASS avec ses deux nappes CT et CI et d'une dégradation prononcée de leurs qualités ;
- l'intensification de la pression anthropique sur cette ressource pour accompagner les politiques volontaristes de développement.

Pour ces raisons, tous les systèmes de production agricole sont en crise et menacés de pénurie d'eau à plus ou moins grande échéance.

Sur le terrain et au niveau local, cette problématique se pose différemment selon les contextes naturels et socioéconomiques. Par rapport à l'usage agricole (irrigation), trois principales formes d'expression de cette problématique devraient être soulignées :

- une pénurie d'eau qui menace de plus en plus l'avenir et la durabilité du développement local basé principalement sur l'irrigation, avec une dégradation de la qualité des ressources disponibles, ce qui se traduit par une grave baisse des rendements et des revenus des exploitants, et par voie de conséquence par une augmentation de leur vulnérabilité économique et sociale ;
- une mauvaise gestion et un mauvais partage des ressources disponibles, ce qui grève les intérêts et les droits de certains exploitants et entame le principe de solidarité/équité sur lequel est bâtie l'agriculture traditionnelle dans ces régions désertiques ;
- une très faible valorisation de cette ressource par l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole.

Il n'est pas rare aussi de constater que ces trois formes d'expression peuvent se conjuguer dans de multiples situations, ce qui ne manque pas de rendre les problématiques locales de l'eau encore plus complexes, face à l'exigence urgente de l'instauration d'un processus de développement durable.

La cause première de la pénurie d'eau est structurale. La zone SASS de Tunisie est la moins dotée en potentialités, comparée aux zones algérienne et libyenne, du fait même de la géologie et des caractéristiques hydrogéologiques du sous-sol du Sud tunisien.

D'autres facteurs aggravent cette pénurie, comme les modalités de son usage en irrigation (extension des superficies, gaspillage, faible efficacité technique et économique) et les

cadres institutionnels et juridiques dédiés à la gestion de l'eau actuellement en vigueur.

Dans ce contexte, parmi les nombreuses problématiques locales de l'eau, identifiées par les études réalisées en Tunisie dans le projet SASS II, la DGRE et la DGGREE avaient sélectionné deux d'entre elles, considérées parmi les plus contraignantes et les plus fréquentes dans cette zone.

Il s'agit de :

- la dégradation de la qualité des terres par hydromorphie (stagnation d'eau) et la salinisation des terres consécutive à la conjonction de deux principaux facteurs, à savoir un mode inapproprié d'irrigation et l'utilisation d'eaux de qualité médiocre dans un contexte topographique entraînant un mauvais drainage naturel des terres. Ce phénomène est très fréquent dans la plupart des oasis du pourtour du chott El Jerid (oasis du Jerid et du Nefzaoua),
- la surexploitation accompagnée par l'augmentation de la salinité de la nappe superficielle de la plaine de la Jeffara et l'impasse dans laquelle s'est engagée l'agriculture familiale irriguée dans cette plaine.

Après concertation avec les autorités de l'eau aux niveaux régional et local, ces deux problématiques ont été validées et retenues pour la mise en place de leurs pilotes de démonstration agricole respectifs. En plus du pilote dédié à la valorisation des eaux géothermales en irrigation qui a remplacé celui qui n'a pu être réalisé en Libye en raison de la révolution libyenne.

Il s'agit de :

- P5 : Pilote de l'Oasis Jedida près de la ville de Kebili ;
- P6 : Pilote de Smar Médenine ;
- P7 : Pilote de Chenchou près d'El Hamma de Gabès.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Localisation géographique : situé au gouvernorat de Kebili, à 5 kilomètres de la ville éponyme sur la route de Souk El Ahad.

Problématique locale de l'irrigation : une dégradation de la qualité du sol sous l'effet de l'utilisation d'eaux saumâtres en irrigation d'une oasis située en bordure du Chott, dans des conditions topographiques et édaphiques qui ne favorisent pas le drainage naturel des terres. Le développement d'une hydromorphie et la salinisation des terres ont entraîné une dégradation de la qualité du sol, une chute de la productivité des eaux d'irrigation et une remise en cause de la durabilité de l'agriculture.

Thématique du pilote : la restauration de la qualité des terres par drainage artificiel (réseau enterré à l'intérieur des parcelles) et pompage à l'énergie solaire des eaux excédentaires, avec une intensification du système de production agricole.

Système de production agricole : c'est un système oasien familial destiné initialement à la production axé sur le palmier dattier, variété Deglet Nour, et diverses cultures intercalaires dont les produits sont destinés en grande partie à l'auto-consommation. Ce système est en cours d'abandon au profit d'autres activités non agricoles. L'élevage n'est plus intégré à l'exploitation.

Système de culture : C'est une oasis classique basée sur le palmier dattier en premier lieu, avec deux étages de cultures arboricoles fruitières et annuelles (maraîchères et fourragères).

Ressource d'eau exploitée : un forage de plus de 900 mètres de profondeur exploitant la nappe du Continental intercalaire fournit une eau géothermale à une température de plus de 55 °C. Ces eaux sont refroidies avant leur distribution pour l'irrigation.

Disponibilité de l'eau pour l'irrigation : la ressource est disponible mais les exploitants ne sont pas satisfaits de son mode de gestion. L'irrégularité et la faible fréquence des tours d'eau ne favorisent pas le lessivage des sels, notamment en l'absence/insuffisance de maintenance du réseau des canaux collecteurs extérieurs.

Qualité de l'eau : l'eau du forage est saumâtre avec un résidu sec de 3,5-4 g/l. Cette eau est utilisable pour l'irrigation du palmier dattier à condition d'assurer le lessivage des sels moyennant une fraction d'irrigation lessivante. Or, les quotas d'eau fournis aux exploitants ne

couvrent pas les besoins de lessivage. De plus, le drainage naturel est très déficient.

Mode de gestion de la ressource eau : l'eau est gérée dans un cadre communautaire par un Groupement de Développement Agricole (GDA) local assisté par le CRDA de Kebili.

Menaces qui pèsent sur ce système de production : l'intensification de l'hydromorphie et de la salinisation des terres menace à terme la durabilité de l'oasis.

Tendance évolutive du système : le système évolue actuellement vers l'abandon progressif de l'oasis en tant que système éco-socioéconomique intégré.

1. Contexte général du pilote

Au cours des quatre dernières décennies, les régions oasiennes de Tunisie, dont celle du gouvernorat de Kébili, avaient bénéficié de plusieurs stratégies et programmes de développement issus du Plan directeur des eaux du Sud (PDES). Il s'agit de nombreux programmes de développement régional ayant pour objet la mobilisation et la valorisation des eaux souterraines du SASS dans plusieurs secteurs, dont notamment l'agriculture irriguée. C'est en exécution de ce PDES que l'oasis de Jedida a été créée. Vingt-cinq ans plus tard (2005), 23 000 ha d'oasis ont bénéficié d'un nouveau programme d'amélioration de l'irrigation dans une grande partie des oasis du Sud (Projet APIOS), y compris les oasis de Mansoura/Jedida, située près de Kébili. Ce programme a consisté à remplacer les canalisations d'eau de distribution par d'autres en béton afin de maîtriser les importantes pertes d'eau au cours du transport et de distribution de l'eau jusqu'à l'entrée de l'exploitation.

Suite au développement et à l'extension des surfaces irriguées, la surexploitation des nappes profondes dans ces régions, plus particulièrement celle du Complexe terminal, s'est traduite par une salinisation continue de la ressource d'eau en même temps que la baisse du niveau piézométrique de l'aquifère exploité et sa contamination par intrusion de l'eau salée du Chott. De plus, situées sur le pourtour du Chott Jérid avec une faible pente, et localisées parfois dans des dépressions et irriguées avec des eaux saumâtres, la plupart des oasis du Nefzaoua (Gouvernorat de Kébili) souffrent d'une dégradation continue du sol arrivant parfois à la situation de « fatigue du sol », notamment dans les anciennes oasis. L'utilisation de cette eau salée en irrigation a en effet entraîné de sérieux problèmes de dégradation et de salinisation des sols, sous l'effet d'un réseau de drainage insuffisant

et mal entretenu, donc inefficent. Considérant l'importance des propriétés physico-chimiques du sol en agriculture et de l'impact négatif de la remontée de la nappe des sols et sa salinité sur le comportement des cultures oasiennes, dont notamment les palmiers dattiers, l'adoption de techniques agricoles permettant l'amélioration des qualités physico-chimiques du sol des oasis s'est finalement imposée aux décideurs. C'est dans ce cadre que la création d'un réseau de drainage dans les parcelles du pilote choisi est devenue une priorité absolue pour combattre la salinisation croissante, en permettant le lessivage et en évitant la remontée de la nappe. De plus, cette opération devrait être appuyée par d'autres interventions, en particulier au niveau de la gestion de l'eau d'irrigation et des techniques d'intensification des cultures.

Le drainage des sols dont dépendent la productivité et la durabilité des palmeraies est devenu une nécessité dans les oasis d'une façon générale, et plus particulièrement dans celles limitrophes du Chott. Le site du pilote choisi, représentatif de la majorité des cas les plus difficiles dans les oasis continentales, constitue un bon exemple pour encourager aussi bien les services de développement que les professionnels pour généraliser l'expérience en recourant au pompage aux énergies renouvelables comme l'énergie solaire adoptée dans le cadre de ce pilote.

2. Problématique locale du pilote

Dans son contexte topographique et sa situation en bordure du Chott (un niveau de base hypersalin), les terres du pilote souffrent de deux contraintes majeures, à savoir l'hydromorphie et la salinisation. Ces contraintes s'intensifient au fil des années par la remontée de la nappe. Cette dernière se trouve à moins de 70 cm de profondeur moyenne, avec une salinité du sol de plus de 8 g/l (conductivité électrique de 10-15 ms/cm) qui limite considérablement l'aptitude du sol à l'intensification et réduit les rendements des plantations existantes. Ceci, dans une dynamique socioéconomique d'abandon progressif de l'exploitation intensive des terres et la recherche d'autres sources de revenus.

3. Thématique du pilote

Elle porte sur la bonification des terres avec l'installation d'un réseau de drainage enterré à l'intérieur des parcelles et son raccordement au canal collecteur du réseau public extérieur. Ce raccordement est assuré par pompage et refoulement à l'énergie solaire. Cette action est destinée à entraîner une nouvelle dynamique de rabattement du niveau de la nappe phréatique et de dessalement du sol, particulièrement dans la couche arable des 120 cm superficiels du sol. La deuxième action prévue est l'intensification du système de culture en place par une fertilisation raisonnée et une maîtrise des problèmes phytosanitaires en recourant aux traitements préventifs et curatifs et certains traitements biologiques pour les parasites des palmiers.



Figure 65. Manifestation visible de la salinisation du sol.

Figure 66. Canal collecteur des eaux de drainage du pilote colmaté.



4. Localisation et caractérisation du pilote

Le pilote est situé à l'oasis Jedida qui fait partie des oasis Mansoura. Il est situé sur la route de Souk Lahad à 5 km au nord-ouest de Kebili.

Ses coordonnées géographiques sont : X= 8° 55 59 E ; Y= 33°42 56 N.

Il est composé de plusieurs petites exploitations (micro-parcelles) adjacentes formant un secteur recevant une borne commune d'eau d'irrigation. C'est une situation foncière bien représentative du problème de morcellement des exploitations découlant des héritages et partages successifs des propriétés initiales. Ces dernières étaient déjà de l'ordre de 1

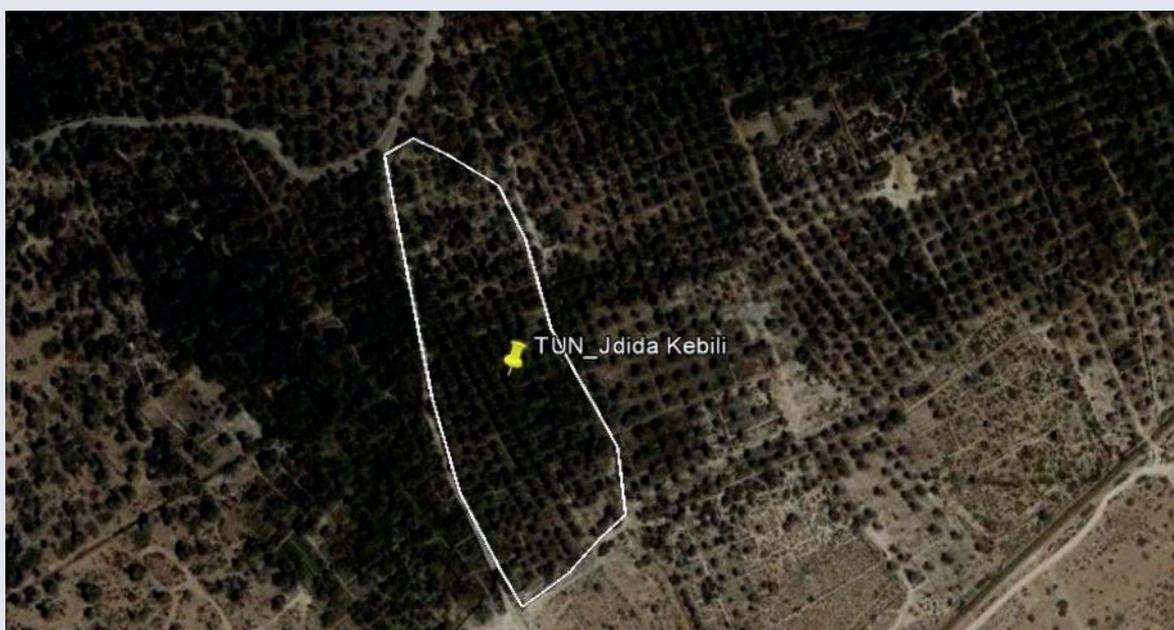


Figure 67. Image spatiale de localisation l'oasis de Jedida dans son environnement salin du Chott.

Figure 68. Image spatiale des parcelles du pilote.

à 3 ha en moyenne à leur création. En effet, le pilote regroupe 13 parcelles appartenant à 15 agriculteurs dont quatre sont associés deux à deux. Sa superficie totale est de 16 201 m² et la taille de ses parcelles varie de 315 m² à 3 116 m², avec une moyenne de 1 246 m². Cet aspect foncier témoigne de la complexité des difficultés à résoudre, notamment au niveau de l'aménagement hydro-agricole.

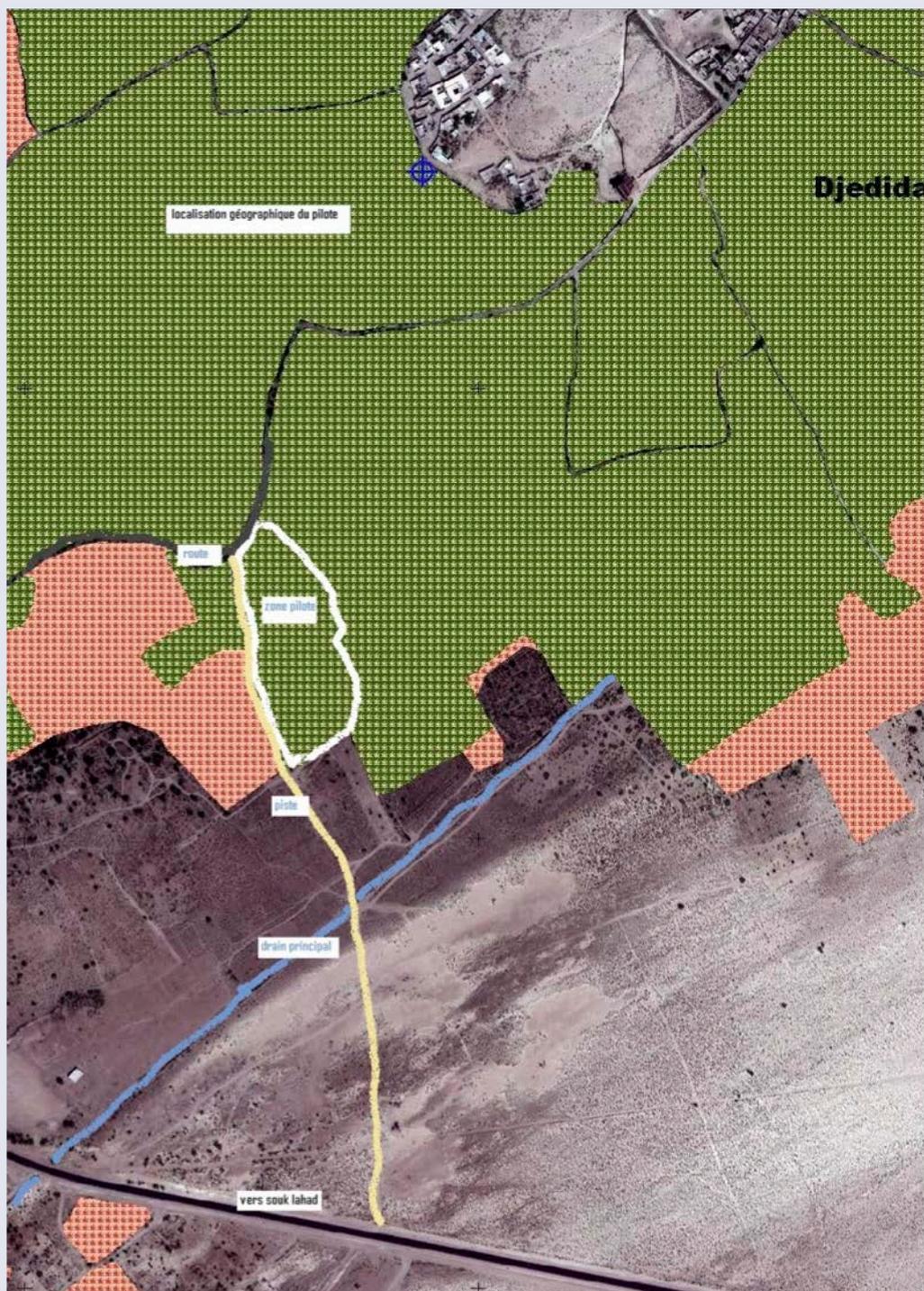


Figure 69. Localisation du pilote dans l'oasis de Jedida avec son infrastructure.

Ayant bénéficié en 2005 du projet d'amélioration des périmètres irrigués des oasis du Sud (projet APIOS), la zone du pilote, comme l'ensemble de l'oasis Jedida, a été dotée d'un réseau principal d'irrigation long de 340 mètres, en séguia bétonnée. L'irrigation est conduite par des tours d'eau et réalisée par submersion de planches de dimensions variables selon l'occupation du sol par l'étage herbacé. Ces planches sont connectées au

réseau principal par des rigoles en terre. On imagine alors l'importance des pertes d'eau par infiltration dans ces rigoles (séguías). Elles sont évaluées à 20-30 % selon la texture du sol, et contribuent en plus au rehaussement du niveau de la nappe phréatique et à l'accentuation de l'hydromorphie.

Il est à remarquer que le réseau de drainage réalisé dans le cadre du projet APIOS n'avait pas concerné l'intérieur des exploitations de l'oasis. Dans ces dernières, ce sont les fossés de drainage à ciel ouvert (*khendeg*) traditionnels gérés à titre individuel qui sont sensés assurer l'évacuation de l'excédent des eaux d'irrigation par gravité vers le canal collecteur extérieur. Cependant, suite à la dislocation du tissu social initial, la fonction (l'obligation) qui lui était associée d'assurer la maintenance de ces fossés de drainage par les exploitants, chacun sur son terrain, n'est plus exécutée par beaucoup d'entre eux, ce qui n'est pas sans retentir négativement sur le débit et la vitesse d'évacuation des eaux de drainage avec pour conséquence la remontée de la nappe et la salinisation des terres sur l'ensemble de l'oasis.

Le débit d'eau fourni à l'ensemble de l'oasis Jedida est de 104 l/s pour 138 ha, ce qui correspond à un débit fictif continu de 0,75 l/s par hectare. Cette eau est fournie à raison de 12 à 15 heures par hectare et par tour d'eau (20 jours). Théoriquement, cette situation est de nature à permettre un niveau d'intensification acceptable, du moins par rapport à l'arboriculture et les cultures fourragères. En pratique, ce n'est pas le cas pour plusieurs raisons. Pour améliorer la gestion et l'efficacité de cette eau, le passage à une irrigation localisée nécessite la construction de bassins individuels de stockage des quotas d'eau pour l'utiliser en fonction des besoins des cultures. Cela permettra aisément l'intensification des trois étages du système de culture traditionnel.

5. Plan d'action de mise en œuvre du pilote

Ce plan est conforme, dans sa conception générale et dans son approche, à celui conçu pour l'ensemble des pilotes. Il est structuré sur quatre axes :

- un axe institutionnel, consistant à mobiliser tous les acteurs de l'eau, de recruter un consultant national et de constituer le Comité local de suivi-évaluation de la réalisation du plan d'action et le suivi des résultats du pilote ;
- un axe technique, dont les actions réalisées ont porté sur :
 - l'élaboration des documents, notamment les cartes nécessaires pour la réalisation du projet :
 - ▶ carte de localisation géographique du pilote ;
 - ▶ carte générale du pilote ;
 - ▶ carte du réseau d'irrigation ;
 - ▶ carte d'occupation de l'étage herbacé ;

- ▶ carte d'occupation de l'étage arboricole ;
- ▶ carte d'occupation de l'étage phœnicicole ;
- ▶ les relevés topographiques, et traçage du profil du réseau de drainage et des emplacements des piézomètres,
- ... l'installation du réseau de drainage enterré (creusage des tranchées, placement des tuyaux, installation de regards de visite, enrobage des tuyaux, remblayage des tranchées...)
- ... l'installation des piézomètres,
- ... l'installation du panneau solaire,
- ... l'installation de l'équipement de pompage de l'eau de drainage (panneau solaire et électropompe),
- ... la préparation du sol : désherbage, travail du sol, amendement du sol (fumier et sable) ;
- ... l'exploitation de l'étage herbacé par des cultures maraîchères et fourragères ;
- ... l'exploitation de l'étage arboricole (augmenter l'indice de biodiversité par l'introduction de plusieurs espèces arboricoles adaptées à l'oasis).
- un axe de suivi-évaluation. Compte tenu du collapsus du forage fournissant l'eau d'irrigation survenu durant le printemps de la première année du projet, le suivi technique n'a porté que sur les impacts du drainage et du pompage solaire au démarrage du projet. Les impacts de ces aménagements sur les productions agricoles ne pourraient être évalués qu'ultérieurement après la mise en service du nouveau forage de remplacement créé récemment (2014).
- un axe de diffusion des résultats agricoles dont les actions prévues pour faire bénéficier les trois pays des résultats obtenus et des conditions de leur réalisation seront mises en œuvre après le retour de l'eau sur l'exploitation.

6. Évaluation des activités réalisées

Dans ce qui suit sont passés en revue les degrés de réalisation de ces activités tout au long du projet (tableau 13).

7. Résultats obtenus

La mise sur pied du Comité local de suivi-évaluation du Pilote en concertation avec les autorités centrale et locale de l'eau a facilité les négociations avec les nombreux exploitants du pilote, notamment pour réaliser les travaux de mise en place du réseau de drainage et l'installation de la station de pompage solaire. Les figures 70 à 78 illustrent les réalisations techniques.

Activités prévues	Degré de réalisation	Résultats	Moyen de vérification
Activités d'ordre institutionnel			
Mobilisation des acteurs de l'eau au niveau local	Réalisée	Engagement volontaire des exploitants agricoles et des autres acteurs à participer à la réalisation du pilote	Rapport de la 1 ^{re} mission du CR dans cette région
Recrutement du Consultant national pour la période avril 2011- juin 2012	Réalisé	Contrat signé et démarrage des activités du CN	Le document du contrat Rapport trimestriel du CN
Organisation d'un atelier de sensibilisation	Réalisée	Engagement de nombreux exploitants acquis	Rapport trimestriel du CN
Constitution du Comité local de suivi-évaluation	Réalisée	Composition du comité arrêtée	PV de la réunion pour la constitution du Comité Rapport trimestriel du CN
Conventions de partenariat	Convention de partenariat multipartite avec l'IRA, le CRDA de Kébili, le président du GDA et les exploitants	Participation des partenaires à la réalisation et au suivi du pilote	La convention signée par les partenaires Rapport trimestriel du CN
Activités d'ordre technique			
Prospection de terrain avec le CN et l'Autorité de l'eau, le Service agricole et les exploitants agricoles et choix du site du pilote	Réalisée	Site du pilote sélectionné	Rapport de mission du CR Rapport trimestriel du CN
Étude technique et conception des composantes du pilote	Réalisée	Plan d'action du pilote	Rapport trimestriel du CN
Identification des aménagements et équipements nécessaires	Réalisée	Liste des équipements et devis d'estimation du coût du pilote	Rapport trimestriel du CN Devis des équipements

Mise en œuvre du plan d'action de la première année comportant notamment la pose du réseau de drainage enterré, l'acquisition et l'installation de la station de pompage solaire, démarrage des pratiques agricoles	Réalisée	Réseau de drainage fonctionnel, station de pompage solaire installée et fonctionnelle	Rapport semestriel du CN
Résultats agricoles	Pas de résultats à cause du collapse du forage desservant l'oasis Jedida	Les cultures annuelles n'ont pas été conduites jusqu'à leur terme faute d'eau d'irrigation	Rapport de mission du CR sur la tenue du premier atelier régional sur les pilotes en juin 2012
Mesures des indicateurs des Impacts du drainage : salinité et profondeur nappe et salinité du sol	Effectuées	Un impact positif du drainage : baisse de la nappe et de la salinité	Rapport de mi-parcours du CR
Activités de vulgarisation et diffusion des résultats			
Atelier d'information	-1 ^{er} atelier local de sensibilisation réalisé -1 ^{er} atelier régional sur les pilotes en juin 2012	Engagement des exploitants à recevoir le pilote dans leurs exploitations Communication du CN sur le pilote et ses résultats	1 ^{er} rapport trimestriel du CN Le rapport de mission du CR sur la tenue du 1 ^{er} atelier régional sur les pilotes en juin 2012
Diffusion des résultats	Présentation de la synthèse des stratégies nationales de l'eau des trois pays au Comité de pilotage du Projet à Alger en mai 2011 Atelier régional mai 2012 Atelier national de Jerka septembre 2013 Atelier régional Alger mai 2014 Élaboration d'un projet de plaquette du pilote	Une présentation de la synthèse en PowerPoint La plaquette Les procès verbaux de ces ateliers	Document de synthèse Rapport de mission du CR à Alger pour le Comité de pilotage du projet Plaquette Rapports annuel et de mi-parcours du CR

Visite du pilote	<p>Visite du pilote par le directeur général du CRDA de Kebili en compagnie de ses collaborateurs</p> <p>Visite du pilote par participants au premier atelier régional des pilotes en juin 2012 (libyens, algériens et tunisiens, dont notamment les DG DGRE et DGGREE et DGCRDA Médenine</p> <p>Visite de nombreux techniciens locaux et régionaux</p>	<p>Grande satisfaction</p> <p>Constat de la destruction du forage desservant l'oasis et prise de décision de création d'un nouveau forage</p> <p>Validation de l'efficacité du drainage et du pompage solaire</p>	<p>Rapport semestriel du CN</p> <p>Rapport de mission du CR sur la tenue du premier atelier régional sur les pilotes</p> <p>Rapport de mi-parcours</p>
Activités de suivi évaluation et de reporting			
Rapports trimestriel du consultant national	Rapports du CN en charge de ce pilote réceptionné et validé .	État d'avancement de mise en œuvre du pilote bien décrit	Document du rapport national
Rapports trimestriels du CR	Soumis et accepté par l'OSS	Informations partagées sur l'état d'avancement de la mise en œuvre de la composante pilote	Rapports réguliers du CR
Rapport semestriel du CR	Rapport du premier semestre (juillet à décembre 2011) soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Rapport trimestriel
Rapport annuel du CR	Rapport soumis à l'OSS	Idem précédent	Rapport
Rapport de mi-parcours du projet	Réalisé	Le Rapport est partagé	Rapport
Suivi de l'évolution de la nappe et de salinité	Réalisé	Une baisse du niveau de la nappe et de sa salinité	Rapport du CN
Le rapport semestriel de Juin 2012	réalisé	L'état des lieux est bien établi et le bilan des acquis fait	Rapport
Le rapport semestriel de décembre 2012	réalisé	Le bilan des acquis et des insuffisances est établi	Rapport
Le rapport final sur les pilotes de Tunisie (mars 2013)	réalisé	Validation des résultats	Rapport remis à l'OSS

Le rapport présenté au Comité de Pilotage (mai 2013)	Réalisé	Validation des résultats	Rapport remis à l'OSS
Atelier d'évaluation des résultats des pilotes de Tunisie (Jerba, septembre 2013)	Rapport des résultats de l'atelier	Les résultats sont validés avec des recommandations pour la réplique des pilotes	Présentations en PowerPoint
Le projet de rapport final de décembre 2013	Remis à l'OSS et validé	Les résultats et les recommandations sont en cours de discussion	Rapport
Le rapport final sur la composante « pilotes »	Remis à l'OSS et validé	Résultats et recommandations opérationnelles relatives aux pilotes	Rapport

Tableau 13. Évaluation des activités réalisées.

Par ailleurs, le suivi de l'évolution du niveau de la nappe et de la salinité du sol sous l'effet du drainage enterré a été réalisé grâce à une batterie de cinq piézomètres de trois mètres de profondeur répartis le long du pilote (figure 79).

L'évolution du niveau de la nappe au niveau du pilote suivie par des mesures dans les piézomètres durant la première période du 21/2/2012 au 03/3/2012 est marquée par une baisse rapide du niveau de la nappe. La première mesure a été effectuée quelques jours après l'irrigation. Durant la période du 08/3 jusqu'au 16/3/2012, on assiste à une remontée de la nappe suite à l'irrigation des parcelles avoisinantes. Au cours de la période suivante du 22/3 au 30/4 qui suit une irrigation des parcelles du pilote, est constatée une remontée de la nappe suivie d'une baisse graduelle très significative. Ces résultats prouvent l'efficacité du réseau de drainage mis en place et augurent d'un impact positif sur l'abaissement de la salinité accumulée dans les couches superficielles pendant plusieurs années. Le suivi de l'évolution de la salinité de l'eau de drainage a été assuré par la prise d'échantillon au niveau des regards de visite.

Ainsi, il se dégage des résultats obtenus que la salinité de l'eau de drainage avant l'installation du réseau de drainage était élevée, soit de l'ordre de 10,66 grammes de sels totaux solubles par litre. Cette salinité a baissé brusquement juste après la première irrigation pour descendre à une moyenne de 6,5 g/l environ soit une baisse de 40% de la salinité totale dès les premières irrigations. Cette salinité de l'eau de drainage est restée stable le long des quatre premiers mois après l'installation du réseau de drainage. Elle pourrait encore diminuer au rythme des irrigations pour se stabiliser à un certain niveau corrélé aux doses et à la salinité de l'eau d'irrigation.

Les résultats obtenus sont consignés au tableau 14.



Figure 70. Creusage des tranchées des drains.

Figure 71. Pose des drains.

Figure 72. Connexion des drains au niveau des regards de visite.

Figure 73. Coupe de sol dans la tranchée du drain enrobé de gravier.

Figure 74. Cylindre en béton perforé faisant fonction de regard de visite.

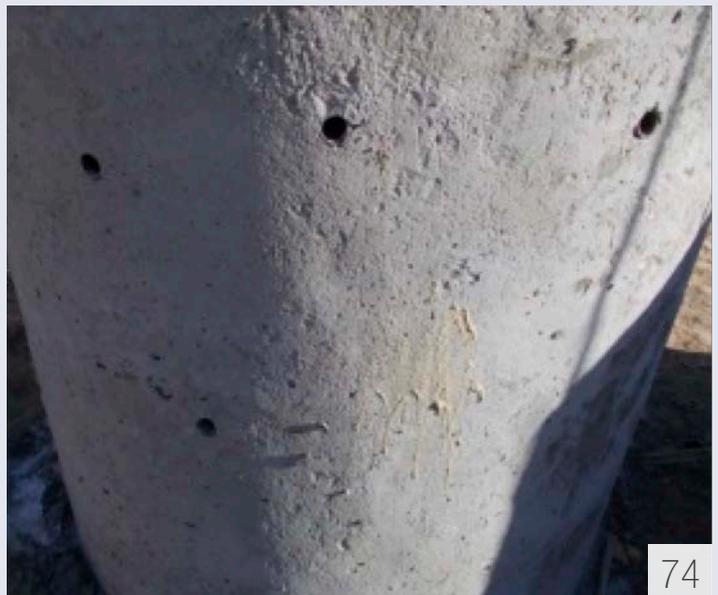




Figure 75. Regard de visite en place.

Figure 76. Regard destiné à recevoir l'électropompe pour l'évacuation des eaux de drainage et leur refoulement vers le canal collecteur extérieur.



Figure 77. Panneau solaire destiné au pompage de l'eau de drainage en place.

Figure 78. Dispositif de pompage des eaux de drainage en place.



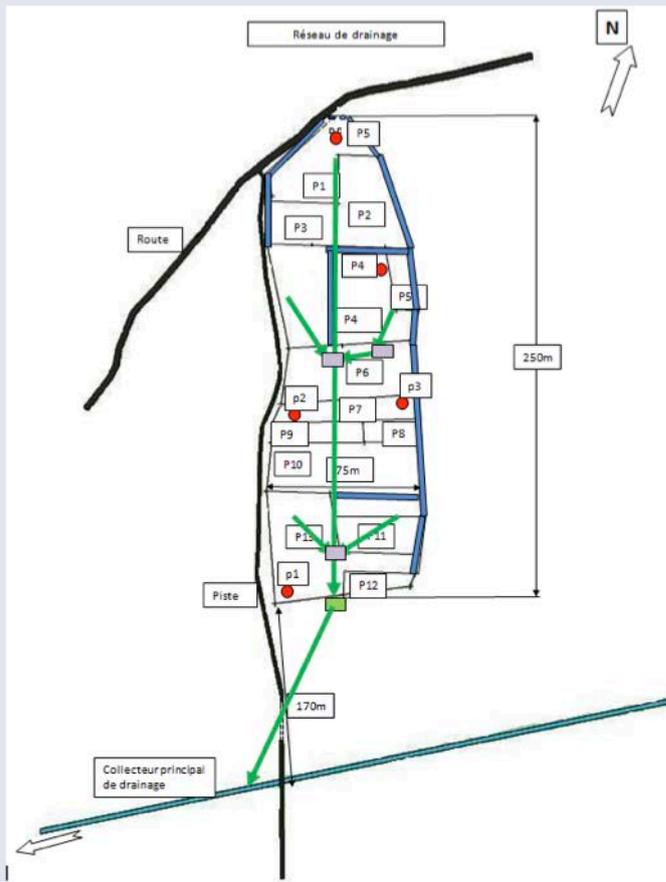


Figure 79. Carte de l'emplacement des piézomètres.

Figure 80. Piézomètre pour le suivi de la nappe du sol.



80

Figure 81. Tuyau de refoulement des eaux de drainage par la station de pompage solaire vers le canal collecteur extérieur



81

En ce qui concerne la salinité du sol, elle a été mesurée sur des échantillons moyens à différentes profondeurs avant la mise en place du réseau de drainage. Les résultats ont montré que le sol était au départ très salé. Des échantillons répartis sur toute la superficie du pilote et à différentes profondeurs en cinq points différents localisés à côté des piézomètres, ont été prélevés à trois reprises successives après l'installation du réseau de drainage : Un en février, un autre en mars et un troisième en avril.

Les résultats obtenus montrent que la différence entre les conductivités électriques des différents points et profondeurs de prélèvement des échantillons n'est pas significative. Par contre la différence entre la conductivité électrique du sol du pilote avant drainage et après drainage est hautement significative. Ceci montre qu'avec un réseau de drainage bien fonctionnel, deux irrigations successives permettent un bon lessivage du sol.

Tous ces résultats illustrent parfaitement l'efficacité du drainage et le pompage-refoulement des eaux en dehors de l'oasis. Cela s'est traduit par un rabattement très significatif du niveau de la nappe de 30-40 cm en quelques semaines, c'est-à-dire mieux que l'objectif visé, la baisse de la salinité de l'eau de la nappe de l'ordre de 40 % de la salinité initiale et une baisse importante de la salinité du sol. Ces performances devraient être améliorées et stabilisées dans le cadre d'une irrigation permanente pour permettre l'exploitation de l'ensemble du profil cultural sain du sol.

8. Conclusion et recommandations

Le pilote 5 a été mis en place dans ses composantes hydro-agricole (drainage) et agricole. Le réseau de drainage enterré, la station solaire pour le pompage et l'évacuation des eaux de drainage ont été installés dans les règles de l'art et mis en service. Les premiers résultats relatifs à l'efficacité du drainage obtenus au cours du premier semestre de 2012, ainsi que son impact sur le rabattement de la nappe et le déclenchement d'un processus de dessalement du sol sont excellents. Malheureusement, l'arrêt de fourniture d'eau à l'ensemble de l'oasis suite au collapsus du forage desservant ce périmètre a porté préjudice aux cultures annuelles mises en place au début de 2012. Ce qui a privé des résultats des impacts économiques de l'amélioration du drainage sur les rendements des cultures, dont en particulier du palmier dattier. Le pilote est actuellement à l'arrêt. L'Autorité de l'eau vient de renouveler le forage, il est en cours d'équipement actuellement. Il est prévu de le faire fonctionner et de réalimenter toute l'oasis en eau en 2015. Les activités agricoles du pilote devraient alors pouvoir reprendre et il importe que le CRDA prenne la suite du suivi de ce pilote et de ses résultats hydro-agricoles, agricoles et économiques durant les prochaines années.

Nonobstant les résultats incomplets obtenus et en attendant leur confirmation par le CRDA dès la remise en eau du pilote, il est possible de projeter la réplication de ce pilote à une échelle spatiale plus grande, qui n'est pas à considérer au hasard. En effet, rappelons que tous les pilotes mis en œuvre dans ce projet ont porté sur des exploitations agricoles de

N° de piézomètre	I		21-02-2012		24-02-2012		28-02-2012		03-03-2012		L		08-03-2012		12-03-2012		16-03-2012		I		22-03-2012		28-03-2012		05-04-2012		10-04-2012		18-04-2012		25-04-2012		30-04-2012	
	P1			113	120	145	172							133	120	123								0.86	103	110	130	143	153	145				
P2			143	155	148	156							141	120	116								0.58	0.94	117	152	153	143	150					
P3			143	153	154	156							153	128	124								0.66	104	116	146	160	170	151					
P4			106	146	150	155							136	119	0.96								0.88	110	126	141	154	164	122					
P5			135	150	154	130							105	80	0.30								0.30	0.93	122	138	152	159	120					

Tableau 14. Évolution profonde de la nappe (en centimètre) avant drainage ; I : après irrigation du pilote et L : après irrigation des parcelles voisines.

N° de regard	Salinité en g/l	Avant drainage		Salinité en g/l après mise en service du pompage																																	
		0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5						
31-10-2011				08-02-2012	14/02-2012	20-02-2012	24-02-2012	28-02-2012	08-03-2012	10/03-2012	12-03-2012	16-03-2012	22-03-2012	28/03-2012	05-04-2012	10-04-2012	18-04-2012	25-04-2012	30-04-2012																		
0		6.87	6.85	6.58	6.56	6.45			-	-	6.62	5.95	6.1	6.54	6.85	-	-	-	6.51																		
1		6.79	6.51	6.51	6.37	6.40	6.64	6.56	6.40	6.56	6.58	5.91	6.1	6.4	6.84	6.56	6.42	6.77	6.51																		
2		6.75	6.76	6.24	5.92	5.94	6.56	6.54	6.5	6.5	6.48	5.92	5.81	6.36	6.72	6.50	6.05	6.12	6.56																		
3	10.66	6.82	6.81	7.66	8.16	8.18	6.75	6.45	6.48	6.45	6.37	5.79	5.4	6.29	6.94	7.25	7.94	8.06	6.48																		
4		6.85	6	6.67	6.80	6.78	6.64	6.39	6.64	6.39	6.37	5.64	5.31	6.20	6.95	6.14	6.66	6.91	6.34																		
5		6.18	6.78	6.78	-	-	6.24	6.32	6.24	6.32	6.11	5.66	5.20	6.16	6.18	6.4	6.645	6.76	6.69																		

0 : regard du coté du collecteur principal 1 : regard de pompage 2, 3, 4, 5 : regards allant respectivement de l'aval à l'amont

Tableau 15. Évolution de la salinité de l'eau de drainage (g/l) dans les regards de visite.

Profondeur (cm)	Conductivité électrique (mS/m)					
	Après drainage					Avant drainage
	P1	P2	P3	P4	P5	Echantillon global
20	2.91	2.48	3.82	2.6	1.44	13.7
40	2.78	2.37	3.72	3.29	1.64	10.1
60	2.76	2.44	3.73	2.78	2.42	11.4
80	2.73	2.4	2.92	2.16	2.35	9.5
100	2.49	2.12	2.72	2.03	2.61	9.2
120	2.22	1.86	2.55	1.86	2.31	-

Tableau 16. Résultats de suivi de la salinité du sol.

petites dimensions, sans prendre en considération les contraintes structurelles qui sont à l'origine de la dynamique régressive des systèmes de culture en place. Parmi ces contraintes figurent en particulier l'aspect foncier des exploitations et la gestion communautaire de l'eau. Dans le cas précis de ce pilote oasisien, la structure foncière actuelle n'est pas de nature à faciliter l'installation d'un réseau de drainage enterré. Il importe de prévoir une étape de négociation de l'acceptation du tracé du réseau à installer par les propriétaires concernés dans tout éventuel projet allant dans ce sens. En effet, la conception et la réalisation du réseau de drainage nécessitent la prise en compte, d'abord, du grand morcellement des propriétés, dans leur grande majorité de très petites tailles, ensuite de l'accord préalable des exploitants pour faire passer les canalisations dans leurs parcelles, avec parfois des arrachages d'arbres et autres dégâts facilement réparables.

On voit donc que le passage à une échelle spatiale qui intègre les aspects de gestion communautaire de la ressource eau nécessite la mise en place d'un pilote grandeur nature sur un ensemble d'exploitations formant *une unité pédo-hydrodynamique fonctionnelle*. Ce concept d'unité hydrodynamique fonctionnelle pourrait correspondre à un *des secteurs de l'oasis (10-20 ha)* défini par une ou (des) borne(s) d'entrée de l'eau d'irrigation dont on connaît le débit, d'une part, et une porte de sortie des eaux de drainage, dont on peut déterminer le débit également. De la sorte, il serait possible de faire les bilans d'eau (volumes et salinités des eaux d'irrigation et de drainage) et de sels, pour une ou plusieurs saisons agricoles. Ceci à côté des bilans financiers et économiques des exploitations.

Il est évident que l'identification d'un tel secteur nécessite une large contribution des services techniques du CRDA de Kebili ainsi que des GDA responsables de la gestion des eaux d'irrigation de l'oasis.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Localisation géographique : Gouvernorat de Médenine, région de Smar de Médenine, située à 12 km au nord-est de Médenine dans le Sud-Est tunisien.

Problématique locale de l'irrigation : la sédentarisation de la population locale, initialement nomade spécialisée dans le pastoralisme, le développement concomitant de l'oléiculture pluviale dans des conditions climatiques arides limites, ainsi que le recours à l'irrigation familiale à l'intérieur des plantations d'oliviers en utilisant les maigres ressources d'eau souterraines de qualité médiocre n'ont pas permis à ce jour de viabiliser l'économie rurale dans cette zone et de stabiliser la communauté paysanne sur ses terres. La pluriactivité et l'émigration restent pour de nombreux jeunes l'ultime solution pour améliorer les revenus des familles et tous les secteurs agricoles ont atteint leurs limites, par manque d'eau de bonne qualité.

La production de nouvelles ressources d'eau non conventionnelles pour l'irrigation pourrait devenir la solution à la problématique de développement de l'ensemble de la région. La population de toute la plaine de la Jeffara de Tunisie (gouvernorats de Médenine, de Tataouine, et de Gabès) est confrontée et concernée par cette perspective.

Thématique du pilote : le développement d'une agriculture irriguée familiale durable à l'intérieur des oliveraies, basée sur un système mixte d'oléiculture et de cultures maraîchères hors saison intensives avec **une grande efficacité de l'eau utilisée et à haute valeur ajoutée**. Ceci en recourant au dessalement de l'eau saumâtre disponible et aux techniques d'irrigation performantes, **en dehors de la saison estivale**.

Système de production agricole : il s'agit de passer d'un système de production oléicole pluvial non rentable menacé par les épisodes de sécheresse à un système mixte irrigué « oléiculture–maraîchage » intensif, intégrant l'élevage familial et dont les produits sont destinés plus à la commercialisation qu'à l'autoconsommation familiale.

Ressource d'eau exploitée : un puits de surface exploitant la nappe superficielle.

Disponibilité de l'eau pour l'irrigation : la disponibilité est limitée à environ 40 m³/jour.

Qualité de l'eau : l'eau du puits a une salinité moyenne de 4 g/l.

Mode de gestion de la ressource eau : le puits privé est géré à titre individuel, l'eau est pompée à l'énergie électrique.

Menaces qui pèsent sur ce système de production : l'oléiculture pluviale est constamment confrontée au déficit hydrique climatique et aux épisodes de sécheresse et le recours à l'irrigation aux eaux saumâtres stérilise les terres.

Tendance évolutive du système : le système de production traditionnel est en train de périliter.

1. Contexte général du pilote

Le pilote est situé dans la plaine de la Jeffara de Tunisie. Ce territoire est limité à l'ouest par la chaîne montagneuse des Matmata et au nord-est par la Méditerranée. Il est relayé à l'est et au sud-est par la Jeffara libyenne. La région fait partie de l'étage bioclimatique aride, sous-étage inférieur, avec un bilan hydrique climatique annuel négatif (Pa –ETPa) largement négatif (ETP > 1600 mm/an) et tous les bilans hydriques mensuels sont également déficitaires, ce qui rend l'agriculture pluviale inappropriée et exposée à de hauts risques de déficit hydrique. Elle est donc peu ou non productive. C'est aussi une région pauvre en ressources naturelles. La plupart des sols sont soit squelettiques, soit gypseux ou salins, et seules les accumulations sableuses éoliennes, accumulées particulièrement dans les vallées, comptent parmi les meilleurs sols ayant des aptitudes culturales appréciables pour certaines cultures pluviales dont en particulier l'olivier conduit par des techniques culturales de *dry-farming*. Quant aux ressources en eau souterraines, elles sont limitées à la nappe superficielle, liée structurellement au SASS, et dans certains endroits à la nappe du CI profonde. Le paysage était typiquement steppique et l'activité agricole y était limitée au pastoralisme nomade spécialisé en élevage ovin et caprin, avec secondairement l'élevage camelin cantonnée dans les zones basses halomorphes (Sebkhat...). Ce n'est qu'au début du siècle dernier que les meilleures terres avaient été mises en valeur par la culture de l'olivier pluvial.

Au plan administratif, une grande partie de cette plaine est rattachée au gouvernorat de Médenine. D'après les services techniques du CRDA de ce gouvernorat, il existe 5 469 puits de surface (dont 2 376 sont exploités à l'énergie électrique) qui permettent de mobiliser un volume d'eau annuel de l'ordre de 13 millions de m³ alloués en grande partie à l'usage agricole et l'irrigation familiale. La qualité de la plupart des eaux de cette nappe est médiocre à mauvaise (salinité totale de 2 à 7 g/l, avec une moyenne de 4-5 g/l) pour tous les usages, et elle se dégrade au fil des années sous l'effet de sa surexploitation.

Ceci à côté de 157 forages profonds atteignant la nappe profonde du Continental intercalaire, alloués en grande partie à l'eau potable et à l'irrigation de petits périmètres publics irrigués.

Actuellement, cette oléiculture occupe dans ce gouvernorat environ 200 000 ha (soit environ 15 % de la superficie totale de l'oléiculture tunisienne) avec plus de 4 millions d'oliviers (soit environ 6 % du nombre total d'oliviers du pays). Mais cette oléiculture est dans sa majorité peu productive et confrontée à de multiples contraintes (aridité croissante, épisodes de sécheresse, détérioration des termes d'échange par rapport aux coûts de production (intrants chimiques, main d'œuvre) qui menacent sa durabilité et la stabilité sociale dans l'ensemble de la région. C'est dans ce contexte que le génie paysan s'est orienté vers l'irrigation à l'eau saumâtre de cultures familiales (maraîchères, céréalières et fourragères...) sur de très petites surfaces dans les interlignes des oliveraies. Cette activité améliore dans le court terme, un tant soit peu les revenus des ménages. Cependant, l'impact négatif de ces eaux saumâtres, utilisées de surcroît durant le plein été, cause inéluctablement la dégradation des terres.

L'irrigation traditionnelle est pratiquée durant la saison sèche et chaude avec des cultures très consommatrices d'eau (pastèque, tomate, sorgho à grain). Il en résulte une allocation d'un volume d'eau important et un apport de quantités notables de sels solubles qui finissent par s'accumuler dans la couche superficielle du sol.

Le système de production agricole oléicole et l'irrigation qui s'y développent sont donc de plus en plus menacés d'abandon par la nouvelle génération des exploitants, faute de rentabilité. D'où la recherche d'une alternative à cette situation à laquelle est confrontée toute la population de cette région. C'est la raison pour laquelle l'Autorité de l'eau en Tunisie a proposé de considérer cette problématique Eau-Agriculture dans la composante « pilotes de démonstration agricole » du projet SASS III, avec pour objectif d'ouvrir des perspectives de solution durable au déficit hydrique.

2. Problématique du pilote

Dans la plaine de la Jeffara, tous les secteurs agricoles sont en crise :

- l'élevage ovin et caprin a atteint ses limites et se trouve confronté à un déficit croissant en unités fourragères d'origine pastorale. Les superficies des parcours s'amenuisent suite à la mise en culture de vastes superficies et la productivité des parcours restant ne cesse de diminuer sous l'effet de leur surexploitation.
- L'oléiculture pluviale n'est plus rentable à cause de la grande variabilité pluviométrique inter-annuelle et les menaces de sécheresse, d'une part, et l'accroissement continu des coûts de productions, d'autre part.
- L'irrigation familiale privée aux eaux saumâtres des puits de surface a montré ses limites et ne pourra en aucun cas constituer la solution idoine et durable à la demande sociale en eau d'irrigation de bonne qualité.

- L'irrigation dans les périmètres publics à partir des forages profonds ne pourra plus s'étendre faute de ressources hydriques souterraines en grandes quantités et de bonne qualité.

Le développement agricole dans cette plaine, support du développement rural, nécessite des solutions spécifiques à chacun de ces secteurs, dans le cadre d'un schéma directeur global, intégré et cohérent. Pour ce qui concerne l'irrigation familiale à l'intérieur des oliveraies, liée fondamentalement à la problématique de la pénurie d'eau, la solution reste conditionnée par la levée du premier facteur limitant, à savoir l'eau de bonne qualité pour l'irrigation. Compte tenu de l'impossibilité d'augmenter l'offre des ressources conventionnelles, il ne reste plus, tout en mobilisant les dernières ressources souterraines non avérées, qu'à produire de l'eau par voie de dessalement des eaux de qualité médiocre. Dans une première phase, il importe de focaliser l'attention et l'effort sur les ressources souterraines saumâtres des puits de surface existants.

3. Thématique du pilote

Dans ce pilote, la démonstration portera donc sur le dessalement de l'eau saumâtre pour l'irrigation du système de culture familial réadapté à l'exigence des performances techniques et économiques. Les améliorations susceptibles de garantir à la fois la rentabilité économique, l'acceptation sociale et la conservation de la nappe exploitée seront introduites.

4. Objectif du pilote

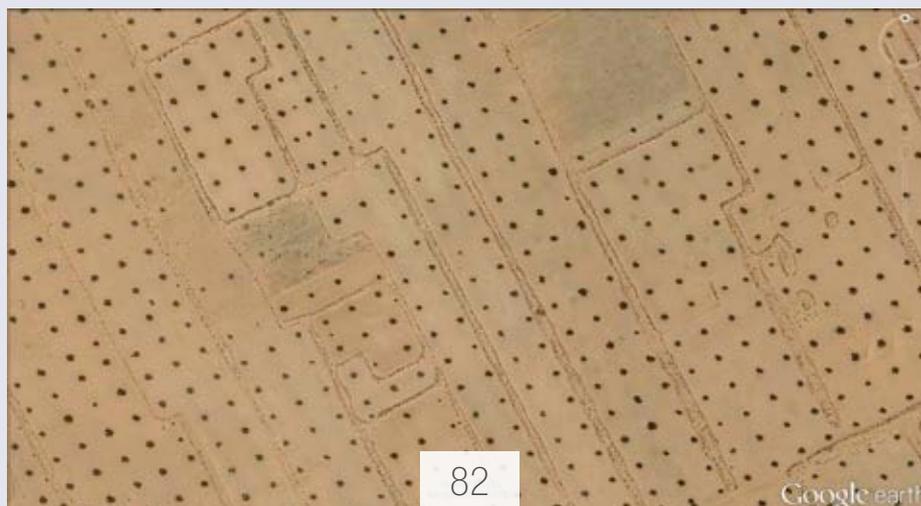
Montrer qu'il est possible d'améliorer les performances de l'agriculture irriguée, rentabiliser les investissements nécessaires, maîtriser les impacts environnementaux négatifs qui pourraient en découler et améliorer le revenu du ménage de l'exploitant.

5. Localisation et caractéristiques du pilote

L'exploitation agricole du pilote est une parcelle agricole de 1,2 ha située à 12 km au nord-est de Médenine sur une terrasse de la rive droite de l'oued Smar, appartenant à la famille Lassoued et gérée par Mabrouk Lassoued et ses frères.

Les coordonnées géographiques de cette parcelle sont : X= 10° 25 23 28 E ; Y= 33° 25 23 28 N ; Z= 34 m

La parcelle du pilote comporte une vingtaine d'oliviers non irrigués, mal entretenus, peu productifs, avec de nombreux arbres manquants. Elle est située à côté d'un puits de surface équipé d'une électropompe et pouvant débiter une quarantaine de m³ par jour. La salinité totale de l'eau est de 4,14 g/l et son analyse chimique détaillée est rapportée au tableau 17.



82



83



84



Figure 82. Oliveraies de la région de Zarzis développées sur des terres sableuses.

Figure 83. Oliviers desséchés durant les épisodes de sécheresse (septembre 2010 à la veille des premières pluies d'automne).

Figure 84. Un des nombreux puits de surface et son petit bassin qui marquent le paysage de la région.



85



86



87

Figure 85. Parcelle de cultures vivrières de plein été irriguées aux eaux saumâtres.

Figure 86. Illustration du mode d'irrigation d'été par submersion. (Notons que les oliviers ne sont pas directement irrigués, mais bénéficient indirectement des irrigations de cultures maraîchères grâce à leur système racinaire latéral puissant).

Figure 87. Culture de pastèque avec des eaux saumâtres de plein été. (Notons la différence de développement de l'olivier de la parcelle irriguée avec les oliviers de la parcelle non irriguée au 2^e plan).



88

Figure 88. Olivier bénéficiant des irrigations des cultures intercalaires, très productif, soustrait aux impacts de la sécheresse. Il porte une récolte de plus de deux cents kg d'olive, soit 10 fois la production moyenne/ arbre dans cette région. Cependant, l'irrigation à l'eau saumâtre a déjà affecté le sol par un processus de salinisation.

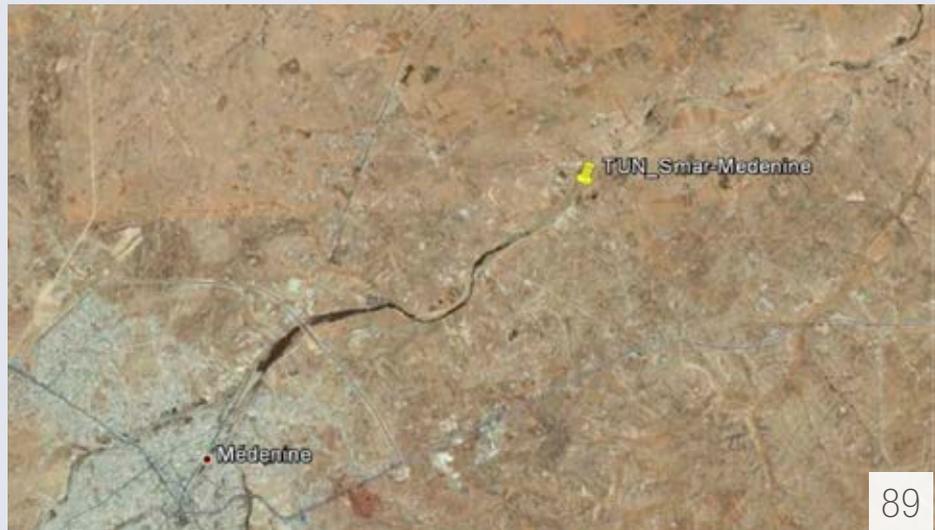


Figure 89. Localisation du site du pilote par rapport à la ville de Médenine (flèche jaune).

Figure 90. Localisation du site du pilote sur la berge droite de l'Oued Smar (flèche jaune).

Figure 91. Délimitation de la parcelle du pilote.



CE à 25° C en $\mu\text{S}/\text{cm}$	5 570
TDS (total des sels solubles) mg/l	4 526,4
Résidu sec calculé mg de sels solubles/litre	4 146
Na	577
K	18,5
Ca	545
Mg	205
Fe	< 0,050
Cl	1 040
SO₄	1 970
HCO₃	121
CO₃	0,0
NO₃	49,9

Tableau 17. Fiche d'analyse du puits du pilote (analyse réalisée au CITET).

La production initiale moyenne de cette parcelle était variable et réduite en moyenne à 50-200 de kg d'olives/an et quelques dizaines d'unités fourragères à partir des mauvaises herbes (l'équivalent de 100 kg d'orge) broutés par le petit cheptel ovin familial.

6. Plan d'action du pilote

Il comporte les quatre axes prévus pour tous les pilotes, à savoir institutionnel, technique, de suivi évaluation et de diffusion des résultats.

Les principales activités prévues, adoptées et réalisées se déclinent comme suit :

- la mobilisation des partenaires au niveau local ;
- l'élaboration d'un plan parcellaire avec une rotation appropriée des cultures prévue ;
- des travaux d'aménagement des parcelles ;
- l'acquisition de deux serres, de petits tunnels de cultures maraîchères protégées et du réseau d'irrigation localisée ;
- l'acquisition, l'installation et la mise en service de la station de dessalement de l'eau du puits ;
- l'installation des serres, des tunnels et du réseau d'irrigation ;
- la construction d'un bassin de stockage des eaux dessalées et d'un bassin de mélange des eaux d'irrigation ;
- l'acquisition et l'installation d'une électropompe pour la distribution et la mise sous pression des eaux d'irrigation ;

- l'acquisition des semences et plants sélectionnés et intrants agricoles ;
- la mise en place des cultures ;
- le suivi technique des pratiques culturales par le Comité local de suivi composé du CN, du chef de l'Unité de suivi des projets au CRDA de Médenine, du vulgarisateur agricole de la localité de Smar ; ceci sous la supervision rapprochée des directeurs généraux successifs du CRDA, avec l'accompagnement de l'équipe de l'OSS ;
- la diffusion des résultats par des visites du pilote, des ateliers, une plaquette et d'une séquence d'un film.

Ce plan d'action et les modalités de sa mise en œuvre ont fait l'objet de longues concertations avec tous les partenaires du projet, qui ont permis de cerner les principes directeurs qui ont guidé la réalisation des démonstrations attendues.

Parmi ces principes, figurent en particulier :

- le bannissement de l'irrigation de cultures annuelles durant les quatre mois les plus chauds, à savoir juin, juillet, août et septembre, pour minimiser la consommation d'eau et éviter les cultures à faible valeur ajoutée. De ce fait, la suppression des cultures maraîchères classiques d'été a permis d'allouer l'eau disponible, durant cette saison chaude, à la satisfaction des besoins hydriques des oliviers et de la parcelle de luzerne.
- La période des cultures herbacées s'étale dorénavant sur les huit mois restant, correspondant à la saison fraîche, sous serre, sous tunnel et en plein champ.
- Les espèces et les superficies de ces cultures herbacées sont déterminées sur la base de leurs besoins hydriques, de leur cycle végétatif, du bilan hydrique général du pilote et de leurs aptitudes respectives à valoriser au mieux possible l'eau utilisée (au plan quantitatif et économique).
- L'eau dessalée est utilisée après mélange à l'eau saumâtre du puits pour obtenir deux qualités d'eau pour l'irrigation des cultures selon leur tolérance à la salinité (1 g/l pour les cultures maraîchères et 1,5 g/l pour l'olivier et la luzerne).
- Parmi les cultures herbacées retenues, il a été jugé indispensable d'inclure une petite parcelle de culture fourragère (luzerne, orge en vert) pour contribuer à subvenir, en partie, aux besoins alimentaires du cheptel familial, soit en moyenne deux brebis et leurs suites.
- La tenue d'une comptabilité rigoureuse des dépenses et des recettes, ainsi que des produits autoconsommés par le ménage de l'exploitant.

7. Évaluation des activités réalisées

Activités prévues	Degré de réalisation	Résultats	Moyen de vérification
Activités d'ordre institutionnel			
Mobilisation des acteurs de l'eau au niveau local	Totalement	Engagement volontaire des exploitants agricoles et des autres acteurs à participer à la réalisation du pilote	Rapport de la 1 ^{re} mission du CR dans cette région
Recrutement du Consultant national	Réalisé	Contrat signé et démarrage des activités du CN	Le document du contrat Rapport trimestriel du CN
Organisation d'un atelier de sensibilisation	Réalisé	Engagement des partenaires du projet acquis	Rapport trimestriel du CN
Constitution du Comité local de suivi-évaluation	Réalisée	Composition du comité arrêtée	PV de la réunion pour la constitution du Comité Rapport trimestriel du CN
Conventions de partenariat	Conv. de partenariat multipartite avec l'IRA, le CRDA de Kebili et l'exploitant	Participation effective des partenaires à la réalisation et au suivi du pilote	Convention signée par les partenaires Rapport trimestriel du CN
Activités d'ordre technique			
Prospection de terrain avec le CN et l'Autorité de l'eau, le Service agricole et l'exploitant agricole pour choix du site du pilote	Totalement	Site et exploitation du pilote sélectionnés	Rapport de mission du CR Rapport trimestriel du CN
Étude technique et conception des composantes du pilote	Totalement	Plan d'action du pilote établi et adopté	Rapport trimestriel du CN
Identification des aménagements et équipements nécessaires	Totalement	Liste des équipements et estimation du coût du pilote	Rapport trimestriel du CN Devis des équipements

Mise en œuvre du plan d'action comportant notamment la construction d'un bassin de stockage, la pose des serres et tunnels, la pose du réseau d'irrigation, l'acquisition et l'installation de la station de dessalement, réalisation des 1 ^{re} et 2 ^e saisons agricoles avec des innovations techniques	Totalement réalisé	Tous les équipements mis en place et fonctionnel, station de dessalement installée et fonctionnelle, et le système de culture mis en place	Rapport trimestriel du CN Rapport trimestriel du CR
Performances agricoles	Totalement réalisées	Bonne valorisation de l'eau, rendements élevés pour les cultures mises en place	Le rapport du premier atelier régional de diffusion des résultats des pilotes (juin 2012)
Performances économiques	Accomplies	Excellents résultats de la première saison agricole	Le rapport de première étape
Performances environnementales	Évaluées	Pas de salinisation du sol	
Activités de vulgarisation et diffusion des résultats			
Atelier d'information	1 ^{er} atelier de sensibilisation réalisé	Engagement des exploitants à recevoir le pilote dans leurs exploitations	1 ^{er} rapport trimestriel du CN
Diffusion des résultats	Présentation de la synthèse des stratégies nationales de l'eau des trois pays au Comité de pilotage du Projet à Alger en mai 2011	Une présentation de la synthèse en PowerPoint	Document de la synthèse Rapport de mission du CR à Alger pour le Comité de pilotage du projet
Visite du pilote	Par le directeur général du CRDA de Médénine en compagnie de ses collaborateurs, par le Secrétaire exécutif de l'OSS, par des experts de nombreux bailleurs de fonds et par le ministre de l'Agriculture (juin 2014)	Satisfaction des visiteurs	Rapport semestriel du CN Rapport de mission du CR

Premier atelier régional de restitution des résultats des pilotes à Médenine en juin 2012	Plus de 80 participants des trois pays dont des exploitants et des décideurs de l'eau	Présentation des résultats et visite du pilote ; discussion des résultats et perspectives répliation pilote à une échelle plus grande	Rapport de mission du CR sur la tenue du premier atelier régional sur les pilotes à Médenine.
Atelier national de restitution et d'évaluation des pilotes de Tunisie (Jerba septembre 2013) Atelier régional, Alger mai 2014	Trente responsables décideurs des niveaux national, régional et local ont participé à cette rencontre Participation des trois pays	Présentation et discussion des résultats, formulation de recommandations pour la répliation des pilotes Validation des résultats	Communication des résultats sur PowerPoint Rapport sur les résultats de cet atelier
Activités de suivi-évaluation et de reporting			
Rapports trimestriels du consultant national	Rapport du CN en charge de ce pilote réceptionné et validé	État d'avancement de mise en œuvre du pilote bien décrit	Document du rapport du CN
Rapports trimestriels du CR	Soumis et validés	Informations partagées	Rapports réguliers du CR
Rapport semestriel du CR	Rapport du premier semestre (juil. à déc. 2011) soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Rapport semestriel
Rapport annuel du CR	Rapport soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Rapport
Rapport de mi-parcours du projet	Soumis à l'OSS et validé	Une auto-évaluation présentée	Rapport
Rapport de 1re étape de juin 2012	Soumis à l'OSS et validé	Une auto-évaluation présentée	Rapport
Rapport semestriel de décembre 2012	Soumis à l'OSS et validé	Tous les objectifs du pilote ont été atteints	Rapport
Rapport sur les résultats des pilotes de Tunisie (mars 2013)	Soumis à l'OSS et aux partenaires tunisiens	Tous les résultats obtenus discutés et validés	Rapport de mission de l'atelier
Projet de Rapport final de la composante pilotes (déc. 2013)	Soumis à l'OSS et validé	Les résultats de tous les pilotes finalisés	Rapport en question
Rapport final sur la composante Pilotes	Soumis à l'OSS et aux partenaires du projet	Les résultats définitifs de la composante	Ce rapport

Tableau 18. Évaluation des activités réalisées.

8. Résultats obtenus

Les réalisations de ces activités sont illustrées par les figures suivantes.

Figure 92. Quelques membres de l'équipe des acteurs locaux.

Figure 93. Puits de surface du pilote réhabilité, avec l'abri de la station de dessalement.



Figure 94. Château d'eau de stockage de l'eau dessalée.

Figure 95. Station de dessalement d'une capacité de traitement de 40 m³/jour d'eau à 4 g/l avec un rendement de 50 %, soit 20 m³/jour d'eau à moins de 0,2 g/l de sels totaux solubles.

Figure 96. Bassin de mélange des eaux saumâtres et dessalées pour l'obtention de différentes qualités d'eau.



93



94



95



96

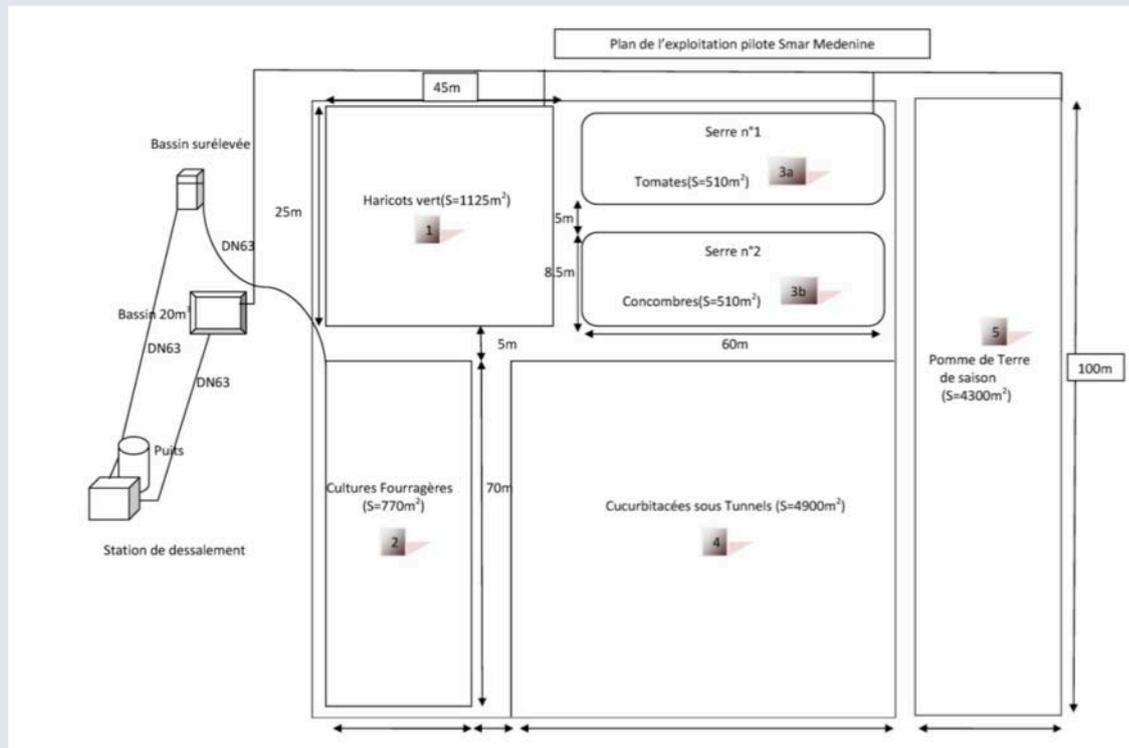


Figure 97. Plan parcellaire de l'exploitation de la première saison agricole (2011-2012).

Ce plan est conçu pour mettre en place deux serres classiques pour des cultures de tomate et de concombre de primeur, une culture de concombre précoce sous tunnel et des cultures de pomme de terre et de salade de saison hivernale. Ceci avec une parcelle de luzerne pour satisfaire les besoins alimentaires du cheptel ovin familial, comme prévu. Toutes les cultures sont irriguées et fertilisées au mode goutte à goutte. La fertilisation est mixte, organique et minérale, et les traitements phytosanitaires sont pour la plupart préventifs.

Au cours de la deuxième saison agricole et suite au succès économique enregistré au cours de la première saison, l'exploitant a pris l'initiative, après concertation avec les consultants et les services techniques du CRDA, d'acquérir sur ses propres moyens financiers deux nouvelles serres pour étendre les cultures maraîchères de primeurs. L'accord des techniciens n'a été accordé qu'après vérification du bilan hydrique et la satisfaction des besoins hydriques de toutes les cultures, y compris ceux de l'olivier.

L'état initial de la parcelle du pilote est représenté sur la photo suivante qui a été prise juste après un gros labour de défrichage.

Figure 98. Parcelle du pilote **avant** et **après** le démarrage des premières cultures en mars 2012.



99



100

Figure 99. Parcelle du pilote après la mise en place des cultures (mars 2012).

Figure 100. Démarrage d'une culture de tomate dans l'une des deux serres.



101

Figure 101. Une des deux serres installées dans l'espace intercalaire des lignes d'olivier.



102

Figure 102. Culture de tomate sous serre en pleine production le 5 juin 2012.



103

Figure 103. (a et b) Récolte du concombre le jour de la visite du pilote par les participants à l'atelier de diffusion des résultats des pilotes des trois pays (le 5 juin 2012).



104



105

Figure 104. Culture de pomme de terre de saison en juin 2012 à la récolte.

Figure 105. Agriculteurs de la localité de Smar participant au premier atelier de diffusion des résultats de la composante « Pilotes » des trois pays, en compagnie du coordinateur du projet SASS III.

Les premiers résultats relatifs aux performances techniques, économiques et environnementales obtenues sont jugés très bons, et même inespérés, par tous les partenaires du projet ainsi que par les visiteurs des trois pays aux ateliers lors de la tenue du premier atelier régional sur les pilotes (Médenine, juin 2012). Ces résultats ont été confortés et même améliorés lors de la 2^e saison agricole.

Culture	Superficie (m ²)	Date de mise en place	Date première récolte	Production totale en kg	Rendement tonnes/ha	Productivité/m ² Kg/m ²	Prix moyen vente Dinar/g	Recettes Dinar tunisien
Tomate primeurs/serre	510	6/12/11	6/4/12	5 500	108	10,8	0,910	4 122
Salade	1 125	4/3/12	25/4/12	4 082	36	3,6	0,630	2 500
Concombre primeurs/serre	510	7/12/11	20/4/12	5 070	99,4	9,94	0,770	1 862
Concombre s/tunnel	4 980	26/1/12	5/5/12	12 536	25	2,5	0,491	5 796
Pomme de terre saison	4 900	11/2/12	4/6/12	15 060	30,7	3,07	0,478	7 505
Luzerne	840	15/4/12	Fin juillet	770*	0,9*	0,9*	0,125	96
Olive			Nov.12	1 300 kg	1 000 Kg			1 000
Total	12 865			4 3018				2 2881

Tableau 19. Performances agricoles et recettes de la première saison agricole 2011-2012.

Les recettes totales de cette première saison agricole s'avèrent très encourageantes en première analyse. Cependant, ce qui compte au final, c'est la marge brute que laisse ce système de culture et son impact sur le revenu de l'exploitant.

La marge brute a donc atteint 7761 dinars tunisiens pour toute la superficie du pilote, ce qui correspond à 6467 DT/ha ou 4042 US \$/ha. Comparée à celles dégagées par l'oléiculture pluviale (150/ha en moyenne) et le système de culture irrigué familial à base de maraîchage et sorgo d'été (800 DT/ha), elle dénote une très grande amélioration de la valorisation économique de l'eau d'irrigation. Reste à confirmer cette performance dans la durée.

Pour l'exploitant, ce résultat est très positif ; il en est profondément convaincu et, pour preuve, il a investi ses bénéfices engrangés la première année dans l'acquisition de deux serres et leur exploitation immédiate au cours de seconde saison agricole, tout en respectant l'équilibre du bilan hydrique de son exploitation et les autres principes arrêtés d'un commun accord.

Rubriques	Main d'œuvre	Mécanisation	fumier	Semence	engrais	Maintenance station	Commercialisation	Amortissement		Total
								Station	Serre et réseau	
Total Charges	3 076	570	990	2 028	1 406	1 993	1 300	1 970	1 786	15 119 DT 9 450 US\$
Total Recettes	22 881 DT ou 14 300 US\$									
Marge brute	+ 7 761 DT ou 4 852 US\$ 6467 DT/ha ou 4042 US\$/ha									

Tableau 20. Bilan économique de la 1^{re} année du pilote.

Il importe de souligner par ailleurs que le montant total des investissements (charges fixes et charges variables de la première année) a atteint 44 537 DT auxquels l'exploitant a participé pour un montant global de 11 655 DT répartis comme suit : 5 000 DT en charges fixes et 6 655 DT en charges variables ; ce qui représente environ 25 % du total des investissements. L'implication de l'exploitant dans ce financement est un des critères de sélection de l'exploitation, c'est aussi un gage de succès du nouveau système de culture proposé.

Au plan social, ce système de culture a créé de nouveaux emplois : un poste permanent et plus de 300 journées de travail temporaire réparties sur une saison agricole de huit mois. Ce qui ouvre des perspectives prometteuses dans la lutte contre le chômage en milieu rural dans cette zone.

Au plan environnemental, ce système a enrayé les risques de salinisation du sol, puisque la charge saline des eaux d'irrigation (mélange des eaux dessalées avec l'eau saumâtre) est fortement réduite. Les résultats d'analyse du sol à la fin de la saison agricole a bien montré que le processus de salinisation du sol est bien maîtrisé.

Date des mesures de la salinité	Évolution de la salinité de l'eau du puits de surface g/l	Évolution de la salinité de l'eau dessalée g/l	Évolution de la salinité du sol
			Moyenne /maximum de la salinité des cinq premières couches superficielles du sol (0- 20/ 21-40/41-60/ 61-80/ 81-100 cm) ms/cm dans l'extrait 1/5
2 Janvier 2012	4, 1	0,03- 0,1	3,4
25 juin 2012	4	0,03- 0,1	4,5

Tableau 21. Évolution de la salinité des eaux et du sol.

Ces résultats témoignent clairement du bon fonctionnement de la station de dessalement, tant que sa maintenance est assurée correctement, et de l'absence totale d'impact négatif du mode d'irrigation utilisé sur la qualité du sol, ce qui répond parfaitement à un des objectifs du pilote. Bien que les saumures résultant du dessalement soient rejetées dans l'oued Smar qui jouxte l'exploitation, la quantité de sels qui rejoint la nappe est équivalente à celle qui infiltre les terres durant une saison agricole avec le mode d'irrigation traditionnel à l'eau saumâtre.

9. Résultats de la seconde année agricole

Le plan d'action arrêté pour cette 2^e saison tient compte de l'acquisition des deux nouvelles serres avec une extension de la superficie cultivée à 1,38 ha, tout en respectant les principes généraux convenus avec tous les partenaires. Le taux d'intensification a atteint alors 131,6 %.

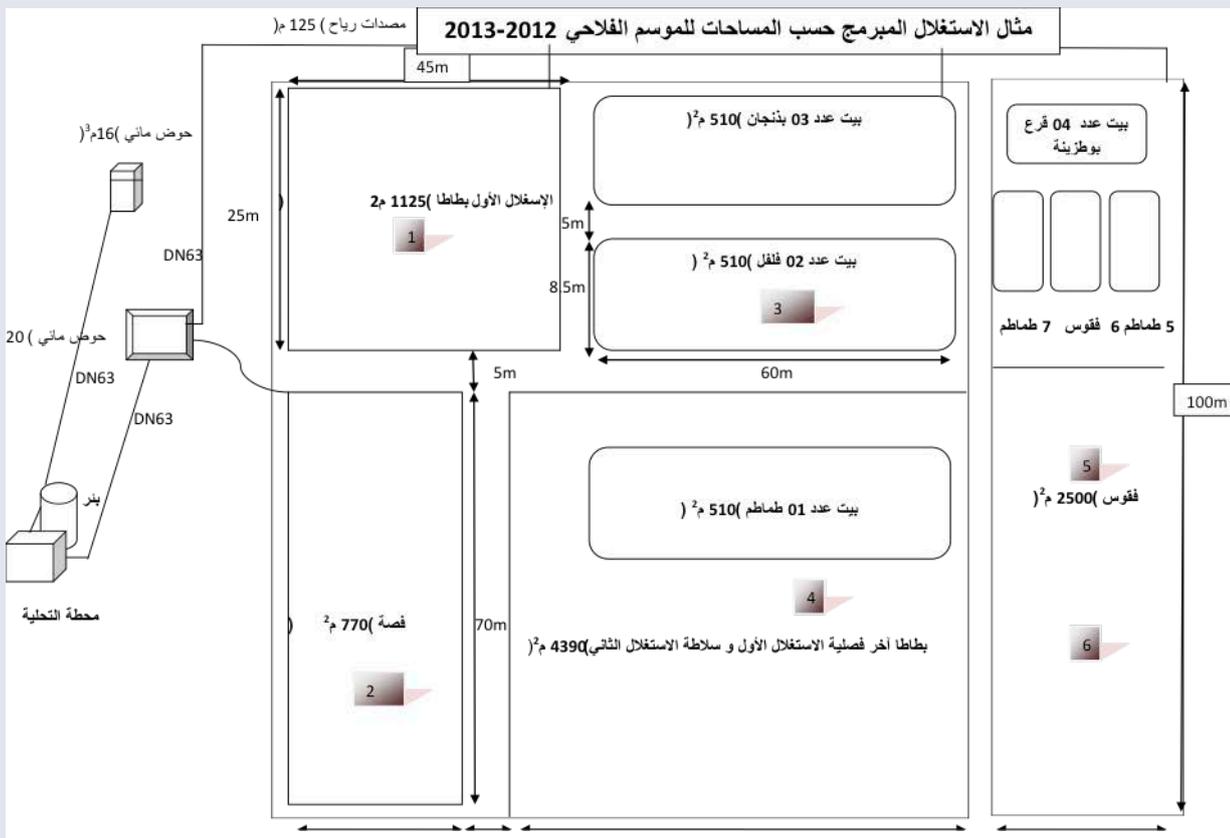


Figure 106. Plan parcellaire de l'exploitation du pilote au cours de la seconde année agricole.



106



107

Figure 107. Occupation du sol du pilote vers la fin mars 2013 (après la récolte des cultures intercalaires de plein champ).

Figure 108. Excellent développement d'une culture précoce de piment conduite sous serre.

Le plan parcellaire suivant illustre l'emplacement des serres et des parcelles des autres cultures.

Ces cultures se répartissent en :

- cultures d'arrière-saison (ou dérochées) en automne (septembre à décembre 2012) comme la pomme de terre ;
- cultures de primeurs d'hiver (octobre 2012 à mai 2013 conduites sous serre, sous tunnel ou en plein air).

Au plan technique, les rendements de la plupart des cultures récoltées en 2013 étaient élevés, à l'exception d'une culture de salade qui a été endommagée par les oiseaux et les souris qui en ont profité en l'absence de verdure dans un contexte de sécheresse grave qui a frappé la région. Quant au bilan économique de cette 2^e saison, il est synthétisé au tableau 22.

Rubriques	Main d'œuvre	Mécanisation	fumier	Semence	Fertilisants	Maintenance et énergie	Commercialisation	Amortissement		Total
								Station	Réseau irr.	
Total Charges	5 549	930	1 500	2 893	2 598	1 060	3 119	1 970	3 642	22 332 DT 3 958 US\$
Total Recettes	35 799 DT ou 22 374 US\$									
Marge brute	13 466 DT ou 8 416 US\$ soit 9 757 DT/ha ou 6 098 US\$/ha									

Tableau 22. Bilan économique de la 2^e année du pilote.

Ces résultats confirment les grandes performances réalisées au cours de la 1^{re} saison agricole qui se sont en plus nettement améliorées avec les deux nouvelles serres et une légère extension de la superficie cultivée (1,38 ha au lieu de 1,2 ha). La comparaison de ces performances économiques rapportée au tableau 23 montre le chemin parcouru dans l'augmentation de l'efficacité économique de l'eau moyennant une intensification raisonnée du système de culture familial en comparaison avec les systèmes traditionnels en vigueur. La marge brute dégagée à l'hectare au cours de la 2^e année du pilote est quarante fois celle du système oléicole pluvial et plus de sept fois celle obtenue par le système irrigué traditionnel, avec un potentiel évident d'amélioration de ces performances. En effet, la perte de la culture de salade par divers prédateurs (oiseaux et rats) dans un contexte de sécheresse a réduit incontestablement la marge brute.

Par ailleurs, ce système intensif met en évidence l'existence d'un gisement de productivité physique et économique, d'employabilité et de rentabilité à travers le dessalement des eaux saumâtres et leur utilisation en irrigation, malgré son coût considéré relativement élevé. De

plus, l'augmentation du coût du dessalement au cours de la 2^e année du pilote (Tableau 24) n'a pas empêché l'exploitant de réaliser une bonne marge brute à la fin de la saison agricole. Cela démontre l'élasticité de la capacité de l'exploitant à payer l'eau d'irrigation à un prix élevé, pourvu que le système de culture soit en mesure de rentabiliser les investissements nécessaires. Ce résultat conforte un des résultats de l'Enquête socioéconomique et environnementale (2^e composante du projet SASS III), à savoir que, dans la diversité des situations de l'irrigation dans la zone SASS, plus le système de culture est intensif, plus l'exploitant valorise l'eau, même à des coûts réels de l'eau nettement plus élevés que ceux pratiqués dans les systèmes traditionnels (eau gratuite ou payée uniquement sur la base du coût de maintenance des ouvrages de distribution).

Au plan environnemental, les résultats de la 2^e année confirment ceux obtenus en fin de 1^{re} année, à savoir la maîtrise totale du risque de salinisation du sol.

Rubriques	Charges (DT)
Amortissement de la station	1 970 (19 700 amortis sur 10 ans)
Maintenance de la station (changement des filtres et membranes)	1 369
Energie électrique pour dessalement	1 200
Volume d'eau dessalée m ³	3 485
Coût du m ³ d'eau dessalée compte tenu de l'amortissement de la station	1,302
Coût du m ³ d'eau dessalé sans compter amortissement de la station	0,732
Coût énergétique du dessalement d'1 m ³	0,344

Tableau 23. Composantes du coût du dessalement de l'eau du puits.

10. Conclusion

Toutes les composantes du pilote ont été mises en place et fonctionnent du mieux possible. Le plan de culture prévu a été réalisé durant deux saisons consécutives et l'exploitant a honoré tous ses engagements (participation au financement, prise en charge des coûts de main-d'œuvre, du fumier et de l'énergie électrique, poursuite de l'adoption du système de culture après la durée du projet. . .). De même, tous les autres partenaires (IRA, DGRE et DGGREE. . .) du projet ont joué pleinement leurs rôles respectifs. Notons à ce propos la contribution permanente et efficace de l'ensemble du personnel du CRDA de Médenine.

Les résultats techniques, économiques et environnementaux obtenus dans ce pilote durant deux années consécutives, évalués aussi bien en interne par le CLSP et d'autres instances techniques, que par des évaluations externes, sont jugés très positifs. Présentés aux participants des divers ateliers nationaux et régionaux (Médenine, juin 2012 ; Jerba,

Rubriques	Avant projet ; Système oléiculture pluvial	Avant projet ; Système mixte oléicult/C. irriguées été	1 ^{re} année pilote Système mixte oléicult/C.irrig. hors saison	2 ^e année pilote Système mixte oléicult/C. irrig. hors saison
Superficie	1,2	1,2	1,2	1,38
Taux (%) d'intensification	25	40	125	131
Marge brute DT ou US \$	150	800	6467 ou 4042 US \$	9757 ou 6098 US \$
Nb emplois	18 journées de travail	200 journées	1 emploi permanent et 300 journées temporaires	1 emploi permanent et 350 journées temporaires
Coût du dessalement de 1 m ³ d'eau saumâtre	000	000	1,1 DT avec amortissement station et 0,6 DT sans amortissement station	1,3 DT avec amortissement station et 0,7 DT sans amortissement station

Tableau 24. Comparaison des performances économiques du pilote avec les systèmes de culture traditionnels.

septembre 2013 ; Alger, mai 2014) ainsi qu'aux réunions successives du Comité de pilotage du projet, ils ont été considérés comme très prometteurs et sont susceptibles d'ouvrir des perspectives nouvelles par rapport à l'avenir de l'irrigation dans cette région en particulier, et même pour d'autres zones similaires en Libye et en Algérie.

Visités par de nombreux exploitants, techniciens du ministère de l'Agriculture et d'organismes bailleurs de fonds, ce pilote a suscité un grand intérêt pour sa réplication chez d'autres agriculteurs, même dans d'autres régions. Il est évident que la rentabilité de ce système dépasse les objectifs attendus, compte tenu du coût élevé du dessalement. Certes, les résultats obtenus sont de nature à encourager les initiatives de réplication de ce modèle, il n'en reste pas moins vrai que ces performances sont obtenues par un seul exploitant, sur une petite exploitation de 1,2 ha, avec l'accompagnement du projet. C'est dire qu'il importe de valider ce modèle dans plusieurs exploitations d'un même terroir dans le cadre d'un système de production intégrant toutes les dimensions techniques, économiques, commerciales et environnementales de problématique locale de développement de l'irrigation. Ceci avant de procéder à une réplication généralisée de ce pilote dans des contextes qui pourraient s'avérer inadaptés.

Par ailleurs, l'impact de l'irrigation des cultures intercalaires dans les oliveraies sur le développement et la productivité des oliviers, jadis cultivés en pluvial, a été très positif

et a contribué à améliorer la rentabilité des investissements consacrés au dessalement. Le rendement initial a été multiplié par 4 à 5, les oliviers ont échappé à la sécheresse et la marge brute dégagée par l'olivier s'est incontestablement améliorée. C'est une autre perspective qui s'ouvre aux planificateurs pour maîtriser les menaces de dépérissement des oliveraies des régions arides sous l'effet des épisodes de sécheresse qui deviennent de plus en plus fréquents et longs dans ces régions. Le futur pilote de démonstration agricole sur un pilote de système de production devrait apporter des réponses plus précises aux multiples interrogations sur l'avenir du dessalement des eaux saumâtres pour l'irrigation.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Pilote 7

Localisation géographique : gouvernorat de Gabès, délégation d'El Hamma, région de Magcem, située à 5 km à l'est d'El Hamma sur la route reliant Gabès à Kebili.

Problématique locale de l'irrigation : d'importantes ressources d'eau géothermales disponibles en Libye ne sont pas valorisées en irrigation de cultures intensives comme en Tunisie.

Thématique du pilote : utiliser les eaux géothermales en irrigation de cultures maraîchères hors saison à haute valeur ajoutée.

Système de production agricole : il s'agit de transférer un savoir-faire en matière d'utilisation des eaux géothermales pour l'irrigation de cultures intensives de primeurs à haute valeur ajoutée, à haute employabilité et rémunératrices.

Système de culture : système de cultures maraîchères intensives d'hiver sous serre en milieu contrôlé.

Ressource d'eau exploitée : eaux géothermales à partir d'un forage dans le Continental intercalaire.

Disponibilité de l'eau pour l'irrigation : le débit du forage est de 50 l/s, il couvre largement les besoins de l'exploitation.

Qualité de l'eau : l'eau du forage a une salinité moyenne de 3 à 3,5 g/l et une température initiale de plus 40 °C.

Mode de gestion de la ressource eau : le puits est géré à titre individuel, l'eau est pompée à l'énergie électrique.

Tendance évolutive du système : ce système est durable sous réserve d'évacuer les eaux résiduaires de la station de dessalement dans un niveau de base salin, comme le Chott. De plus, la température de l'eau baisse au fil des années, ce qui nécessite un complément d'énergie pour le chauffage des serres.

NB. Ce pilote remplace le pilote 4 prévu en Libye sur la même problématique.

1. Contexte général du pilote

Ce contexte est marqué par une disponibilité de ressources en eaux géothermales non négligeables dans la zone, et par l'accumulation d'un acquis de savoir-faire local et de résultats de recherches en matière de valorisation de ces ressources en irrigation

de cultures à haute valeur ajoutée. Au plan social, la zone se distingue par l'existence d'une paysannerie expérimentée et d'une forte demande sociale en eau, en l'absence d'organisation paysanne susceptible de résoudre le problème de financement des projets individuels d'irrigation. Un conflit autour de l'allocation de cette ressource d'eau géothermale entre la petite paysannerie d'un côté et les grands projets capitalistiques de l'autre semble se développer au fil des années avec en conséquence des restrictions imposées au niveau des autorisations d'exploitation de nouveaux forages.

2. Problématique locale de l'eau

Certaines régions de la zone SASS, particulièrement en Tunisie et encore plus en Libye, disposent d'importantes ressources en eaux géothermales à partir de la nappe du Continental intercalaire. Ces eaux étaient jadis, dans beaucoup de cas, artésiennes (sources ou forages), mais suite à la surexploitation de cette nappe, de nombreuses sources ont tari et les niveaux piézométriques des forages ont baissé plus ou moins rapidement. Cependant, ces eaux qui présentent l'avantage de sortir à des températures supérieures à 55 °C ne sont pas valorisées au mieux sur le plan agricole. Elles sont le plus souvent refroidies artificiellement et allouées à l'irrigation des oasis, sans tirer partie de leur chaleur gratuite.

Or, il existe dans la zone SASS, notamment en Tunisie (gouvernorats de Gabès, Kebili et Tozeur), une expérience réussie en matière de valorisation de ces eaux en irrigation de cultures maraîchères hors saison et hyperintensives. Cette expérience a démarré durant les années 1980 et se poursuit encore avec l'amélioration du paquet technologique élaboré. Il existe même un Centre technique spécialisé en système des cultures géothermales. La superficie cultivée dans ces trois gouvernorats est de l'ordre de 150 ha, dont la production est destinée en grande partie à l'exportation. Les espèces les plus cultivées sont la tomate, le piment, le concombre, la pastèque, le melon et l'aubergine. Cependant, bien que ce système soit très rémunérateur, et à cause de la forte salinité de ces eaux (2-5 g/l de sels solubles), cette irrigation a un impact négatif sur les sols, car elle finit au bout de quelques années par saliniser et dégrader les propriétés fonctionnelles des terres irriguées. Devant cette problématique, les exploitants pionniers en la matière ont pris l'initiative d'adopter une solution originale, pertinente et non moins rémunératrice, pour gagner en productivité tout en évitant de perdre leurs terres. Cette solution consiste à valoriser la chaleur des eaux dans le chauffage des serres où sont conduites les cultures de primeur, ensuite dessaler ces eaux pour l'irrigation de ces cultures.

La technologie avancée développée pour ce système de culture a montré ses preuves aux plans économique, social et environnemental. Profitant de cette expérience réussie et après avoir constaté qu'il n'était pas possible de réaliser le pilote 4 prévu en Libye, les gestionnaires du projet avaient jugé utile de capitaliser ces résultats et de les vulgariser dans toutes les zones SASS au profit des trois pays, dont notamment la Libye très intéressée

par cette thématique. Ce pilote aura donc pour ambition de préparer le transfert de cette technologie dans la Zone Centrale des Oueds de Libye où il était prévu d'installer le Pilote 4. Les moyens d'y parvenir consistent à diffuser cette technologie et ses résultats par divers moyens et supports de communication.

3. Thématique du pilote

Cette thématique porte sur deux axes. Le premier, relativement ancien, réside dans l'utilisation des eaux chaudes dans le chauffage des serres pour réaliser des cultures très précoces, donc à haute valeur, destinées en grande partie à l'exportation. Le deuxième qui vient consolider le premier, concerne le dessalement des eaux géothermales en amont de leur utilisation en irrigation, ce qui permet d'augmenter leur efficacité physique (productivité du mètre cube d'eau) et leur valorisation économique.

4. Objectif du pilote

Diffuser dans les trois pays les résultats d'un système de culture très performant aux plans social, économique et environnemental, d'une part, et préparer le transfert de la technologie de ce système dans la Zone centrale des Oueds où était prévue la réalisation du Pilote 4.

5. Localisation et caractéristiques du pilote

Le pilote est une exploitation agricole d'une superficie de 12 hectares, créée il y a plus de 25 ans et spécialisée dans les cultures maraîchères hors saison, irriguées et chauffées aux eaux géothermales. Il est situé au gouvernorat de Gabès, délégation d'El Hamma, région de Magcem, située à 5 km à l'est d'El Hamma sur la route reliant Gabès à El Hamma.

Ses coordonnées géographiques sont : X= 33° 52'19 23 N et Y= 9°52' 34 88 E

Initialement, l'exploitation était structurée en une petite propriété privée personnelle, elle a évolué ensuite en une société incluant d'autres partenaires.

L'équipe de travail de cette société se compose :

- d'un directeur général ;
- d'une équipe technique formée de 3 ingénieurs ;
- d'une administration qui se compose de 5 gestionnaires ;
- de trois techniciens supérieurs ;
- de 120 ouvriers permanents.



Figure 109. Image satellitaire de l'exploitation du pilote 7 en Tunisie (Chenchou, Mgacem, El Hamma de Gabès).

Les principales informations qui décrivent les potentialités et les performances de cette exploitation sont :

5.1. Superficie de l'exploitation

L'exploitation couvre globalement 40 hectares, mais la superficie couverte et cultivée en irrigué est de l'ordre de 12 hectares.

5.2. Variétés d'espèces cultivées

Les plants des diverses espèces utilisées sont tous des plants greffés sur un porte-greffe résistant qui est le « Maxifort ».

On utilise la variété « TYTY » pour la tomate cocktail, « Climberley » pour la tomate grappe et la variété « Cristal » pour la culture d'aubergine.

5.3. Ressources en eau utilisées

La société dispose d'un forage privé localisé sur l'exploitation.

Le niveau statique de la nappe est de l'ordre de 34 m sous le terrain naturel. Pour le pompage de l'eau, on utilise une pompe immergée à une profondeur de 46 m sous le terrain naturel avec un moteur d'une puissance de 65 CV, avec un débit de l'ordre de 50 l/s.

L'eau de cette nappe a un faciès géochimique sulfato-sodique avec une salinité totale de l'ordre de 3,5 g/l.

La température de l'eau de forage a baissé par rapport aux années précédentes, puisqu'elle était de l'ordre de 53 °C, pour atteindre maintenant 40 °C ; c'est la raison pour laquelle la société a été amenée au chauffage complémentaire des serres par une énergie thermique (Grignon d'olive).

5.4. Dessalement des eaux du forage pour l'irrigation

Initialement, l'irrigation se faisait directement aux eaux saumâtres disponibles et les cultures étaient conduites au sol naturel. Suite aux multiples impacts négatifs de la salure sur le sol et les cultures, et des nombreuses maladies cryptogamiques et nématodes sur les rendements, l'option de dessaler l'eau du forage pour l'irrigation et le recours aux substrats artificiels en remplacement du sol naturel avait été prise et appliquée intégralement, mises à part pour les cultures sous tunnels.

La société dispose de deux unités de dessalement par osmose inverse avec une production journalière des deux osmoseurs de 35 m³/h livrant une eau d'une salinité inférieure à 0,2 g/l.

5.5. Chauffage des serres

Le chauffage des serres est actif, on utilise la méthode des thermosiphons. On chauffe l'eau dans une chaudière à grignon d'olive jusqu'à atteindre une température de 70 °C, puis on fait circuler l'eau dans des conduites en acier suspendues dans les serres.

Le circuit de chauffage est fermé, ce qui évite le problème d'évacuation des eaux excédentaires après chauffage.

5.6. Fertilisation

Dans cette exploitation, on procède à la fertilisation localisée par fertigation. On prépare au début une solution-mère concentrée, qui est ensuite mélangée avec de l'eau osmosée pour donner une solution nutritive fille diluée à des concentrations appropriées à chaque culture.

La solution-mère est préparée dans deux bacs distincts pour éviter la précipitation des éléments minéraux incompatibles.

Dans le bac 1, on met le nitrate de potasse, le NPK, les oligo-éléments. Dans le bac 2 on met le nitrate de magnésium et le fer.

5.7. Lutte contre les maladies et les parasites

La lutte phytosanitaire est intégrée puisqu'on utilise en même temps la lutte biologique et la lutte chimique conventionnelle.

La lutte biologique consiste en l'introduction d'insectes auxiliaires au niveau de la culture des aubergines (Swirski : 400 sachets/tunnel), l'utilisation des SAS et des insect-proof, de pièges électriques, de pièges à phéromones et de panneaux jaunes.

5.8. Commercialisation

Le choix des espèces et des variétés cultivées est dicté par le marché auquel est destinée la production. Ce marché est européen et la société est équipée d'une chaîne de conditionnement respectant les normes européennes en vigueur.

6. Plan d'action du pilote

Ce plan a été établi par les cadres techniques de la Société conformément à sa stratégie élaborée sur la base de la demande du marché européen. Donc, le projet SASS III n'est pas intervenu dans la conception ou la gestion de cette exploitation ; ses acteurs et partenaires ont seulement visité et exploité les résultats au profit des décideurs et exploitants libyens et algériens.

Le plan de culture est pratiquement le même tous les ans, sachant que les cultures sont conduites sur des substrats artificiels et pour cette raison, il n'est pas nécessaire d'observer des rotations culturales. Les boudins de substrat sont remplacés normalement tous les ans.

Ce plan comporte :

- 3 hectares de serres multichapelles (au nombre de 37) cultivées par de la tomate type « cocktail » ;
- 4 hectares de serres multichapelles (au nombre de 40) cultivées par de la tomate type « grappe » ;
- 4,4 hectares de tunnels cultivés par de l'aubergine.

7. Évaluation des activités de la première année agricole (2011-2012)

Compte tenu du fait que ce pilote est réalisé et géré dans toutes ses dimensions par la Société, les activités du projet dans ce cas s'étaient limitées à suivre le déploiement des activités techniques et à collecter leurs résultats pour en évaluer les efficacités technique et économique. Un des ingénieurs horticoles de la Société, a été chargée par le PDG de la Société de fournir toutes les informations et données utiles non confidentielles.

En plus de l'évaluation des performances de ce système de culture, le projet a entamé la diffusion de ses résultats à travers le premier atelier régional sur les six pilotes et organisé une visite du pilote à cette occasion le 6 juin 2012. Cette visite a profité à tous les consultants nationaux chargés des pilotes dans les trois pays ainsi qu'à de nombreux ingénieurs et agriculteurs du Sud tunisien.

Activités prévues	Degré de réalisation	Résultats	Moyen de vérification
Activités d'ordre institutionnel			
Mobilisation du propriétaire et obtention de son partenariat pour faire de son exploitation un pilote de démonstration agricole	Totalement	Engagement volontaire de l'exploitant à participer à la diffusion de son expérience et de ses résultats	Convention de partenariat OSS/exploitant
Responsabilisation de l'ingénieur horticole de l'exploitation pour fournir les données et informations disponibles et conduite des visites du pilote	Réalisé	Contrat signé et démarrage des activités de l'ingénieur	Document du contrat
Organisation d'une visite de l'exploitation et d'une réunion à l'OSS entre le Secrétaire exécutif et le propriétaire	Réalisé	Un plan d'action est établi	Rapport de mission du CR
Activités d'ordre technique			
Démarrage de la collecte de données sur l'exploitation	Réalisé	Exploitation du pilote décrite	Rapport de mission du CR
Déroulement normal des activités agricoles conçues totalement par le staff de l'exploitant Récolte, conditionnement et exportation assurés normalement	Totalement réalisées	Toutes les installations sont fonctionnelles Les normes d'exportation sont rigoureusement respectées	Rapport trimestriel du CR
Performances techniques et économiques	Bien évaluées	Performances élevées assurant la reproduction de l'exploitation et valorisant au mieux la ressource eau	Rapport du premier atelier régional de diffusion des résultats des pilotes en juin 2012 Ce rapport

Activités de vulgarisation et diffusion des résultats			
Atelier de vulgarisation et de diffusion des résultats	1er atelier régional de restitution des résultats des pilotes au profit de techniciens et agriculteurs des trois pays ; juin 2012	Manifestation d'intérêt des participants à transférer cette expérience en Libye et Algérie	Rapport de mission sur la tenue du premier atelier régional sur les pilotes juin 2012
Diffusion des résultats	Présentation des performances du pilote au premier atelier régional sur les pilotes	Une présentation en PowerPoint	Rapport de mission du CR à Alger pour le Comité de pilotage du projet
Visite du pilote	Visite du pilote par les participants à l'atelier sur les pilotes (50 participants) Visite du pilote par Mme Kerry, représentante du FEM en mai 2013 à l'occasion de la tenue de la réunion annuelle du Comité de pilotage	Satisfaction des visiteurs Évaluation très positive	Rapport semestriel du CN Communication au Comité de pilotage
Premier atelier régional de restitution des résultats des pilotes à Médenine en juin 2012	Plus de 50 participants des trois pays dont des algériens et libyens exploitants et des décideurs de l'eau Atelier national de restitution et de validation des résultats obtenus	Présentation des résultats et visite du pilote ; discussion des résultats et recommandation d'extension du concept du pilote à une échelle plus grande Validation des résultats et collecte de propositions pour l'élaboration de recommandations opérationnelles	Rapport de mission du CR sur la tenue du premier atelier régional sur les pilotes à Médenine Les communications présentées
Activités de suivi-évaluation et de reporting			
Rapports trimestriels du CR	Soumis et validés	Informations partagées sur l'état d'avancement de la mise en œuvre de la composante pilote	Rapports réguliers du CR

Rapport semestriel du CR	Rapport du premier semestre (juillet à décembre 2011) soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Rapport semestriel
Rapport annuel du CR	Rapport soumis à l'OSS et validé	Idem précédent	Rapport
Rapport de mi-parcours du projet	Soumis à l'OSS et validé	Une auto-évaluation présentée	Rapport
Rapport semestriel de juin 2012	Soumis à l'OSS et validé	Une auto-évaluation présentée	Rapport
Communication des résultats de 2012-2013 au Comité de pilotage du projet SASS III	Présentée	Une communication en PowerPoint	La communication elle-même
Rapport sur les résultats des pilotes de Tunisie (mars 2013)	Remis à l'OSS et validé	Une auto-évaluation des résultats et projet de recommandations opérationnelles	Rapport en question
Projet de rapport final sur la composante Pilotes (décembre 13)	Remis à l'OSS et validé	Une évaluation de tous les pilotes	Rapport en question
Rapport final sur les résultats des pilotes de trois pays	Remis et à l'OSS pour validation	Évaluation en cours	Ce rapport

Tableau 25. Évaluation des activités réalisées au pilote 7.

8. Résultats obtenus et leur évaluation

8.1. Résultats techniques de l'année agricole 2011-2012

Les photos qui suivent illustrent les résultats techniques obtenus au cours de la saison agricole 2011-2012.

8.2. Performances économiques

Grâce à la longue expérience de l'exploitant dans ce domaine et à sa maîtrise de tous les segments de cette filière, cette exploitation réalise de très bonnes performances en matière d'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (25 kg de tomate/m³ d'eau) et de sa rentabilité économique.

La maîtrise de la gestion de l'eau d'irrigation figure parmi les facteurs de production qui contribue beaucoup à la réalisation de ces performances. En effet, cette irrigation est



110

Figure 110. Bacs de préparation des solutions-mères des engrais liquides.



111

Figure 111. Un des deux osmoseurs pour le dessalement de l'eau saumâtre.



112

Figure 112. Vue générale sur le dispositif cultural avec le réseau de chauffage.

Figure 113. Vue latérale du palissage des plants de tomate sous serre.

Figure 114. Le détail de la culture sur les boudins de substrat artificiel.

Figure 115. Une vue latérale de la culture d'aubergine sur substrat artificiel.

Figure 116. Grappes de tomate variété Cocktail à deux stades de maturité.

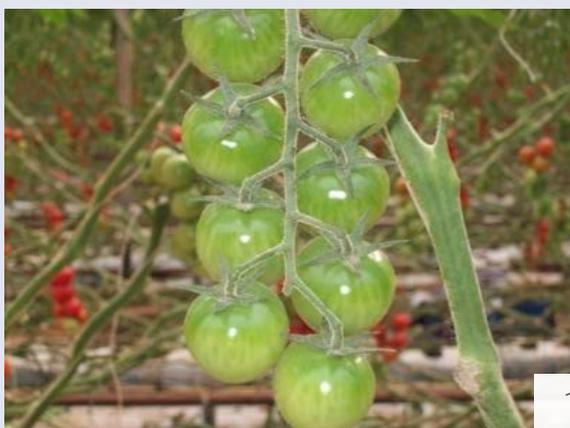




Figure 117. Un équipement pour la fabrication et l'impression des emballages en carton pour le conditionnement des productions destinées à l'exportation.



Figure 118. Un équipement de pesage et d'étiquetage des productions destinées à l'exportation.



Figure 119. Les caisses de tomate et d'aubergine conditionnées prêtes à l'exportation.

gérée selon le contexte climatique et le stade végétatif des cultures. Elle est automatique et pilotée sur la base du rayonnement solaire. La consommation moyenne journalière en eau d'irrigation est de l'ordre de 100 m³ pour l'ensemble de la superficie cultivée, ce qui correspond à une moyenne de 12 000 m³/ha durant la saison de culture, et qui représente dans la zone SASS des trois pays, la consommation la plus faible des systèmes intensifs décrits dans cette zone. Plus encore, pour la culture d'aubergine conduite au sol et sous serre tunnel, la consommation moyenne est évaluée à 5 000 m³/ha durant toute la saison. Pour la tomate grappe conduite sur substrat et sous serre chapelle, cette consommation atteint 15 000 m³/ha.

Quant aux performances économiques, elles sont de même très élevées par rapport aux cultures réalisées au sol. Les détails chiffrés de ces performances sont résumés au tableau 26.

Culture	Rendement	Prix de vente moyen
Tomate Cocktail	15 kg/m ² soit 150 tonnes /ha	2 euros/kg
Tomate grappe	32 kg /m ² soit 320 tonnes/ha	1 euro/kg
Aubergine	20 kg/m ² soit 200 tonnes/ha	0,8 euro/kg
Coût de production du m ³ d'eau dessalée	0,625 dinar tunisien, soit 0,325 euro	
Taux d'efficience de l'eau (productivité du m ³ d'eau)		
	Taux d'efficience de l'eau (water use efficiency)	Bénéfice par kg
Aubergine	40 kg /m ³ d'eau	Coût de production du kg = 1,145 Prix de vente du kg = 1,6 DT Bénéfice/kg= 0,455 DT
Tomate grappe	21,3 kg/m ³ d'eau	Coût de production du kg = 1,3 DT Prix de vente kg = 2 DT Bénéfice/kg = 0,7 DT
Tomate Cocktail	15 kg/m ³ d'eau	Coût de production/kg= 1,75 DT Prix de vente kg = 4 DT Bénéfice = 2,25 DT

Tableau 26. Performances techniques et économiques du pilote 7.

Ces performances techniques et économiques exceptionnelles ont été présentées aux participants au premier Atelier Régional sur les pilotes tenu le 5 juin 2012 à Médenine et sur le site du pilote. Evidemment, la plupart des visiteurs étaient très satisfaits de cette

démonstration. Ces résultats démontrent en effet qu'il est possible, après dessalement de l'eau disponible, de valoriser comme il se doit cette ressource rare moyennant une intensification raisonnée du système de culture. En effet, ces performances sont supérieures à celles réalisées par les petits exploitants de la région qui pratiquent un système de culture similaire conduit au sol et irrigué directement aux eaux géothermales saumâtres non dessalées, dans de petites serres (avec toutes les contraintes liées aux impacts négatifs de la salure sur les sols et les cultures, d'une part, et les chutes de rendement provoquées par les maladies et parasites. . .). Cependant, en dépit des performances de ce système hyper-intensif et très capitalistique, de nombreuses interrogations méritent d'être posées quant :

- aux conditions, structures et perspectives de réplication de ce système de production par la communauté des paysans pratiquant ce système hyperintensif de serriculture géothermale ;
- aux impacts environnementaux liés aux rejets des saumures résultant du dessalement des eaux dans les réceptacles naturels ;
- à la durabilité de ce système de culture par rapport aux risques de perte des marchés d'exportation dans le contexte où le marché local n'est pas en mesure d'absorber toutes les productions à des prix élevés pour assurer la rentabilité de ces cultures à haute valeur ajoutée.

8.3. Activités de la seconde année 2012-2013

Le plan de culture de cette 2^e année était identique à celui de l'année précédente. La seule différence notable réside en l'introduction de nouvelles variétés de tomate pour tester leurs comportements et leurs qualités. La photo 120AØ illustre une de ces variétés.

9. Conclusion

La thématique de ce pilote est d'une importance stratégique incontestable, aux plans technique, environnemental, social et économique pour le développement des populations de la Zone SASS, d'autant plus que cette dernière regorge de potentialités infinies en ressources énergétiques solaires, pouvant être, à terme, mise à profit dans le dessalement des eaux géothermales saumâtres. Les résultats obtenus à tous les plans durant deux années consécutives sont édifiants et retiennent l'attention. Il importe de les situer dans leurs contextes et réfléchir sur les possibilités de leur réplication dans d'autres contextes libyens et algériens.

Les performances techniques sont remarquables, elles pourraient même s'améliorer avec l'allongement du cycle cultural. Les rendements actuels sont en moyenne de 250 tonnes ha pour la tomate et 300 tonnes pour l'aubergine.

L'efficacité d'utilisation de l'eau en irrigation (25 kg tomates/m³ d'eau) est des plus élevées



A



B

Figure 120. État des cultures lors de la Visite de suivi évaluation de Kelly West du FEM au pilote 7 le 26 mai 2013.

en Tunisie, elle est comparable à celle réalisée sur la rive nord de la Méditerranée, avec en plus l'avantage d'un coût de production plus faible. C'est ce qui autorise l'exportation de la quasi-totalité des productions vers l'Europe.

Grâce au dessalement de l'eau saumâtre, il a été démontré comment rentabiliser les lourds investissements consacrés à tous les segments de cette filière. La réussite est telle que cette exploitation est en cours d'extension sur 32 hectares dans le cadre d'un partenariat privé tuniso-néerlandais. Les potentialités de répliation de ce système de production répondant à toutes les conditions d'un développement local durables sont réelles et méritent d'être

exploitées tant en Libye qu'en Algérie. Quant à la Tunisie, elle a développé ce secteur depuis plus de trente ans. Initialement, les cultures hors saison chauffées puis irriguées aux géothermales étaient pratiquées dans des serres mono-tunnel simple par de petits exploitants. Plus tard, vu le succès remporté au niveau commercial et après le constat des limites d'utilisation directes de ces eaux en irrigation sur les mêmes terres, le recours au dessalement de ces eaux et aux cultures hors sol a démontré la réalisation de performances inégalées auparavant. La superficie de démarrage de ce système de culture en 1983 était de 3 ha répartis sur plusieurs petits exploitants. En 2013, la superficie a atteint 139 ha répartis sur 54 petits exploitants (1 à 5 serres simples, soit 500 à 2 500 m² par exploitant) et 5 grandes sociétés qui exploitent plusieurs dizaines d'hectares.

Actuellement, il existe une stratégie nationale pour le développement de ce secteur sur 180 ha. Se posera alors la question de la satisfaction des besoins de cette superficie en eau géothermale et celle relative à l'allocation équitable de cette ressource entre les petits exploitants et les grandes sociétés.

IV. ÉVALUATION SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS DES PILOTES DES TROIS PAYS

L'évaluation des performances techniques, économiques et environnementales a été faite à plusieurs niveaux :

Des évaluations en interne (auto-évaluations) :

- au niveau local, ce sont les comités locaux de suivi-évaluation, constitués au démarrage de chacun des pilotes, qui ont mené cette évaluation, sur la base des résultats obtenus et de leur comparaison avec ceux des exploitations traditionnelles voisines. Cette évaluation est la plus significative car les membres de ces comités vivent au quotidien les changements opérés et mesurent leurs impacts visibles sur le comportement et la vie de l'exploitant agricole.
- Au niveau central, c'est l'OSS qui a procédé à l'analyse des résultats chiffrés et à leur évaluation sur la base des indicateurs retenus d'avance dans le document du projet. Cette évaluation permet de situer les résultats dans leurs contextes spécifiques et de les comparer afin d'identifier les causes favorables aux succès et les contraintes à la base des échecs éventuels.
- Au niveau régional, ces performances ont été soumises à la discussion des Comités de pilotage du projet et aux ateliers régionaux dédiés à la composante pilote du projet. Pour les autorités nationales de l'eau, cette évaluation se place au niveau d'une réflexion stratégique sur la pertinence des enseignements des résultats obtenus par rapport aux grandes orientations des politiques nationales de développement des régions SASS des trois pays. C'est dans ce sens que les enseignements tirés de cette réflexion sont exprimés en recommandations opérationnelles.

Des évaluations externes : plusieurs évaluations des produits du projet ont été réalisées par des évaluateurs externes à l'OSS.

A tous ces niveaux d'évaluation, les verdicts sont tous positifs. On peut les résumer comme suit :

- Les exploitants agricoles sont très satisfaits des innovations techniques introduites par le Projet et de leurs impacts économiques et environnementaux ;
- Les décideurs locaux des diverses administrations en charge de la gestion de l'eau et du développement local sont convaincus de l'approche du projet et de la pertinence des orientations vers l'intensification des systèmes de culture pour créer de l'emploi et enclencher une nouvelle dynamique de développement local durable ;
- Les autorités nationales se sont toutes exprimées positivement par rapport aux résultats obtenus et demandent à l'OSS de prendre l'initiative de renouveler ce projet dans une deuxième phase dans l'objectif de valider les performances réalisées dans des systèmes de production agricole viables ;

- Les évaluateurs externes ont également apprécié l'approche de la diffusion du progrès technique agricole à travers des « pilotes » de démonstration et considéré les résultats enregistrés dans les pilotes achevés comme des preuves de réussite des démonstrations faites, dans la mesure où les exploitants agricoles, les plus concernés par les changements initiés, sont très satisfaits des retombées immédiates sur l'économie de leurs ménages et l'avenir de leurs enfants.

Les réalisations et les contraintes rencontrées au cours de leur exécution sont synthétisées au tableau 27.

Pilote	Localisation	Thématique	Réalisations et contraintes rencontrées
1	Reggane, Algérie	Restauration du débit d'une foggara par pompage solaire et rénovation du système de culture oasien	Aménagement, équipement agricole réalisés, intensification du système oasien Station de pompage non encore installée
2	Touggourt, Algérie	Restauration qualité du sol par drainage enterré et intensification du système de culture oasien	Aménagement, drainage enterré, Réseau d'irrigation localisée installé, Cultures intercalaires Introduites,
3	Essouani, Tripoli, Libye	Raisonnement de l'utilisation des eaux saumâtres en irrigation	Pilote totalement réalisé avec bilan de deux années consécutives Contrainte main-d'œuvre
4	Oued Zemzem, Libye	Valorisation des eaux géothermales en irrigation	Pilote non réalisé pour des raisons sécuritaires, remplacé par le pilote 7 en Tunisie sur la même problématique
5	Kebili, Tunisie	Restauration de la qualité du sol par drainage enterré avec pompage et évacuation des eaux de drainage par pompage solaire, intensification des cultures vivrières	Aménagement équipements hydro-agricoles totalement réalisés, mais forage collapsé. Un nouveau forage est réalisé pour redémarrer le pilote
6	Smar, Médenine, Tunisie	Dessalement des eaux saumâtres et intensification des cultures	Pilote totalement réalisé et parfaitement fonctionnel
7	Chenchou, Gabès Tunisie	Valorisation des eaux géothermales saumâtres en irrigation	Pilote totalement réalisé et fonctionnel

Tableau 27. Récapitulation des réalisations et des contraintes rencontrées.

On retient de ce tableau que toutes les problématiques visées ont été traitées. Un des six pilotes planifiés n'a pas été mis en place dans son site en Libye (O. Zemzem) pour des raisons sécuritaires et a été remplacé par un autre site en Tunisie (El Hamma, Gabès). Deux autres pilotes, celui de Reggane en Algérie et celui de Kebili n'ont pas été achevés pour des raisons de force majeure. Cependant, leurs premiers résultats sont très positifs et augurent de performances techniques, économiques et environnementales très appréciables. Ils seront finalisés par les autorités locales à partir de l'automne 2014. Les trois autres

pilotes ont tenu et même dépassé leurs promesses à tous les niveaux. Le tableau 28 évalue ces performances.

Pilote	Performances attendues	Indicateurs retenus	Objectif visé	Performances réalisées
1	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la satisfaction des besoins en eau, - Intensification des cultures, - Amélioration revenus exploitants 	<ul style="list-style-type: none"> - m³/ha - Amélioration de l'efficacité de l'eau - Aug. du revenu de l'exploitant 	<ul style="list-style-type: none"> - Aug de 30 à 40 % - Aug de 20 % - Aug. de 20-30 % - Aug de 20 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Non réalisées en attendant la mise en place du panneau solaire - Oui, grâce à l'irrigation localisée - Positive mais non mesurée
2	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du drainage des terres - Dessalement du sol - Intensification du système des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse du niveau de l'hydromorphie - Baisse de la salinité du sol - Augmentation du revenu des exploitants 	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de 20-40 cm - Baisse de 30-50 % - Aug. de 20-30 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de 30 cm en 2 mois - Baisse de 40 % en une année - Revenus plus que doublés et restent perfectibles
3	Innovation technique pour améliorer la valorisation de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des revenus des exploitants - Baisse de la salinité des terres et restauration de leur fertilité 	<ul style="list-style-type: none"> - Aug. de plus de 30 %/an - Stabilisation de la salinité à un niveau compatible avec cultures 	<ul style="list-style-type: none"> - Revenu multiplié par 3 Objectif atteint
4	<ul style="list-style-type: none"> - Développement de la serriculture géothermale hyperintensive - Maîtrise de la salinisation des terres 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place des serres et transfert de technologie de l'irrigation aux eaux chaudes 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 000 m² de serre - Réduction de la salinité de l'eau et du sol 	Le pilote n'a pas été réalisé, voir performances du pilote 7 qui le remplace
5	Maîtrise de l'hydromorphie, dessalement des terres et intensification des cultures	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse du niveau de la nappe - Baisse de la salinité des terres - Aug. rendements 	<ul style="list-style-type: none"> - de 20-40 cm en 3^e année - de 25-30 % - de 20-40 % 	<ul style="list-style-type: none"> Performance réalisée dès la première année Baisse de 40 % en deux mois Non réalisée à cause de la coupure d'eau suite à la destruction du forage

.../...

6	- Maîtrise de la salinité des eaux d'irrigation et intensification des cultures	<ul style="list-style-type: none"> - Dessalement des eaux - Aug. rendements des cultures - Améliorer les revenus des exploitants 	<ul style="list-style-type: none"> - Salinité inf. à 1 g/l - aug. de 50 % - aug. de 20-40 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Dessalement réussi et obtention de différentes qualités d'eau (1 g/l et 1,5 g/l) - Rendements plus que doublés pour toutes les cultures - Augmentation de plus de 100 %
7	Innovation d'intensification des cultures irriguées aux eaux géothermales dessalées	<ul style="list-style-type: none"> - Aug. de l'efficience de l'eau d'irrigation - Aug. des revenus des exploitants - Maîtrise des impacts environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> - 60-80 % - Processus de salinisation totalement arrêté 	<ul style="list-style-type: none"> - Excellentes performances techniques et économiques avec dépassement des objectifs visés - Démonstration assurée avec eau dessalée et culture hors sol

Tableau 28. Evaluation des performances des pilotes.

Pilote	Résultats agricoles	Résultats économiques	Résultats environnementaux
1	Nette amélioration de la production des cultures vivrières rien qu'avec de faibles ressources d'eau, en attendant le supplément d'eau par pompage solaire	Non chiffrés, mais satisfaction et grand espoir des exploitants de faire mieux avec le complément d'eau attendu de la station de pompage solaire	Pas d'impacts nouveaux
2	Nette augmentation du rendement et la qualité des dattes de la parcelle pilote en comparaison avec la parcelle témoin, intensification et diversification des productions végétales et animales	<p>Doublement des recettes de vente des dattes de la première récolte, augmentation des rendements des cultures annuelles et succès de l'élevage avicole</p> <p>Amélioration des revenus de l'exploitant</p>	Nette efficience du drainage enterré et dessalement efficace des couches superficielles du sol
3	<p>Résultats agricoles de 1^{re} année mitigés à cause des dégâts sur les récoltes</p> <p>Excellents rendements pour toutes les cultures de 2^e année</p>	<p>Bilan économique de 1^{re} année nul</p> <p>Bilan éco de 2^e année largement positif avec amélioration significative des revenus de l'exploitant</p>	Maîtrise de la salinisation du sol

5	La panne d'eau a causé l'arrêt total des irrigations, donc pas de récolte, mais l'efficacité du drainage et du pompage solaire est excellente	Pas de bilan économique	Excellents résultats avec un rabattement significatif du niveau de la nappe et une baisse importante de la salinité du sol
6	Grande amélioration de l'efficacité de l'eau dessalée, Rendements élevés	Rentabilité économique du dessalement assurée durant 2 années consécutives, même en tenant compte de l'amortissement des équipements installés, dont la station de dessalement	Absence totale d'impact négatif sur les sols
7	Très grande efficacité de l'eau géothermale dessalée utilisée en irrigation	Haute rentabilité économique des lourds investissements consentis et bénéfiques importants assurés. Employabilité élevée de cadres et de main-d'œuvre	Pas de salinisation des sols puisque les cultures sont réalisées hors sol

Tableau 29. Évaluation des résultats techniques et économiques et environnementaux des pilotes.

V. CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif spécifique de cette composante « pilotes » était de démontrer la faisabilité du changement du comportement des usagers primaires de l'eau, les exploitants agricoles, par rapport à l'objectif d'améliorer la gestion de cette ressource au niveau de leurs parcelles pour en améliorer l'efficacité, augmenter les rendements, rentabiliser les nouveaux investissements nécessaires, améliorer les revenus, sensibiliser et former les acteurs sociaux et préserver les ressources naturelles de toutes les formes de dégradation.

Cette composante a été exécutée, en grande partie, conformément au document du projet. Deux cas de force majeure n'ont pas permis d'achever les plans d'action définis pour deux pilotes, l'un en Algérie, l'autre en Tunisie. Le pilote 4 prévu en Libye a été remplacé par le pilote P7 sur la même thématique en Tunisie.

Toutes les thématiques traitées se sont avérées représentatives des principales contraintes techniques à la valorisation optimale de la ressource SASS. En conséquence, les résultats obtenus dans les divers pilotes, au bout de deux années consécutives, pourraient constituer des éléments de réponse pertinents aux problématiques posées par les autorités nationales de l'eau (ANRH, GWA et DGRE).

Les résultats obtenus dans les quatre pilotes achevés, aux plans technique, économique et environnemental sont édifiants. Ils ont retenu l'intérêt de tous les visiteurs directs des pilotes et tous ceux qui ont participé aux diverses manifestations de diffusion ou d'évaluation de ces résultats. Ils ont été évalués positivement, aussi bien en interne qu'en externe, et jugés en mesure d'ouvrir des perspectives prometteuses de renversement des tendances de dégradation et de déclin de l'agriculture irriguée dans de nombreuses régions de la zone SASS, et de développement local durable.

Quant aux deux pilotes non achevés, l'efficacité de l'infrastructure hydro-agricole mise en place et les premiers résultats d'intensification des systèmes de culture sont de bons augures de la pertinence et de la viabilité des innovations introduites par le projet. Les autorités locales se sont engagées à poursuivre le projet dès que la fourniture de l'eau d'irrigation sera rétablie comme prévu par le projet.

Il ressort de ce projet qu'une nouvelle agriculture irriguée, performante, conciliant tous les attributs de durabilité, est possible dans cette région : une agriculture intensive suffisamment productive pour assurer une vie meilleure aux populations locales, avec le maintien et la consolidation des organisations sociales communautaires, et en synergie avec l'environnement naturel, social et économique des milieux arides et désertiques qui prédominent dans la zone SASS.

Cependant, toutes les performances réalisées devraient, nécessairement, être validées dans des pilotes de démonstration agricole de systèmes de production intégrant toutes les contraintes structurelles pouvant handicaper la réplique des systèmes de culture

intensifs dont l'efficacité et l'efficience ont été mises en évidence par ce projet. Les trois pays concernés sont unanimes pour s'engager dans un nouveau projet dans ce sens et ont demandé à l'OSS de le concevoir, d'en définir les objectifs, la démarche, les moyens et la durée et de le finaliser avec les autorités nationales de l'eau.



RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES

pour une gestion efficace de l'eau d'irrigation dans
la zone SASS

171 INTRODUCTION

- 171 Objectif des recommandations opérationnelles
- 171 Destinataires
- 172 Domaines d'action ciblés
- 172 Capitalisation des résultats obtenus
- 172 Enseignements tirés des résultats

175 LES RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES

- 175 Dans le domaine institutionnel
- 177 Dans le domaine technique
- 180 Dans le domaine socioéconomique
- 181 Dans le domaine environnemental

1. INTRODUCTION

Dans ce rapport figurent les recommandations issues des résultats et des enseignements tirés des pilotes. Les aspects relatifs à l'amélioration de la gestion de l'eau au niveau de l'offre et sa mobilisation, d'une part, et à l'amélioration de l'efficacité des réseaux de transport et de distribution de la ressource depuis les points d'eau jusqu'aux exploitations agricoles (maîtrise des pertes d'eau) ne sont pas pris en compte dans ce rapport.

L'approche de conception et de formulation de ces recommandations est basée sur les éléments suivants :

- une définition précise des objectifs ;
- le ciblage des acteurs destinataires ;
- le domaine d'intervention ciblé ;
- la capitalisation des résultats obtenus ;
- la prise en compte des enseignements d'ordre stratégique tirés des résultats obtenus.

1. L'objectif des recommandations opérationnelles

Ces recommandations visent l'opérationnalisation des innovations technologiques testées dans les pilotes, avérées efficaces et validées par les acteurs de l'eau et des évaluateurs externes. Ceci pour initier un processus de changement de comportement des exploitants agricoles dans le sens d'une meilleure gestion de la ressource au niveau de l'exploitation agricole et l'instauration d'un processus de développement local durable.

2. Destinataires des recommandations opérationnelles

L'amélioration de la gestion des eaux d'irrigation nécessite la contribution de toute la chaîne des acteurs qui constituent des centres de décision par rapport à la mobilisation de la ressource et à son exploitation. Il s'agit notamment :

- du Mécanisme de concertation mis en place par les trois pays et qui est en charge du partage de la connaissance et de l'information relatives au SASS, de sa gestion et de son évolution ;
- des pays représentés par leurs points focaux, à savoir l'ANRH en Algérie, la GWA en Libye et la DGRE en Tunisie. Dans chacun de ces pays, d'autres acteurs aux niveaux central et local assurent des rôles déterminants dans la gestion de l'eau et le développement de l'irrigation. Ils sont directement ou indirectement concernés par ces recommandations.

- Des exploitants agricoles qui sont au centre de la problématique de l'irrigation dans la zone SASS, et à la fois partie du problème mais aussi au cœur de la solution à apporter.
- De l'OSS, en tant qu'agence d'exécution de ce projet, dans la mesure où il est sollicité pour préparer un nouveau projet destiné à la validation des résultats obtenus dans les pilotes et dans la mesure où il abrite l'Unité de coordination du Mécanisme de concertation.

3. Domaines d'action ciblés

L'amélioration de la gestion de l'eau au niveau de l'exploitation agricole pourrait être assurée à travers l'adoption de nouvelles mesures/outils touchant :

- le domaine institutionnel ;
- le domaine des techniques agricoles et énergétiques ;
- le domaine socioéconomique ;
- le domaine environnemental.

4. Capitalisation des résultats obtenus

Il a été démontré dans les pilotes la possibilité d'exploiter et de gérer l'eau autrement que par les méthodes traditionnelles, avec une efficacité technique et une valorisation économique nettement meilleures, en sauvegardant l'intégrité et la qualité des ressources en eau et en sol.

Les résultats ayant été obtenus sans prise en compte des contraintes structurelles des régions considérées, il est fortement recommandé, avant de les adopter, de les tester et de les valider dans des pilotes de démonstration agricole de systèmes de production, systèmes qui intègrent toutes les composantes de l'environnement socioéconomique, (marchés, services agricoles, accès aux crédits bancaires, disponibilité et coût de la main-d'œuvre).

Les trois pays concernés sont déjà convaincus de la nécessité de procéder à la mise en place de ces pilotes et des sites de leur implantation sont déjà identifiés par les techniciens nationaux locaux. C'est dans cette perspective que les recommandations opérationnelles sont proposées dans ce rapport.

5. Enseignements tirés de ces résultats

On peut classer les principaux enseignements en trois catégories :

5.1. Enseignements relatifs au concept de « pilote de démonstration » et à l'approche participative de sa mise en œuvre :

Ce concept « pilote » s'est avéré très pertinent dans la recherche d'une pédagogie de proximité pour déclencher un changement radical du comportement de l'utilisateur primaire de l'eau. La démonstration de ce changement est faite par les exploitants, chez eux, par eux et avec leur contribution financière. C'est un gage de crédibilité pour la communauté des exploitants voisins et même pour les planificateurs qui décident des politiques, des orientations, des stratégies et des mesures d'encouragement accordés aux agriculteurs.

Le choix de l'exploitant agricole comme centre de décision pour déclencher les initiatives et le changement souhaité dans les paramètres de la productivité de l'irrigation, la conservation des ressources naturelles et l'amélioration des conditions de vie de l'exploitant s'est avéré également très productif. La réussite est telle que la demande sociale, au niveau local et même national, n'a pas cessé de s'exprimer et de s'amplifier auprès des administrations locales pour étendre les plans d'action des pilotes aux exploitations alentour.

5.2. Enseignements relatifs aux innovations techniques introduites pour l'amélioration de l'efficacité de l'eau :

- Dans tous les pilotes, les exploitants se sont montrés d'une remarquable aptitude à apprendre, à adopter les innovations techniques et à changer de comportement pour produire mieux et plus, avec moins ou autant d'eau. Le fait qu'ils aient contribué financièrement à la réalisation des pilotes au cours de la première année est un autre facteur qui a consolidé leur attachement au succès. Les premiers résultats positifs obtenus au terme de la première saison agricole les ont encouragés à investir les bénéfices engrangés pour intensifier leurs cultures ou étendre la superficie cultivée avec l'eau disponible.
- Le choix de l'intensification raisonnée des systèmes de culture a permis d'atteindre rapidement les objectifs assignés à ces pilotes, à savoir : augmenter l'efficacité de l'eau, améliorer le revenu des exploitants et préserver les ressources en eau et en sol de la dégradation. L'intensification raisonnée des cultures a permis de sortir les systèmes oasiens traditionnels du cercle vicieux de dégradation des terres, de la pénurie d'eau, de l'appauvrissement des exploitants et finalement du divorce entre la société oasienne et l'oasis, devenue incapable de faire vivre sa population qui a changé de stratégie et de mode de vie... Plus que cela, cette ouverture sur l'intensification raisonnée est réalisable même dans les petites exploitations, là où la main-d'œuvre familiale est souvent plus disponible que dans d'autres contextes.
- Parmi les technologies introduites :
 - ▶ certaines étaient déjà connues et pratiquées dans les trois pays mais dans d'autres régions : c'est le cas de la fertilisation chimique et des

traitements phytosanitaires préventifs et curatifs ; elles ont été introduites et adaptées aux contextes des pilotes et ont été vite adoptées par les exploitants après avoir constaté leurs impacts positifs ;

- ▶ d'autres étaient inconnues comme le dessalement de l'eau saumâtre pour l'irrigation, le recours à l'énergie solaire pour le pompage, les réseaux de drainage enterré, le compostage des déchets végétaux...

Adaptées aux besoins des systèmes de culture, ces techniques se sont avérées, au cours de la durée du projet, très efficaces. Leur adoption à grande échelle, après leur validation à l'échelle de pilotes de système de production, paraît inéluctable. Elles ouvrent des perspectives prometteuses pour le développement de l'irrigation dans la zone SASS. Évidemment, leur généralisation systématique et aveugle est à exclure. Il importe auparavant de considérer les contextes naturel et socioéconomique de chaque région et adapter les solutions générales à leurs potentialités et contraintes.

- La réputation des agriculteurs refusant catégoriquement de payer l'eau à son coût réel s'est avérée fautive, du moins pour les systèmes de culture intensifs (P2 ; P3 ; P6 ; P7) aptes à valoriser au plus possible cette ressource rare et chère et à la rentabiliser au point de générer une marge brute alléchante. Ce résultat confirme une des conclusions de la 2^e composante « enquêtes socioéconomiques et environnementales sur les exploitations agricoles SASS », selon laquelle il existe une importante marge d'élasticité de la capacité des exploitants à payer l'eau plus chère (2 à 3 fois son prix actuel) dans les exploitations intensives.

2. RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES

1. Recommandations dans le domaine institutionnel

1.1. Recommandations adressées au Mécanisme de concertation

Le Mécanisme devrait accompagner les pays dans l'application de ces recommandations afin d'assurer la mise en convergence de la gouvernance de l'irrigation dans les trois pays.

a. Création d'une instance nationale de coordination et de suivi-évaluation dans chaque pays

Dans les trois pays concernés, il existe de nombreux acteurs directs et indirects dans le domaine de l'eau et de l'irrigation. Ces acteurs gèrent respectivement des segments de la filière parfois avec peu de coordination. Pour réussir le changement voulu vers une gestion intégrée de cette ressource dans les trois pays, il serait utile que chacun des pays crée une instance nationale pour assurer cette fonction de coordination, de mise en cohérence des divers rôles, approches et moyens, et assurer le suivi-évaluation de l'exploitation du SASS et sa valorisation dans le développement local.

Cette instance ne serait pas nécessairement une nouvelle structure administrative, mais plutôt un conseil annuel formé par des représentants des diverses administrations, organismes nationaux et organisations non gouvernementales en charge des divers aspects de la gestion de l'eau du SASS et du développement pour dresser annuellement l'état des lieux et de l'art en matière de mobilisation, exploitation et valorisation de l'eau du SASS en irrigation, avec les impacts socioéconomiques et environnementaux sur la base d'indicateurs de développement et environnementaux en vigueur dans chaque pays.

De son côté, le Mécanisme de concertation pourrait contribuer à homogénéiser les indicateurs nationaux de suivi-évaluation du SASS et proposer aux pays une liste d'indicateurs pertinents communs.

Sur cette base, ce conseil sera habilité à proposer les recommandations nécessaires pour améliorer l'efficacité des divers acteurs afin d'atteindre les objectifs globaux assignés à l'irrigation.

Un rapport annuel pourrait être produit par le Conseil de chaque pays, et le Mécanisme de concertation, par le biais de son Unité de coordination, pourrait produire une synthèse générale annuelle sur l'agriculture irriguée dans la région du SASS, ses performances et ses impacts.

b. Amélioration des capacités des gestionnaires de l'eau et des vulgarisateurs agricoles

Les pays devraient s'employer à former les divers corps de métier des acteurs de l'eau aux niveaux national et local, par rapport :

- aux nouvelles technologies de mobilisation ou de production d'eau, notamment liées aux énergies renouvelables ;
- à la gestion communautaire de l'eau dans les nouveaux systèmes de production agricole intensifs.

c. Diffusion du concept de « pilote de démonstration agricole »

Ce concept développé dans ce projet devrait faire l'objet d'une formalisation au niveau du Mécanisme de concertation et d'une large diffusion au niveau des pays pour en faire un outil de vulgarisation du progrès technique agricole dans les diverses régions SASS, sachant que du fait de leur éloignement, les périmètres irrigués de la zone SASS sont souvent négligés par les services de vulgarisation.

d. Accompagnement des pays dans la réplication des pilotes qui les concernent dans leurs régions SASS respectives

Les trois pays sont unanimes sur l'utilité de répliquer les pilotes de système de culture dans des pilotes de système de production tels que décrits dans ce rapport. Le Mécanisme de concertation devrait accompagner ces pays afin de réaliser leurs pilotes et veiller à renforcer les synergies nécessaires entre les pays pour les faire bénéficier de leurs expériences et résultats respectifs en la matière.

1.2. Recommandations adressées aux points focaux des pays

Ces recommandations sont des déclinaisons de celles adressées au Mécanisme de concertation.

a. Adaptation et mise en œuvre des recommandations opérationnelles adressées au Mécanisme

Les pays devraient s'impliquer dans l'adoption, l'adaptation et la mise en œuvre des recommandations opérationnelles validées par le Mécanisme de concertation, notamment en ce qui concerne la mise en œuvre de pilotes de démonstration de systèmes de production agricole.

Ils sont invités à contribuer à la conception du nouveau projet sur la réplication des pilotes avec l'OSS. Leur implication dans ce futur projet serait un gage de réussite.

b. Adoption et réalisation du programme d'amélioration des capacités nationales

La rénovation des systèmes de culture irrigués nécessitera le recyclage et la mise à niveau des techniciens et des décideurs aux plans technique, économique et environnemental.

Concernant le programme d'amélioration des capacités des gestionnaires de l'eau, c'est aux pays d'adopter les grandes lignes du programme, de l'adapter à leurs besoins et

leurs moyens et de le mettre en œuvre. Un effort particulier devrait être consacré aux organisations communautaires au niveau local.

c. Conception d'une nouvelle stratégie de consolidation des organisations sociales de gestion des eaux d'irrigation existantes dans les régions SASS et facilitation (cadre juridique, mesures d'accompagnement. . .) pour la création, à la demande et au profit des intéressés, de nouvelles organisations mutuelles de services agricoles. Ces mutuelles sont appelées à jouer un rôle déterminant dans l'économie de l'agriculture de la zone SASS.

1.3. Recommandations adressées aux communautés des exploitants agricoles

Les organisations communautaires existantes ont, dans beaucoup de cas, perdu l'efficacité de leurs rôles. La rénovation de l'irrigation dans la zone SASS ne pourrait pas se faire et perdurer sans leur consolidation avec l'appui de l'administration. Il est donc important que les communautés des exploitants saisissent l'opportunité de la mise en œuvre de la stratégie nationale de consolidation de ces organisations. Des ateliers de sensibilisation au niveau local permettraient la mobilisation des exploitants pour leur implication dans le processus de rénovation ou de création de leurs organisations communautaires.

2. Recommandations dans le domaine technique

Ces recommandations portent sur les aspects techniques de l'aménagement des terres, l'équipement hydroagricole et les techniques d'intensification des cultures.

2.1. Recommandations adressées au Mécanisme de concertation

Compte tenu de la rapidité à laquelle sont produites et appliquées les nouvelles technologies agricoles d'intensification, il est recommandé à l'Unité de coordination du Mécanisme de concertation de développer une veille technologique sur tous les axes de recherche en relation avec les systèmes de culture des régions arides et désertiques. Cette veille pourrait être assurée avec l'appui d'une équipe de chercheurs des institutions nationales spécialisées en la matière, qui serait chargée de produire un rapport tous les deux ans à l'intention des pays, avec des propositions sur les applications possibles des innovations produites.

2.2. Recommandations adressées aux pays

a. Consolidation des systèmes de vulgarisation agricole

Les systèmes de vulgarisation agricole dans les trois pays sont parfois inefficients dans la zone SASS. Il est de la plus grande importance de dynamiser les systèmes existants ou de créer de nouveaux avec un appui conséquent compte tenu de l'éloignement des zones

concernées des rayons d'action des vulgarisateurs publics ou privés. Un atelier dédié à la rénovation des systèmes de vulgarisation dans la zone SASS au profit des trois pays pourrait constituer le démarrage d'une réflexion sur cette thématique.

b. Mise en œuvre des pilotes de démonstration agricole dans des systèmes de production

Les pays devraient, après avoir validé les résultats obtenus lors du dernier atelier du Comité de pilotage, envisager l'élaboration d'un programme de mise en œuvre des pilotes de démonstration agricole qui les concernent, en concertation avec le Mécanisme de concertation.

Il est entendu que ces pilotes auront des échelles spatiales qui varient selon les thématiques abordées. Ces échelles devraient correspondre à des unités hydro-pédo-agricoles fonctionnelles (nappe, drainage...). Sur cette base, les principales caractéristiques des pilotes à concevoir sont :

- Pour la thématique du pilote 1, relative à la sauvegarde du système oasien irrigué à partie des foggaras (région du Touat, Gourara, Tidikelt), l'unité spatiale susceptible d'intégrer le fonctionnement du système de production oasien est une oasis entière prise avec toutes les ressources d'eau exploitées. Cette oasis pourrait être celle de ksar Aït Messaoud proche de Reggane. Dans ce cas, l'oasis sera considérée avec toutes les foggaras qui l'alimentent en eau, le mode de gestion communautaire encore fonctionnel et les règles communautaires de partage et de gestion de cette ressource. En effet, la situation actuelle de cette oasis est très complexe et le pilote du présent projet est constitué seulement de cinq parcelles de culture. Le pilote mis en œuvre n'intègre pas cette complexité et il est primordial de fiabiliser les solutions techniques en tenant compte des autres dimensions structurelles de la gestion des eaux d'irrigation. A titre d'exemple, l'amélioration des rendements de certaines cultures s'est soldée par l'apparition de difficultés de commercialisation des productions au niveau local. Si on pose ce problème à l'échelle d'une oasis, il serait envisageable de le solutionner dans le cadre d'une mutualisation du service de transport et de commercialisation de ces produits en dehors de la région de Reggane. De même pour les difficultés rencontrées dans l'approvisionnement en intrants agricoles indispensables (engrais, pesticides...).
- Pour le pilote 2 (Touggourt, Vallée d'Oued Righ) dont la thématique est la restauration de la qualité des terres et la rénovation du système de culture, l'échelle spatiale idoine de fiabilisation de l'efficacité du drainage enterré à l'intérieur des parcelles de cultures ne pourrait être qu'une unité spatiale hydro-pédologique fonctionnelle comportant plusieurs exploitations irriguées raccordées à un réseau de drainage externe à ciel ouvert efficace, complété par un réseau de drainage enterré traversant l'ensemble des exploitations. Cette unité devrait être, au moins, un secteur de l'oasis de Sidi Mahdi, ou son équivalent en superficie avec la même problématique de mauvais drainage et de salinisation du sol.

De plus, ce secteur devrait se situer dans la partie en amont de la vallée d'Oued Righ, où les eaux de drainage des exploitations pourraient s'écouler gravitairement vers les canaux collecteurs du réseau communautaire extérieur. On rappelle que dans le compartiment en aval de la vallée d'Oued Righ, l'évacuation des eaux de drainage des exploitations agricoles nécessiterait le pompage et le refoulement de ces eaux, étant donné la très faible pente du terrain.

Par ailleurs, pour intégrer ce pilote dans le contexte de l'ensemble de l'hydrologie de l'Oued Righ, il est fortement recommandé de capitaliser les résultats du pilote 6 réalisé en Tunisie sur le dessalement des eaux saumâtres pour l'irrigation, en joignant au futur pilote une station de dessalement des eaux de drainage de l'oasis. Les eaux dessalées pourraient être utilisées telle qu'elles pour l'irrigation d'un nouveau système de culture adjacent hors oasis, avec des cultures à haute valeur ajoutée. Une autre option de valorisation de cette eau de bonne qualité serait de la mélanger à l'eau saumâtre utilisée pour améliorer davantage les rendements et la qualité des productions.

- Concernant le pilote 5 (localisé à Kebili en Tunisie) qui est confronté à la même problématique de mauvais drainage et de salinisation des sols, l'unité fonctionnelle devrait être également un système hydro-pédologique, une oasis ou un secteur de l'oasis, situé dans une zone basse (bordure du Chott), souffrant d'hydromorphie. Ce pilote est déjà bénéficiaire d'un réseau de drainage public à l'extérieur des exploitations (comme celui réalisé dans le cadre du projet APIOS) mais nécessitant l'installation d'un réseau de drainage enterré à l'intérieur des exploitations et un pompage/refoulement des eaux de drainage intérieur vers le réseau extérieur. Le pompage devrait être solaire.
- Quant à la réplication du pilote 6, dont la thématique est le dessalement des eaux saumâtres pour l'irrigation, deux options de système de culture sont proposées avec des échelles spatiales différentes :
 - ▶ l'option du système monoculture oléicole irrigué : dans ce cas, l'unité fonctionnelle du système de production devrait être une ou plusieurs oliveraies adultes contiguës, d'une superficie de quelques dizaines d'hectare (50 à 300 ha), en fonction du débit de l'eau saumâtre disponible ;
 - ▶ l'option d'un système de culture mixte (oléiculture et cultures légumières intercalaires) intensif avec plusieurs petites exploitations bénéficiant d'une même ressource d'eau dans un cadre communautaire ou des points d'eau privés individuels. La superficie totale devrait être de quelques dizaines d'hectares.

Dans l'une ou l'autre option, il importe d'intégrer la question de l'évacuation des eaux résiduelles des stations de dessalement, leur transport dans des conduites étanches sur de longues distances et leur rejet dans un réceptacle naturel salé, après autorisation des autorités compétentes. Cette question devrait être appréhendée dans toutes ses

dimensions technique, financière, environnementale, institutionnelle et économique. Son coût, son financement et sa réalisation devraient être analysés pour aboutir à des solutions opérationnelles.

- Quant au pilote 7 dont la thématique est la valorisation des eaux géothermales en irrigation d'un système de culture hyperintensif, il a fait sa preuve en tant que système de production. Il doit être exploité tel quel dans ses dimensions techniques, économiques, sociales et environnementales et évalué en cas de reproduction éventuelle dans d'autres contextes algériens et libyens.
- Par rapport au pilote 3 de la Jeffara libyenne dont la thématique est le développement d'un système de culture intensif aux eaux saumâtres, son dimensionnement reste tributaire du débit et de la qualité de l'eau qui sera mobilisée. Si cette eau a une salinité dépassant le seuil de tolérance des cultures envisagées, il est opportun de tirer les enseignements du succès enregistré au pilote 6 relatif au dessalement de l'eau en Tunisie et de le tester dans la Jeffara libyenne, en ciblant un système de culture intensif répondant à la forte demande du marché libyen en produits maraîchers.

3. Recommandations dans le domaine socioéconomique

Pour assurer la durabilité économique, il importe de rentabiliser les investissements nécessaires à l'adoption d'innovations techniques et de générer des marges brutes suffisamment élevées. Cela motivera les populations locales, et particulièrement les jeunes à rester sur leurs terres et s'investir dans ce secteur. Tous les acteurs auront des rôles complémentaires à jouer.

3.1. Recommandations adressées au Mécanisme de concertation

Le Mécanisme devrait accompagner les pays dans l'élaboration de politiques et stratégies d'encouragement à l'intensification et au recours aux nouvelles techniques agricoles au profit des exploitants et dans leur mise en convergence. Cet accompagnement peut prendre plusieurs formes comme l'identification des mesures à prendre, la formation des décideurs en matière de maîtrise des filières commerciales par les organisations communautaires.

3.2. Recommandations adressées aux pays

Pour protéger les exploitants sur le plan économique, les pays devraient adopter, dans le cadre de leurs stratégies respectives, des mesures de diverses natures (juridiques, sociales et financières) pour inciter les exploitants à adopter les innovations techniques susceptibles

d'augmenter les rendements et la valorisation optimale de l'eau et par voie de conséquence l'accroissement des marges brutes de leurs systèmes de culture.

4. Recommandations dans le domaine environnemental

Ces recommandations sont relatives au suivi-évaluation des impacts environnementaux de l'exploitation du SASS, de l'irrigation et de l'intensification des cultures sur toutes les composantes des écosystèmes oasiens, arides et désertiques.

4.1. Recommandations adressées au Mécanisme de concertation

Le Mécanisme devrait dresser une grille d'indicateurs pertinents d'état, de pression et d'action à proposer aux pays. Un atelier pourrait être organisé avec les spécialistes des pays pour capitaliser les acquis en la matière et élaborer un projet de grille et de tableau de bord de l'état et des tendances évolutives du SASS et des impacts de son exploitation.

4.2. Recommandations adressées aux pays

Les pays sont invités à appuyer le Mécanisme dans la construction de cette grille des indicateurs et à élaborer leurs tableaux de bord adaptés à leur contexte. Ils devraient également faire participer les exploitants agricoles à la collecte des informations et des données relatives aux impacts négatifs sur les ressources en eau et en sol.

SASS III

PILOTES DE DÉMONSTRATION AGRICOLE DANS LE BASSIN DU SASS

Le Système aquifère du Sahara septentrional (SASS) est un bassin de plus de 1 000 000 km² partagé par trois pays (Algérie, Libye, Tunisie), dont les réserves en eau sont considérables mais à caractère quasi fossile.

La mise en place de « pilotes de démonstration agricole » dans le cadre de la phase III du projet SASS avait pour but de démontrer, dans une approche participative, la faisabilité, l'efficacité et l'efficience de solutions techniques aux problématiques locales de non-durabilité de la gestion et de l'exploitation de la ressource eau en irrigation dans les trois pays.

Six pilotes de démonstration agricole à l'échelle de l'exploitation agricole, traitant de thématiques différentes, ont donc été mis en œuvre chez et par les exploitants eux-mêmes à raison de deux pilotes par pays. Les innovations techniques introduites visaient l'intensification des systèmes de culture, l'économie de l'eau et l'amélioration de sa valorisation à travers le choix de productions à haute valeur ajoutée.

Les résultats obtenus permettent d'affirmer qu'il existe des solutions techniques efficaces pour la rénovation et la viabilisation des systèmes de culture à l'échelle de l'exploitation agricole. Il reste néanmoins à fiabiliser et à valider ces résultats à plus grande échelle spatiale dans des pilotes de « système de production » intégrant les diverses contraintes structurelles locales au développement de l'irrigation dans la zone SASS.



ISBN : 978-9973-856-79-1



Observatoire du Sahara et du Sahel

Bd du Leader Y. Arafat, BP 31, 1080 Tunis Carthage, Tunisie
Tél. : [+216].71.206.633 - Fax : [+216].71.206.636
URL : www.oss-online.org - Email : boc@oss.org.tn