

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
REPUBLIQUE DE TUNISIE

ETUDE DE FAISABILITE
DU
PROJET D'AMELIORATION DES PERIMETRES IRRIGUES
DANS LES OASIS DU SUD
EN
REPUBLIQUE DE TUNISIE

RAPPORT FINAL

AOUT 1996

JICA LIBRARY



J1131401(0)

SANYU CONSULTANTS INC.

NIPPON KOEI CO., LTD.

AFA
JR
96-31

Currency Conversion Rate

(As of September, 1995)

US\$1.00 =TD0.944 =¥101.00

¥100 =TD0.935 =US\$0.990

TD1.00 =US\$1.059 =¥107

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
REPUBLIQUE DE TUNISIE

ETUDE DE FAISABILITE
DU
PROJET D'AMELIORATION DES PERIMETRES IRRIGUES
DANS LES OASIS DU SUD
EN
REPUBLIQUE DE TUNISIE

RAPPORT FINAL

AOUT 1996

SANYU CONSULTANTS INC.
NIPPON KOEI CO.,, LTD.



1131401 {0}

AVANT-PROPOS

En réponse à la requête du Gouvernement de la République de Tunisie, le Gouvernement du Japon a décidé d'exécuter par l'entremise de l'Agence japonaise de coopération internationale (JICA), une étude de faisabilité pour l'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la République de Tunisie faisant l'objet de l'amélioration des installations d'irrigation et de drainage à économie d'eau dans 153 oasis, couvrant une surface de 23.435 ha.

De l'avril 1995 au mai 1996, la JICA a envoyé trois fois en Tunisie des missions dirigées par M. Hironori TAKAHASHI de SANYU Consultants Inc.

Après un échange de vue avec les autorités concernées du Gouvernement Tunisien, l'équipe de la mission a réalisé une étude sur le site du projet. A son retour au Japon, l'étude a été approfondie. Par la suite, le rapport ci-joint a été complété.

Je suis heureux de vous soumettre ce rapport et je souhaite qu'il contribue à la promotion du projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

Pour terminer, je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux autorités concernées du Gouvernement de la République de Tunisie pour leur coopération avec les membres de la mission.

Août 1996



Kimio FUJITA
Président
Agence Japonaise
de Coopération Internationale

Août 1996

M. Kimio FUJITA

Président

Agence japonaise de coopération internationale

Objet: Lettre de présentation

Nous avons le plaisir de vous soumettre le rapport de l'étude de faisabilité pour l'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la République de Tunisie. Ce rapport rassemble le Projet d'installations d'irrigation et de drainage dans le Sud et le Plan de base pour le développement agricole, en tenant pleinement compte des conseils et recommandations des agences et ministères connexes japonais et de l'Agence japonaise de coopération internationale concernant cette étude, ainsi que des concertations avec les représentants de la Direction Générale du Génie Rural, du Ministère de l'Agriculture, et des ministères et agences tunisiens concernés, ainsi que de leurs commentaires sur l'avant-projet de rapport final.

Ce projet vise à l'aménagement d'installations d'irrigation et d'évacuation d'eau en vue d'économiser l'eau dans les parcelles terminales; par ailleurs, la réhabilitation des installations d'irrigation et d'évacuation d'eau devrait engendrer une augmentation de la production agricole, ce qui se traduira par une amélioration du revenu de chaque fermier. D'autre part, comme les habitants de la zone du projet attendent la réhabilitation des installations depuis de longues années, la réalisation de ces travaux leur fournira également des possibilités d'emploi et de revenu.

La Tunisie s'est donnée comme thème politique la correction des disparités régionales, et le développement agricole est un thème majeur pour la région des oasis du Sud. Vu le contexte ci-dessus, je suis convaincu que la promotion de ce projet, qui vise l'augmentation du revenu des fermiers et la stabilisation de leurs moyens d'existence, va véritablement dans le sens de la politique gouvernementale.

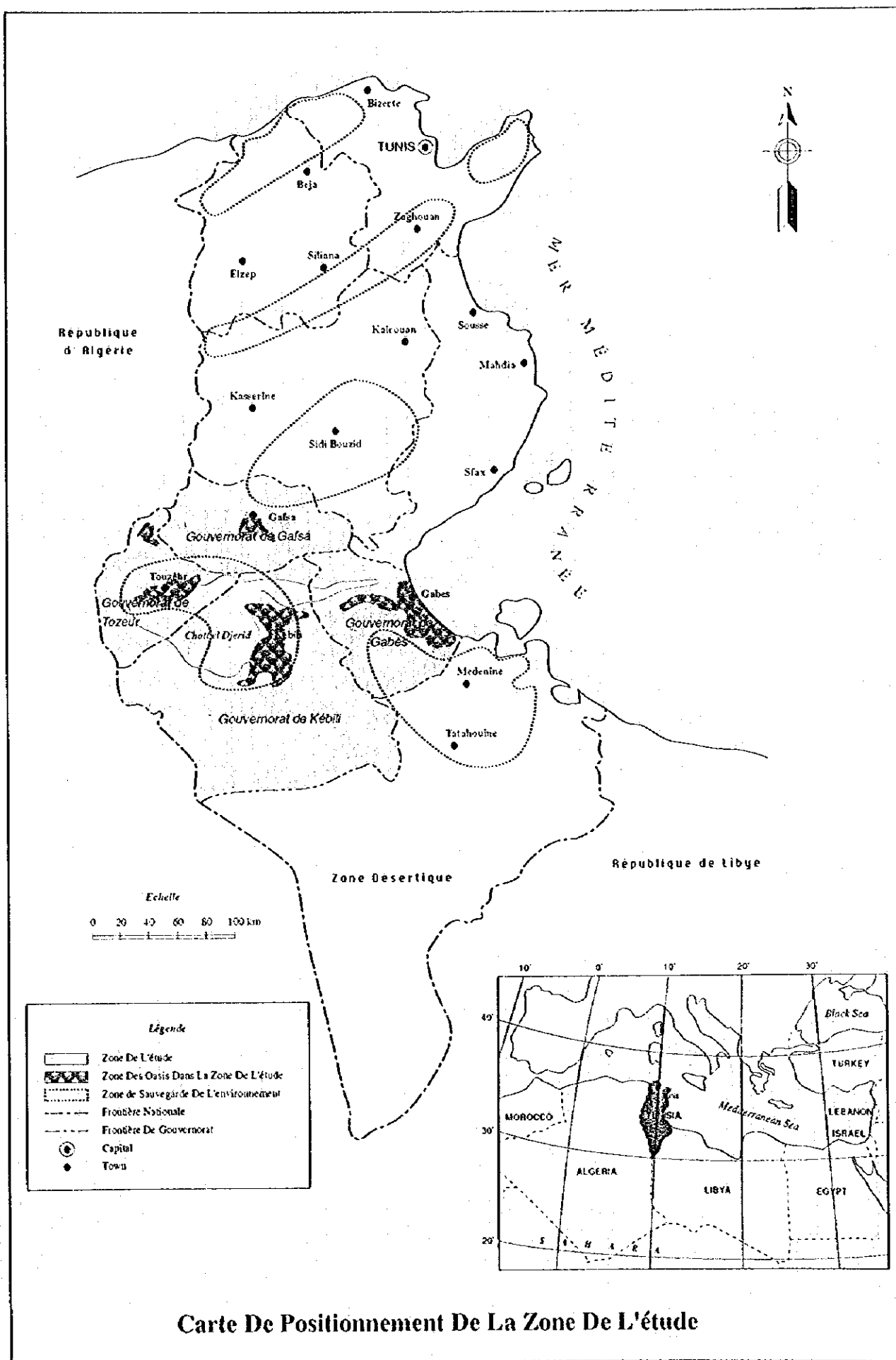
Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments distingués.

高橋宏徳

Hironori TAKAHASHI

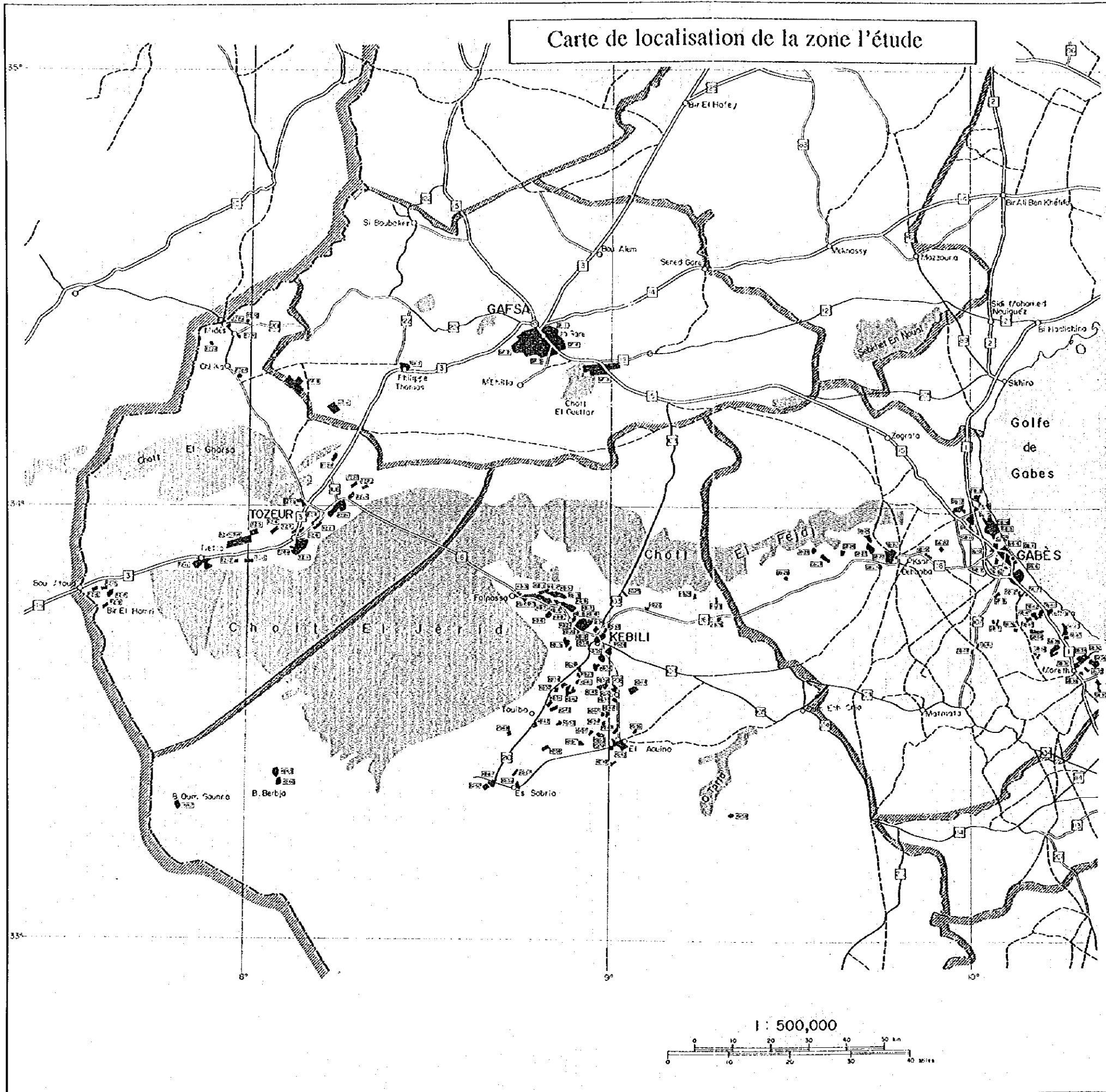
Chef de mission

Etude de faisabilité pour l'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la République de Tunisie



Carte De Positionnement De La Zone De L'étude

Carte de localisation de la zone l'étude



Liste des Oasis

Code Num.	Oasis	Code Num.	Oasis	Code Num.	Oasis	Code Num.	Oasis
(1) Gafsa Gouvernorate							
GF-1	Kasba	GF-3	El Guettar	GF-5	El Ksar	GF-7	Thelja
GF-2	Sud Ouest	GF-4	Ialta	GF-6	Oued Shili	GF-8	Segdoud
(2) Tozeur Gouvernorate							
TZ-1	Tozeur	TZ-9	Jhim 2	TZ-17	Hazoua 2	TZ-25	El Hamra
TZ-2	Kastilia	TZ-10	Ibn Chabbat 3	TZ-18	Hazoua 3	TZ-26	Tamerza
TZ-3	Oued El Koucha	TZ-11	Nefla	TZ-19	Gued Loghrissi	TZ-27	Chebika
TZ-4	Neflayette	TZ-12	Ghardaya	TZ-20	Tazrarit	TZ-28	Foum El Khanga
TZ-5	Chemsa	TZ-13	Ibn Chabbat 1	TZ-21	Cedida	TZ-29	Nides
TZ-6	Helba Est	TZ-14	Ibn Chabbat 2	TZ-22	Dghoumes	TZ-30	Ain El Karaa
TZ-7	Helba Ouest	TZ-15	Dras Sud	TZ-23	Begache		
TZ-8	Jhim 1	TZ-16	Hazoua 1	TZ-24	Chaknou		
(3) Kebili Gouvernorate							
KB-1	Bechri	KB-18	Rabta	KB-35	Rahmat	KB-52	Bouhamza
KB-2	Boudallah	KB-19	Telmine	KB-36	Ras El Ain	KB-53	Ksar Ghilane
KB-3	Fainassa	KB-20	Tombib	KB-37	Sock El Baia	KB-54	Sakkouma
KB-4	El Gliba	KB-21	Toubar	KB-38	Ben Zitoun I et 2	KB-55	Tarfara
KB-5	Menchia	KB-22	Timagues	KB-39	Bourzine	KB-56	Oubouana
KB-6	Nagga	KB-23	Muzraa Keji	KB-40	Gueliada	KB-57	Solda
KB-7	Oum Sanna	KB-24	Oum El Farth 1 et 2	KB-41	Kelwaxen	KB-58	Ghida
KB-8	Oued Zira	KB-25	Stiffia	KB-42	Klibia	KB-59	Sakria
KB-9	Ouled Touati	KB-26	Saidane	KB-43	Sidi Bared	KB-60	El Faouar 1
KB-10	Tenchig	KB-27	Bargouthia	KB-44	Alilet	KB-61	El Faouar 2
KB-11	Zaouiet El Anes	KB-28	Bazna	KB-45	Dous	KB-62	Bechni
KB-12	Zaouiet El Harth	KB-29	B'chelli	KB-46	El Ghoula	KB-63	Dargine
KB-13	Ziret Louhichi	KB-30	Blidette	KB-47	El Golan	KB-64	Matrouha
KB-14	Chouchet Nagga	KB-31	Zarcine	KB-48	Grad	KB-65	Regim Mnatous 1
KB-15	Gaataya	KB-32	Jemaa	KB-49	El N'say	KB-66	Regim Mnatous 2
KB-16	Jedida	KB-33	Mtouria	KB-50	Nouiel	KB-67	Tarfajet Elaa
KB-17	Mansoura	KB-34	Ksaid	KB-51	Zaafrane		
(4) Gabes Gouvernorate							
GB-1	Ain Zrig	GB-13	Shoui	GB-25	Bechima 2	GB-37	Zerkine 1 et 3
GB-2	Temoula 1	GB-14	Faycal	GB-26	Khebayet	GB-38	Zerkine 2
GB-3	Temoula 2	GB-15	N'siraa Ghannouch	GB-27	Ben Ghilouf	GB-39	Ayoume Zerkine
GB-4	Zrig Dakhtania	GB-16	Methoula	GB-28	Glib Dekhane	GB-40	Madssia
GB-5	Teboulbeu	GB-17	Ouedhref	GB-29	Oued Sekhla	GB-41	Feltana 1
GB-6	Oasis de Gabes	GB-18	Aouinette	GB-30	Arran	GB-42	Feltana 3
GB-7	Linaoua 1 et 2	GB-19	Chouchou 1	GB-31	Mareth 1	GB-43	Feltana 4
GB-8	N'dou	GB-20	Chouchou 2	GB-32	Mareth 2	GB-44	Sidi Sellou
GB-9	Chott El Ferik	GB-21	Tekouri	GB-33	Mareth 3	GB-45	Zrig Barrania
GB-10	Pouchama	GB-22	Hassa Oasis	GB-34	Mareth 5	GB-46	Ghandri
GB-11	Hahjoub	GB-23	Mirraa Hamma	GB-35	Mareth 6	GB-47	Laaradh 1
GB-12	Salca	GB-24	Bechima 1	GB-36	Zarat 2	GB-48	Laaradh 3

légende

- Grand route nationale et nationale, avec/ sans revêtement
- Route de communication interurbaine, avec revêtement
- Route de communication interurbaine, sans revêtement
- Autre route
- Frontière d'Etat - passage de frontière
- Limite de Gouvernorat
- Périmètre Oasis

1 : 500,000



Résumé

1. INTRODUCTION

1.1 Historique de l'étude

Le Champ de travail (S/W) de l'étude de faisabilité pour l'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la République de Tunisie (appelée par la suite "l'Etude de faisabilité") et le Procès-verbal des réunions pour ladite étude de faisabilité ont été approuvés et signés par l'Agence japonaise de coopération internationale (appelée par la suite "la JICA") et les deux autorités du Gouvernement Tunisien, la Direction Générale du Génie Rural, Ministère de l'Agriculture (appelée par la suite "la DGGR") et la Direction Générale du Financement et des Encouragements, Ministère de l'Agriculture, le 25 octobre 1994.

Le Premier travail sur le terrain, qui a eu lieu du 3 avril au 16 juin 1995, a porté sur l'inventaire des oasis et l'étude de 8 oasis pilotes pour saisir la situation actuelle dans les oasis. Les résultats ont été compilés sous forme de Rapport d'avancement n° 1, qui a été expliqué et discuté avec la partie tunisienne.

Au cours du Premier travail au Japon, du 20 août au 3 septembre 1995, on a examiné la méthode de l'étude pour les 153 oasis, et établi un Rapport d'exécution, en modifiant partiellement le Rapport de commencement.

Le Second travail sur le terrain, qui s'est déroulé du 4 septembre au 17 décembre 1995, s'est centré sur une étude pilote des 153 oasis afin de saisir les conditions d'aménagement des installations d'irrigation et de drainage terminales des oasis. Les résultats de l'étude sur le terrain, compilés en un Rapport d'avancement n° 2, ont été expliqués et discutés avec la partie tunisienne.

Ensuite, au cours du Second travail au Japon, un avant-projet de rapport final a été élaboré, compilant une conception abrégée des installations, un projet de maintenance des installations, un plan d'exécution du projet, une estimation du coût du projet, une estimation des bénéfices et une évaluation du projet.

1.2 Arrière-plan de l'étude

Dans le Sud de la Tunisie, l'industrie et l'emploi sont concentrés sur l'agriculture, dont la stagnation pourrait se traduire par une migration d'habitants vers les villes du Nord. Cela accélérerait la formation de bidonvilles, ce qui constitue une question politique importante pour la Tunisie. Dans le Sud, l'agriculture est axée sur les oasis, dont le développement est défini comme prioritaire dans le Plan de développement économique du gouvernement. Les dattes, les

légumes et les plantes fourragères sont les cultures principales dans les oasis qui constituent la zone de l'étude, où les précipitations annuelles sont de 100 à 200 mm (climat de steppe) et où l'irrigation joue un rôle essentiel. L'irrigation à économie d'eau est cependant requise, par exemple la réfection des canaux d'irrigation des oasis, à cause des pertes d'eau importantes dues au non-aménagement des installations d'irrigation terminales.

1.3 Objectifs et Champ de l'étude

L'objectif de l'étude est d'effectuer une Etude de faisabilité sur l'aménagement des périmètres irrigués dans 153 oasis, couvrant une surface d'environ 23.000 ha, situées dans les gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès dans le Sud de la Tunisie. Cette Etude vise également à effectuer le transfert technologique au personnel de contrepartie tunisien concernant la méthodologie de l'étude, et la procédure et la formulation du plan de développement.

2. ARRIERE-PLAN DU PROJET

2.1 Economie nationale

Les activités économiques de la Tunisie sont très diversifiées, et l'agriculture, les mines et l'industrie, et les services en sont les secteurs principaux. Le pays exporte des produits agricoles, mais importe aussi beaucoup de denrées alimentaires. Les principaux produits d'exportation sont l'acide phosphorique, produit usiné à base de minerai de phosphore, et les engrais chimiques.

2.2 8ème Plan de développement national

Le 8ème Plan de développement national (1992-1996) prévoit un taux d'augmentation annuel de 6,0% de la production nationale totale et de 4,1% par habitant.

L'objectif du secteur agricole indiqué dans le Plan de développement national est de sécuriser les denrées alimentaires par l'amélioration de l'autosuffisance pour le blé, l'orge et la viande, d'assurer la réduction de la consommation de produits laitiers (70%) et du sucre (16%), et l'augmentation des exportations de produits agricoles et denrées alimentaires. Pour les études agricoles et les activités de vulgarisation, on encourage le développement de techniques permettant un rendement élevé, et leur vulgarisation rapide auprès des agriculteurs. De plus, on renforcera les relations entre l'agriculture et le secteur de l'irrigation.

2.3 Agriculture tunisienne

(1) Secteur agricole

Le territoire tunisien a une superficie de 15,6 millions d'ha, dont 8,6 millions sont utilisés pour la production agricole. La surface des zones cultivées est de 4,8 millions d'ha, ce qui représente 56% de l'ensemble des terres agricoles. Parmi les terres arables, 1 million sont en jachère ou bien abandonnées. La surface cultivée est importante dans les régions du Nord et du Centre, mais par contre très réduite dans le Sud. Le taux des terres cultivées sur les terres arables est faible dans le Sud par rapport aux régions du Nord et du Centre. Il y a 3,8 millions d'ha de forêts, pâturages et autres terres non cultivées.

Dans le Nord et le Centre, les formes de relief sont variées, et les précipitations de 400 à 1.000 mm, ce qui permet la culture pluviale du blé, des fruits, des légumes et des cultures industrielles. Et comme les installations d'accumulation d'eau comme les barrages de grandes dimensions et les réservoirs de stockage sont nombreux, il y a beaucoup de fermes de plus de 5,0 ha, qui s'appuient sur des techniques modernes, pratiquent l'irrigation avec des dispositifs d'arrosage et des conduites, et ont introduit beaucoup d'équipements agricoles de grande taille. Par ailleurs, dans le Sud, les précipitations annuelles sont faibles (100 - 200 mm) et la culture pluviale est impossible dans la majeure partie de cette région. L'agriculture se limite à des endroits où une certaine irrigation est possible, et aux oasis qui utilisent les eaux souterraines pour l'irrigation. Dans le Sud, l'agriculture est principalement l'agriculture dans les oasis. Dans pratiquement toutes les oasis, on pratique l'arboriculture (principalement les dattiers, et partiellement les oliviers). Les dattes, qui sont un important produit d'exportation pour la Tunisie sont des produits des oasis du Sud.

D'après l'étude sur les dépenses de ménages effectuée en 1990, les dépenses annuelles par ménage sont de 5.412 dinars à Tunis, 4.268 dinars dans le Nord, 4.424 dinars dans le Centre, soit en moyenne nationale de 4.033 dinars. En comparaison, les 3.365 dinars du Sud ne représentent que 83% de la moyenne nationale, soit le niveau de vie le plus bas. L'amélioration des revenus des fermiers par l'aménagement des oasis du Sud est devenu une question d'importance nationale.

(2) Secteur de l'irrigation

L'irrigation est un secteur important pour la Tunisie, plusieurs projets d'irrigation à grande échelle ont déjà été lancés, et l'on prévoit par la construction de bassins de stockage d'eau, de passer à 1,5 à 2,5 milliards m³ d'eau stockée en l'an 2000.

Le Gouvernement Tunisien prévoit la construction de 610 nouveaux forages pour assurer 1,139 milliard de m³ d'eaux souterraines en 2001, et à cet effet, il essaie de trouver 288 millions de m³ de nouvelles ressources d'eau par an. Au cours du 8e Plan quinquennal de développement national, 700 nouvelles Associations d'Intérêt Collectif (AIC) ont été créées, et le projet de promotion a déjà été lancé.

Dans la zone des oasis du Sud, l'aménagement des canaux des parcelles terminales a pris du retard, et l'infiltration considérable des eaux d'irrigation rend l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation faible. Par ailleurs, le niveau des eaux souterraines a tendance à baisser, et il devient urgent d'améliorer l'efficacité de l'irrigation à économie d'eau parce qu'on ne peut plus espérer l'exploitation de nouvelles sources d'eau. Pour cette raison, le Gouvernement Tunisien réalise un projet d'économie d'eau en subventionnant l'aménagement des parcelles terminales pour assurer l'utilisation à économie d'eau des eaux souterraines.

3. SITUATION ACTUELLE DANS LA ZONE DE L'ETUDE

3.1 Conditions naturelles

(1) Emplacement et topographie

La zone de l'étude est située entre 250 et 390 km au Sud de Tunis, capitale de la République de Tunisie. Elle s'étend de Gafsa à Es Sabria sur une longueur d'environ 140 km en direction Nord-Sud, et du Golfe de Gabès à la frontière algérienne sur une longueur de 260 km d'Est en Ouest. Elle couvre partiellement les gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès sur des surfaces respectives de 7.360 km², 6.159 km², 22.454 km² et 7.505 km², soit un total de 43.4678 km². Elle s'étend de 22°20' à 34°40' de latitude Nord à 7°49' - 10°30' de longitude Est.

La zone de l'étude dans le gouvernorat de Gafsa est située dans un bassin ondulé d'une altitude entre 220 et 400 m. Celle dans le gouvernorat de Tozeur s'étend du Nord-Est au Sud-Ouest le long de la route nationale n°3, à une altitude entre 10 et 150 m. Celle dans le gouvernorat de Kébili est limitée par des dunes de sable au Sud et les berges complexes du Chott El Djerid à l'Ouest et caractérisée par une topographie très plate avec une altitude de 40 à 80 m. La zone de l'étude dans le gouvernorat de Gabès a un relief très ondulé et une élévation de 10 à 150 m.

(2) Météorologie et hydrologie

La température annuelle moyenne à Tozeur et Kébili est supérieure à 20°C, ce qui est attribué aux mois de juin à août très chauds en climat continental, alors que Gafsa et Gabès ont des températures relativement basses, inférieures à 20°C à cause de leur bon emplacement: Gafsa près du Centre et Gabès sur la côte. Mais l'humidité relative à Tozeur et Kébili est inférieure à celle de Gafsa et Gabès, cela sans doute parce que les deux premières sont situées à l'intérieur du pays où il fait très sec longtemps pendant l'été, et les deux dernières sont au Nord et au bord de la mer où le temps sec dure moins longtemps. Il y a également une grande différence dans les précipitations. Par exemple, les données des deux stations météorologiques de Tozeur et Kébili indiquent respectivement des pluies annuelles de seulement 86,9 et 73,6 mm. Par contre, pour les deux dernières, les données sont respectivement de 174,3 et 212,8 mm, soit deux fois plus. Ces différences se répercutent également sur l'évaporation moyenne annuelle, qui est de 7,2 mm et 8,4 mm par jour respectivement à Tozeur et Kébili, et de 6,6 mm et 5,5 mm par jour à Gafsa et Gabès.

(3) Géologie

La majeure partie de la région a un socle effectif mésozoïque directement recouvert de couches quaternaires à la fois fluviales et éoliennes. Le socle se compose de roches sédimentaires du permian inférieur au tertiaire, alternant des roches tendres comme les marnes, les microgrès, l'argile et les évaporites, et des roches dures comme les calcaires ou les dolomites, et forme localement des cuestas combinés à des failles échelonnées.

Les zones de collines basses sur les deux rives du Chott Fejaj, aux environs de la ville de Gafsa et au sud de Gabès sont des zones où le socle affleure directement comme précité. Mais les roches cénozoïques, qui recouvrent les couches mésozoïques, affleurent directement seulement au Sud et à l'Est du Chott El Djerid.

(4) Hydrogéologie

Depuis quelques années, deux couches aquifères profondes sont devenues très importantes: le Complexe Terminal (C.T.) et le Continental Intercalaire (C.I.) parce qu'elles sont nouvellement exploitées, ont dans la plupart des cas une bonne réserve, sont artésiennes et peuvent jaillir naturellement. Mais comme le volume de pompage global atteint déjà la limite d'exploitation de la couche aquifère, la tendance à la baisse de la hauteur artésienne des eaux du C.T. s'est accélérée. Actuellement, dans les 4 gouvernorats, en moyenne 35% des

forages dans le C.T. sont à eaux jaillissantes, mais dans moins de 10 ans, tous les forages dans le C.T. perdront leur hauteur artésienne, et le pompage deviendra nécessaire.

(5) Sol

La plupart des oasis ont un sol à gros grains ou relativement gros grains, à texture en sable (S) ou sol sablonneux (SI). 3 oasis sont à texture en terre (Si). Les grains sont gros surtout à Gafsa et Tozeur, alors qu'à Kébili et Gabès, ils sont relativement petits. Par conséquent, le sol est très perméable. Mais par endroits, la couche de gypse se trouve à une profondeur relativement faible, ce qui rend le drainage nécessaire. Le pH du sol des oasis va de 8,0 à 9,3, la plupart des sols sont alcalins. La conductivité du sol va de 15 à 520 mS/m, et les différences sont grandes selon les oasis. Dans la plupart des oasis, la conductivité est inférieure à 400 mS/m, et la teneur en sel ne pose pas de problème.

3.2 Conditions économiques et sociales

(1) Divisions administratives

La division administrative locale en Tunisie comprend 23 gouvernorats, 254 délégations et 2044 imadas en 1994. La zone de l'étude s'étend sur 4 gouvernorats, 30 délégations et 222 imadas, les 153 oasis du projet étant dispersées sur 22 délégations et 174 imadas (mars 1994). Voici les délégations et imadas par gouvernorat dans la zone de l'étude.

Item	Gouvernorat de Gafsa	Gouvernorat de Tozeur	Gouvernorat de Kébili	Gouvernorat de Gabès	Total	Tout le pays
Nbre de délégations	11 (5)	5 (5)	5 (5)	9 (7)	30 (22)	254
Nbre d'imadas	74 (38)	36 (36)	40 (40)	72 (60)	222 (174)	2,044

Les chiffres () indiquent le nombre de délégations et d'imadas objets du projet.

(2) Population

En 1994, la population dans les 4 gouvernorats de la zone de l'étude a été estimée à 840.200 habitants, soit 9,6% de la population du pays. Le nombre de ménages est de 148.700, avec des familles d'environ 5,6 personnes en moyenne. La densité de population dans la zone du projet est faible par rapport à la moyenne nationale de 57 habitants/km², surtout dans le gouvernorat de Kébili où elle est de 6 habitants/km². La population dans la zone du projet et autour des 153 oasis par gouvernorat, le nombre de ménages, la taille des familles, la densité de population sont comme indiqué ci-dessous.

Item	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Zone de l'étude:					
Population, 1994(hab.)	307,513	89,055	131,914	311,713	840,195
Nbre de ménages	54,330	16,590	21,316	56,431	148,667
Taille des familles (personnes/ménage)	5.7	5.4	6.2	5.5	5.6
Surface totale (km ²)	7,360	6,159	22,454	7,505	43,478
Densité de population (hab. par km ²)	41.8	14.5	5.9	41.5	19.3
Taux de croissance démographique (%)	2.7	2.7	3.3	2.6	2.8
Zone des 153 oasis					
Population, 1994 (hab.)	194,697	89,055	131,914	282,896	698,562
Nbre de ménages	35,189	16,590	21,316	51,318	124,413
Taille des familles (personnes/ménage)	5.53	5.37	6.19	5.51	5.61

Environ 32% du nombre total de ménages, soit environ 39.600 fermes, bénéficient de l'irrigation dans les 153 oasis, ce qui fait un total de 223.000 personnes.

Item	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Nombre de fermes	5,620	7,060	9,020	17,900	39,600
Nombre de personnes	31,000	37,900	55,800	98,600	223,300

(3) Infrastructures rurales

1) Routes

Dans la zone de l'étude, des routes asphaltées à deux voies qui relient les capitales des gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès, forment un réseau de routes en parallélogramme. Les principales villes et les villages sont reliés par ces réseaux de routes pavées. Les oasis traditionnelles et les villes et agglomérations avoisinent des routes reconvertes, mais les nouvelles oasis sont reliées par des routes non recouvertes.

2) Electrification rurale

L'électrification rurale dans les quatre gouvernorats de la zone de l'étude est comme suit:

- Gafsa 51%
- Tozeur 90%
- Kébili 95%
- Gabès 70%

Ces pourcentages sont plus élevés que la moyenne nationale de 40%. En particulier, le pourcentage de Kébili, 95%, est le premier, et celui de Tozeur, 90%, le second, de tous les gouvernorats de Tunisie.

3) Alimentation en eau potable des zones rurales

Certains ménages disposent d'une source d'eau à domicile et d'autres vont puiser l'eau aux sources communautaires.

Gouvernorat	Branchement particulier	En % de la population	
		Bornes fontaines	
		Proche (moins d'1 km)	Moyenne ou loin (plus d'1 km)
Gafsa	44	12	44
Tozeur	61	15	24
Kébili	41	35	24
Gabès	70	6	24

3.3 Agriculture

(1) Utilisation des sols

Dans les oasis, le sol est totalement utilisé comme terres agricoles. En réalité, il y a des canaux d'évacuation d'eau, des chemins, des forages et des bâtiments, l'ensemble n'est donc pas employé pour l'agriculture. Les sols réellement utilisés pour l'agriculture correspondent à 83 à 96%, soit en moyenne 89%.

(2) Production agricole

La surface des 153 oasis situées dans la zone de l'étude est de 23.400 ha, 34.700 ha sont cultivés, soit un taux de culture de 1,48. Le tableau ci-dessous indique la surface plantée des produits principaux dans les oasis.

Item	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Surface (ha)	3,467	5,622	7,213	7,133	23,435
- arbres fruitiers	3,432	5,622	7,213	7,133	23,400
- légumes	1,041	568	2,067	1,485	5,161
- plantes fourragères	886	311	2,850	1,620	5,667
- cultures industrielles	0	0	0	452	452
Surface cultivée (ha)	<u>5,359</u>	<u>6,501</u>	<u>12,130</u>	<u>10,690</u>	<u>34,680</u>
Densité de culture	1.55	1.16	1.68	1.50	1.48

(3) Méthodes de culture

Différentes cultures sont pratiquées sur la base de l'irrigation dans la zone de l'étude. La méthode d'irrigation est de type arrosage par submersion. On pratique la culture combinée pour utiliser efficacement l'eau d'irrigation. Le modèle typique est le suivant: dattiers en haut, autres arbres fruitiers en moyenne et champs en bas. Avec le remplacement des dattiers, cette culture étagée typique va diminuer.

(4) Rendement et production

Le rendement des principales cultures par gouvernorat est résumé ci-dessous.

(unité: tonne/ha)

Item	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Dattes	7.3	5.8	5.7	5.9	5.9
Olives	8.0	2.7	4.6	4.0	6.1
Fruits	11.7	2.5	2.8	11.8	8.7
Légumes d'hiver	23.6	12.5	12.8	28.1	19.1
Légumes d'été	18.0	9.6	10.1	15.2	13.4
Plantes fourragères	59.3	77.6	50.1	59.4	54.9
Cultures industrielles				1.5	1.5

La production des principales cultures par gouvernorat est résumée ci-dessous.

(unité: tonne)

Item	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Dattes	5,960	29,330	37,310	18,470	91,050
Olives	17,850	480	900	6,880	26,110
Fruits	4,590	1,010	1,290	24,410	31,300
Légumes d'hiver	11,760	3,830	16,080	24,260	55,700
Légumes d'été	9,780	2,520	8,120	9,430	29,950
Plantes fourragères	47,530	24,140	142,940	96,200	310,810
Cultures industrielles	0	0	0	660	660

(5) Elevage

La production animale est très faible par rapport à la production agricole, mais c'est un élément indispensable de l'agriculture dans les oasis. Dans la zone de l'étude, les moutons et les chèvres sont les plus nombreux, suivis des chameaux, des boeufs et des équidés.

(6) Marché des produits agricoles et prix

La plus grande partie des produits, à savoir dattes, olives et autres fruits, récoltés dans la zone de l'étude sont vendus au marché de gros par le biais d'intermédiaires et de sociétés de

distribution, ou bien emportés sur les marchés d'autres gouvernorats. Les dattes fraîches sont vendues sur les marchés et comme souvenirs touristiques. Le Groupement Interprofessionnel des Dattes (GID) organise la production des dattes dans les différents gouvernorats. Ce groupement supervise la fixation des prix, la gestion de la qualité, l'emballage pour l'exportation, la vente et la conservation.

(7) Montant net de la production des principaux produits

Si l'on soustrait les frais de production du montant total de la production des 153 oasis de la zone de l'étude, on obtient le montant net de la production suivant.

Produit	Production (tonne)	Montant de la production		Frais de production	
		Montant total de la production (milliers de dinars)	Frais de production (dinars/ha)	Frais de production totaux (milliers de dinars)	Montant net de la production (milliers de dinars)
Fruits		113,990		22,060	91,930
Dattes	91,050	93,320	974	15,120	78,200
Olives	26,110	10,450	778	3,360	7,090
Grenades	23,150	6,640	1,031	2,310	4,330
Abricots	4,100	2,020	1,144	400	1,620
Figues	4,050	1,560	905	870	690
Légumes d'hiver		11,830		4,810	7,020
Navets/Carottes	23,760	4,780	1,594	1,820	2,960
Oignons	26,440	4,920	1,769	2,190	2,730
Fèves	5,760	2,130	1,455	800	1,330
Légumes d'été		16,880		4,170	12,710
Piments	13,540	11,830	1,971	2,880	8,950
Tomates	16,310	5,050	1,675	1,290	3,760
Plantes fourragères					
Luzerne	310,810	16,470	1,038	5,880	10,590
Cultures industrielles					
Henné	660	1,220	1,257	570	650
Total		160,390		37,490	122,900

(8) Organisation des fermiers

Les organisations des fermiers sont les Associations d'Intérêt Collectif (AIC), chargées de la gestion rationnelle de l'eau pour l'agriculture, et les Coopératives des Services Agricoles (CSA), s'occupant de la rationalisation de la gestion des exploitations agricoles. Toutes deux ont été formées conformément aux directives du Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA) de chaque gouvernorat.

Les AIC ont été créées sur la base du décret 87-35 du 6 juillet 1987. Leurs principales activités, ayant pour but la maintenance des installations hydrauliques qui leur ont été confiées par les CRDA, sont comme suit.

- Exploitation, maintenance et réparation des installations hydrauliques (gestion du fonctionnement de l'installation par un gestionnaire spécialisé, relevé des conditions de fonctionnement, proposition et exécution des projets de maintenance et de réparation)
- Gestion administrative de l'organisation (proposition de programme d'irrigation, établissement du budget de l'AIC, réception des commandes d'eau, collecte des frais d'eau)

Il y a généralement une AIC par oasis, mais dans certaines, il en existe plusieurs. Actuellement, 146 AIC sont constituées dans les 153 oasis, et leur nombre total était de 169 en octobre 1995, comme le montre le tableau ci-dessous. Seules 7 oasis sont dépourvues d'AIC: 3 oasis traditionnelles utilisant des sources d'eau naturelles, et 4 nouvelles oasis où les installations terminales sont en cours d'aménagement (toutes dans le gouvernorat de Tozeur). Ainsi, les fermiers possédant des terres dans les oasis sont parfaitement conscients de l'importance des AIC, et participent aux activités des AIC, qui remplissent bien leur rôle de gestionnaire de l'exploitation et de la maintenance des installations hydrauliques et de la gestion administrative.

	Irrigation Area (ha)	No. of AIC	No. of member (person)	No. of executive (person)	No. of worker (person)
Gafsa	3,467	8	6,105	64	36
Tozeur	5,622	44	7,356	253	50
Kébili	7,213	69	30,464	369	220
Gabès	7,133	48	17,777	204	176
Total	23,435	169	61,702	890	482

(9) Services de soutien à l'agriculture

Le Programme de vulgarisation agricole a été lancé en Tunisie pour promouvoir et accélérer l'extension des activités agricoles. Au niveau gouvernemental, l'Agence de Vulgarisation et Formation Agricoles (AVFA) a été créée comme bureau extra-ministériel du Ministère de l'Agriculture. Les activités de vulgarisation sont actuellement assurées par 16 Cellules Territoriales de Vulgarisation (CTV), 60 Cellules de rayonnement Agricole (CRA) et des vulgarisateurs dans la zone des 153 oasis.

(10) Economie agricole

La taille moyenne des fermes est estimée à 0,38 ha dans les 153 oasis, et va de 0,11 à 5,13 ha. La taille des fermes dans les nouvelles oasis est équitablement répartie entre 0,5 à 1 ha. En principe, les périmètres ont été équitablement répartis entre les fermiers, mais des

modifications sont intervenues par la suite, et la surface actuelle par exploitation est maintenant de 0,5 à 2,0 ha.

Dans les fermes de plus d'1,0 ha, même sans revenus autres que l'agriculture, il y a de l'argent en surplus. Dans les nouvelles oasis, on estime que si les objectifs de production de fruits sont atteints 7 à 10 ans après la plantation, la famille peut vivre uniquement de l'agriculture.

3.4 Irrigation et drainage

(1) Irrigation

Les grandes oasis ont environ 700 ha (oasis traditionnelles), les petites seulement quelques dizaines d'ha. Le système de transport d'eau des grandes oasis comprend un bassin de régulation, et des canaux primaires, secondaires et tertiaires, celui des petites oasis seulement des canaux tertiaires, et celui des oasis moyennes, selon leur taille, des canaux primaires, secondaires et tertiaires, ou bien des canaux secondaires et tertiaires. Et si elles utilisent un forage sur le C.I., elles sont en général dotées d'une installation de refroidissement des eaux géothermales immédiatement après. Les canaux quaternaires sont prévus dans les parcelles terminales pour assurer l'irrigation. Le présent projet a pour objet l'aménagement de ces canaux quaternaires pour permettre l'économie d'eau d'irrigation.

La plupart des systèmes de transport de l'eau sont composés de tuyaux en béton, en amiante-ciment ou en PVC, de 600 mm à 80 mm de diamètre et la longueur totale des tuyaux est de 1.355 km. La répartition de l'eau se fait par angle d'ouverture de vannes, et est contrôlée à l'aide d'1 ou 2 limnimètres.

Toutes les installations de transport d'eau, y compris les bassins de régulation, ont été rénovées jusqu'en 1991. Celles de Gafsa ont été rénovées avec une aide financière du Gouvernement allemand, celles de Tozeur avec un fonds d'Abou Dhabi, celles de Kébili avec un fonds d'Arabie saoudite et celles de Gabès avec une aide financière de la Banque Mondiale. Il y a quelques fuites aux raccords et aux vannes d'alimentation, mais cela ne pose pas un problème sérieux.

La partie tunisienne connaît bien l'état des canaux quaternaires. Une étude pilote détaillée a été réalisée pour couvrir plus de 5% de l'ensemble des 153 oasis, soit une superficie totale de 23.435 ha, afin d'étudier dans le détail les tronçons en béton, en PVC ou en vinyle. Pour cela, on a tracé des plans horizontaux au 1/2000e sur des cartes au 1/2000e, en

mesurant et indiquant les canaux d'irrigation, le réseau de canaux de drainage, les constructions, les routes et les autres installations existantes.

Le tableau ci-dessous montre le nombre d'échantillons et les surfaces utilisés pour l'étude pilote.

Governorate	Area of Oasis (ha)	No. of Oasis	No. of Sample	Study Area (ha)	Study achievement (%)
(1) Gafsa	3,467	8	19	248	7.2
(2) Tozeur	5,622	30	47	239	4.2
(3) Kébili	7,213	67	86	438	6.1
(4) Gabès	7,133	48	81	448	6.3
Total	23,435	153	233	1,373	5.9

Cette étude pilote a révélé que la longueur aménagée avec des tuyaux en PVC ou canalisations en béton était en moyenne seulement de 40 m dans les quatre gouvernorats, et que 190 m par ha n'étaient pas aménagés.

La méthode d'irrigation la plus largement utilisée dans la zone du projet est l'arrosage par submersion. La grandeur des parcelles arrosées n'est pas uniforme; elle varie selon le type d'oasis (traditionnelle ou nouvelle), les cultures pratiquées et la région, et en général les parcelles des oasis traditionnelles sont plus grandes que celles des nouvelles.

Une étude de mesure des fuites a été réalisée selon deux méthodes: méthode d'inondation et méthode d'écoulement, pour estimer les pertes par infiltration des canaux terminaux. Les mesures ont donné des pertes par infiltration de 30% par 100 m dans les nouvelles oasis, et de 25% dans les oasis traditionnelles.

Le taux de fuite n'est pas proportionnel à la longueur de canal non-aménagée, le tableau suivant en résume les valeurs.

Longueur	12.5 m	25 m	50 m	75 m	100 m	125 m	150 m	175 m	200 m
Oasis Traditionnelle	3.25 %	6.5 %	13 %	19 %	25 %	30 %	35 %	39.5 %	44 %
Oasis Nouvelle	4 %	8 %	16 %	23 %	30 %	35.5 %	41 %	46 %	51 %

(2) Drainage

Le drainage est jugé nécessaire pour éviter les dégâts dus au sel. Et des canaux de drainage sont nécessaires en particulier, dans les gouvernorats de Tozeur, Kébili et Gabès. Les oasis

au centre du gouvernorat de Gafsa n'ont pas besoin de canaux de drainage parce que la surface piézométrique des eaux souterraines est faible. Par contre celles situées près de la limite avec le gouvernorat de Tozeur en ont besoin parce que la surface piézométrique est élevée.

Une partie des nouvelles oasis utilisent des canaux de drainage à ciel ouvert de 2,5 m de profondeur, ou des canalisations en PVC à trous de 58 mm posées à 2,0 m de profondeur. Mais le drainage n'est pas systématisé dans les oasis traditionnelles. L'intervalle des canaux de drainage est de 100 m dans les nouvelles oasis, alors qu'il n'est pas fixé dans les anciennes. Les canaux principaux et collecteurs sont tous à ciel ouvert. L'état actuel des installations d'irrigation a été étudié dans le détail lors de l'étude pilote précitée en (1), qui a révélé un taux d'aménagement de 20 m/ha à Gafsa, 70 m/ha à Kébili, et d'environ 50 m/ha à Tozeur et Gabès.

(3) Installations de refroidissement

Des installations de type tour sont principalement utilisées pour le refroidissement des eaux géothermales produites de la formation C.I. à Tozeur, Kébili et Gabès. D'autres types d'installation tels que cascade, spirale et treillis, moins nombreux, sont aussi moins efficaces pour le refroidissement.

1) Type tour

Il y a un total de 18 installations de type tour, y compris celle actuellement en construction (Bechima à Gabès). Leur structure de base est pratiquement la même. L'eau géothermale de la formation C.I. est amenée du forage de production jusqu'à la plate-forme (environ 13 m au-dessus du sol) de la tour par un tuyau. L'eau arrive dans la tour de refroidissement par de petits trous pratiqués dans la plate-forme de la tour, et le refroidissement de l'eau se fait parce qu'elle frappe sur des obstacles en bois.

Les dépôts de tartre considérables dans les tours de refroidissement et les tuyaux de transport de l'eau refroidie constituent un problème important. Bien que l'intervalle de nettoyage varie d'un site à l'autre, on remplace généralement les obstacles en bois tous les six mois et les tuyaux sont nettoyés ou remplacés tous les 1 à 3 ans.

2) Type cascade

Il y a quatre installations de refroidissement de type cascade dans le gouvernorat de Kébili. L'installation de Ras El Ain utilisant des terrasses, l'eau refroidie arrive au bassin en aval par un canal à ciel ouvert qui serpente autour de la zone d'irrigation.

3) Type spirale

Il existe un seul système de refroidissement de ce type à l'oasis de Chenchou (Gabès). Les eaux géothermales sont introduites dans le centre d'un canal en forme de spirale en béton via un tuyau en acier (\varnothing 15 cm) et sont refroidies de 54 à 40°C.

4) Type treillis

Seulement deux installations de refroidissement de ce type très ancien fonctionnent à Khebayet (Gabès). Les eaux géothermales tombent du haut de l'installation d'environ 3 m de haut sur un treillis en béton, et sont refroidies de 65 à 50°C.

3.5 Gestion de l'eau

(1) Organisme assurant la maintenance des installations et répartition des tâches

Les travaux de maintenance des installations du système sont en principe réalisés par l'Association d'Intérêt Collectif (AIC) avec l'assistance du Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA). Le CRDA assure la gestion du forage, des pompes, des canaux de drainage principaux et secondaires et les AIC celle des installations d'irrigation autres que celles de prise d'eau et des canaux de champs.

L'exploitation des installations d'irrigation est en principe assurée par l'AIC. Toutefois, la maintenance des grands systèmes de canalisations comme la Batterie des Forages de Regouba (BFR) dans le gouvernorat de Gafsa et le système de la Presqu'île de Kébili (PIK), exigeant des techniques de gestion de haut niveau, leur gestion est donc réalisée par le CRDA. Quant à la réparation des installations d'irrigation, le CRDA assure la maintenance des forages et pompes qui exigent un niveau technique élevé et des frais de maintenance, l'AIC celle des canaux de transport d'eau.

Pour les installations de drainage, le CRDA s'occupe de la maintenance des canaux principaux et secondaires, et l'AIC de celle des canaux tertiaires (canaux collecteurs) et quaternaires (canaux de drainage des parcelles) dans les oasis.

La maintenance des installations est assurée en contact étroit par le CRDA et les AIC, avec l'assistance des sections et divisions suivantes.

a) Section Exploitation et maintenance du périmètre irrigué (PI) sous la Division de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (HRID)

Établit et réalise les projets de maintenance des installations hydrauliques pour les zones déjà irriguées, apporte des améliorations aux programmes d'irrigation, s'occupe de la vulgarisation des techniques d'irrigation et d'économie d'eau auprès des

agriculteurs, organise des séminaires périodiques sur les techniques d'irrigation pour les agriculteurs.

b) Les Cellules Territoriales de Vulgarisation (CTV) et Cellules de Rayonnement Agricole (CRA) sous la Division de la Vulgarisation et de la Promotion de la Production Agricole (AEPD) s'occupent de la vulgarisation des techniques concernant l'agriculture en général, les techniques d'irrigation y compris, auprès des agriculteurs.

c) Cellule AIC

Réalise des activités de relations publiques pour faire connaître le rôle de l'AIC aux agriculteurs, et pour soutenir l'AIC, fournit les informations liées aux opérations de gestion de l'AIC, et vulgarise les techniques de traitement, supervise et évalue des activités de l'AIC en relation avec la Section ACI du DGGR.

Les PI dans l'organisation ci-dessus se subdivisent en brigade de maintenance, brigade des techniques d'économie d'eau et brigade des installations de refroidissement, dont le personnel technique est indiqué dans le tableau ci-dessous; comme précité, le personnel technique des AIC est peu nombreux. La brigade des techniques d'économie d'eau s'occupe de la promotion de l'aménagement des installations terminales, le personnel permanent étant de 0 à 1. Le manque de personnel des PI est un des obstacles au bon déroulement de la maintenance des installations hydrauliques des oasis et à la promotion de l'aménagement des installations terminales. Le CRDA a lancé un appel pour la fédération des AIC au niveau des délégations pour permettre une maintenance plus efficace par les AIC en s'appuyant sur un personnel limité.

Gouvernorat	Surface à maintenir (ha)	AIC	Chef (personnes)	Brigade de maintenance	Brigade des techniques d'économie d'eau	Brigade des installations de refroidissement	Total
Gafsa	3,467	8	1	6	1	0	8
Tozeur	5,622	44	1	7	(3)*	0	8
Kébili	7,213	69	1	5	1	1	8
Gabès	7,133	48	1	13	(3)	(1)	14
Total	23,435	169	4	31	2	1	38

Note: Les nombres entre parenthèses indiquent un poste cumulé par un agent de la brigade de maintenance.

Tous les membres des AIC sont des agriculteurs, qui élisent les membres du comité de gestion parmi eux. Le comité d'une AIC comprend un directeur, un comptable, 4 conseillers, et leur mandat est de deux ans. L'AIC emploie 1 à 2 opérateurs de pompe et plusieurs gestionnaires des vannes pour la gestion de la distribution de l'eau.

Une assemblée ordinaire annuelle des membres est organisée à la fin de chaque terme au bureau de l'AIC. On vérifie les comptes de l'année, et définit le budget de l'année suivante sur la base du plan de maintenance. De plus, on effectue les activités ordinaires telles que la prise des commandes d'eau des membres, les directives pour la distribution de l'eau aux gestionnaires des canalisations, et la collecte des frais d'eau.

Dans la maintenance des installations hydrauliques, l'AIC elle-même s'occupe des petites réparations, telles que remplacement de pièces d'usure. L'inspection-réhabilitation des pompes réalisée une fois par an sous la supervision du CRDA est confiée à une entreprise privée.

(2) Gestion de l'eau

En principe, la gestion de l'eau d'irrigation est assurée par l'AIC, et la distribution de l'eau se fait sur la base du programme d'irrigation établi en coopération par l'AIC et la Section Exploitation et maintenance du périmètre irrigué (PI) sous HRID. La gestion de la distribution de l'eau est assurée par le gestionnaire des pompes et le gestionnaire des vannes selon les directives de l'AIC. Le temps d'irrigation journalier est de 20 heures, l'irrigation commence à 23 heures et se poursuit jusqu'à 19 heures le lendemain. L'état actuel de la gestion de l'eau dans les installations de prise d'eau, les installations de transport d'eau et les installations terminales est comme suit.

1) Gestion de l'eau dans les installations de prise d'eau

Les oasis ont trois types de source d'eau: forages, puits ou source naturelle, mais la plupart sont alimentées par un forage. La station de prise d'eau est opérée par le gestionnaire des pompes de l'AIC, qui indique dans un rapport journalier le volume pompé, le temps et les conditions de fonctionnement. Toutefois, certains indicateurs d'eau ne fonctionnent pas, et une amélioration est nécessaire.

Une installation de refroidissement, gérée par le CRDA, est en place si le traitement des eaux géothermales est nécessaire. Elle est prévue pour l'obtention d'eau de moins de 45°C à la sortie.

2) Gestion de l'eau des installations de transport d'eau

Les installations de transport d'eau depuis l'installation de prise d'eau sont en général des canalisations, pour la plupart fermées, mais il y a aussi quelques canalisations semi-fermées avec réservoir surélevé. Le bassin de régulation du volume d'eau est géré par le CRDA dans un réseau de canalisations important, mais les canaux

d'irrigation gérées par l'AIC sont dépourvus de bassin de régulation d'eau. La supervision et le contrôle de la distribution de l'eau dans le réseau de canalisations se fait par des vannes dotées de débitmètres ou à ouverture pré-réglée.

3) Gestion de l'eau des installations terminales

Le contrôle du volume d'eau distribué aux canaux terminaux se fait par ouverture/fermeture de vannes de l'hydrant, en fonction de la surface régie par l'hydrant. L'AIC informe à l'avance les agriculteurs des dates et durées d'irrigation. Ils se tiennent prêts dans les parcelles jusqu'à l'heure du début de l'irrigation, en attendant l'arrivée de l'eau. Mais il est rare que l'eau d'irrigation parvienne aux parcelles terminales à l'heure prévue, et dans toutes les oasis, il semble y avoir du retard dans l'irrigation. Ce retard est dû au sol sablonneux fortement perméable des oasis, et comme tous les canaux terminaux (canaux quaternaires) sont en terre, les fuites sont importantes, l'eau est insuffisante, et comme les parcelles sont trop grandes, il faut beaucoup de temps pour que l'eau stagne à la surface.

Les trois méthodes suivantes pourraient être adoptées pour économiser l'eau d'irrigation dans les parcelles terminales.

- a) Aménagement des canaux quaternaires
- b) Méthode d'irrigation récemment développée (goutte à goutte par exemple)
- b) Amélioration des méthodes de gestion de l'eau

Le Gouvernement et les fermiers des oasis sont pleinement conscients de l'importance et de la nécessité de l'aménagement des canaux quaternaires. Pour cela, le Gouvernement Tunisien promeut depuis 1992 le Programme Régional de Développement (PDR) et le Fond Spécial de Développement Agricole (FOSDA).

Cependant, la progression de l'aménagement est très lente. Cela, surtout parce que les subventions gouvernementales sont insuffisantes; pour cela, le gouvernement prévoit de demander l'aide d'organismes internationaux pour la mise à disposition du fonds nécessaire.

Dans la zone de l'étude, l'irrigation est généralement faite par arrosage par submersion; les fermiers utilisant l'irrigation goutte à goutte, une méthode d'irrigation à économie d'eau, sont très peu nombreux. Ce type d'irrigation convient à la culture des légumes et des fruits, mais les frais de maintenance des installations sont élevés.

Les activités concernant l'économie d'eau aux parcelles terminales sont assurées principalement par les CRDA par le biais de l'amélioration des méthodes de gestion de l'eau. Mais, leur personnel et les moyens de transport sont insuffisants pour fournir aux fermiers les services techniques concernant les techniques d'irrigation et d'économie d'eau, ce qui gêne les activités de vulgarisation liées aux techniques d'économie d'eau.

(3) Frais de maintenance

Les frais de maintenance annuels par unité de surface des installations hydrauliques des oasis varient selon les conditions topographiques de chaque oasis, et vont de 168 à 327 dinars par ha. La part de la prise en charge est 3:7 pour les CRDA et les AIC. Les AIC versent annuellement 125 à 232 dinars par ha pour les frais d'eau.

Parmi les frais d'eau versés par les AIC, les principales dépenses sont les frais de personnel pour les salaires des gestionnaires des installations (gestionnaire des pompes, gestionnaire des vannes, gestionnaire des installations de refroidissement), les frais d'électricité pour le pompage du forage, et les frais de remplacement des pièces d'usure des pompes et autres. Les frais de personnel représentent 20% du total, et les frais d'électricité 62%.

(4) Frais d'eau

Les AIC collectent auprès des membres des frais d'eau correspondant au montant des frais de gestion ci-dessus, plus les frais de gestion de l'association. Cependant, le budget des AIC, qui équivaut au total des frais de gestion de l'association, ne correspond pas toujours au montant nécessaire à la maintenance. Parmi les 169 AIC, 45 ont un budget déficitaire. Ce déficit sera comblé par l'AIC pendant le délai de six mois sur l'exercice suivant, ou bien, si l'AIC n'est pas en mesure de payer, par le gouvernorat possédant le droit d'autoriser le budget. Les frais de maintenance moyens par ha de l'AIC sont de 160 dinars. L'aménagement des canaux terminaux devrait assurer un profit net, montant à rembourser du coût des travaux exclu, d'au moins de 900 dinars/ha (Voir 9.5 Estimation financière.), ce qui permettrait d'augmenter le tarif de l'eau.

Il y a quatre unités de collecte des frais d'eau: par surface annuelle, par temps annuel, par temps unitaire et par volume unitaire. Il faut recommander aux AIC que le CRDA passe à la collecte par volume unitaire pour promouvoir l'économie d'eau, en faisant comprendre aux agriculteurs que l'eau constitue un bien économique.

La méthode de collecte des frais d'eau varie selon les gouvernorats. Elle se fait avant l'obtention dans les gouvernorats de Gafsa et Kébili, et en fin d'année après l'obtention dans ceux de Tozeur et Gabès. Dans le premier cas, le taux de collecte est évidemment de 100%, et dans le second, il est supérieur à 80%. Ainsi, les membres des AIC comprennent très bien la nécessité du paiement des frais d'eau, et le taux de collecte devait encore augmenter avec l'aménagement des installations terminales.

3.6 Environnement et femmes dans le développement (WID)

(1) Environnement

Le Sud de la Tunisie est érodé par les dégâts dus à l'eau et au vent, et des vents violents contenant de fines particules de sable sont nombreux. Les routes sont également enterrées sous le sable, et le dégagement occasionne des frais importants. Dans cet environnement naturel, l'oasis ne représente pas seulement un lieu d'activité économique, mais joue également un rôle de brise-vent. Dans le Sud de la Tunisie, elle limite réellement les amoncellements de sable. La protection des oasis est donc un problème majeur.

La mesure à prendre contre les dégâts dus au sel dans les oasis est le lessivage par arrosage par submersion, mais l'eau est insuffisante, et les canaux de drainage ne sont pas aménagés dans certaines zones. On estime qu'actuellement il n'y a pas encore de zones où les dégâts dus au sel sont importants, mais dans certaines zones, le EC est supérieur à 400 mS/m, et il faut prendre des mesures parce que des dégâts dus au sel sont possibles.

(2) WID

Dans les villages agricoles de Tunisie, le taux d'analphabétisme des femmes était de 66,1% selon des statistiques de 1989. Mais celui des filles de 10 à 14 ans est seulement de 26%, et l'environnement social des femmes s'est considérablement amélioré. De plus, en 1993, le taux de scolarisation des filles dans les écoles primaires était de 93,8%, et le taux de fin d'études de 93,2%. Le pourcentage de filles dans les collèges et lycées est de 42,7%, et la différence entre garçons et filles s'est considérablement réduite. Par ailleurs, beaucoup de femmes travaillent dans les établissements médicaux, et un système facilitant l'accès à ces établissements pour les femmes est en place.

La répartition des tâches entre hommes et femmes est la suivante: dans toutes les zones, dans les fermes sans branchement particulier ni puits, les hommes s'occupent principalement du puisage de l'eau, et ce sont aussi généralement eux qui font les courses.

4. CONCEPT DE BASE DE L'EXPLOITATION

4.1 Politique gouvernementale

Compte tenu de la situation actuelle de l'irrigation agricole, caractérisée par un manque d'efficacité dans l'utilisation de l'eau et l'augmentation de salinité du sol, des mesures doivent être prises pour optimiser l'utilisation de l'eau d'irrigation. Le développement d'installations d'irrigation et de techniques d'économie d'eau et l'adoption d'un nouveau système de tarification de l'eau encourageront les fermiers à aménager les installations d'irrigation qui bénéficient déjà de subventions pour éviter le gaspillage.

Toutes ces actions et mesures pour la rationalisation de l'usage de l'eau ont permis la prise de conscience de cette pénurie, et d'y répondre rapidement. Dans cette nouvelle orientation, l'eau est considérée comme un patrimoine, devant être traité comme un bien économique, et simultanément, chaque utilisateur doit comprendre que les ressources en eau sont un héritage à transmettre aux générations à venir. Bref, l'eau est un patrimoine héréditaire national, et simultanément un patrimoine économique.

4.2 Problèmes pour le développement

Les points suivants doivent être pris en compte pour l'établissement du concept du projet.

- (1) L'insuffisance d'eau d'irrigation fait obstacle au développement agricole, et l'obtention d'eau d'irrigation est un problème à résoudre.
- (2) Toutes les sources d'eau sont des eaux souterraines, mais le développement de nouvelles sources d'eau est impossible à cause de la baisse importante du niveau des eaux souterraines depuis quelques années.
- (3) Quand les eaux géothermales constituent la source d'eau, les installations sont obstruées par le tartre, et les frais de maintenance pour l'élimination du tartre sont très élevés.
- (4) Des travaux de réfection ont été effectués de 1980 à 1991 sur les installations de transport d'eau jusqu'à l'entrée des parcelles terminales conformément au Plan directeur d'exploitation des eaux souterraines dans le Sud, les pertes par fuite d'eau sont faibles, et une réduction plus poussée de ces pertes semble impossible.
- (5) Les canaux quaternaires et canaux de champs sont en terre, ce qui fait perdre de grandes quantités d'eau par infiltration, et rend la répartition de l'eau sur les parcelles inégale.
- (6) La surface d'une partie des oasis est inégale, et l'on estime que l'eau d'irrigation n'atteint pas les zones relativement élevées ou celles situées à une grande distance des vannes.
- (7) Dans une partie des oasis, la culture des légumes est difficile parce l'intervalle entre les irrigations est trop long.

4.3 Concept de base

Le concept de base des installations a été défini comme suit compte tenu des problèmes ci-dessus.

- (1) Le système de canaux principaux allant des forages aux différentes vannes d'alimentation se compose principalement de canalisations, et les pertes en eau sont très faibles. En comparaison, l'aménagement des canaux terminaux sur les parcelles a pris du retard, et les pertes d'eau sont considérables. Par conséquent, considérant les effets du projet, un projet d'amélioration concernant les canaux sur les parcelles, excluant la réfection des canaux principaux.
- (2) La conductivité des eaux d'irrigation des oasis de la zone de l'étude est généralement inférieure à 400 mS/m, des dégâts dus au sel ne sont pas apparus sur les parcelles à cause des pertes importantes par infiltration, mais comme l'aménagement des canaux et la réduction des pertes dans l'avenir fait craindre une augmentation de la salinité des eaux souterraines peu profondes, on prévoira la mise en place de canaux de drainage. Cela sera cependant inutile aux environs de la ville de Gafsa, où les eaux souterraines sont très profondes.
- (3) La réfection des canaux d'irrigation et l'aménagement des canaux de drainage devraient entraîner une augmentation de la récolte des différentes cultures, il serait donc souhaitable d'introduire dans une certaine mesure des équipements agricoles et d'améliorer les méthodes de culture.
- (4) Des méthodes de refroidissement des eaux géothermiques puisées du C.I. pour la réduction des frais de maintenance seront également proposées, mais non intégrées au projet.

4.4 Evaluation des oasis objets du projet

Une évaluation générale tenant compte de 4 points: 1) taux d'irrigation actuel (autrement dit, niveau d'aménagement des canaux terminaux), 2) conditions de drainage actuelles, 3) utilisation comme lieu touristique, et 4) évaluation économique, a été faite pour chaque oasis pour sélectionner la zone objet du projet.

L'évaluation de la 1ère étape s'est basée sur l'état d'aménagement des installations d'irrigation. Le taux d'irrigation actuel peut se classer en 3 niveaux. La longueur d'aménagement des canaux d'irrigation jusqu'à 50 m de l'extrémité est la plus efficace, et quand cette norme de conception est atteinte, l'efficacité d'irrigation est de 70% dans les oasis traditionnelles et de 67% dans les nouvelles oasis. De même, pour les oasis où le taux d'irrigation dépasse 55% qui ne laissent pas espérer une augmentation de l'économie d'eau proportionnelle à l'augmentation des frais des travaux, on estime que la norme de conception est pratiquement atteinte. L'amélioration

(aménagement) des canaux terminaux est cependant jugée nécessaire pour les oasis n'atteignant pas le taux d'irrigation de 55%, parce que la norme n'est pas atteinte.

L'évaluation de la 2^{de} étape a porté sur les conditions d'aménagement des installations de drainage. Les conditions de drainage actuelles peuvent se classer en 3 niveaux. Dans les oasis où le niveau des eaux souterraines est bas du point de vue hydrogéologique, où l'on peut espérer un drainage naturel et où les normes d'aménagement des canaux de drainage de parcelles sont provisoirement atteintes (profondeur de 2,0 m, intervalle de 100 m), toute amélioration est inutile. L'aménagement de canaux de drainage est toutefois fondamentalement nécessaire dans les oasis ne remplissant pas ces conditions.

L'évaluation de la 3^e étape a porté sur l'importance comme lieu touristique. Les oasis de la zone sont toutes plus ou moins des lieux touristiques. Pour les oasis qui contribuent fortement au tourisme, en particulier celle de type ancien jusqu'aux terminaux avec une source naturelle comme source d'eau, l'aménagement doit être fait en tenant compte du paysage.

L'évaluation de 4^e étape a été faite sur la base taux de retour économique interne (EIRR). Si l'EIRR est inférieur à 5%, les avantages sont faibles pour l'oasis, en comparaison du coût des travaux.

L'évaluation du potentiel de développement agricole a été une évaluation générale des quatre étapes ci-dessus, qui a permis la subdivision en 4 classes:

- Classe A: Potentiel de développement très élevé
- Classe B: Potentiel de développement élevé
- Classe C: Potentiel de développement ordinaire
- Classe D: Potentiel de développement plutôt faible

Le classement du potentiel de développement agricole par gouvernorat a été résumé dans le tableau récapitulatif ci-dessus;

Nombre des oasis objets du projet et Superficies

Gouvernorat	Délégation	Oasis objets du projet et Superficies		Classement			
		Nombre	Superficies (ha)	A	B	C	D
1. Gafsa	Gafsa Sud	2	1,401	0	2	0	0
	Guelar	1	450	0	1	0	0
	Ksar	2	1,278	0	2	0	0
	Metalaoui	2	121	0	1	1	0
	Redeyef	1	217	1	0	0	0
	Sub-total	(8)	(3,467)	1	6	1	0
2. Tozeur	Tozeur	10	1,860	1	3	5	1
	Nefta	5	1,602	1	0	1	3
	Hazoua	4	436	2	0	2	0
	Degache	6	1,519	1	2	3	0
	Tamerza	5	205	0	0	0	5
	Sub-total	(30)	(5,622)	5	5	11	9
3. Kébili	Souk Lahad	14	1,824	4	7	3	0
	Kébili Nord	12	1,306	1	7	4	0
	Kébili Sud	18	1,987	8	2	8	0
	Douz	13	1,265	1	2	4	6
	Faoaur	10	831	0	5	4	1
	Sub-total	(67)	(7,213)	14	23	23	7
4. Gabès	Gabès est	5	750	0	2	3	0
	Gabès ouest	5	1,096	2	2	1	0
	Ghannouch	5	1,085	1	3	1	0
	Metouia	3	763	1	1	1	0
	El Hamma	11	1,555	1	5	5	0
	Mareth	17	1,794	0	5	10	2
	Matmata	2	90	0	0	0	4
	Sub-total	(48)	(7,133)	5	18	21	20
	Total	153	23,435	25	52	56	20

5. PROJET D'EXECUTION

5.1 Plan de développement agricole

(1) Sélection des cultures et système de cultures

Actuellement, l'arboriculture assure une récolte abondante ou presque dans tous les gouvernorats, et de nouvelles espèces sont introduites au moment du remplacement; il n'y a pas de problème particulier concernant le rendement et la qualité des produits. Le système de cultures ne sera pas modifié puisqu'il n'y aura pas d'introduction de nouvelles cultures, ni de changement de la surface plantée. Dans les champs, des cultures adaptées aux conditions locales sont pratiquées, et actuellement, l'introduction de nouvelles cultures est jugée inutile.

(2) Méthodes de culture et introduction d'équipements agricoles

L'augmentation du rendement a donné lieu à des besoins accrus d'engrais, dont le volume a augmenté d'environ 20% pour toutes les cultures. Les travaux sont plus importants pour la récolte et la gestion des exploitations, mais l'aménagement des canaux a réduit les besoins de main-d'oeuvre, et la main-d'oeuvre totale n'a pratiquement pas changé.

(3) Rendement objectif et production

Actuellement, le rendement est faible parce que le volume d'eau irrigué fourni n'est pas proportionnel aux besoins en eau des cultures. L'aménagement des installations terminales réduira les pertes d'eau d'irrigation, et l'amélioration de l'efficacité d'irrigation accroîtra évidemment le rendement. Mais l'amélioration du rendement due à l'augmentation de l'efficacité d'irrigation (volume d'eau fourni) varie selon les cultures. L'analyse du rendement actuel des principales cultures pratiquées permet de dire que la tendance au rendement peu élevé va se poursuivre si les canaux terminaux ne sont pas aménagés.

Le présent projet prévoit l'augmentation du rendement par le biais de l'aménagement ou réaménagement des installations d'irrigation et de drainage terminales afin d'augmenter le volume d'eau d'irrigation fourni aux cultures, qui constitue un facteur limitatif du rendement, et de réduire l'accumulation de sel. L'augmentation du rendement des diverses cultures principales, en portant le taux d'irrigation au maximum, calculé avec la formule $y = ax^n$ (où y : rendement, x : taux d'irrigation, a , n : constantes), obtenue à partir de l'analyse de la situation actuelle, a varié selon les cultures. Le rendement moyen actuel des différentes cultures et l'influence (0,25) sur le rendement du taux d'irrigation ont été introduits dans le calcul. Dans la formule, a , qui indique le niveau de rendement des cultures d'hiver dans chaque gouvernorat, varie considérablement selon les cultures, mais n , qui indique l'influence de l'efficacité d'irrigation sur le rendement, varie peu. Les relations entre les différentes cultures sont comme suit.

$$y = 22,2 x^{0,25} \quad : \text{luzerne}$$

$$y = 7,6 x^{0,25} \quad : \text{légumes d'hiver}$$

$$y = 4,4 x^{0,25} \quad : \text{fruits}$$

$$y = 2,4 x^{0,25} \quad : \text{dattes, olives}$$

D'une part, une petite augmentation du rendement est prévue suite à l'amélioration des méthodes, mais celle-ci devrait aussi graduellement diminuer avec l'aggravation du manque d'eau découlant du non-aménagement des installations d'irrigation. Les deux devraient se

compenser. Mais du sel devrait s'accumuler à la surface du sol à cause du drainage insuffisant; et s'il n'est pas éliminé, le rendement devrait baisser. La modification du rendement au cas où le projet ne serait pas réalisé a été calculée comme suit, uniquement pour les oasis où du sel devrait se déposer à cause du drainage insuffisant. Dans les oasis où la probabilité d'accumulation de sel est forte (8 oasis), la situation actuelle permet de dire que le rendement va baisser, et cette baisse devrait atteindre 15% la 25e année; dans celles où la probabilité est plutôt forte (38 oasis), la baisse de rendement devait être de 10%, dans celles à probabilité moyenne (38 oasis) de 5%, et dans celles à probabilité faible (38 oasis) de 2,5%.

Sur cette base, le tableau ci-dessous résume la production calculée pour les différentes cultures dans les 153 oasis avec ou sans le projet.

(Unit: tonne/ha)

Item	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Date	870	3,700	4,540	2,530	11,640
Olive	1,800	70	110	1,000	2,980
Fruits	410	140	240	3,830	4,620
Winter vegetables	1,220	480	1,960	3,440	7,100
Summer Vegetables	950	310	960	1,330	3,550
Lucern	5,190	3,100	16,400	12,880	37,570
Henna	00	0	0	130	130

5.2 Projet d'irrigation et de drainage

(I) Sources d'eau

L'eau souterraine est directement ou indirectement la seule source d'eau de toutes les 153 oasis du Projet. La baisse de la hauteur artésienne des eaux souterraines profondes s'est récemment accélérée, et il faudra tenir compte des points suivants pour pouvoir utiliser pendant longtemps et en toute sûreté les eaux souterraines limitées.

Les couches aquifères profondes, en particulier les couches importantes comme les C.T. et C.I. semblent maintenir difficilement l'équilibre entre le pompage et la capacité de production. Si cet équilibre est rompu, la détérioration de la qualité de l'eau sera certainement très importante parce qu'elles sont très vulnérables à la salinisation à cause de la proximité de très grands Chotts. Il faut donc au moins maintenir le volume d'eaux souterraines actuellement fourni, ou bien même le réduire si possible dans toutes les oasis.

Mais la construction de forages piézométriques est très importante pour pouvoir évaluer le plus précisément possible les couches aquifères dans l'avenir. Il est également souhaitable d'installer des débitmètres de haute précision sur les forages pour connaître précisément leur débit.

(2) Installations de refroidissement des eaux géothermales

La réduction des frais de nettoyage est requise, et des propositions sont indiquées ci-dessous.

1) Adhérence de tartre

Voici plusieurs propositions pour simplifier les travaux d'élimination du tartre, ce qui permettra une réduction du coût.

- Éliminer les obstacles en bois installés dans les tours de refroidissement.
- Utiliser des canaux à ciel ouvert au lieu des canalisations.
- Prévoir un bassin de sédimentation du tartre.
- Installer des obstacles dans les canaux à ciel ouvert et/ou bassins de sédimentation du tartre.

2) Améliorations des installations présentes pour renforcer l'efficacité du refroidissement

Voici quelques points pour les installations actuelles pour assurer un refroidissement efficace.

- Insertion de tuyaux courts, à trous fins multiples, dans la tour de refroidissement par les trous de la plate-forme. Cette méthode vise à améliorer l'effet de refroidissement par la formation de fines gouttes d'eau.
- Remplacement de la tuyère d'entrée actuelle à un trou par une tuyère à trous multiples ou fentes. De plus, la tuyère ou les fentes doivent être placées plus haut pour améliorer l'efficacité.
- Fixation de pales de radiateur au tuyau de transport d'eaux géothermales en acier en amont de la tour. Si le tuyau n'est pas assez long, l'effet ne sera pas important.

3) Autres propositions d'amélioration

- Système de prévention des dépôts de tartre calcite
Comme les eaux géothermales de la formation C.I. sont à l'origine saturées de calcite, elles deviennent sur-saturées dans les installations de refroidissement suite à la perte de CO_2 . Si les effets du polyphosphate de sodium sont vérifiés par les

essais sur le terrain aux installations de refroidissement, il est recommandé de l'utiliser comme inhibiteur de tartre, ce qui reviendra moins cher que le polyacrylate de sodium.

- Installations de refroidissement sans électricité

Une tour de refroidissement à ventilation naturelle peut refroidir les eaux géothermiques C.I. sans électricité. L'avantage est la coût peu élevé de la maintenance. Et en combinant un bassin ou un système d'aspersion, on peut obtenir un effet de refroidissement efficace, mais dans ce cas le désavantage est la faiblesse du vent.

(3) Installations terminales

1) Projet d'irrigation

L'effet du climat sur les besoins en eau des cultures est indiqué par l'évapotranspiration potentielle. L'étude a été faite par les quatre méthodes: Balney-Criddle, Penman, Espinar et méthode de Pan-évaporation, sur la base des données climatiques moyennes de 20 années. Pour cette étude, on a appliqué la méthode de Penman modifiée, la mieux adaptée, avec une possibilité d'erreur minimale.

(unité: mm)

Gouvernorate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Gafsa	2.2	3.0	4.5	6.3	8.0	9.6	9.8	8.8	6.6	4.3	2.7	1.9	2,065
Tozeur	2.2	3.1	4.7	6.8	8.1	9.4	10.1	9.6	7.0	4.6	2.6	2.2	2,147
Kebili	1.9	2.9	4.8	6.4	7.8	8.7	9.5	9.1	9.5	4.7	2.8	1.5	2,122
Gabes	2.3	3.0	3.9	5.4	6.3	7.5	8.0	7.5	6.0	3.9	2.5	2.0	1,777

Les quatre formules permettent de calculer l'évapotranspiration des cultures concernées en fonction des données climatiques. Pour cette étude, les coefficients de culture des différentes cultures des Grandes lignes du FAO ont en principe été appliqués. Les précipitations efficaces ont été estimées avec la méthode du rapport d'évapotranspiration / précipitations développée par le Department of Agriculture's Soil Conservation Service américain. Le tableau ci-dessous indique le volume d'eau net pour chaque gouvernorat.

(unité: mm)

Gouvernorate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Gafsa	11	17	57	113	150	191	224	201	108	55	25	0	1,152
Tozeur	15	28	76	126	155	192	232	228	122	74	28	13	1,289
Kebili	28	52	101	142	171	195	230	272	232	118	36	1	1,578
Gabes	0	3	36	82	109	147	187	183	92	20	2	0	861

Les relevés de perte d'eau des canaux en terre ont été effectués dans 8 oasis pilotes. La perte d'eau des oasis traditionnelles a ainsi été estimée à 25% par 100 mètres, et celle des nouvelles oasis à 30% par 100 mètres.

L'efficacité de transport (E_c) est définie comme l'efficacité de transport-distribution (du forage à l'hydrant), l'efficacité du canal terminal (E_b) en tant que rapport du volume d'eau de l'hydrant sur celui à l'entrée des périmètres de culture (parcelles en cas d'arrosage par submersion), l'efficacité d'application (E_a) en tant que rapport du volume d'eau directement utilisé par les cultures sur celui reçu à l'entrée de la parcelle, et l'efficacité du projet (E_p) en tant que rapport du volume d'eau directement utilisé par les cultures sur celui pompé au forage, ou $E_p = E_a \cdot E_b \cdot E_c$.

L'efficacité de transport (E_c) est estimée à 0,9. L'efficacité du canal terminal (E_b) est calculée à partir de la longueur moyenne de canal non aménagé (canal en terre) sur la base des résultats de l'étude. On peut penser que l'efficacité d'application (E_a) est plus élevée dans les nouvelles oasis à parcelles plus petites que dans les oasis traditionnelles. Les oasis traditionnelles exigent une amélioration des parcelles irriguées. Par conséquent, l'efficacité d'application (E_a) a été estimée à 0,80 dans les oasis traditionnelles et à 0,85 dans les nouvelles. L'efficacité d'irrigation de toutes les oasis avant et après le projet est respectivement de 0,46 et 0,68.

La conception des canaux/canalisation d'une parcelle standard de 2,25 ha (150 x 150 m) faite pour estimer le coût des travaux dans quatre cas a permis de conclure que l'aménagement de canal le plus efficace est jusqu'aux 50 derniers mètres, en laissant un canal non amélioré de 50 m de longueur.

2) Projet de drainage

La salinité du sol est principalement influencée par la qualité de l'eau, la méthode et les pratiques d'irrigation, l'état du sol et les précipitations, et elle augmente généralement avec le temps. Le lessivage peut être fait pendant, avant et après la saison de plantation selon l'eau disponible, mais à condition que l'accumulation de sel sur le sol n'excède pas le niveau de tolérance des cultures. Quand la qualité de l'eau est mauvaise, des irrigations fréquentes et beaucoup d'eau de lessivage peuvent être requises pour obtenir une récolte acceptable.

Toute l'eau d'irrigation, infiltration dans les canaux qui n'est pas directement absorbée par les cultures et précipitations incluses, a été considérée comme pertes. Cela peut ne pas être correct parce que les pertes par infiltration sont considérées efficaces pour le

lessivage. On sait que dans le cas d'un aménagement des canaux jusqu'aux 50 derniers mètres, les pertes d'eau des parcelles dépassent le volume d'eau de lessivage. Par conséquent, si un drainage artificiel adapté est pratiqué, les pertes par infiltration permettront un lessivage suffisant. Le tableau ci-dessous indique le volume d'eau de lessivage pour des oasis représentatives.

Governorate	Oasis	Volume d'eau de lessivage (%)			Eau d'irrigation
		Dattes	Olives	Alfalfa	Pertes d'eau
Gafsa	Kasba	0.05	0.10	0.11	0.34
	Oued Shili	0.16	0.34	0.39	0.28
Tozeur	Tozeur	0.08	0.14	0.16	0.34
	Draa Sud	0.09	0.18	0.21	0.23
Kebili	Mansoura	0.11	0.21	0.24	0.34
	Atilet	0.12	0.24	0.28	0.28
Gabes	Oasis de Gabes	0.11	0.21	0.24	0.34
	Limaoua 1, 2	0.11	0.23	0.26	0.28

Compte tenu de l'importance de la perméabilité du sol pour la conception et la disposition des canaux de drainage souterrain, une étude de perméabilité a été effectuée dans les zones où le drainage souterrain sera peut-être nécessaire. Les valeurs obtenues vont de 354 à 8.640 cm/jour.

On a utilisé la formule monographique de Hooghoudts, largement utilisée en Tunisie, pour la conception des canaux de drainage des parcelles, autrement dit le calcul de leur profondeur et de leur intervalle. L'intervalle des canalisations de drainage requis a été calculé en supposant qu'elles seraient installées à 2,0 m au-dessous du sol, compte tenu du fait que les racines des dattiers se situent environ à cette profondeur. On a ainsi obtenu des intervalles de 107 à 590 m. Comme des essais d'infiltration n'ont pas été pratiqués dans toutes les oasis, un intervalle des canalisations de drainage de 100 m a provisoirement été adopté par mesure de sécurité. Mais comme les conditions de drainage varient d'une oasis à l'autre, il faudra effectuer des essais d'infiltration dans chaque oasis et définir la méthode de drainage et l'intervalle des canalisations.

5.3 Projet de gestion et d'exploitation de l'eau

(1) Projet de gestion de l'eau

La gestion de l'eau en aval de l'hydrant sera en principe faite par des vannes de l'hydrant, en fonction de la surface dépendant de l'hydrant. Mais la distribution de l'eau n'est pas assurée conformément au programme d'irrigation parce que les installations terminales ne

sont pas aménagées. Le projet de gestion de l'eau tiendra compte des points suivants suite à l'aménagement des installations terminales.

1) Amélioration de l'intervalle d'irrigation

Les pertes initiales dues aux canaux en terre étant éliminées, l'irrigation sera faite à l'intervalle adapté aux cultures comme suit.

Olives:	11 à 17 jours
Dattes:	8 à 14 jours
Autres fruits:	8 à 12 jours
Cultures annuelles:	4 à 17 jours

2) Uniformisation de la distribution de l'eau d'irrigation

Le programme d'irrigation sera respecté et l'eau sera distribuée uniformément entre les fermes dépendant de l'hydrant.

3) Temps de fonctionnement des pompes

L'efficacité de l'irrigation ne sera pas toujours assurée, mais le temps de fonctionnement des pompes sera laissé tel quel, compte tenu de la tendance à la baisse des réserves d'eaux souterraines.

4) Adaptation au volume d'eau distribué

On propose l'installation de débitmètres pour vérifier la distribution de l'eau vers les parcelles terminales.

5) Adaptation de la taille des parcelles

Il faudra réduire la taille et uniformiser les parcelles pour améliorer l'efficacité d'irrigation aux terminaux.

(2) Projet de maintenance

1) Renforcement de la collaboration des AIC et CRDA au projet d'irrigation

Un plan d'irrigation annuel, s'appuyant sur la capacité de pompage des installations de source d'eau et du plan de culture, doit être établi pour chaque exercice, et pour cela, la collaboration des CRDA qui entretiennent les installations de source d'eau et les AIC qui élaborent le plan de culture et gèrent le système de canaux est nécessaire. Pour obtenir une récolte adaptée, il faut établir un programme d'irrigation intégrant des jours d'interruption, selon les cultures, et pour cela, la collaboration des AIC et CRDA est nécessaire.

2) Renforcement des techniques d'irrigation et des techniques de maintenance des fermiers

Les CRDA doivent organiser périodiquement des séminaires pour vulgariser les techniques de maintenance des installations hydrauliques et les techniques d'irrigation auprès des membres des AIC et des fermiers. L'adaptation de la taille des parcelles et leur uniformisation doivent être assurées par les fermiers eux-mêmes.

3) Accélération de la fédération des AIC

La Section Exploitation et maintenance du périmètre irrigué du CRDA promouvra la fédération des AIC par délégation pour renforcer l'efficacité de la maintenance des installations. Cette fédération assurera l'uniformisation de l'orientation et la compréhension entre les AIC.

4) Renforcement de l'organisation et des moyens de transport de La Section Exploitation et maintenance du périmètre irrigué (PI)

Le personnel et le nombre de véhicules de la brigade technique d'économie d'eau de la section de maintenance des périmètres irrigués seront augmentés pour promouvoir le renforcement du système de maintenance des installations hydrauliques, le projet de formation des fermiers, et la fédération des AIC. L'augmentation du personnel se fera en fonction de la surface irriguée de chaque gouvernorat, du nombre de bureaux de développement agricole de région et de délégation. La maintenance des installations réalisées dans le cadre du projet sera assurée par les AIC, mais les PI s'occuperont de la gestion des frais de maintenance.

Comme l'indique le tableau ci-dessous, il faudra augmenter le personnel et les véhicules respectivement de 32 personnes et 15 unités.

	Unité	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
Surface d'irrigation	ha	3,467	5,622	7,213	7,133	23,435
Délégation		5	5	5	7	22
Bureau		5	2	3	4	14
1. Personnel						
Technicien	per.	1 (1)	1	1	1	4
Mécanicien	per.	1 (1)	3	4 (1)	5	13 (2)
Chauffeur	per.	2	3	5	5	15
Total		4 (1)	7	10 (1)	11	32 (2)
2. Véhicule						
	unité	2	3	5	5	15

Note: Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre actuel.

6. PLAN DES INSTALLATIONS

6.1 Installations d'irrigation

Le passage à l'économie d'eau par l'aménagement des canaux quaternaires des parcelles terminales est nécessaire pour économiser l'eau d'irrigation. Le projet d'installations portera donc sur la réfection des canaux quaternaires des installations d'irrigation des parcelles terminales.

La réfection des installations se fera par canaux en béton et/ou conduites en PVC, déjà actuellement utilisés, compte tenu de l'économie et de la facilité d'exécution. Beaucoup de canaux de ce type, jugé le plus indiqué compte tenu de son économie et de sa facilité d'exécution, ont été aménagés sur place. Ainsi, on envisage d'utiliser des conduites en PVC aux emplacements où les canaux ne sont pas du tout aménagés ou déjà aménagés par des conduites en PVC, et d'autre part, des canaux en béton en continuation de ceux déjà en place.

Toutefois, pour les 5 oasis du gouvernorat de Tozeur à objectif touristique, il faudra établir des canaux hydrophiles utilisant des pierres naturelles pour qu'elles ne perdent pas leur caractère touristique. De plus, dans les oasis à eau chaude, on a prévu des canaux ouverts pour éviter l'obstruction après le refroidissement.

L'étude de cas concernant l'économie faite sur des cas types ayant permis de conclure que l'aménagement des 50 derniers mètres en terre du canal quaternaire depuis l'hydrant était le plus adéquat du point de vue du coût et de la commodité, un projet d'installations a été établi sur la base de ce critère d'aménagement.

6.2 Installations de drainage

Comme on prévoit la possibilité de dégâts dus au sel, il faudra aménager des canaux de drainage pour éliminer le sel dans les oasis qui en sont dépourvues. Compte tenu de l'économie et de la facilité d'aménagement, on utilisera des conduites de drainage qui n'affecteront pas la culture à l'intérieur des parcelles, et les canaux collecteurs seront à ciel ouvert pour simplifier la maintenance. La profondeur de 2,0 m a été adoptée compte tenu du fait que les racines des dattiers se trouvent à cette profondeur. On a analysé les résultats des essais d'infiltration sur place, et provisoirement fixé l'intervalle à 100 m. Par conséquent, pour l'exécution, il faudra effectuer des essais d'infiltration dans toutes les oasis pour établir l'intervalle des canaux de drainage.

Par conséquent, vu les résultats de l'étude de cas de l'état actuel des sections des installations, on a prévu l'aménagement de canaux de drainage au cas où la norme définie précitée n'est pas satisfaite. Toutefois, aucun aménagement de canal de drainage n'est envisagé pour les 5 oasis aux alentours de la ville de Gafsa où, la surface piézométrique est basse et les conditions de drainage bonnes. Par contre, on a prévu des canaux de drainage pour les oasis du gouvernorat de Gafsa situées près de la limite avec le gouvernorat de Tozeur, comme dans les autres gouvernorats.

7. PROGRAMME D'EXECUTION ET ESTIMATION DU COUT

7.1 Projet d'exécution des travaux

(1) Travaux à effectuer

Le présent projet a pour objectif d'aménager les installations d'irrigation et les canaux de drainage des parcelles terminales au-delà des hydrants dans les 153 oasis sélectionnées. Le tableau ci-dessous indique les travaux prévus dans chaque gouvernorat.

La densité de réfection moyenne des canaux d'irrigation (m/ha) sera de 139 m dans le gouvernorat de Gafsa, de 134 m dans celui de Tozeur, de 150 m dans celui de Kébili et de 145 m dans celui de Gabès. Par ailleurs, la densité d'aménagement moyenne des canaux de drainage sera respectivement de 133 m, 67 m, 83 m et 92 m pour ces mêmes gouvernorats.

(unité: m)

Area	Gafsa (3,467ha)	Tozeur (5,622ha)	Kebili (7,213ha)	Gabes (7,133ha)	Total (21,435ha)	Note
Canal en béton	465,983	494,217	311,479	825,031	2,096,710	irrigation
PVC Pipe	17,349	236,811	769,204	208,157	1,231,521	
Canal hydrophile	-	22,626	-	-	22,626	
Total	483,332	753,654	1,080,683	1,033,188	3,350,857	
Canal de drainage	27,299	256,612	462,445	516,124	1,262,480	drainage
Canal de collecteur	10,166	95,888	111,337	133,557	350,948	
Total	37,465	352,500	573,782	649,681	1,613,428	

(2) Programme des travaux

La durée de la construction a été estimée à partir des jours ouvrables, du nombre de travailleurs, des heures de travail journalières et de la capacité des ouvrages provisoires. La durée de la construction a ainsi été estimée à 1 an pour les oasis de moins de 100 ha, 2 ans pour celles entre 100 et 300 ha, 3 ans pour celles de plus de 300 à 400 ha, 4 ans pour celles de 400 à 700 ha, et 5 ans pour celles de plus de 700 ha. Par conséquent, la répartition des

travaux d'aménagement des canaux d'irrigation des parcelles terminales de toutes les oasis devra être définie annuellement, selon leur surface, pour pouvoir achever les travaux dans le délai fixé.

De plus, on considérera que l'urgence d'aménagement des oasis est la même dans ce projet d'exécution. Toutefois, on a envisagé que chaque CRDA commencerait les travaux à partir des oasis les plus proches du centre du gouvernorat, compte tenu de la facilité d'exécution des travaux et des effets produits, et effectuerait à peu près le même volume de travaux tous les ans.

7.2 Coût du projet

(1) Coût du projet

Le coût du projet comprendra les éléments suivants:

	(unité: milliers de dinars)
1) Frais de construction: irrigation (38.750), drainage (26.268)	65.018
2) Coût d'acquisition de terres et indemnités	1.254
3) Frais de gestion ordinaires	975
4) Coût des services d'ingénierie	5.871
5) Fonds de réserve	7.309
6) Augmentation des prix	12.239
Total	92.666

(2) Frais de maintenance

Les frais de maintenance annuels de l'ensemble des oasis ont été estimés à 800.000 dinars/an conformément au plan de maintenance des installations hydrauliques du paragraphe 5.3, Chapitre 5. Le pourcentage des frais de maintenance par rapport aux frais de construction des canaux d'irrigation aux parcelles terminales est d'environ 1,4%. Les frais de maintenance estimés comprennent les frais de maintenance des installations, les frais de personnel dus à l'augmentation du personnel, les frais d'achat de véhicules et les frais de fonctionnement et de matériaux, les frais de gestion des installations représentant 72% du total.

	(D., '000)				
Details of OM cost	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès	Total
(1) Construction cost	6,575	15,473	21,376	21,594	65,018
(2) OM cost					
A) Facilities	58.4	137.6	190.0	191.9	577.9
B) Staff	16.8	30.8	36.6	40.8	125.0
C) Equip. and materials	12.3	20.6	30.9	30.9	94.7
Total	87.6	188.9	257.5	263.6	797.6
(3) OM cost / Construction cost (%)	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

8. EXECUTION DU PROJET ET PLAN DE MAINTENANCE

8.1 Organisme d'exécution du projet

Le présent projet sera réalisé sous la tutelle de la Direction Générale du Génie Rural (DGGR), et chacun des Commissariats régionaux au développement agricole (CRDA) des 4 gouvernorats sera chargé de l'établissement du projet pour chaque oasis, des formalités de consultation et de la supervision des travaux. La DGGR et les CRDA emploieront le consultant et le contractant des travaux dans le cadre de l'organisation actuelle.

8.2 Méthode d'exécution du projet

Le projet sera en principe réalisé sur appel d'offres concurrentiel national en ce qui concerne les services de consultation, la fourniture des produits nécessaires et l'exécution des travaux.

8.3 Plan d'exécution

Après l'approbation du projet, un consultant sera immédiatement sélectionné pour établir les documents et dessins nécessaires pour l'approbation et la réalisation du projet tels que conception détaillée, documents d'appel d'offres et spécifications techniques. La sélection du consultant se fera sur proposition technique, et après la sélection, les conditions de prestation des services seront fixées. Le travail du contractant commencera après l'achèvement de la conception détaillée et l'approbation des dessins du projet. De plus, l'acquisition de tous les terrains devra avoir lieu avant le commencement des travaux.

8.4 Projet de maintenance

Les canaux quaternaires et les canaux d'irrigation des parcelles terminales seront maintenus par les AIC par l'intermédiaire des brigades des travaux. Les travaux à réaliser seront l'inspection et/ou réparation une fois par mois des canaux quaternaires et des canaux de drainage aménagés.

Les CRDA auront des discussions périodiques avec les brigades de technique d'économie d'eau concernant la maintenance des installations, et leur donneront les directives requises. La maintenance des parties terminales non aménagées des canaux quaternaires sera assurée par les bénéficiaires.

9. EVALUATION DU PROJET

9.1 Conditions préalables de l'évaluation économique

Le Projet d'amélioration de la surface des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la Tunisie vise avant tout l'augmentation du rendement agricole par le développement de l'irrigation et du drainage. Le projet concernera 153 oasis d'une surface totale de 21.436 ha, sélectionnées après l'étude des effets de l'irrigation et du drainage, et de l'effet social (touristique) sur les 153 oasis existantes.

9.2 Bénéfices économiques

Les bénéfices totaux avec et sans le projet ont été calculés sur la base des revenus agricoles par ha et de la surface cultivée ci-dessus. Les bénéfices annuels de l'irrigation qui représentent la différence entre les bénéfices agricoles sans et avec le projet, et ont été calculés en tant que biens à l'achèvement des travaux. Les bénéfices de l'irrigation calculés pour les 153 oasis et par gouvernorat sont indiqués ci-dessous.

(D., '000)

Governorate	Without Project			With Project			Irrigation Benefit	
	GPV	PC	NPV	GPV	PC	NPV	Total	D. per ha (D. ha)
Gafsa	30,750	5,210	25,540	34,120	5,740	28,380	2,840	820
Tozeur	38,100	6,180	31,920	43,030	7,170	35,860	3,940	700
Kébili	59,630	12,450	47,180	67,020	14,250	52,770	5,590	700
Gabès	50,050	10,440	39,610	57,390	11,690	45,700	6,090	850
Total 153 Oases	178,530	34,280	144,250	201,560	38,850	162,710	18,460	790

Les bénéfices de l'irrigation dus à l'augmentation de production agricole devraient augmenter au fil des années après l'achèvement du développement conformément au programme d'exécution. Le projet devrait permettre d'atteindre les bénéfices prévus en six (6) ans, le taux d'augmentation annuel étant de 20% la première année, 40% la seconde, 60% la troisième, 80% la quatrième et 100% la cinquième.

9.3 Coût économique

Les coûts financiers des travaux sont divisés en deux parties: coûts en monnaie locale et coûts en monnaie étrangère. Les coûts en monnaie locale comprennent: les frais de transfert, le coût de la main-d'oeuvre non qualifiée, les frais de matériels disponibles sur place et les salaires.

Les frais de maintenance seront estimés de la manière ci-dessus. Le coût total du projet et les frais de maintenance par gouvernorat pour les 153 oasis ont été estimés comme suit.

Governorate	Oases	Total Area (ha)	Total Cost (D., '000)	Cost per ha (D./ha)	OM Cost	
					(D., '000)	(D./ha)
1. Gafsa	8	3,467	8,272	2,390	87.7	25
2. Tozeur	30	4,382	14,178	3,240	143.7	33
3. Kébili	67	6,632	23,233	3,500	233.0	35
4. Gabès	48	6,955	25,216	3,630	256.6	37
Total	153 Oases	23,435	70,899	3,310	721.0	34

9.4 Evaluation économique

L'évaluation économique a été faite par analyse du taux de retour économique interne (EIRR), du rapport bénéfice-coût (B/C) et du bénéfice net (B-C) au taux d'escompte officiel de 7,5%.

Governorate	EIRR (%)	B/C	Net Profit
			(D., '000)
1. Gafsa	22.0	2.66	11,232
2. Tozeur	13.9	1.64	10,200
3. Kébili	14.5	1.71	16,256
4. Gabès	15.9	1.85	18,814
Total 153 Oases	15.7	1.84	56,760

Une analyse de sensibilité a été faite dans les conditions suivantes en tenant compte de la période d'exécution, et des variations de coût du projet et des bénéfices.

- (1) Cas d'augmentation de 20% du coût du projet
- (2) Cas de baisse des bénéfices de 20%
- (3) Cas où les cas (1) et (2) se produisent simultanément

(%)

Governorate	Planned Case	Case 1	Case 2	Case 3
1. Gafsa	22.0	18.8	18.1	15.2
2. Tozeur	13.9	11.4	10.9	8.6
3. Kébili	14.5	11.9	11.4	9.1
4. Gabès	15.9	13.2	12.6	10.1
Total 153 Oases	15.7	13.0	12.4	10.0

Suite aux calculs ci-dessus, le taux de retour économique interne est de 16,9%, et il restera de 11% même si le coût du projet augmente de 20% et les bénéfices baissent de 20%, ce qui a permis de conclure à la pertinence de l'évaluation économique du projet.

9.5 Evaluation financière

Pour évaluer la pertinence du projet du point de vue du budget des fermiers, une analyse de budget typique sur chacune des fermes bénéficiaires d'une irrigation standard parmi des oasis nouvelles et traditionnelles sélectionnées dans les 4 gouvernorats a été faite dans le cas "avec le projet". Tout le coût des travaux sera à la charge des bénéficiaires, les conditions de remboursement du coût du projet par collecte auprès des fermiers étant une période de remboursement de 20 ans, avec période de non remboursement pendant les 5 années premières années, à un taux d'intérêt annuel de 10%. L'analyse de la capacité de paiement du coût du projet par les fermiers bénéficiaires a permis de juger que le bilan de gestion des fermes, à savoir les bénéfices nets correspondant à la soustraction des frais de production et du coût de la vie du revenu total de la ferme, était supérieur au montant à rembourser du coût du projet. Ainsi, le pourcentage du montant du remboursement annuel du coût du projet, intérêt y compris, représente un maximum de 35%, un minimum de 5%. Les bénéfices obtenus suite à l'augmentation de la production due à l'amélioration des installations d'irrigation et de distribution d'eau devraient donc largement permettre le remboursement du coût du projet.

9.6 Evaluation de l'environnement

La réduction des fuites d'eau des canaux, et l'augmentation de l'eau d'irrigation aux terres agricoles devraient avoir les impacts positifs suivants sur l'environnement.

- (1) Le rendement agricole augmentera, le niveau de vie des fermiers s'améliorera et leur revenu augmentera.
- (2) L'amélioration de la croissance des cultures sera positive pour le paysage des oasis, qui sont une ressource touristique de la Tunisie, cela renforcera l'effet de brise-vent, et contribuera à la lutte contre la désertification dans la région.

- (3) L'aménagement des canaux de drainage devrait protéger les sols où des accumulations de sel sont prévisibles à l'avenir.
- (4) Les conflits entre les fermiers et les AIC à cause de la non-concordance des frais d'eau à payer pour l'eau d'irrigation devraient disparaître.

De plus, ce projet ne devrait pas exercer un impact considérable sur l'environnement, mais les influences négatives sur l'environnement et les mesures à prendre à cet égard sont indiquées ci-dessous.

- (1) Comme il est possible que le volume d'insecticides employé augmente avec la production des légumes et cultures industrielles, il est donc souhaitable que les CRDA donnent aux fermiers les instructions nécessaires concernant l'utilisation des engrais et leurs dangers.
- (2) Actuellement, l'eau d'irrigation fait cruellement défaut, et l'on peut penser que l'eau économisée grâce à la réfection des canaux terminaux sera entièrement utilisée pour les terres agricoles. Si dans ce cas la densité de culture augmente, l'accroissement de l'évapotranspiration des cultures pourra faire diminuer le volume d'eau qui s'infiltrera dans la couche aquifère peu profonde. Il faudra donc assurer la préservation des ressources en eau par la construction d'ouvrages de cordons sur les pentes, par la plantation d'arbres, etc. pour améliorer l'infiltration des eaux pluviales.

Par ailleurs, ce projet ayant pour objet l'aménagement des canaux terminaux, il n'aura pas une influence importante sur les types, les espèces de cultures, les méthodes de culture ni sur l'organisation de la distribution. Il n'exigera aucune modification à la structure des Associations d'Intérêt Collectif (AIC), des droits d'eau et du droit de propriété foncière, et n'influera pas considérablement sur les coutumes, les droits existants.

Il est donc nécessaire de passer rapidement à la concrétisation du projet afin d'économiser les ressources en eau, et comme l'influence sur l'environnement sera minime, et plutôt positive, on pense, compte tenu de la méthode d'évaluation de la Banque Mondiale, que l'examen de l'impact sur l'environnement (EIA) sera inutile.

9.7 Estimation du point de vue technique

Le présent projet a pour objectif la réfection des canaux d'irrigation terminaux et la construction de canaux de drainage dans les oasis, il s'agira de travaux de génie civil comprenant des canaux en béton et des tuyaux en PVC. Ces travaux sont déjà commencés par des fermiers et contractants locaux travaillant sous la direction des CRDA dans une partie des oasis. Pour la construction des canaux de drainage terminaux, il faut une pelle rétro de grande dimension,

mais presque tous les travaux peuvent être faits manuellement, et un niveau technique élevé n'est pas requis. De plus, la maintenance après l'achèvement des travaux pourra également s'effectuer au niveau technique actuel des fermiers.

9.8 Estimation du point de vue social

Du point de vue de la propriété du sol, dans environ 92% des cas, la surface cultivée possédée par les fermiers est inférieure à 1 ha, ce qui fait des exploitations très petites et artisanales. Par conséquent, sans une utilisation très efficace des terres possédées, l'amélioration du revenu agricole et du niveau de vie des fermiers est impossible. La réfection des canaux terminaux qui sera réalisée dans le cadre du projet permettra d'augmenter l'eau d'irrigation par la réduction des fuites. Par exemple, si le taux d'irrigation augmente de 23% (moyenne actuelle de 0,46, 0,69 après le projet) avec un volume d'eau net de 1.600 mm, cela correspondra à une augmentation de 368 mm de l'eau d'irrigation. On estime que cette augmentation devrait permettre un accroissement de la production agricole, et ces avantages devraient être répartis uniformément entre les fermes parce qu'il n'existe pas de grandes fermes. Les possibilités d'emploi devraient aussi augmenter sur les chantiers de construction pendant la période du projet. Ainsi, la réalisation du projet devrait être plutôt positive du point de vue socio-économique. Et comme les travaux seront réalisés selon les méthodes ordinaires, il ne devrait pas y avoir de changements sociaux brutaux, et les coutumes et sens des valeurs actuellement en cours dans le Sud devraient être préservés. Par ailleurs, ce projet revêtira un sens économique et social parce qu'il contribuera au développement agricole, base de la sédentarisation des habitants dans le Sud.

9.9 Estimation du point de vue législatif

Les Associations d'intérêt collectif (AIC) formées de fermiers s'occupent de la maintenance des installations terminales et de la gestion de l'eau dans les parcelles. Ces AIC collectent les frais d'eau, gèrent la maintenance des installations terminales sous la supervision et la direction des Commissariats régionaux au développement agricole (CRDA). Par ailleurs, il existe en plus des subventions de l'Etat, un système d'emprunt auprès du Fonds Spécial de Développement Agricole (FOSDA) et de banques, pour financer l'aménagement des installations d'irrigation et de distribution d'eau, et le financement par les fermiers passe par ces AIC. Par conséquent, on compte beaucoup sur le système de subventions de l'Etat (actuellement de 30%, mais un projet de 60% est prévu) et l'aide des banques pour le financement. Ces aides seront amplement attribuées aux fermiers des oasis objets du projet par l'intermédiaire des CRDA et des AIC.

Le bureau du CRDA (section vulgarisation), le centre de vulgarisation de chaque délégation et le bureau de vulgarisation de chaque imada s'occupent de la vulgarisation liée à l'agriculture, et les vulgarisateurs assurent la vulgarisation des méthodes d'irrigation à économie d'eau et des

dernières techniques agricoles. Ils donnent des conseils et assurent la vulgarisation auprès des fermiers au sujet de l'aménagement des installations d'irrigation en s'aidant de brochures sur les installations où un autre projet est déjà en cours. Si ce projet est réalisé, on espère que les AIC joueront le rôle central de stimuler le système d'aide gouvernemental du point de vue technique et financier auprès des fermiers.

Conclusion et recommandations

Conclusion

- (1) Dans le Sud de la Tunisie, l'agriculture est principalement pratiquée dans les oasis, dont le développement joue un rôle important dans le développement économique du pays. Mais les eaux souterraines ont tendance à diminuer à cause de l'exploitation des ressources en eau depuis quelques années. L'aménagement des installations terminales est devenue nécessaire pour utiliser les eaux souterraines avec parcimonie. Dans le cadre de ce projet, un plan d'amélioration des installations d'irrigation et de drainage visant à l'économie d'eau a été établi pour 153 oasis, d'une surface totale d'environ 23.400 ha, situées dans la région des oasis du Sud (les quatre gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès).
- (2) Pour chaque oasis, on calculera le coût du projet, établira un projet d'exécution des travaux, et fera une évaluation économique. Après l'évaluation économique pour l'ensemble des oasis, le profit interne augmente de 15,7%, et on a conclu que même si le coût des travaux augmente de 20% et que les bénéfices diminuent de 20%, le profit interne est de 10%. De plus, l'évaluation économique faite par gouvernorat a donné comme résultat 22% pour le gouvernorat de Gafsa, 13,9% pour celui de Tozeur, 14,5% pour celui de Kébili et 15,9% pour celui de Gabès. Par conséquent, ce projet est sain du côté économique.
- (3) Dans le rapport de la présente étude, on a proposé des méthodes pour éviter l'obstruction des installations par le tartre de l'eau en tenant compte des composants chimiques des eaux géothermales. Pour l'aménagement des installations d'irrigation, l'obstruction possible des tuyaux en PVC constitue un grand problème, c'est pourquoi on a prévu des canaux ouverts faciles à entretenir. Toutefois, des méthodes de réduction des frais de maintenance des installations de refroidissement ont été proposées, mais non intégrées au projet. Par conséquent, il est recommandé de les aborder dans une requête séparée dans un proche avenir.

- (4) Pour les 5 oasis touristiques du gouvernorat de Tozeur, on a proposé un aménagement des canaux hydrophiles utilisant des pierres naturelles pour ne pas détruire le paysage par l'aménagement des installations d'irrigation.
- (5) L'étude du volume d'eau consommé sur la base du système de culture a révélé que le taux d'irrigation réel était très faible par gouvernorat, de 40 à 50%. On suppose que l'effet de l'irrigation n'a pas dû être correctement estimé lors de la conception des installations. Par conséquent, il faudrait prolonger le temps de fonctionnement des pompes pour améliorer le taux d'irrigation, mais il a été décidé dans le projet de ne pas modifier le temps de fonctionnement actuel et d'améliorer le taux d'irrigation par l'économie d'eau découlant de l'aménagement des canaux terminaux.
- (6) La tendance à la baisse de la charge des eaux souterraines profonde s'est accélérée récemment. Environ 35% (moyenne des 4 gouvernorats) utilisent des forages dans le C.T. d'où les eaux souterraines jaillissent naturellement, mais l'on estime que la hauteur artésienne devrait considérablement s'affaiblir dans les 10 ans à venir. Il est donc recommandé de ne plus construire ce type de forage.

Ce projet a pour objectif la réfection des installations d'irrigation et de drainage dans les parcelles terminales, ce sont des installations que les fermiers de la zone concernée désirent ardemment depuis de longues années. L'exécution de cette réfection contribuera à l'augmentation de la production, ce qui laisse espérer une augmentation de revenu pour les fermiers. Cela créera également des possibilités de travail, et donc de revenu, pour les habitants de la région.

Le Gouvernement Tunisien a inscrit à son programme politique la correction des disparités régionales, et le développement agricole dans le Sud de la Tunisie est une question essentielle pour cette correction. Par conséquent, ce projet, qui par l'intermédiaire de l'aménagement des oasis vise à l'amélioration du revenu des fermiers et à la stabilisation de leurs conditions de vie, va parfaitement dans le sens de la politique gouvernementale.

Recommandations

Il est recommandé de réaliser ce projet d'urgence en tenant compte des points ci-dessous.

- (1) La constitution d'un système d'exécution pour le projet est souhaitable pour commencer les travaux rapidement.

- (2) Il sera difficile de réaliser ce projet, qui couvre une zone élargie, en gestion directe parce que les quantités en jeu sont considérables. Par conséquent, il faudra employer des consultants et des entreprises de construction pour achever les travaux dans les délais impartis.

- (3) La méthode de financement de l'exécution sera étudiée, en incluant le financement sur fonds propres, l'aide bilatérale et les organismes internationaux, et il est souhaitable que ce financement soit décidé rapidement. La capacité de remboursement de la Tunisie est jugée suffisante, comme cela a été le cas pour la Banque Mondiale et l'Allemagne, même si ce projet devait être réalisé sur la base de prêts bilatéraux ou d'organismes internationaux. Il faudra également bien étudier les subventions à accorder aux fermiers et le montant du financement lors de l'exécution du projet.

Table des matières du Rapport principal

Carte de localisation

Résumé

Table des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des Annexes

Abreviations

CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1-1
1.1 Historique de l'étude.....	1-1
1.2 Arrière-plan de l'étude.....	1-2
1.3 Objectifs et Champ de l'étude.....	1-3
1.3.1 Objectifs de l'étude.....	1-3
1.3.2 Zone de l'étude.....	1-3
1.3.3 Programme de l'étude.....	1-3
1.4 Activités pendant la Phase 1.....	1-3
1.5 Activités pendant la Phase 2 des travaux sur le terrain.....	1-4
CHAPITRE 2 ARRIERE-PLAN DU PROJET.....	2-1
2.1 Economie nationale.....	2-1
2.2 8ème Plan de développement national.....	2-1
2.3 Agriculture tunisienne.....	2-2
2.3.1 Secteur agricole.....	2-2
2.3.2 Secteur de l'irrigation.....	2-5
CHAPITRE 3 SITUATION ACTUELLE DANS LA ZONE DE L'ETUDE.....	3-1
3.1 Conditions naturelles.....	3-1
3.1.1 Emplacement et topographie.....	3-1
3.1.2 Météorologie et hydrologie.....	3-3
3.1.3 Géologie.....	3-4
3.1.4 Hydrogéologie.....	3-9
3.1.5 Sol.....	3-16
3.2 Conditions économiques et sociales.....	3-18
3.2.1 Divisions administratives.....	3-18
3.2.2 Population.....	3-19
3.2.3 Infrastructures rurales.....	3-20

3.3 Agriculture	3-21
3.3.1 Utilisation des sols.....	3-21
3.3.2 Production agricole.....	3-21
3.3.3 Elevage.....	3-26
3.3.4 Marché des produits agricoles et prix.....	3-27
3.3.5 Montant net de la production des principaux produits.....	3-28
3.3.6 Organisation des fermiers.....	3-29
3.3.7 Services de soutien à l'agriculture	3-30
3.3.8 Economie agricole	3-30
3.4 Irrigation et drainage.....	3-32
3.4.1 Situation actuelle de l'irrigation et du drainage.....	3-32
3.4.2 Installations de transport et de réglage de l'eau.....	3-33
3.4.3 Installations de refroidissement	3-34
3.4.4 Installations de distribution d'eau.....	3-37
3.4.5 Méthode d'irrigation.....	3-38
3.4.6 Mesure des pertes d'eau dans les canaux de champ	3-39
3.4.7 Installations de drainage.....	3-40
3.5 Gestion de l'eau	3-41
3.5.1 Maintenance des installations hydrauliques.....	3-41
3.5.2 Etat actuel de la gestion de l'eau.....	3-45
3.5.3 Frais de maintenance et frais de gestion de l'eau.....	3-47
3.6 Environnement et femmes dans le développement (WID).....	3-49
3.6.1 Environnement	3-49
3.6.2 WID	3-50
CHAPITRE 4 CONCEPT DE BASE DE L'EXPLOITATION.....	4-1
4.1 Politique gouvernementale	4-1
4.2 Problèmes pour le développement.....	4-2
4.3 Concept de base	4-3
4.4 Sélection de la zone du projet	4-4
CHAPITRE 5 PROJET D'EXECUTION.....	5-1
5.1 Plan de développement agricole	5-1
5.2 Irrigation et drainage.....	5-5
5.2.1 Sources d'eau	5-5
5.2.2 Installations de refroidissement des eaux géothermales.....	5-6
5.2.3 Installations de transport et de réglage.....	5-10
5.2.4 Installations terminales	5-10
5.3 Projet de gestion et d'exploitation de l'eau	5-17

5.3.1	Projet de gestion de l'eau	5-17
5.3.2	Projet de maintenance	5-19
5.3.3	Projet d'équipements	5-20
CHAPITRE 6	PLAN DES INSTALLATIONS	6-1
6.1	Aperçu	6-1
6.2	Installations d'irrigation	6-2
6.3	Installations de drainage	6-4
CHAPITRE 7	PROGRAMME D'EXECUTION ET ESTIMATION DU COUT	7-1
7.1	Projet d'exécution des travaux	7-1
7.1.1	Travaux à effectuer	7-1
7.1.2	Programme des travaux	7-2
7.2	Coût du projet	7-2
7.2.1	Conditions préalables	7-2
7.2.2	Coût du projet	7-3
7.2.3	Frais de maintenance	7-4
CHAPITRE 8	EXECUTION DU PROJET ET PLAN DE MAINTENANCE	8-1
8.1	Organisme d'exécution du projet	8-1
8.2	Méthode d'exécution du projet	8-2
8.3	Plan d'exécution	8-2
8.4	Projet de maintenance	8-2
CHAPITRE 9	EVALUATION DU PROJET	9-1
9.1	Conditions préalables de l'évaluation économique	9-1
9.2	Bénéfices économiques	9-2
9.3	Coût économique	9-4
9.4	Evaluation économique	9-4
9.5	Evaluation financière	9-5
9.6	Evaluation de l'environnement	9-6
9.7	Estimation du point de vue technique	9-8
9.8	Estimation du point de vue social	9-8
9.9	Estimation du point de vue législatif	9-8
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		

Tableaux et figures

Liste des tableaux

	Page
Tableau 3.1.5.1 Propriétés physiques du sol	TF- 1
Tableau 3.1.5.2 Propriétés chimiques du sol	TF- 1
Tableau 3.2.2.1 Divisions administratives et statistiques démographiques de la Tunisie (1994).....	TF- 2
Tableau 3.2.2.2 Population et nombre de ménages de la zone de l'étude.....	TF- 3
Tableau 3.3.2.1 Surface de culture des principaux produits agricoles (1993/94).....	TF- 4
Tableau 3.3.2.2 Classification des oasis par système de cultures	TF- 5
Tableau 3.3.2.3 Rendement des principaux produits agricoles (1992/93, 1993/94).....	TF- 6
Tableau 3.3.2.4 Production des principaux produits agricoles (1992/93, 1993/94)	TF- 7
Tableau 3.3.4.1 Prix du marché et prix au producteur des produits agricoles (1994/95)	TF- 8
Tableau 3.3.4.2 Prix du marché et prix au producteur des équipements agricoles (1994/95)	TF- 9
Tableau 3.3.5.1 Frais de production actuels par produit et frais de production nets	TF-10
Tableau 3.3.5.2 Montant total actuel de la production agricole dans la zone de l'étude (153 oasis).....	TF-11
Tableau 3.3.5.3 Montant net actuel de la production agricole dans la zone de l'étude (153 oasis).....	TF-12
Tableau 3.3.8.1 Bilan économique moyen actuel des fermes.....	TF-13
Tableau 3.3.8.2 Bilan économique moyen actuel des fermes.....	TF-14
Tableau 3.4.5.1 Méthodes d'irrigation et capacité des canaux par gouvernorat.....	TF-15
Tableau 3.5.1.1 Prise en charge de la maintenance des installations hydrauliques	TF-16
Tableau 3.5.2.1 Décomposition des frais de maintenance.....	TF-17
Tableau 3.5.2.2 Aperçu des Associations d'Intérêt Collectif (AIC) et des frais de maintenance.....	TF-17
Tableau 4.4.3.1 Evaluation de l'exécution du projet pour les 153 oasis.....	TF-18
Tableau 4.4.3.2 Evaluation générale des oasis pour le Projet de développement agricole.....	TF-19
Tableau 4.4.3.3 Oasis objets du projet, surface et estimation générale	TF-20
Tableau 5.1.2.1 Rendement des principaux produits agricoles "avec le projet"	TF-21
Tableau 5.1.2.2 Rendement des principaux produits agricoles "sans le projet"	TF-22
Tableau 5.1.2.3 Augmentation de la production agricole découlant de l'exécution du projet	TF-23
Tableau 6.3.1.1 Quantité de travaux à effectuer dans chaque oasis	TF-24

Tableau 7.1.2.1	Plan d'exécution du projet	TF-29
Tableau 7.1.2.2	Surface objet des travaux par exercice.....	TF-30
Tableau 7.2.2.1	Décomposition du coût du projet.....	TF-31
Tableau 9.1.1	Evaluation financière et économique des produits et des équipements agricoles.....	TF-32
Tableau 9.2.1	Frais de production et profits avec et sans le projet.....	TF-33
Tableau 9.2.2	Bénéfices annuels de l'irrigation dus à l'exécution du projet dans les 4 gouvernorats	TF-34
Tableau 9.3.1	Coût du projet, frais de maintenance et bénéfices de l'irrigation dans les 153 oasis.....	TF-35
Tableau 9.4.1	Taux de profit économique interne dû au coût économique du projet et aux bénéfices de l'irrigation (par gouvernorat).....	TF-36
Tableau 9.4.2	Taux de profit économique interne dû au coût économique du projet et aux bénéfices de l'irrigation (total).....	TF-37
Tableau 9.4.3	Evaluation économique des 153 oasis (coût économique du projet, bénéfice de l'irrigation, taux de profit économique interne)	TF-38
Tableau 9.5.1	Frais de production agricole et profit net sur la base du prix financier ...	TF-39
Tableau 9.5.2	Bilan économique des fermes "avec le projet".....	TF-40

Liste des figures

Figure 3.1.3.1	Stratification standard	TF-41
Figure 3.1.3.2	Résultat du creusement par tarière manuelle	TF-42
Figure 3.1.4.1	Variation séculaire de la surface piézométrique des forages sur le C.T. ..	TF-43
Figure 3.4.4	Modèle et vocabulaire des installations hydrauliques.....	TF-44
Figure 3.5.1.1	Organigramme du Ministère de l'Agriculture.....	TF-45
Figure 3.5.1.2	Organigramme des CRDA	TF-46
Figure 5.1.1	Relation entre la production et le taux d'irrigation	TF-47
Figure 6.2.1	Plan standard de canal.....	TF-48
Figure 6.2.2	Plan standard d'ouvrage de distribution d'eau	TF-49
Figure 6.2.3	Plan standard de canal de drainage.....	TF-50
Figure 6.2.4	Plan horizontal du projet des installations terminales (Oued Shili).....	TF-51
Figure 6.2.5	Plan horizontal du projet des installations terminales (Kasuba)	TF-52
Figure 6.2.6	Plan horizontal du projet des installations terminales (Draa Sud).....	TF-53
Figure 6.2.7	Plan horizontal du projet des installations terminales (Tozeur).....	TF-54
Figure 6.2.8	Plan horizontal du projet des installations terminales (Atilet).....	TF-55
Figure 6.2.9	Plan horizontal du projet des installations terminales (Mansoura)	TF-56
Figure 6.2.10	Plan horizontal du projet des installations terminales (Limaoua).....	TF-57

- Figure 6.2.11** Plan horizontal du projet des installations terminales (Gabès).....TF-58
- Figure 6.3.1** Section des canaux de drainage et canaux d'irrigation des parcelles.....TF-59

Annexes

- Annexe 1 Liste des personnes rencontrées
- Annexe 2 Liste des documents collectés
- Annexe 3 Tableau d'affectation du personnel
- Annexe 4 Essais sur la nature du sol et la qualité de l'eau
- Annexe 5 Procès-verbal des discussions de l'Etude préliminaire (complémentaire)
- Annexe 6 Champ de l'étude (S/W)
- Annexe 7 Procès-verbal des discussions concernant le champ de l'étude
- Annexe 8 Procès-verbal des discussions concernant le Rapport de commencement
- Annexe 9 Procès-verbal des discussions concernant le Rapport d'exécution de la Phase 2
- Annexe 10 Procès-verbal des discussions concernant le Rapport d'avancement (2)
- Annexe 11 Procès-verbal des discussions concernant l'Avant-Projet du Rapport Final

LISTE DES ANNEXES

VOLUME II ANNEX

- ANNEX A METEOROLOGY AND HYDROLOGY
- ANNEX B GEOLOGY AND HYDROLOGY
- ANNEX C GEOTHERMAL WATER
- ANNEX D SOILS
- ANNEX E AGRICULTURE AND AGRICULTURAL ECONOMY
- ANNEX F IRRIGATION AND DRAINAGE
- ANNEX G WATER MANAGEMENT
- ANNEX H PROJECT FACILITIES AND COST ESTIMATE
- ANNEX I ENVIRONMENT
- ANNEX J WOMEN IN DEVELOPMENT
- ANNEX K PROJECT JUSTIFICATION

VOLUME III DRAWING

VOLUME IV INVENTORY SURVEY OF OASES

ABREVIATIONS

ABREVIATIONS

AIC	Associations d'Intérêt Collectif
AVFA	Agence de Vulgarisation et de la Formation Agricoles
B-C	Benefit minus Cost
B/C	Benefit-Cost Ratio
BFR	Batterie des Forages de Regouba
CCFs	Construction Conversion Factors
CI	Continental Intercalaire
CRA	Cellules de Rayonnement Agricoles
CRDA	Commissariats Régionaux au Développement Agricole
CRSA	Coopérative Régionale de Service Agricole
CSA	Coopératives du Service Agricole
CSCF	Commodity Specific Conversion Factor
CT	Complexe Terminal
CTV	Cellules Territoriales et de Vulgarisation
DGGR	Direction Générale du Génie Rural
DGPV	Générale de la Production Végétale
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
EIA	Environment Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate of Return
ENIS	Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax
ENPE	Enquête Nationale Population Emploi
FAO	Food and Agriculture Organization of the United States
FOSDA	Fonds Spécial de Développement Agricole
GID	Groupement Interprofessionnel des Dattes
IEE	Intial Environmental Examination
JICA	Japan International Cooperation Agency
ONM	Office National des Mines
OTC	Office de la Topographie et de la Cartographie
PIK	Presqu'île de Kébili
SCF	Standard Conversion Factor
SOTUMAG	Société Tunisienne des Marchés de Gros
STEC	Société Tunisienne d'Engrais Chimiques
STIL	Société Tunisienne des Industries Laitières
USDA	Département de l'Agriculture des États-Unis
WID	Women in Development

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Historique de l'étude

Le Champ de travail (S/W) de l'étude de faisabilité pour l'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la République de Tunisie (appelée par la suite "l'Etude de faisabilité") et le Procès-verbal des réunions pour ladite étude de faisabilité ont été approuvés et signés par l'Agence japonaise de coopération internationale (appelée par la suite "la JICA") et les deux autorités du Gouvernement Tunisien, la Direction Générale du Génie Rural, Ministère de l'Agriculture (appelée par la suite "la DGGR") et la Direction Générale du Financement et des Encouragement, Ministère de l'Agriculture, le 25 octobre 1994.

Le Premier travail sur le terrain, qui a eu lieu du 3 avril au 16 juin 1995, a porté sur l'inventaire des oasis et l'étude de 8 oasis pilotes pour saisir la situation actuelle dans les oasis. Les résultats ont été compilés sous forme de Rapport d'avancement n° 1, qui a été expliqué et discuté avec la partie tunisienne.

Au cours du Premier travail au Japon, du 20 août au 3 septembre 1995, on a examiné la méthode de l'étude pour les 153 oasis, et établi un Rapport d'exécution, en modifiant légèrement le Rapport de commencement.

Le Second travail sur le terrain, qui s'est déroulé du 4 septembre au 17 décembre 1995, s'est centré sur une étude pilote des 153 oasis afin de saisir les conditions d'aménagement des installations d'irrigation et de drainage terminales des oasis. Avant cette étude, un rapport de commencement indiquant les méthodes d'étude des 153 oasis a été expliqué et discuté avec la partie tunisienne, et suite à son approbation, le procès-verbal des discussions ci-joint a été signé. Les résultats de l'étude sur le terrain, compilés en un Rapport d'avancement n° 2, ont été expliqués et discutés avec la partie tunisienne, et un procès-verbal des discussions a été signé le 13 décembre.

Ensuite, au cours du Second travail au Japon, à partir du 18 décembre, un rapport final a été élaboré, compilant une conception abrégée des installations, un projet de maintenance des installations, un plan d'exécution du projet, une estimation du coût du projet, une estimation des bénéfices et une évaluation du projet.

1.2 Arrière-plan de l'étude

En 1993, le secteur agricole a représenté 18% du PIB de la Tunisie, et employé 26% de la population active, ce qui montre son importance pour le pays. L'industrie et les structures dans le Sud de la Tunisie, zone de l'étude, sont spécialisées dans l'agriculture. La stagnation économique se traduit par un afflux de population dans les villes du Nord du pays, et l'accélération de la formation de bidonvilles, ce qui constitue une question politique importante pour la Tunisie.

La Tunisie est en train d'exécuter son 8ème Plan de développement national (1992-1996), où l'agriculture est inscrite comme premier secteur d'investissements, et en particulier, l'irrigation et l'utilisation efficace des terres agricoles. L'amélioration des installations d'irrigation et des méthodes de culture. Ce 8ème Plan prévoit l'augmentation de la production agricole et la sécurisation des denrées alimentaires par l'intermédiaire de ces activités.

Pour réaliser ce plan, le pays a été divisé en 4 régions et un Plan directeur pour la stimulation des ressources en eau et du sol a été établi pour chacune d'elles. Le Plan directeur concernant les ressources en eau dans le Sud (février 1976) est un plan concernant l'approvisionnement en eau pour l'agriculture dans les 6 gouvernorats du Sud du pays constituant une de ces régions.

Dans les quatre gouvernorats objets du projet (Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès), le maintien de 20.000 ha dans les oasis existantes (129 oasis) et la réalisation de 8.000 ha dans les nouvelles oasis (55 oasis) soit un total de 28.000 ha font l'objet de ce Plan directeur.

De 1980 à 1990, la Banque Mondiale et des pays d'aide ont réalisé six projets dans cette zone. Dans ce cadre, 20.000 ha d'oasis existantes (129 oasis) ont été réhabilitées, et les installations hydrauliques principales de 22 nouvelles oasis (2.800 ha) ont été exécutées. Ces six projets ont permis des aménagements des canaux primaires aux canaux tertiaires, et les fermiers ont principalement réalisé eux-mêmes les canaux quaternaires, avec une subvention de 30% de l'Etat.

Ces canaux quaternaires sont en terre, et les fuites d'eau sont très importantes, et le gouvernement participe activement à l'aménagement des canaux quaternaires pour l'utilisation efficace des ressources en eau limitées du Sud. Simultanément, on a assuré: 1) le réaménagement des canaux quaternaires, 2) l'introduction de méthodes d'irrigation à économie d'eau, et 3) la sensibilisation et la vulgarisation des méthodes d'économie d'eau auprès des fermiers.

Dans ce contexte, en novembre 1993, le Gouvernement Tunisien a demandé au Japon une étude sur l'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud dans le but d'économiser l'eau dans la région. En avril 1994, la JICA a délégué une mission d'étude préliminaire en Tunisie pour discuter du contenu de la requête, et s'est mise d'accord avec le Gouvernement Tunisien pour conduire une Etude de faisabilité dans 151 oasis d'une superficie d'environ 23.000 ha, situées dans les quatre gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès.

1.3 Objectifs et Champ de l'étude

1.3.1 Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est d'effectuer une Etude de faisabilité sur l'aménagement des périmètres irrigués dans 153 oasis, couvrant une surface d'environ 23.000 ha, situées dans les gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès dans le Sud de la Tunisie. Cette Etude vise également à effectuer le transfert technologique au personnel de contrepartie tunisien concernant la méthodologie de l'étude, et la procédure et la formulation du plan de développement.

1.3.2 Zone de l'étude

La zone de l'étude couvre 153 oasis d'une surface approximative de 23.000 ha dans les gouvernorats de Gafsa, Tozeur, Kébili et Gabès dans le Sud de la Tunisie.

1.3.3 Programme de l'étude

L'étude a commencé en mars 1995 et devrait s'achever en août 1996, soit un total de 18 mois. Elle est exécutée conjointement par la mission d'étude de la JICA comprenant neuf (9) experts et le personnel de contrepartie délégué par la DGGR.

Le personnel ayant participé et/ou été interviewé pendant l'Etude est indiqué dans l'Annexe 1. Le programme d'affectation de la mission d'étude de la JICA figure dans l'Annexe 3.

1.4 Activités pendant la Phase 1

La mission d'étude a soumis un Rapport de commencement à la DGGR le 5 avril 1995, et des discussions ont eu lieu entre les responsables de la DGGR et les membres de la mission. Le Rapport de commencement a été accepté mutuellement par les deux parties.

Conformément au Plan des opérations du Rapport de commencement, la mission a effectué les opérations suivantes avec le personnel de contrepartie au cours des deux premiers mois et demi (2,5) et établi le Rapport d'avancement n° 1:

- (1) Reconnaissance sur le terrain
- (2) Collecte de données et rapports liés au Projet
- (3) Etudes et investigation sur le terrain incluant:
 - 1) Investigation météorologique et hydrologique
 - 2) Investigation hydrogéologique
 - 3) Etude du sol et de l'utilisation des terrains
 - 4) Investigation sur l'irrigation et le drainage
 - 5) Agro-économie et étude de la commercialisation
 - 6) Investigation sur l'agriculture
 - 7) Etude de l'environnement
 - 8) Matériaux de construction et étude du coût, et
 - 9) Etude d'inventaire des oasis.
- (4) Supervision de l'investigation et essais en laboratoire sous-traités à un contractant local
 - 1) Analyse du sol, et
 - 2) Essai de qualité de l'eau.
- (5) Révision des plans et programmes de développement existants, et
- (6) Etablissement du Rapport d'avancement n° 1.

Les principales activités des travaux sous-traités sont résumées dans l'Annexe 4. Une réunion de discussion concernant le Rapport d'avancement n° 1 a eu lieu le 12 juin 1995 entre les membres de la mission d'étude et les responsables de la DGGR et des CRDA. La mission d'étude a achevé les travaux sur le terrain de la Phase 1 le 15 juin 1995.

1.5 Activités pendant la Phase 2 des travaux sur le terrain

La mission d'étude de la JICA a préparé le Rapport d'exécution de la Phase 2 pendant la période du 26 août au 3 septembre 1995 pour modifier partiellement les opérations de la Phase 2 décrites dans le Rapport de commencement.

La mission a commencé les travaux sur le terrain de la Phase 2 en Tunisie le 5 septembre 1995. Elle a soumis le Rapport d'exécution et des discussions sur le rapport ont eu lieu avec les responsables de la DGGR en présence d'une équipe de conseillers de la JICA. Les principales révisions du Rapport d'exécution ont été: (1) effectuer une étude pilote détaillée sur des zones sélectionnées couvrant 5% de la surface totale des 153 oasis, (2) étudier les pertes d'eau du

système d'irrigation dans huit oasis, (3) mesurer la perméabilité du sol avec un trou foré à la tarière, et (4) étudier la profondeur et de l'épaisseur de la couche de gypse.

La méthode d'exécution des travaux de la Phase 2 a été approuvée par les deux parties au cours de discussions animées avec la DGGR.

La mission a alors effectué des travaux d'étude avec le personnel de contrepartie pendant trois mois et demi (3,5). La mission a confié l'étude pilote détaillée des oasis et les essais de perte d'eau due à l'infiltration à des consultants locaux en coopération avec les responsables des CRDA. A la fin des travaux sur le terrain, la mission a établi le rapport d'avancement n° 2. Les principales activités des travaux sur le terrain de la Phase 2 ont été comme suit:

- (1) Reconnaissance sur le terrain
- (2) Collecte de données et informations complémentaires concernant le Projet
- (3) Etude sur le terrain et investigation incluant:
 - 1) Investigation météorologique et hydrologique
 - 2) Investigation hydrogéologique
 - 3) Etude des eaux géothermiques
 - 4) Etude du sol et de l'utilisation des terrains
 - 5) Agro-économie et étude de la commercialisation
 - 6) Investigation sur l'agriculture
 - 7) Investigation sur l'irrigation et le drainage
 - 8) Matériaux de construction et étude du coût, et
 - 9) Etude d'inventaire des oasis
- (4) Supervision des investigations sur le terrain effectuées par des consultants locaux:
 - 1) Etude pilote des oasis, et
 - 2) Pertes d'eau le canal d'irrigation
- (5) Détermination du plan de développement
- (6) Détermination des composants du projet
- (7) Evaluation préliminaire du projet, et
- (8) Etablissement du Rapport d'avancement n° 2.

Le Second travail au Japon qui a eu lieu pendant trois mois à partir du 18 décembre 1995 après le Seconde travail sur le terrain, a principalement porté sur les points suivants.

- (1) Etablissement d'un projet d'amélioration
 - 1) Installations d'irrigation et de drainage
 - 2) Système de gestion de l'eau

3) Système de refroidissement des eaux géothermales

- (2) Conception abrégée des installations**
- (3) Etablissement d'un projet de maintenance des installations**
- (4) Etablissement d'un plan d'exécution du projet**
- (5) Estimation du coût du projet et calcul des bénéfices**
- (6) Evaluation du projet**
- (7) Etablissement de l'avant-projet de rapport final**

Comme indiqué précédemment, ce rapport compile tous les résultats des études réalisées pour le Projet d'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud de la République de Tunisie.

- (1) Rapport principal**
- (2) Annexes (séparées)**
- (3) Dessins (séparés)**
- (4) Inventaire des oasis (séparé)**

CHAPITRE 2 ARRIERE-PLAN DU PROJET

2.1 Economie nationale

Les activités économiques de la Tunisie sont très diversifiées, et l'agriculture, les mines et l'industrie, et les services en sont les secteurs principaux. Le pays exporte des produits agricoles, mais importe aussi beaucoup de denrées alimentaires. Les principaux produits d'exportation sont l'acide phosphorique, produit usiné à base d'acide phosphorique, et les engrais chimiques.

En 1993, le montant du Produit intérieur brut (PIB) dans la composition des frais était de 12,94 milliards de dinars (12,9 millions de dollars) et de 1.735 dinars par habitant. En 1992/93, le secteur agricole représentait 18,3% du PIB, et 26% de la population active. Les secteurs de l'industrie et des services comptaient respectivement pour 31,6% et 50,1%. Ces pourcentages du PIB n'ont pratiquement pas changé au cours des cinq dernières années. En 1992-93, le taux d'augmentation annuel était de 2,6% pour le PIB, et de 0,6% par habitant. Le produit intérieur brut par secteur était comme suit.

Secteur	Produit intérieur brut (1993) (100 millions de dinars)	Pourcentage (%)	Taux d'augmentation (%)
Agriculture	2,372	18.3	
Industrie	4,088	31.6	
Services	6,476	50.1	
GDP	12,936	100.0	2.6
PIB par habitant	1,735 dinars		0.6

Source: Rapport statistique, avril 1994

Dans l'agriculture, les exportations de l'huile d'olive, de poisson, de coquillages et de fruits ont été à hauteur d'environ 10 à 14% du montant total des exportations de 1989 à 1993. Et l'huile d'olive et les fruits y comptent respectivement pour 4,7% et 1,6%. Les principales denrées alimentaires importées sont le lait, le sucre, les légumineuses, les céréales, qui représentent 5,0% du montant total des importations. Le volume des importations de céréales varie selon la production nationale. En particulier, en 1991, année où la production de céréales a été très forte, les importations ont été minimales.

2.2 8ème Plan de développement national

Le 8ème Plan de développement national (1992-1996) prévoit un taux d'augmentation annuel de 6,0% de la production nationale totale et de 4,1% par habitant. Cette augmentation objectif s'appuie sur le secteur industriel (8,7%) et le secteur touristique (22,3%). Mais compte tenu des

résultats obtenus au cours du 7^{ème} Plan de développement national de 4,2% et 2,1% respectivement, il semble très difficile d'atteindre les objectifs définis.

L'objectif du secteur agricole indiqué dans le Plan de développement national est de sécuriser les denrées alimentaires par l'amélioration de l'autosuffisance pour le blé, l'orge et la viande, d'assurer la réduction de la consommation de produits laitiers (70%) et du sucre (16%), et l'augmentation des exportations de produits agricoles et denrées alimentaires.

De plus, dans le secteur agricole, on prévoit une réforme structurelle portant entre autres sur la réorganisation du secteur public, le renforcement de l'activité privée, l'amélioration de la capacité de recherche liée à l'agriculture et d'établissement de projets de vulgarisation, l'introduction d'un système de tarification d'encouragement, la stimulation des investissements publics.

Pour les études agricoles et les activités de vulgarisation, on encourage le développement de techniques permettant un rendement élevé, et leur vulgarisation rapide auprès des agriculteurs. De plus, on renforcera les relations entre l'agriculture et le secteur de l'irrigation. On introduira des équipements agricoles pour améliorer l'efficacité de l'exploitation et de la gestion des installations d'irrigation et assurer l'utilisation continue de l'eau d'irrigation, pour ainsi augmenter la productivité. Les plus grands problèmes à résoudre sont l'augmentation de la production agricole, et l'amélioration de la productivité pour l'élevage, l'aquaculture et la foresterie. S'appuyant sur cette stratégie de développement, le taux d'augmentation annuel de la production des principaux produits a été fixé sur la base de 1990 (1,8%), et les objectifs suivants ont été posés.

Item	Valeur objectif
Céréales *	-13.8%/ an
Foresterie	4.5%/ an
Légumes	54.2%/ an
Elevage	5.3%/ an
Aquaculture	10.7%/ an

Note: La valeur (*) pour les céréales est due à la bonne récolte de 1991.

2.3 Agriculture tunisienne

2.3.1 Secteur agricole

Le pourcentage de l'agriculture dans le produit intérieur brut (PIB) a considérablement diminué depuis l'indépendance de la Tunisie. Ainsi, il est passé de 56% en 1960 à 20% en 1972. Il est estimé à 16-17% pendant les années 80. Au cours des 4 années de sécheresse 1983, 1986,

1988 et 1989, il est tombé à 13-14%, mais a remonté à 20% en 1991. Le Gouvernement Tunisien a inscrit l'augmentation de la production agricole comme activité économique essentielle dans son plan national pour réduire les importations de denrées alimentaires, augmenter les exportations, arrêter l'exode rural.

Le territoire tunisien a une superficie de 15,6 millions d'ha, dont 8,6 millions sont utilisés pour la production agricole. La surface des zones cultivées est de 4,8 millions d'ha, ce qui représente 56% de l'ensemble des terres agricoles. Parmi les terres arables, 1 million sont en jachère ou bien abandonnées. La surface cultivée est importante dans les régions du Nord et du Centre, mais par contre très réduite dans le Sud. Le taux des terres cultivées sur les terres arables est faible dans le Sud par rapport aux régions du Nord et du Centre. Il y a 3,8 millions d'ha de forêts, pâturages et autres terres non cultivées. L'utilisation des terres est résumée dans le tableau ci-dessous. (Voir les détails dans le Tableau E 2.3.1 de l'Annexe E.)

(unité: milliers d'ha)

Item	Région du Nord	Région du Centre	Région du Sud	Tout le pays
Surface totale	2,867.3	4,317.6	8,371.7	15,556.6
Terres arables	1,826.3 (64%)	2,482.5 (57%)	504.3 (6%)	4,813.0 (31%)
- Terres cultivées	1,509.4	1,979.8	351.6	3,840.8
- Terres en jachère	316.9	502.7	152.7	972.3
Forêts	466.8 (16%)	176.0 (4%)	6.1 (-)	649.0 (4%)
Autres	336.3 (12%)	1,083.3 (25%)	1,684.4 (20%)	3,104.1 (20%)

En 1993/94, la surface cultivée et la surface cultivée des principales cultures ont été respectivement de 3,8 millions d'ha et 4,1 millions d'ha, soit un taux de culture de 1,07. La surface consacrée à l'arboriculture est maximale, avec 2 millions d'ha, soit 48% du total. Ensuite viennent les céréales (1,5 million d'ha), soit 37%. La surface consacrée aux autres cultures est très réduite en comparaison des deux premiers. La surface cultivée dans les régions du Nord et du Centre est pratiquement la même, alors que dans le Sud du pays, elle est très réduite.

(unité: milliers d'ha)

Culture	Région du Nord	Région du Centre	Région du Sud	Tout le pays
Céréales	850	560	96	1,505
Plantes fourragères	207	109	9	326
Légumineuses	91	11	4	106
Légumes	77	66	10	154
Arbres fruitiers	285	1,391	307	1,983
Cultures industrielles	19	1	1	20
Autres	6	2	1	9
Total	1,535	2,140	428	4,103
Taux de culture	1.02	1.08	1.22	1.07

Dans le Centre et le Nord, les conditions topographiques sont très variables, les précipitations de 400 à 1.000 mm, et l'on pratique des cultures pluviales diverses comme le blé, les arbres

fruitiers, les plantes fourragères et les cultures industrielles. De plus, les installations d'irrigation comme les grands barrages et réservoirs sont aménagés, beaucoup de fermiers disposent d'une surface de culture de plus de 0,5 ha, et des techniques de culture modernes incluant des installations d'irrigation par arroseurs et conduits, et l'introduction d'équipements agricoles de grandes dimensions sont répandues. La production de légumes frais et fruits dont on espère de gros bénéfices à proximité des villes comme Tunis et Sfax se développe.

L'agriculture varie considérablement dans les différentes régions conformément aux conditions climatiques qui les régissent. Ainsi, dans le Nord, on pratique principalement la culture pluviale des céréales, suivie des arbres fruitiers (oliviers et autres); la surface consacrée aux plantes fourragères est également relativement importante. Les exploitations agricoles sont grandes, mais le taux de culture faible, 1,02 à peine. Dans le Centre, l'arboriculture centrée sur l'olivier occupe la première place, suivie des céréales. Ces cultures sont pratiquement toutes des cultures pluviales, avec partiellement un appoint d'eaux souterraines. Les exploitations agricoles sont relativement grandes, et le taux de culture de 1,08, soit plus élevé que le Nord.

En comparaison, dans le Sud, les précipitations sont faibles et la culture pluviale est impossible dans la majeure partie de cette région. L'agriculture se limite à des irrigations à sources d'eau diverses, et à l'agriculture dans les oasis utilisant les eaux souterraines. Dans les gouvernorats de Tozeur et Kébili, l'agriculture se pratique presque uniquement dans les oasis. Dans la partie à précipitations relativement importantes, on pratique la culture pluviale des céréales et des olives (généralement avec un appoint d'eaux souterraines), mais en dehors de cela, l'arboriculture se fait presque totalement dans les oasis (dattes, partiellement des olives, autres fruits). Le Sud dépend donc du Nord et du Centre pour les principales denrées alimentaires. L'agriculture dans les oasis se fait sur des exploitations relativement petites, par rapport au Nord et au Centre, mais l'efficacité d'utilisation du sol est assurée, avec un taux de culture de 1,22. Les dattes, qui sont un important produit d'exportation de la Tunisie, ne sont produites que dans la zone des oasis du Sud.

L'étude sur les dépenses des ménages de 1990 a révélé que les dépenses annuelles par foyer étaient de 5.412 dinars à Tunis, 4.268 dinars dans le Nord, 4.424 dinars dans le Centre, et de 4.033 dinars en moyenne nationale. En comparaison, elles sont de 3.365 dinars dans le Sud, le niveau le plus bas du pays, et seulement 83% de la moyenne nationale. L'augmentation du revenu des fermiers du Sud par l'aménagement des oasis est une question d'importance nationale.

Le tableau ci-dessous indique la production des principales cultures au cours des dernières années. Les variations annuelles dans la production du blé et des olives sous culture pluviales

sont très importantes, alors que celles des dattes et des légumineuses cultivées sous irrigation sont très faibles.

(unité: milliers de tonnes)

Culture	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94
Blé	420	1,122	1,786	1,584	1,412
Orge	215	511	765	611	501
Huile d'olive	54	130	165	280	135
Agrumes	260	237	226	185	281
Tomate	440	530	580	550	420
Melon	250	450	350	380	330
Piment	110	175	180	190	180
Pomme de terre	180	217	220	218	200
Raisin	55	40	55	50	60
Dattes	75	81	75	75	86
Betteraves	229	289	210	291	246

Source: Profil d'un pays, Tunisie, 1994-95, The Economic Intelligence Unit

2.3.2 Secteur de l'Irrigation

L'irrigation est un secteur important pour la Tunisie, plusieurs projets d'irrigation à grande échelle ont déjà été lancés, et l'on prévoit par la construction des barrages, de passer de 1,5 à 2,5 milliards m³ d'eau stockée en l'an 2000. La Direction concernée prévoit une augmentation de 20 à 30% des besoins en eau potable pour l'an 2000. 812 millions de dinars (env. 800 millions de dollars) doivent être consacrés à la construction de barrages de 1992-1996. Des barrages sont en construction à Sidi el-Barak, Barbara et Sidi Aich. Le gouvernement a programmé la construction de 20 grands barrages, 250 barrages moyens et de 1.000 lacs collinaires, sur la base de crédits accordés par la Banque Mondiale et d'autres organismes d'aide, dans le cadre de la stratégie décennale de mobilisation des eaux.

Le Gouvernement Tunisien prévoit la construction de 610 nouveaux forages pour assurer 1,139 milliard de m³ d'eaux souterraines profondes en 2001.

Par ailleurs, on prévoit la construction de 1.150 forages d'essai au cours de la stratégie décennale. La programme du 8e Plan concerne 5 forages de reconnaissance par gouvernorat et par an en moyenne.

La politique de mobilisation des eaux a pour objectif l'exploitation de 3,994 milliards de m³ en 2001, ce qui représente 89% du potentiel des ressources en eau totales de 4,484 milliards de m³. De plus, le volume exploité en 1991 était de 2,761 milliards de m³, soit 62% de l'ensemble.

Au cours du 8e Plan quinquennal de développement national, 700 nouvelles Associations d'Intérêt Collectif (AIC) ont été créées, et le projet de promotion a déjà été lancé.

Les points principaux de cette politique sont les suivants:

- a) Maintenance des installations transférées aux AIC
- b) Renforcement des AIC par l'assistance technique, la recherche et le recyclage.
- c) Renforcement du personnel chargé des AIC au sein des CRDA.

Dans la zone des oasis du Sud, l'aménagement des canaux des parcelles terminales a pris du retard, et l'infiltration considérable des eaux d'irrigation rend l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation faible. Par ailleurs, le niveau des eaux souterraines a tendance à baisser, et il devient urgent d'améliorer l'efficacité de l'irrigation à économie d'eau parce qu'on ne peut plus espérer l'exploitation de nouvelles sources d'eau. Pour cette raison, le Gouvernement Tunisien réalise un projet d'économie d'eau en subventionnant l'aménagement des parcelles terminales pour assurer l'économie des eaux souterraines.