



PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRANÉE
MEDITERRANEAN ACTION PLAN



CIHEAM-IAMM
Centre International de Hautes
Etudes Agronomiques Méditerranéennes

THEME

**L'amélioration de l'efficacité de l'irrigation
pour une économie d'eau :
cas d'un périmètre irrigué en Tunisie**

Rapport final

Elaboré par : K. LOUHICHI

Septembre 1999

SOMMAIRE

Préambule	5
I Résumé	6
II Summary	6
Introduction générale	7
PREMIERE PARTIE : L'EAU EN TUNISIE, UNE RESSOURCE MENACEE	9
Introduction	9
Chapitre I : Bilan actuel de l'eau en Tunisie	10
I Inventaire des ressources	10
I.1 Définition des ressources	10
I.2 Potentialités : situation générale	10
I.3 Mobilisation des ressources en eau	12
II Demande actuelle et future d'eau	12
III Bilan hydraulique théorique	13
Chapitre II. Economie d'eau en irrigation	14
I L'irrigation en Tunisie : enjeux et perspectives	14
I.1 Le potentiel irrigable	14
I.2 Le secteur irrigué : importance et besoin en eau	14
II Le secteur irrigué et l'économie d'eau : problématique et défis	15
III Les contextes socio-politiques pour une économie d'eau	16
IV Actions de la stratégie nationale d'économie d'eau	17
IV.1 Actions au niveau des périmètres publics et des réseaux collectifs d'irrigation	17
IV.2 Actions au niveau des périmètres privés	18
IV.3 Actions au niveau de la parcelle	18
V Les réalisations de la stratégie nationale d'économie d'eau	19
Conclusion	21
DEUXIEME PARTIE : LES ECONOMIES D'EAU EN IRRIGATION SONT-ELLES POSSIBLES ? ETUDE DE CAS	22
Introduction	22
Chapitre I. Présentation du périmètre irrigué choisi : l'oasis de Gabès	23
I Localisation et justification de choix	23
I.1 Climatologie	24
I.2 Potentialités hydrauliques	25
I.3 Les composantes agricoles de l'oasis de Gabès : interaction avec les ressources en eau	25
II L'eau dans l'oasis de Gabès : disponibilité et mode de gestion	27
II.1 Disponibilité en eau	27
II.2 Le mode de gestion actuel dans l'oasis de Gabès	29
III Le réseau d'irrigation et de drainage dans l'oasis de Gabès	30
III.1 Le réseau d'irrigation : origine et spécificité actuelles	30
III.2 La méthode d'irrigation	32
III.3 Le réseau de drainage	33
Chapitre II. Les problèmes de l'eau dans l'oasis de Gabès : insuffisance ou mauvaise gestion ?	34

I. Diagnostic sur la gestion actuelle de l'eau	34
II. Les pertes d'eau dans le réseau d'irrigation	35
II.1 Les pertes d'eau dans les forages artésiens	35
II.2 Les pertes d'eau dans le réseau de distribution et d'adduction	35
II.3 Les pertes d'eau dans le réseau terminal	35
II.4 Un mauvais drainage	36
III. Les réalisations en matière d'économie d'eau dans l'oasis de Gabès	37
III.1 Renforcement des techniques d'entretien et de maintenance du réseau	37
III.2 L'amélioration du réseau terminal	37
III.3 L'amélioration des techniques d'irrigation à la parcelle	38
Chapitre III. Le réseau d'irrigation : vers une meilleure efficience	40
I La notion d'efficience en économie	40
I.1 Définition et spécificité	40
I.2 L'efficience en irrigation : des concepts multiples	40
II Le réseau d'irrigation : évaluation des pertes et des coûts d'économie d'eau	41
II.1 le réseau terminal : évaluation des pertes d'eau et efficience du réseau	42
II.2 Le réseau terminal : les solutions techniques pour économiser l'eau	44
III Comparaison entre les coûts d'un m ³ d'eau économisée et mobilisée : pour un meilleur choix d'investissement	49
III.1 Définition et calcul du coût moyen de mobilisation	49
III.2 Justification de la mobilisation de l'eau à coûts élevés	50
III.3 Coûts unitaires comparés de mobilisation et d'économie d'eau	51
Conclusion	52
Conclusion générale	53
Références bibliographiques	55
Liste des tableaux	57

Préambule

Le présent travail est le fruit d'une coopération entre le CIHEAM et le Plan Bleu dans la lignée des recommandations de la Commission Méditerranéenne du Développement Durable pour la mise en œuvre des recommandations de l'Atelier de Fréjus, septembre 1997.

Ces recommandations avaient pour but de souligner l'importance des enjeux d'une meilleure gestion des demandes en eau (au sens des usages de l'eau) par rapport aux approches plus classiques d'augmentation de l'offre.

Il s'agissait, dans une étude de cas choisie en Tunisie, d'illustrer un exemple concret permettant de quantifier les coûts-avantages d'une meilleure utilisation de l'eau d'irrigation et notamment permettant de comparer le coût marginal des volumes d'eau économisés au coût moyen de la mobilisation nouvelle d'eau.

Nous espérons que cette étude modeste (de quelques mois) appellera de nombreux commentaires et échanges pour faire progresser ces idées et ce type d'approche en Méditerranée.

Il a été conduit par Kamel Louhichi, sous la Direction de M. Flichman, CIHEAM et d'Aline Comeau, Plan Bleu, avec la Collaboration de MM. Ennabli et Hamdane.

Résumé¹

Résumé

Le présent travail appliqué à un périmètre irrigué tunisien, a pour objectif d'évaluer le coût théorique du m³ d'eau économisé par différents investissements visant à améliorer l'efficacité, en réduisant les pertes.

Ce coût, estimé, selon les cas, entre 0,010 et 0,040 DT/m³ a, dans un premier temps, pu être comparé au gain dû à l'économie de l'eau réalisée grâce à ces investissements, qui dépend, lui-même, du prix de l'eau facturé. Ainsi, l'incidence de différents prix de l'eau ou de différents taux de subvention sur la décision d'investir ont pu être quantifiés, illustrant, sur cet exemple, que le prix de l'eau actuel n'incite pas aux économies et que d'autres mécanismes (augmentation du prix de l'eau, octroi de subvention, aide directes) pourraient promouvoir les économies d'eau tout en assurant une certaine équité sociale.

Dans un deuxième temps, ce coût d'économie d'eau a été comparé au coût de mobilisation de ressource nouvelle (barrage, pompage,...). Le rapport entre le coût moyen de l'eau par réduction des pertes dans les réseaux existants et le coût moyen de l'eau mobilisée à partir de nouvelles sources peut varier de 1 à 3 (à partir de nappes phréatiques) voire de 1 à 10 (à partir de barrages éventuels ou nappes artésiennes).

Summary

The present study applied on an irrigated perimeter in Tunisia, has for objective to evaluate the theoretical cost of m³ of economised water by different investments aiming at improving efficiency reducing losses.

First, this cost, evaluated between 0,010 and 0,040 DT/ m³, was compared to the gain of water savings obtained through investments. This gain depends on the present water price. The incidence of water price and/or different levels of subsidies rate investment decisions was quantified. In this example, the present price of water does not incite to save water. Other mechanisms (increase of water price, grant of subsidy, direct aide to the income) could promote the savings of water as well as ensure social equity.

Then, this cost of water savings was compared to the cost of new resource mobilisation. The ratio between the average cost of water economy and the average cost of mobilised water starting from new sources could vary between 1 to 3 to 1 to 10 according to the water sources.

¹ La présente étude se situe dans la lignée des recommandations de la Commission Méditerranéenne de Développement Durable (CMDD) qui a approuvé en 1997 des recommandations sur la gestion de l'eau insistant sur les efforts à mettre en oeuvre pour promouvoir la meilleure gestion des demandes en eau. Elle a été conduite par K. Louhichi (CIHEAM-IAMM), sous la Direction scientifique conjointe de G. Flichman (CIHEAM-IAMM) et A. Comeau (Plan bleu) sur l'initiative de M. Ennabli (Direction de l'INRST et président du groupe Eau de la CMDD, Tunis). Nous remercions tout particulièrement les autorités tunisiennes et notamment de M. Hamdane, Directeur général du Génie Rural, Tunis pour ses conseils sur l'orientation générale du sujet et pour avoir facilité l'accès aux documents.

Introduction générale

La question de l'eau en Méditerranée devient de plus en plus importante étant donné l'accroissement des besoins qui ont entraîné en cette fin de siècle une pression accrue sur les ressources en eau et ont modifié irrémédiablement l'utilisation qui est faite de la ressource. L'eau est ainsi devenue pour la plupart des pays méditerranéens, dont la Tunisie, un facteur limitant de leur développement et, par conséquent, un enjeu majeur au plan économique, social et politique.

Malgré les efforts considérables déployés depuis 40 années dans la mobilisation des ressources hydriques du pays, la Tunisie connaîtra, à court terme, une situation de pénurie en eau. Il suffit pour s'en convaincre de comparer le potentiel hydrique utilisable, qui est de l'ordre de 500 m³/an/habitant, à la valeur de 1000 m³ considérée comme le minimum annuel indispensable à la satisfaction des besoins de chaque individu (FAO/PNUD, 1991).

L'agriculture, et notamment l'agriculture irriguée est considérée comme un secteur fort consommateur d'eau. En effet, celle-ci est estimée à 1384 milliards de mètres cube soit 83,4 % du total des prélèvements, cette eau est consommée en majeure partie dans la région du Nord du pays où sont situées 56,7 % des superficies irriguées².

La rareté de l'eau conjuguée à une exigüité des surfaces irriguées (6,7 % de la SAU totale) rend impérative la mobilisation et surtout la gestion efficace et l'allocation optimale de cette ressource économique à l'aube de l'an 2000.

Face aux limites de ses ressources hydriques, l'Etat tunisien a déployé des efforts importants dans la mobilisation de l'eau de surface en construisant de grands barrages, dont 19 sont déjà opérationnels.

Toute fois, cette politique a fait l'objet de polémiques controversées étant donné, d'une part, la forte dépendance financière et technologique qu'elle impose et d'autre part, l'efficacité douteuse de ces barrages menacés d'envasement rapide.

En effet, la hausse rapide des coûts des investissements récents (nouveaux barrages), qui passe de 678 millions de dinars en 1991 à 945,5 MD (prix courant) en 1996 soit une augmentation de l'ordre de 28 %³, laisse présager un ralentissement de ces investissements qui deviennent de plus en plus difficiles à justifier sur le plan économique.

Cependant, si tout le monde s'accorde sur le fait que l'eau est une ressource rare qui doit être bien gérée, la manière de mettre en place une telle méthode de gestion reste à déterminer.

² Ministère de l'agriculture : Rapport de Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), 1994.

³ Ministère de l'agriculture, IXe plan de développement économique et social (1997-2001) : le développement agricole et les ressources naturelles, juillet 1997.

Quels sont les investissements possibles et les moyens les plus efficaces qui permettront une gestion optimale des eaux mobilisées ? Comment peut-on concilier une demande en eau toujours croissante et une offre limitée financièrement et physiquement ? Quel est le degré de distorsion entre le coût réel du m³ d'eau mobilisé et le coût du m³ épargné au niveau d'un périmètre ? Comment peut-on agir pour accroître les productions d'eau et répondre aux besoins futurs ?

Dans ce travail, nous commençons par décrire l'évolution de la stratégie tunisienne en matière d'utilisation de l'eau en agriculture et d'identifier les projets d'irrigations ayant fait l'objet de mesures d'amélioration de l'efficience. Deuxièmement, nous évaluerons, à partir d'un exemple, les investissements possibles pour épargner l'eau au niveau d'un périmètre irrigué traditionnel où la ressource est insuffisamment valorisée en raison des pertes au niveau des réseaux et des parcelles dues en grande partie à une utilisation des doses d'irrigation dépassant largement les besoins des plantes et à un manque d'équipements de maintenance et d'entretien. Troisièmement, nous calculerons le coût unitaire de la mobilisation de l'eau à partir d'un barrage, d'une nappe phréatique et d'une nappe profonde et ceci afin de déterminer d'une part, le degré de distorsion entre le coût réel du m³ d'eau mobilisé et le coût du m³ épargné au niveau d'un périmètre et d'autre part, la manière d'agir pour accroître les productions d'eau : *faut-il agir sur le niveau de la demande ou sur celui de l'offre ?*

Pour aborder ce sujet, notre grille d'analyse sera construite sur une articulation de raisonnements issus de concepts empruntés à la théorie micro-économique, à l'économie des ressources naturelles et à la théorie de la croissance endogène.

PREMIERE PARTIE : L'EAU EN TUNISIE, UNE RESSOURCE MENACEE

Introduction

Cette partie tente de synthétiser la problématique de l'eau en Tunisie. Cette analyse relativement exhaustive de la situation a pour objectif de sensibiliser le lecteur d'une part, au problème global de l'eau en Tunisie sans toutefois prétendre aborder tous les aspects et d'autre part, aux objectifs et aux composantes de la stratégie tunisienne d'économie d'eau en matière d'irrigation.

Les faits saillants qui caractérisent la problématique actuelle de l'eau en Tunisie sont constitués essentiellement par l'accroissement des besoins (l'accroissement démographique et l'augmentation des besoins sectoriels en particulier agricole), la surexploitation et la rareté des ressources dues en grande partie à une demande de plus en plus exigeante et à une offre relativement rigide.

Chapitre I : Bilan actuel de l'eau en Tunisie

L'objectif du présent chapitre consiste à donner une idée aussi précise premièrement sur les potentialités des ressources en eau et leur répartition suivant la nature et la région, deuxièmement, sur les efforts de mobilisation de ces ressources et leur allocation intersectorielles, enfin sur le bilan hydraulique ressource-demande aussi bien au plan sectoriel que global.

I Inventaire des ressources

La part croissante des besoins en eau depuis une trentaine d'années, a conduit la Tunisie à dresser un inventaire de plus en plus précis de ses ressources en eau et à réaliser des travaux importants pour le captage et le transport des eaux. Cependant, avant de se pencher dans cet inventaire, il serait utile de lancer une définition des ressources en Tunisie.

I.1 Définition des ressources

En Tunisie, les ressources en eau sont définies comme l'ensemble des écoulements superficiels (oueds) et souterrains (nappes). Les ressources en eau de surface sont calculées en apports annuels moyens. Dans le centre et le sud de la Tunisie, les cours d'eau (oueds) sont généralement secs et ne coulent qu'en période pluvieuse. Pour les nappes souterraines, les ressources renouvelables exploitables sont localisées dans le Nord et le Centre. Les nappes fossiles du sud sont très faiblement alimentées, mais recèlent, par leur grande étendue, des volumes d'eau très importants. Il s'en suit que l'exploitation de ces nappes provoquera une baisse continue des niveaux, et une extinction relativement rapide des ressources.

Pour évaluer l'ensemble des ressources en eau, il convient de tenir compte du fait que les apports moyens des oueds ont été calculés la plupart du temps au niveau des exutoires. Cela signifie que ce qui est mesuré est le résultat final des échanges entre les eaux de surface et souterraines dans le bassin versant considéré. Dans ce cas, les quantités d'eau prélevées sur les nappes dans le bassin versant, peuvent être comptabilisées en plus de l'écoulement à l'exutoire.

I.2 Potentialités : situation générale

Depuis 1970, des inventaires et des cartes synthétiques de plus en plus détaillées des potentialités en eau du territoire tunisien ont été élaborés à partir des données de la Direction des Ressources en Eau. Les dernières estimations, figurant dans l'étude Economie Eau 2000, peuvent être considérées comme complètes et définitives.

Sur un rapport pluviométrique total de l'ordre de 30 à 35 milliards de m^3 par an, le volume d'eau mobilisable à long terme est actuellement estimé à $4500 Mm^3$ par an dont $2700 Mm^3$ d'eau de surface et $1800 Mm^3$ d'eau souterraines ($670 Mm^3$ des nappes phréatiques et $1130 Mm^3$ des nappes profondes dont $605 Mm^3$ des nappes fossiles). 50 % de ces eaux présentent une salinité inférieure à $1,5g/l$ et 30 % présentent une salinité supérieure à $4g/l^4$.

Pour des raisons économiques, $3972 Mm^3$ seulement sont effectivement exploitables. Le tableau suivant montre l'évolution de l'estimation des potentialités par région naturelle depuis 1970.

Tableau 1. Evolution des estimations des ressources (Mm^3/an)

Région	Eaux de surface			Eaux souterraines			Ressources totales		
	1970	1985	1995	1970	1985	1995	1970	1985	1995
Nord	863	1467	2190	274	393	520	1137	1850	2710
I.2.1 Centre	25	130	370	312	386	492	337	516	862
Sud	-	-	140	690	762	790	690	762	930
Total	888	1578	2700	1276	1545	1803	2164	3128	4503

Source : Eau 2000

Selon la même étude, les potentialités à prendre en considération dans le cas d'une année sèche (en supposant que le niveau initial de remplissage des réservoirs au début de l'année de gestion est égal à zéro, prognose 1995) seraient les suivantes :

Tableau 2. Estimation des ressources en eau pour le mois de juillet 1995, dans le cas d'une année sèche unité : Mm^3

Ressource	Sans considération de la salinité	Salinité < 2.5 g/l	Salinité < 1.5 g/l
Grands barrages	172	167.26	161.9
Barrages collinaires	2.3	2.3	2.3
Lacs collinaires	0.08	0.08	0.08
Nappes phréatiques	55.4	16	5.9
Nappes profondes	99	53.6	19.5
Total	328.78	239.24	189.68

Source: Eau 2000

D'après ce tableau, on remarque que ces estimations se sont montrées trop optimistes par rapport à la situation réelle de 1995, après trois années consécutives de sécheresse dans certaines régions du pays. Cette situation a, une fois de plus, démontré :

- L'importance de la variabilité inter annuelle et spatiale des pluies, liées au caractère méditerranéen du climat ;
- Pour la période du 1^{er} septembre 1994 au 31 août 1995, l'apport total aux sites des grands barrages était $606,66 Mm^3$ seulement tandis que la moyenne pour une année hydrologique est estimée à $1.341,79 Mm^3/an$;

⁴ MEAT-DGAT SDAT. - Eau 2000, Tunisie 1996.

- L'inégalité de la répartition des ressources en eau entre les régions. Ceci engendre des déficits quantitatifs régionaux, accentués par une forte salinité de certaines eaux engendrant des déficits régionaux en termes de qualité ;
- La surexploitation des nappes fossiles, dans le gouvernorat de Gabès par exemple, en 10 ans, une baisse du niveau de la nappe du Continental Intercalaire de 17 à 33 mètres a été mesurée sur les forages de Chott Fedjej.

1.3 Mobilisation des ressources en eau

Consciente du rôle primordial du facteur eau dans le maintien de la croissance économique du pays, la politique tunisienne du développement a toujours fait preuve d'une dynamique de mise en œuvre de l'infrastructure hydraulique (Ennabli, 1995). Les efforts consentis ont permis au pays de se doter de 19 barrages, 79 barrages collinaires, 497 lacs collinaires, 2000 forages et environ 50000 puits de surfaces équipés. Cette infrastructure a permis la mobilisation de 67 % des eaux mobilisables⁵, soit 3.1 Milliards de m³.

La stratégie décennale de mobilisation des eaux, démarrée depuis 1990, vise à atteindre un taux de mobilisation de 90 % par la construction de 21 (2)⁶ barrages, 203 (44) barrages collinaires, 1000 (317) lacs collinaires et 610 (348) forages. Le montant d'investissement de ce programme ambitieux s'élève à 2000 Millions de Dinars. Le IXe plan de développement économique et social (1997-2000) prévoit la poursuite de la réalisation de cette stratégie à un rythme plus accéléré. En effet, le montant de l'investissement hydro-agricole s'élève à 1771,1 Millions de Dinars soit 37,4 % de l'investissement agricole total prévu. L'objectif est d'atteindre dans l'an 2001 un taux de mobilisation de 81 % comme le montre le tableau suivant :

Tableau 3. Evolution et répartition de la mobilisation des eaux par source

Sources	Potentiel	Mobilisées 1996	%	Prévision 2001	%
Eaux de surface	2700	1420	53	2030	75
Nappes profondes	1240	930	75	1020	82
Nappes phréatiques	700	750	107	750	107
Total	4640	3100	67	3800	81

Source : IXe plan (1997 - 2001)

II Demande actuelle et future d'eau

La demande d'eau en Tunisie est répartie entre quatre secteurs fortement compétitifs : l'irrigation, les ménages, le tourisme et l'industrie.

Les estimations de la consommation d'eau diffèrent considérablement, ce qui s'explique sans doute par d'amples variations de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation d'une année à l'autre, en fonction des pluies, mais aussi de l'inclusion ou de l'exclusion de l'irrigation complémentaire et d'une différence entre le volume de l'eau "alloué" à l'irrigation et le volume effectivement utilisé. Par exemple, en 1993/1994, le Ministère de l'agriculture a affecté environ 2,4 Mm³ d'eau à l'irrigation, mais 1,6 Mm³ seulement ont été utilisés.

⁵ Ministère de l'agriculture, IXe plan de développement économique et social (1997-2001) : le développement agricole et les ressources naturelles, juillet 1997.

⁶ déjà réalisé

Pour l'an 2010 la demande totale d'eau projetée par le Ministère de l'agriculture est de 3.165 Mm³. Reposant sur les politiques actuelles, ces projections indiquent une demande d'eau toujours élevée pour l'agriculture (80 % environ de la demande) et une augmentation rapide de la demande d'eau pour la consommation domestique et le tourisme, avec pratiquement un doublement d'ici à 2010. Les données actuelles ne permettent pas cependant de distinguer entre la demande urbaine et la demande rurale, et la répartition sectorielle, dans chaque région, n'est pas non plus connue de façon détaillée⁷.

Tableau 4. Demande annuelle d'eau

Secteur/sous secteur	Années	
	1990	2010
Ménages	240	462
Tourisme	20	40
Industrie	85	123
Irrigation ⁸	1.575	2.540
Demande totale	1.920	3.165

Source : Eau 2000 ; et Banque mondiale

III Bilan hydraulique théorique

Le bilan hydraulique théorique avancé par la Banque mondiale pour l'an 2010 est encore positif. Ce bilan positif doit être interprété d'une manière réaliste plutôt qu'optimiste, et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, il repose sur l'idée selon laquelle l'ambitieux programme de travaux d'infrastructure qui est prévu sera mené à bien d'ici l'an 2000. Deuxièmement, il est très douteux que l'eau, dont la salinité atteint 1,5 g/l, se prête à tous les usages. En abaissant même modestement ce chiffre, on obtient un bilan négatif beaucoup plus tôt, pour toutes les régions. Troisièmement, 55 % de toutes les ressources disponibles proviennent des réservoirs et, pour que ceux-ci soient pleins à 50 % au début de chaque cycle hydraulique annuel, il faut améliorer sensiblement la gestion de l'eau.

Ainsi, selon l'étude Eau 2000, le bilan hydraulique en tenant compte de la salinité n'est que de 157 Mm³, soit 522 Mm³ de moins que celui obtenu sans considérations de la salinité, qui est de 679 Mm³. La situation, toutefois, varie considérablement selon les régions et les mois de l'année.

Tableau 5. Le bilan hydraulique théorique sans considération de la salinité (Mm³/an)

	1990	2010
Ressources totales	2.971	3.844
Demande annuelle moyenne	1.920	3.165
Bilan hydraulique	1.051	679

Source : Eau 2000 ; et Banque mondiale

⁷ Banque mondiale, Département technique ECA/MENA, Equipe ressources en eau. - Examen du secteur de l'eau. - Tunisie, 1995.

⁸ Les chiffres pour 2010 tiennent compte d'une extension projetée des terres irriguées de 100.000 ha d'ici là.

Chapitre II. Economie d'eau en irrigation

I L'irrigation en Tunisie : enjeux et perspectives

I.1 Le potentiel irrigable

En l'espace de 26 ans, la superficie irrigable⁹ est passée de 120 mille hectares (en 1970) à 334,5 mille hectares (en 1996) atteignant ainsi 6,7 % de la superficie agricole utile totale du pays. La réalisation totale de la stratégie décennale permettra d'atteindre un potentiel de 400 mille d'hectares. Le secteur irrigué est caractérisé par la variété des ressources hydrauliques exploitées (grands barrages, barrages collinaires, forages, etc.), ce qui impose des différences de taille, de configuration, d'équipement et de type de gestion de ces périmètres. De même les modes d'exploitation et les niveaux d'intensification agricole sont inégaux et dépendent des conditions climatiques et socio-économiques régionales. La répartition de cette superficie irrigable entre les différentes sources est représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6. Répartition des superficies irrigables entre les différentes sources (ha)

Source	Nord	Centre	Sud	Total (ha)	Total (%)
Barrages	113796	13564	137	127497	37,8
Barrages collinaires	767	150	0	917	0,3
Lacs collinaires	1061	341	0	1402	0,4
Forages	13229	28567	25140	66936	19,8
Eaux usées traitées	5349	1077	28	6454	2,0
Puits de surface	43005	80337	10227	133569	39,6
Captage des sources	399	0	0	399	0,1
Total	177606	124036	35532	337174	100

Source : Rapport MA/ UCSEPI ; 12/1997.

I.2 Le secteur irrigué : importance et besoin en eau

En Tunisie, malgré une superficie réduite ne dépassant pas 7 % de la surface agricole utile du pays, le secteur irrigué contribue pour 32 % de la production totale et 20 % de l'exportation agricole. Il assure en effet, 95 % de la production maraîchère, 45 % de la production fruitière et 12 % des produits de l'élevage. Sur le plan social, c'est également un secteur primordial puisqu'il emploie plus du quart de la population active (26 %)¹⁰.

L'importance que le Ministère de l'agriculture attache à l'irrigation est donc en principe justifiée. Il envisage actuellement d'accroître les terres irriguées d'environ 30.000 ha d'ici 2000. Cette orientation répond à une apparente sous-utilisation des ressources en eau allouées au nord du pays certaines années et au désir du gouvernement tunisien de relever les revenus ruraux et de mieux assurer la sécurité alimentaire.

Ces périmètres irrigués se répartissent en périmètres publics dont les ouvrages de grande

⁹ La superficie irrigable, c'est la superficie susceptible d'être irriguée.

La superficie irriguée, c'est la superficie réellement irriguée.

¹⁰ Ministère de l'agriculture, IXe plan de développement économique et social (1997-2001) : le développement agricole et les ressources naturelles, juillet 1997.

envergure sont totalement réalisés par l'Etat, et en périmètres privés fondés sur la petite hydraulique et réalisés par des agriculteurs individuellement avec ou sans support public sous forme de crédits et subventions.

Les périmètres privés, caractérisés par la petite hydraulique, sont concentrés dans des zones irriguées de grande tradition, soit dans les régions côtières soit en Tunisie centrale, principalement autour des puits de surface. Ces périmètres, qui occupent 140 000 ha, sont totalement gérés par les agriculteurs. Cependant, l'exploitation des ressources qui les alimentent est, dans certains cas, régie par des décrets d'interdiction ou de sauvegarde et reste donc tributaire de l'autorisation de l'administration en cas de surexploitation des nappes.

Les périmètres publics, qui sont concentrés essentiellement au nord du pays et sont irrigués dans la plupart des cas à partir des barrages, occupent une superficie de 20 000 à 30 000 ha, alors que les périmètres, qui sont répartis entre le centre et le sud et qui sont irrigués à partir des forages, représentent des entités de quelques centaines d'hectares en moyenne. Au total, les périmètres publics sont environ de 160 000 ha.

La demande en eau agricole ne cesse d'accroître en raison de l'évolution du taux d'intensification de l'agriculture. La consommation en eau du secteur de production agricole est estimée à 1384 milliards de mètres cubes soit 83,4 % du total des prélèvements. La région du Nord du pays concentre 56,7 % des superficies irriguées¹¹.

Le secteur agricole affrontera dans l'avenir une situation concurrentielle plus sévère en raison des ressources en eau limitées et de l'accroissement de la demande des secteurs de l'eau potable, touristique et industriel.

II Le secteur irrigué et l'économie d'eau : problématique et défis

L'économie tunisienne est fortement dépendante du secteur agricole. En effet, au cours de la période 1992-1996, le PIB a augmenté en moyenne de 5 % environ par an, cette augmentation était dans une large mesure tributaire du secteur agricole irrigué.¹²

Cependant, la production agricole se trouve fortement liée d'une part, aux climats de vastes zones du pays dépendant exclusivement de l'eau de pluie, et d'autre part, à la concurrence du tourisme et de l'industrie manufacturière pour l'obtention de grandes quantités d'eau de bonne qualité.

Les investissements liés à l'eau ont représenté environ 38 % du budget du Ministère de l'agriculture pendant le septième plan (1987-1991) et presque 41 % pendant le huitième plan (1992-1996).

¹¹ COMETE Engineering. - *Economie de l'eau dans les oasis de la région de Gabès : rapport de faisabilité. Tunisie, mai 1995.*

¹² Ministère de l'agriculture, *VIIIe plan de développement économique et social (1992-1996) : le développement agricole et les ressources naturelles, juillet 1992.*

Dans la plupart des périmètres irrigués, l'eau est encore mal gérée et insuffisamment valorisée. Cette utilisation peu rationnelle de l'eau d'irrigation peut avoir des répercussions parfois néfastes sur certains périmètres irrigués :

- Incapacité des réseaux collectifs à satisfaire une demande en eau souvent exagérée et perturbation des tours d'eau avec des conséquences négatives sur la qualité de service obtenue par les usagers.
- Surexploitation des ressources en eau souterraine dans les périmètres irrigués par puits de surface (nappes côtières et du centre), avec des effets pervers qui risquent de compromettre la durabilité des périmètres en question (abaissement du niveau des nappes et leur salinisation progressive).
- Rehaussement et salinisation des nappes phréatiques dans certains périmètres du nord et dans les oasis, à la suite des pertes d'eau d'irrigation. Ce qui impose le recours de plus en plus fréquent à des solutions onéreuses de drainage souterrain.
- Réduction de la fertilité des sols agricoles suite à une gestion défectueuse de l'eau d'irrigation à la parcelle.

La présence de tous ces problèmes a conduit l'Etat tunisien à mettre en œuvre au cours du VIIIe (1992-1996) plan une stratégie nationale d'économie d'eau.

III Les contextes socio-politiques pour une économie d'eau

Outre la volonté de lever les contraintes liées à la gestion de l'eau en irrigation, l'économie d'eau est l'expression de plusieurs autres priorités nationales relativement récentes en Tunisie, qui ont créé un contexte favorable et ont influencé divers programmes dans le pays.

* **Conscience de la rareté des ressources en eau** : une conscience profonde de la rareté des ressources en eau s'est développée les dernières années, suite à des sécheresses successives à la perspective de pénuries futures et peut être imminentes et à une information intensive sur le problème de l'eau en Tunisie. La notion d'économie d'eau a commencé ainsi à trouver son chemin dans tous les secteurs d'usage de l'eau particulièrement dans le domaine de l'eau potable. Certains concepts de gestion de la demande et de la valeur économique de l'eau se sont donc introduits progressivement dans la pratique des différents opérateurs.

* **Efficacité économique** : le plan de redressement économique adopté par l'Etat en 1986 met en exergue l'efficacité économique. Le VIIIe plan de développement économique et social insiste sur le désengagement de l'Etat des activités économiques encourageant une plus grande participation du secteur privé. Dans ce contexte, la restructuration des terres domaniales a touché les grandes exploitations dans les périmètres irrigués et a permis, grâce au transfert technologique et à des investissements importants, de modifier certaines pratiques de l'irrigation traditionnelle. De même, la libéralisation des prix de certains produits agricoles a donné un nouvel élan à l'activité irriguée. Le désengagement de l'Etat peut, néanmoins dans certains cas, créer des problèmes pour le maintien des pratiques liées au développement durable de l'agriculture.

* **Décentralisation** : l'Etat encourage vivement une politique de décentralisation qui transfère un important pouvoir et une grande responsabilité aux gouvernorats. Le Ministère de l'agriculture a créé des CRDA¹³ dans chaque gouvernorat et leur a confié une mission plus importante, intégrant l'ensemble des interventions à caractère agricole y compris la gestion des grands périmètres irrigués, dévolue auparavant aux Offices de Mise en Valeur. Ce rôle accru que joue chaque CRDA lui donne la marge de manœuvre nécessaire pour élaborer des approches répondant aux besoins de chaque gouvernorat.

* **Gestion des ressources locales** : la gestion des ressources locales est liée à l'efficacité économique. En prenant en main leurs propres affaires dans le cadre de groupements d'usagers (Associations d'intérêt collectif : AIC), les populations rurales devraient être plus motivées à protéger les équipements publics et à éviter les gaspillages qui accompagnent souvent l'utilisation des services publics.

IV Actions de la stratégie nationale d'économie d'eau

L'objectif principal des programmes d'économie d'eau est de rationaliser l'utilisation de l'eau agricole, en vue d'en tirer le meilleur profit économique et de maintenir la demande de l'irrigation à un niveau compatible avec les ressources en eau disponibles¹⁴.

IV.1 Actions au niveau des périmètres publics et des réseaux collectifs d'irrigation

L'état et le mode de fonctionnement des réseaux collectifs qui caractérisent les périmètres publics irrigués, conditionnent généralement les actions possibles d'amélioration de l'économie d'eau au niveau des exploitations agricoles. Il est, en effet, illusoire que les agriculteurs s'attachent à investir dans le domaine de l'économie d'eau, si la qualité de service obtenu à partir des réseaux d'irrigation est insuffisante. On recense au niveau des réseaux d'irrigation plusieurs types d'actions possibles :

- L'amélioration de l'efficacité des réseaux collectifs d'irrigations, par la mise en place des programmes d'entretien et maintenance des Périmètres Publics et l'installation de système de comptage, afin de limiter les pertes d'eau au niveau du transport et de la conduite de l'irrigation à la parcelle. Ceci exige l'étanchéisation aussi parfaite que possible des canalisations (canaux bétonnés, conduites enterrées) et des ouvrages (réservoirs, chambres de vannes, bornes et prises, etc.), et l'extension des canalisations tertiaires jusqu'à la limite des propriétés ;
- L'augmentation de la fiabilité et de flexibilité du tour d'eau et des horaires d'arrosage afin de s'adapter aux exigences de la demande en eau des agriculteurs : ceci exige dans certains périmètres la construction d'un réservoir de stockage au niveau du point de production (forage), ou parfois l'augmentation de la capacité des réservoirs existants pour tenir compte des heures d'effacement de l'énergie électrique ;
- La valorisation économique de l'eau d'irrigation par l'adoption d'une tarification appropriée. N'ayant pas une véritable conscience de la valeur économique de l'eau, les usagers ont souvent tendance à gaspiller l'eau et à avoir recours à des techniques peu efficaces. L'orientation actuellement en vigueur consiste à augmenter les tarifs d'eau d'irrigation de 15 % par an, en vue d'encourager progressivement les économies d'eau

¹³ CRDA : Commissariat Régional de Développement Agricole.

¹⁴ Ministère de l'agriculture, Direction Générale du Génie Rural. - Plan stratégique pour le développement de l'économie de l'eau en irrigation. - Tunisie, mars 1996.

- et d'assurer aux organismes de gestion les moyens financiers nécessaires à la maintenance des systèmes collectifs d'irrigation ;
- L'encadrement des agriculteurs et l'incitation des AIC à s'engager de plus en plus dans la gestion de l'eau ;
- L'amélioration de la gestion collective par les CRDA et les AIC en facilitant l'organisation de la distribution de l'eau et en réduisant les coûts d'exploitation de l'irrigation et de drainage.

IV.2 Actions au niveau des périmètres privés

Dans certains périmètres irrigués par puits de surface, certaines actions à caractère horizontal prévues par la stratégie nationale d'économie d'eau, méritent d'être engagées :

- Une meilleure connaissance du nombre de puits de surface équipés, des assolements et des cultures réellement pratiquées, et des techniques d'irrigation employées s'impose pour définir les actions appropriées à chaque périmètre. L'élaboration d'un plan directeur pour le développement de ces périmètres doit tenir compte de l'adéquation des volumes d'eau exploitables des nappes phréatiques et de la demande en eau agricole déterminée par le niveau de mise en valeur par l'irrigation, ceci afin de prévenir la surexploitation et la salinisation des nappes ;
- Dans les périmètres dont la nappe souffre d'une surexploitation de ressource en eau, il y a eu lieu d'adopter un plan de sauvegarde dont l'objectif est de ramener progressivement à l'équilibre le niveau d'exploitation de la nappe. Outre l'interdiction d'approfondir les puits existants ou de créer des nouveaux puits, il est recommandé d'établir un programme de sensibilisation des agriculteurs sur les risques de la situation, et de l'intérêt d'économiser les ressources par l'emploi de techniques d'irrigation efficaces, la réduction des superficies irriguées ou l'adoption de cultures moins exigeantes en eau et de meilleur rapport économique.

IV.3 Actions au niveau de la parcelle

Les actions entreprises au niveau de la parcelle concernent essentiellement¹⁵ :

- L'encouragement et l'incitation financière des agriculteurs à l'équipement des parcelles par des systèmes d'économie (systèmes gravitaires améliorés, par aspersion, goutte-à-goutte selon les conditions de leur adaptation) d'eau qui ont appuyé cette stratégie par la décision présidentielle du 12 mai 1995 régissant une augmentation des taux des subventions octroyées de 30 % à :
 - 60 % pour les agriculteurs de catégorie A (petits agriculteurs)
 - 50 % pour les agriculteurs de catégorie B (moyens agriculteurs)
 - 40 % pour les agriculteurs de catégorie C (grands agriculteurs) ;
- L'amélioration de la connaissance des paramètres de l'irrigation pour les différentes cultures et selon la nature des sols : besoins en eau des cultures, doses et fréquence des irrigations, etc.
- L'amélioration du taux d'intensification des cultures irriguées en vue de faciliter l'introduction des techniques économisant l'eau ;

¹⁵ Ministère de l'agriculture, Direction Générale du Génie Rural. - Plan stratégique pour le développement de l'économie de l'eau en irrigation. - Tunisie, mars 1996.

- La construction de bassins de stockage à l'aval des puits ou des bornes d'irrigation afin d'améliorer la qualité physique de l'eau d'irrigation par décantation des débris solides et augmenter la flexibilité du débit et du temps d'irrigation ;
- Le dimensionnement adéquat et le revêtement des séguis en terre : béton, matériaux plastiques, conduites en PVC, etc.
- L'installation de conduites fixes enterrées ou des conduites mobiles métalliques ou plastiques.
- Le renforcement de la recherche adaptative et l'installation de parcelles de démonstration pour l'amélioration des techniques d'irrigation traditionnelles et l'adaptation de l'aspersion et de l'irrigation localisée aux conditions socio-économiques et climatiques des différentes régions ;
- L'assistance technique des agriculteurs au niveau de la parcelle et la vulgarisation des techniques et méthodes adaptées aux conditions locales et cela par la formation de cadres spécialisés (37 ingénieurs et 60 vulgarisateurs) dans le cadre du Projet de Formation et de Développement pour l'Économie de l'Eau en Irrigation ;
- L'incitation à l'utilisation des eaux non conventionnelles et la limitation de la surexploitation des nappes phréatiques ;

Ces programmes d'économie d'eau sont suivis par une série de mesures visant à améliorer l'offre à savoir :

- La mobilisation de la totalité des ressources en eau conventionnelles souterraines et de surface ;
- La recharge des nappes phréatiques associées aux divers programmes de CES, lacs et barrages collinaires ;
- La réutilisation des eaux usées traitées en irrigation ;
- La protection des eaux d'irrigation contre la pollution.

V Les réalisations de la stratégie nationale d'économie d'eau

La série d'actions et les encouragements mis en œuvre par l'Etat tunisien, ont abouti d'une part à une sensibilisation des agriculteurs, des AIC et des organisations professionnelles au principe "Économie d'Eau", par la limitation du gaspillage et l'utilisation rationnelle de l'eau d'irrigation et d'autre part, à l'utilisation massive par les agriculteurs d'équipements économes en eau, au niveau de la parcelle.

Les réalisations enregistrées jusqu'au premier trimestre de 1996 sont estimées à environ 177 649 ha répartis de la manière suivante :

Tableau 7. Récapitulatif des superficies équipées en économie d'eau (unité : ha)

Technique d'irrigation	Jusqu'en 1994	1995	1996*	Total
Surface améliorée ¹⁶	93064	8213	4215	105492
Aspersion	54139	4938	1818	60895
Localisé	6448	1765	3049	11262
Total	153651	14916	9082	177649

Source : DGGR, décembre 1996. * Uniquement le premier trimestre

Ces réalisations, focalisées en majorité au niveau du réseau tertiaire et au niveau des parcelles, sont réparties entre les différents gouvernorats comme suit :

Tableau 8. Evolution des superficies équipées en économie d'eau (unité : ha)

	Améliorée	Aspersion	Localisé
Ariana	640	5419	1218
Ben arous	6804	607	1790
Nabeul	24740	1205	3540
Bizerte	5645	4740	630
Beja	1270	7567	541
Jendouba	0	22937	642
Kef	5127	3841	86
Siliana	0	5366	359
Zaghouan	2038	1003	232
Sousse	2430	224	225
Monastir	2599,5	4	454
Mahdia	1035	0	0
Sfax	1490	20	40
Kairaouan	40000	6100	315
Kasserine	126	1138	559
Sidi bouzid	3880	500	425
Gafsa	1582	45	76
Tozeur	645,5	0	9,5
Kebili	939	0	0
Gabès	3260	180	52
Medenine	471	0	68
Tataouine	769,5	0	0
Total	105491,5	60896	11261,5

Source : DGGR, décembre 1996.

Avec ces réalisations, le coût moyen à l'hectare est d'environ 2000 DT¹⁷, ce qui n'est pas très représentatif de ce qui se passe réellement dans certains gouvernorats, où le coût peut atteindre 5000 à 6000 DT/ha (par exemple pour un équipement de conduites en PVC à Tozeur qui atteint 400 m/ha, où l'on dépasse largement la norme qui est de 150 m/ha)¹⁸.

¹⁶ Une surface améliorée consiste en une amélioration de l'irrigation de surface traditionnelle utilisant les canaux en terre par étanchéisation de ces canaux et utilisation des conduites en PVC (amélioration de l'irrigation gravitaire).

¹⁷ 1 Dinar tunisien (DT) = 5,4 francs français.

¹⁸ Ministère de l'agriculture, Direction Générale du Génie Rural. - Évaluation de l'irrigation localisée : aspects techniques et organisationnels au niveau des CRDA. - Deuxième journée sur la stratégie nationale d'économie d'eau en irrigation. - Tunisie, décembre 1996.

Pour les prochaines années, en gardant les mêmes conditions d'encouragements financiers, le Ministère de l'agriculture estime que les superficies équipées en matériel d'économie d'eau progresseront beaucoup. À la fin du IXe plan (1997-2001), on estime que les superficies équipées en irrigation localisée et en irrigation par aspersion seront respectivement de 34 000 ha et 86 000 ha soit 33 % de la superficie totale des périmètres irrigués à atteindre qui est de 364 000 ha et nécessitant ainsi un investissement de l'ordre de 150 millions de Dinars.

Conclusion

L'examen préliminaire de la problématique actuelle de l'eau en Tunisie marque la présence de faits saillants, caractérisés essentiellement par l'accroissement des besoins, la surexploitation et la rareté des ressources, capable de conduire à une situation de pénurie, qui menace le développement économique du pays et d'exacerber les conflits entre secteurs, entre régions et entre générations, si des mesures d'urgence ne seront pas prises.

La résolution de cette problématique a conduit à une transition de la politique actuelle de l'eau en Tunisie, d'une politique de mobilisation à une politique d'exploitation des ressources. Cette transition est, du reste, imposée, d'une part, par la pénurie et la surexploitation et d'autre part, par l'orientation générale de la politique économique vers la libéralisation, la réhabilitation des forces du marché et l'intégration de l'économie tunisienne au marché mondial. Une telle orientation implique une gestion rigoureuse des ressources productives qui ne saurait être assurée que par le fonctionnement maîtrisé des mécanismes du marché. En effet, les faits de "mésallocation" et de gaspillage qui caractérisaient le système passé d'exploitation des ressources en eaux ne sont que l'expression d'une absence notoire de mécanismes d'adéquation et de régulation appropriés et adaptés à la rationalité économiques des différents agents sociaux impliqués. Face à la nécessité d'envisager une transition progressive vers une libéralisation de l'offre et de la demande des ressources en eau mobilisées, les stratégies nationales de l'eau en Tunisie ont connu un changement profond qui consiste au passage d'une stratégie d'augmentation de l'offre à une stratégie de gestion de la demande ou d'économie d'eau, en particulier dans le secteur irrigué où l'eau est ordinairement perdue ou gaspillée.

Cet essai de synthèse de la problématique de l'eau en Tunisie montre combien elle est complexe et riche. Son appréhension dans son intégralité paraît une œuvre très délicate.

DEUXIEME PARTIE : LES ECONOMIES D'EAU EN IRRIGATION SONT-ELLES POSSIBLES ? ETUDE DE CAS

Introduction

Dans cette partie, nous allons essayer, tout d'abord, d'évaluer, à partir d'un exemple, les investissements possibles pour épargner l'eau au niveau d'un périmètre irrigué traditionnel où la ressource est insuffisamment valorisée en raison des pertes au niveau des réseaux et des parcelles. Ensuite, nous calculerons le coût unitaire de la mobilisation de l'eau à partir d'un barrage, d'une nappe phréatique et d'une nappe profonde. Ceci nous permettra, d'une part, de déterminer l'ordre de grandeur de l'écart entre le coût réel du m³ d'eau mobilisé et le coût du m³ épargné au niveau d'un périmètre et d'autre part, d'illustrer l'intérêt économique d'une approche privilégiant la maîtrise des usages de l'eau par rapport à celle de l'augmentation de l'offre et ainsi, d'infirmier ou de confirmer l'hypothèse prédominante, qui considère que les problématiques actuelles et futures de l'eau devraient être résolues beaucoup plus par la maîtrise de la demande que par la maîtrise de l'offre.

Chapitre I. Présentation du périmètre irrigué choisi : l'oasis de Gabès

I Localisation et justification de choix

Le besoin de centrer l'analyse au niveau d'un seul périmètre irrigué nous amène à restreindre l'étude à un cas bien déterminé sans que cela implique pour autant une perte de représentativité du travail. Cette tâche est pourtant très délicate, étant donné la diversité des périmètres, même s'il apparaît une relative homogénéité des techniques d'irrigation. En effet, il faut se limiter à un périmètre où le problème de la rareté et de la mauvaise gestion d'eau est important et où l'accès à l'information ne sera pas contraignant afin de bien en déceler les effets.

La zone choisie dans le présent travail est l'oasis de Gabès d'une superficie de 734 ha, située dans le groupe des oasis de Gabès Ouest et s'étendant directement au Nord de l'agglomération de la ville qui porte son nom. Cette oasis qui fait partie des anciens oasis du sud tunisien, appartient à la région naturelle de "Jeffara", ainsi qu'à l'ensemble des oasis littorales qui s'ordonnent sur la côte Méditerranéenne.

La région de Gabès est située au sud-est du pays et couvre 716 662 ha, soit 4,4 % de la superficie du territoire national. La superficie agricole utile dans cette région est estimée à 598 253 ha, soit 83,3 % de la superficie totale¹⁹.

L'agriculture irriguée, avec une superficie de l'ordre de 9 500 ha, occupe le premier rang dans l'économie agricole de la région en raison du déficit climatique. Elle est dominée par l'agriculture oasienne qui contribue pour l'essentiel à la valeur ajoutée de la région. Incidemment, l'agriculture oasienne dans la région de Gabès était une activité de refuge et de subsistance. Actuellement, cette agriculture se place au diapason de l'intensification et constitue une source de richesse globale et un facteur de développement du commerce et de l'artisanat dans la région.

L'agriculture irriguée dans cette région est constituée par l'ensemble des périmètres irrigués suivants :

- *le groupe des oasis de Gabès Est (5 périmètres) ;*
- *le groupe des oasis de Gabès Ouest (7 périmètres) ;*
- *le groupe des oasis de Ghannouch (5 périmètres) ;*
- *le groupe des oasis de Metouia (5 périmètres) ;*
- *le groupe des oasis d'El Hamma (17 périmètres) ;*
- *le groupe des oasis de Mareth (17 périmètres) ;*
- *les périmètres de Matmata (2 périmètres).*

¹⁹ COMETE Engineering. - *Economie de l'eau dans les oasis de la région de Gabès : rapport de faisabilité. Tunisie, mai 1995.*

Ces périmètres peuvent être subdivisés en deux ensembles distincts quant à leurs caractéristiques d'ordre général, qui sont :

- *les périmètres irrigués à partir de forages dans les nappes profondes qu'on peut qualifier de périmètres communautaires. Ceux-ci sont au nombre de 58 et couvrent une superficie de 7 830 ha représentant 83 % des terres irriguées.*
- *les périmètres irrigués à partir de la nappe phréatique (puits de surface) qu'on peut qualifier de périmètres individuels. Ceux-ci forment sept ensembles géographiques regroupés par nappe. Ils totalisent 1600 ha, soit 17 % de l'ensemble des terres irriguées.*

I.1 Climatologie

La région de Gabès et son oasis s'inscrivent dans la grande plaine du sud-est de la Tunisie qui se caractérise par un climat méditerranéen à prédominance aride fortement influencé par la mer. Cette situation confère au climat de la région une variabilité spatiale et temporelle remarquable, qui fait que les saisons connaissent beaucoup de contrastes. En effet, au cours de la même saison on observe des journées de pluie, de sécheresse, de vent de sable et de fraîcheur marine.

* Pluviométrie

La région de Gabès est caractérisée par une pluviométrie annuelle faible de l'ordre de 183 mm (période 1985-1995) avec des variations annuelles et inter-annuelles assez fortes allant de 50 mm à 500 mm. Ces pluies sont réparties en majorité sur l'hiver et l'automne.

* Température

A l'instar du Sud Tunisien, la région de Gabès se caractérise par un contraste thermique important qui oppose les trois mois d'été, qui connaissent des températures élevées atteignant parfois les 45 °C, aux trois mois d'hiver où les températures atteignent à peine les 17 °C, et ce en dépit du rôle modérateur de la mer. Les saisons intermédiaires connaissent rarement des températures excessives.

A l'intérieur de l'oasis règne un microclimat (effet oasis) dû à la forte présence de palmiers. L'ETP y est nettement diminuée en raison du moindre ensoleillement et du ralentissement des vents.

* Vent

Le vent constitue l'élément déterminant du climat de la région, il souffle quasiment toute l'année (seulement 17% de jours calmes par an). Deux principaux types de vents sont ainsi rencontrés :

- Les vents marins qui soufflent de l'Est et balayent tout le secteur Nord Est et Sud Est jusqu'à 25 km à l'intérieur des terres. Ils sont à la fois tempérés et humides et soufflent essentiellement à partir de la seconde moitié du printemps jusqu'à la fin de l'été ;
- Les vents du secteur Ouest (Gharbi) qui viennent balayer toute la région. En raison de leur origine continentale, ces vents sont secs et violents et soufflent à des vitesses qui peuvent dépasser 50 km/h.

Quant aux vents du secteur Sud, ils sont les moins fréquents, mais ils sont très chauds ; le

plus connu est le sirocco.

I.2 Potentialités hydrauliques

I.2.1 Les eaux de surface

Avec une pluviométrie moyenne annuelle de 183 mm par an, la région de Gabès ne permet pas de pratiquer une agriculture viable. En effet, les précipitations et les eaux de ruissellement se révèlent insuffisants pour permettre une croissance végétative normale dans les oasis, d'où le recours incontournable à l'irrigation. Celle-ci est rendue possible grâce aux capacités hydrologiques de la région.

I.2.2 Les eaux souterraines

Sur le plan des ressources en eau souterraines, la région de Gabès est caractérisée par l'existence de deux groupes de nappes :

- les nappes profondes : formées par la nappe du Continental Intercalaire et la nappe de la Jeffara, elles sont évaluées à 149,2 Mm³ et se trouvent actuellement exploitées par 149 forages dont 101 exploités pour l'irrigation de 7766 ha répartis sur 58 périmètres.
- les nappes superficielles : elles sont nombreuses, mais seulement six sont exploitées. Elles sont évaluées à 24 Mm³ dont 17 Mm³ sont exploitées par 2629 puits qui irriguent environ 1600 ha répartis entre 7 principaux périmètres.

D'après plusieurs études faites sur les potentiels de ces eaux souterraines (Mamou, Baccar, Poncet, etc.), on remarque que ces dernières *sont déjà surexploitées et des mesures d'urgence devraient être prises*. En effet, ces ressources ont un taux de recharge très faible, et se classent dans les eaux fossiles non renouvelables.

En ce qui concerne la nappe de Gabès Nord qui alimente l'oasis de Gabès, objet du présent projet, sa surexploitation est due à la création de la zone industrielle, à l'accroissement des besoins en eau potable de la ville de Gabès et ses environs, et à l'aménagement hydro-agricole qui a conduit à la création d'un grand nombre de forages. Cette surexploitation s'est aggravée ces dernières années par les puits illicites qui exploitent environ 700 l/s par l'intermédiaire de 285 puits (DRE, 1996).

I.3 Les composantes agricoles de l'oasis de Gabès : interaction avec les ressources en eau

I.3.1 Les cultures à trois étages

L'arrangement dans l'espace des cultures est tout à fait typique. Le palmier dattier associé à d'autres cultures arboricoles, maraichères, industrielles ou fourragères forme ce qu'on appelle l'écosystème oasien. Cette association végétative s'organise en trois étages : le palmier dattier, les espèces arborées et les cultures herbacées. Cette forme d'agroforesterie où cohabitent des espèces ligneuses et d'autres non ligneuses permet de :

- valoriser au maximum deux ressources rares : l'eau et le sol.
- bénéficier d'un effet oasis permettant d'atténuer l'agressivité du milieu environnant.

1.3.1.1 Le palmier dattier

Le palmier dattier forme l'étage supérieur du couvert végétal. Il est le symbole du paysage oasien. Par son " effet parasol ", il constitue le pivot de l'écosystème oasien en permettant le développement harmonieux d'autres espèces végétales. Deux spécificités géo-climatiques de Gabès interviennent dans la détermination de la place de l'arbre dans l'ensemble des ressources agricoles : sa proximité de la mer et sa latitude (33°53).

Actuellement, on compte environ 96 000 pieds (76 000 en production et 20 000 jeunes) et il existe au moins quarante variétés de dattes. Les variétés les plus répandues sont Bouhattam, Lemsi, Kenta et Racheli. Avec un rendement moyen de 35 kg/pied, le palmier dattier constitue économiquement la culture de base du système de production.

1.3.1.2 Les espèces arborées

Au-dessous de l'étage supérieur du palmier dattier, se trouve un étage arboricole intermédiaire. Il s'agit essentiellement d'arbres fruitiers méditerranéens tels que : le grenadier, le pêcher, l'abricotier, la vigne, le prunier etc.

D'après les données recueillies au près du CRDA sur les principaux arbres fruitiers plantés dans l'oasis de Gabès actuellement, on distingue :

Tableau 9. Effectif et rendement d'arbres fruitiers dans l'oasis de Gabès (1997/98)

Espèces	Nombre des pieds			Rendements (kg/pieds)
	Jeune	en production	Total	
Grenadier	40.000	100.000	140.000	20
Abricotier	400	1.400	1.800	15
Pommier	800	1.200	2.000	10
Pêche	200	500	700	10
Prunier	200	500	700	15
Olivier	-	500	500	30
Figuier	200	1.800	2.000	10
Autres	1.000	2.000	3.000	30
Total	62.800	107.900	150.700	-

Source : CRDA de Gabès (DRE, PI)

1.3.1.3 Les cultures herbacées

Les cultures annuelles et pluriannuelles occupent l'étage inférieur et couvrent la plus grande partie de la superficie irriguée. Il s'agit là encore des " essences " adaptées au milieu méditerranéen : salades, carotte, céleri, tomate, oignon, concombre, etc. On trouve également des plantes fourragères, dont principalement la luzerne et des plantes industrielles représentées par le henné et le tabac.

1.3.2 Le système d'élevage

Traditionnellement, l'élevage est une activité fortement intégrée au système de production oasien et a une grande importance dans l'économie des exploitations agricoles.

Trois espèces sont omniprésentes mais de faible effectif ; la chèvre pour fournir le lait à la famille, le mouton pour les fêtes et les cérémonies, l'âne pour transporter le fumier au

jardin et les productions au marché. Les animaux sont élevés dans le lieu même d'habitation mais profitent des deux espaces juxtaposés : l'oasis et les vastes terres environnantes.

D'après des études faites par Bourbouze (1989), Abaab et Sghair (1992), deux types d'élevage intéressent par ordre d'importance les oasiens :

- l'élevage semi-intensif qui se pratique en troupeau collectif et qui reflète deux aspects extrêmement significatifs à savoir : la forme de compromis social qui permet de mettre en commun des animaux domestiques afin d'exploiter des ressources pastorales communes et la rationalité paysanne dans l'exploitation complémentaire des terres irriguées et des parcours.
- le confiage qui constitue une pratique par laquelle le propriétaire confie son animal à quelqu'un d'autre. Deux formes de confiage étaient pratiquées entre les nomades et les sédentaires : les oasiens peuvent confier leurs animaux à des éleveurs nomades qui les placent dans leurs troupeaux élevés en extensif (le propriétaire et l'éleveur se partagent les bénéfices) et les nomades, à l'occasion des récoltes des dattes, viennent travailler et s'approvisionner et confient leurs animaux aux oasiens en gardiennage en échange du fumier et d'une redevance.

II L'eau dans l'oasis de Gabès : disponibilité et mode de gestion

II.1 Disponibilité en eau

II.1.1 Aperçu historique : de l'eau de source à l'eau de forage

Afin d'appréhender la situation actuelle de la ressource en eau dans l'oasis de Gabès, nous avons jugé nécessaire de présenter les grands traits de son histoire, en prenant, comme situation de référence, les années soixante.

Dans les années soixante, le réseau hydrographique de l'oasis de Gabès permettait l'irrigation de l'ensemble de l'oasis. Deux oueds alimentaient alors, par artésianisme, tout le réseau d'irrigation :

- L'oued Bou Allouda (ou source Gabès1), avec un débit de 280 l/s irriguait 400 ha entre Chenini, Nahel et une partie de Menzel ;
- L'oued Gabès (ou source Gabès 2) irriguait, quant à lui, 500 ha avec 330 l/s, répartis en deux branches : l'oued Bouaziz alimentant le reste de Menzel et l'oued Jara alimentant toute la zone de Jara et de Shot essalem.

L'eau étant donc disponible en grande quantité le droit d'eau était indissociable de la terre à laquelle il était rattaché.

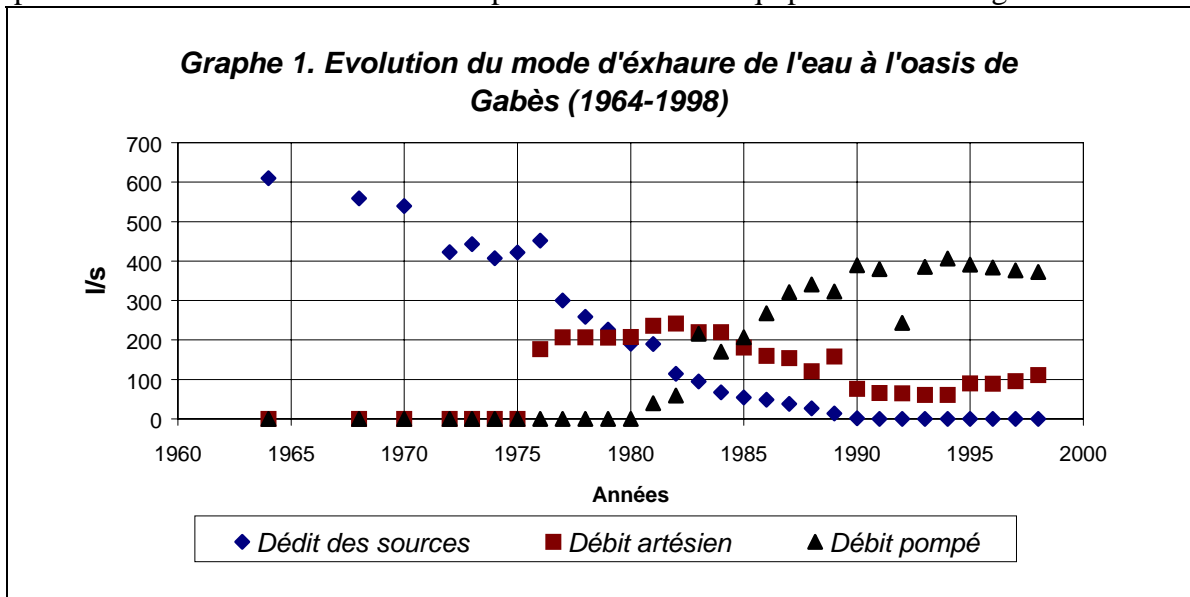
A partir de l'année soixante dix, date de création du premier forage pour la zone industrielle de Gabès implanté au nord-est de l'oasis, le débit a commencé à chuter : il est passé de 539 l/s en 1970 à 308 l/s en 1976 pour atteindre 95 l/s en 1983 soit une baisse de 82 % du débit initial (34 l/s de moins par an). Cette baisse significative est expliquée par deux raisons : la première est la création de cinq forages pour la zone industrielle et la deuxième c'est la création, à l'intérieur de l'oasis même et dans sa partie basse, de deux forages artésiens : Abdedaher et Sidi Daoud. Le but de ces deux forages était de combler le déficit déjà gênant dans l'oasis, mais malheureusement, le tarissement des sources se

poursuivent. En effet, en 1983, la source Gabès 1 se trouva tarie et le débit dans l'Oued

Gabès n'était plus que de 70 l/s. L'histoire millénaire de ces oueds s'achevait par une catastrophe pour tous les agriculteurs de l'oasis. Les deux oueds ne servent plus actuellement que de drains naturels (Mamou, 1980).

Pendant la fin des années quatre vingt, on a assisté à la disparition complète de la forme millénaire qui était à l'origine de la création de l'oasis (source) et à l'augmentation de la nouvelle forme basée sur des techniques récentes (forages artésiens).

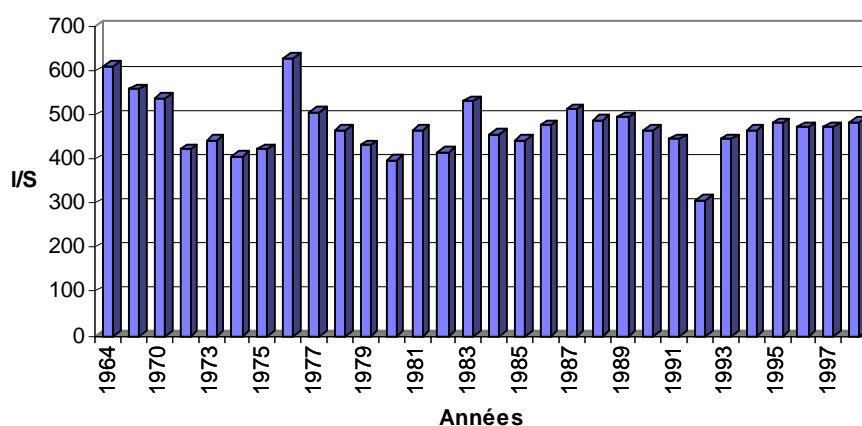
Cependant, cette nouvelle forme ne va pas tarder beaucoup à céder une grande place, dans les années quatre vingt dix, à la généralisation du pompage. En effet, on a assisté à la création d'un nouveau réseau d'irrigation, avec un débit disponible de 480 l/s, qui avait pour but de combler le déficit en eau par la création et l'équipement des forages.



Source : DRE de Gabès

II.1.2 Evolution de la disponibilité en eau

Le suivi de l'évolution du débit total disponible à l'oasis de Gabès (graphe n°2) montre la présence d'une baisse remarquable au cours de ces trois dernières décennies (de 610 l/s en 1964 à 483 l/s en 1998) qui peut être expliquée par, d'une part, l'accroissement du coût de production de l'eau qui est en étroite relation avec sa forme de mobilisation, et d'autre part l'utilisation des doses d'irrigation dépassant largement les besoins des plantes. Néanmoins, ce débit rapporté à chaque fois à la superficie irriguée nous permet de conclure que le débit fictif continu a varié légèrement (Abdedaïm S., 1997).

Graphe 2. Evolution des disponibilités en eau dans l'oasis de Gabès (1964-1998)

Source : DRE de Gabès

Actuellement le débit disponible est de 483 l/s, soit un volume journalier de 34776 m³ provenant de 7 forages qui captent l'eau dans la nappe de Gabès Nord.

Tableau 10. Ressources en eau actuelles dans l'oasis de Gabès (1998)

Forage	Mode de captage	Débit en l/s	Volume journalier en m ³
Ras layoun	pompé	72	5184
Chenini Nord	pompé	66	4752
Oued loussif	pompé	76	5472
Sidi Abdedaher	pompé-artésien	77	5544
Sidi bouebdellah	pompé-artésien	81	5832
Sidi daoud	artésien	73	5256
Anbar	artésien	38	2736
Total		483	34776

Source : CRDA de Gabès (DRE, PI)

II.2 Le mode de gestion actuel dans l'oasis de Gabès

Actuellement, la gestion du réseau d'irrigation est assurée par une association d'intérêt collectif (AIC) dont les membres sont des propriétaires dans l'oasis. C'est une structure sociale d'usagers des eaux agricoles qui a pour rôle d'assurer la gestion au quotidien du réseau : ouverture et entretien des vannes, discussion avec les agriculteurs, perception de la redevance. Un aiguadier est chargé de la bonne marche du système pour chaque secteur. Pour résoudre les problèmes les plus complexes de réarrangement du réseau, l'AIC travaille en coopération étroite avec l'Arrondissement des Périmètres Irrigués du CRDA.

Le contrôle du volume d'eau distribué aux canaux terminaux (tertiaires et quaternaires) se fait par ouverture/fermeture de vannes de la borne, en fonction de la surface régie par cette dernière. 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, il semble y avoir toujours du retard dans l'irrigation. *Ce retard est dû*

essentiellement aux fuites d'eau qui sont très importantes. En effet, la présence dans l'oasis d'une part, des sols sablonneux fortement perméables et d'autre part, des canaux terminaux, en particulier les canaux quaternaires, en terre peut causer des pertes d'eau très importantes et donc un grand retard dans l'irrigation.

III Le réseau d'irrigation et de drainage dans l'oasis de Gabès

III.1 Le réseau d'irrigation : origine et spécificité actuelles

L'oasis de Gabès était desservi depuis sa création jusqu'aux années quatre vingt par un réseau d'irrigation traditionnel en terre. Ce réseau a permis depuis des millénaires de collecter les eaux de sources en empruntant au départ les affluents de l'oued de Gabès, l'eau est ensuite amenée dans un réseau de séguias hiérarchisé (du secondaire au quaternaire) jusqu'aux parcelles. La distribution se fait grâce à un ensemble d'ouvrages appropriés composés de barrages, de partiteurs, etc. En dépit de la localisation de l'oasis en aval des sources, un système de barrage (barrage Ras-layoun et barrage Sed EL Bey) était monté pour dévier l'eau du lit de l'oued de Gabès vers la zone agricole en profitant de la pente naturelle.

En 1985, et dans le cadre du Plan Directeur des Eaux du Sud, le CRDA de Gabès a créé un nouveau réseau d'irrigation. Ce réseau a pour objectif de combler le déficit en eau par la création, l'équipement des forages et la modernisation du réseau d'irrigation traditionnel afin de réduire les pertes d'eau par infiltration et de permettre une meilleure répartition de l'eau sur l'ensemble de l'oasis. Ce nouveau réseau est basé sur la division de l'oasis en 3 lots contenant 16 secteurs et 156 bornes d'irrigations.

Tableau 11. Sectorisation du réseau d'irrigation de l'oasis de Gabès

N° du lot	N° du secteur	Nombre des bornes	Superficies en ha
1	1 ; 2 ; 3 ; 4	47	165.22
2	5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10	55	273.57
3	11 ; 12 ; 13 ; 14 ; 15 ; 16	54	294.85
Total	16	156	733.64

Source : CRDA de Gabès (PI)

Ce réseau est composé successivement de quatre parties (Abdedaïm S, 1997) :

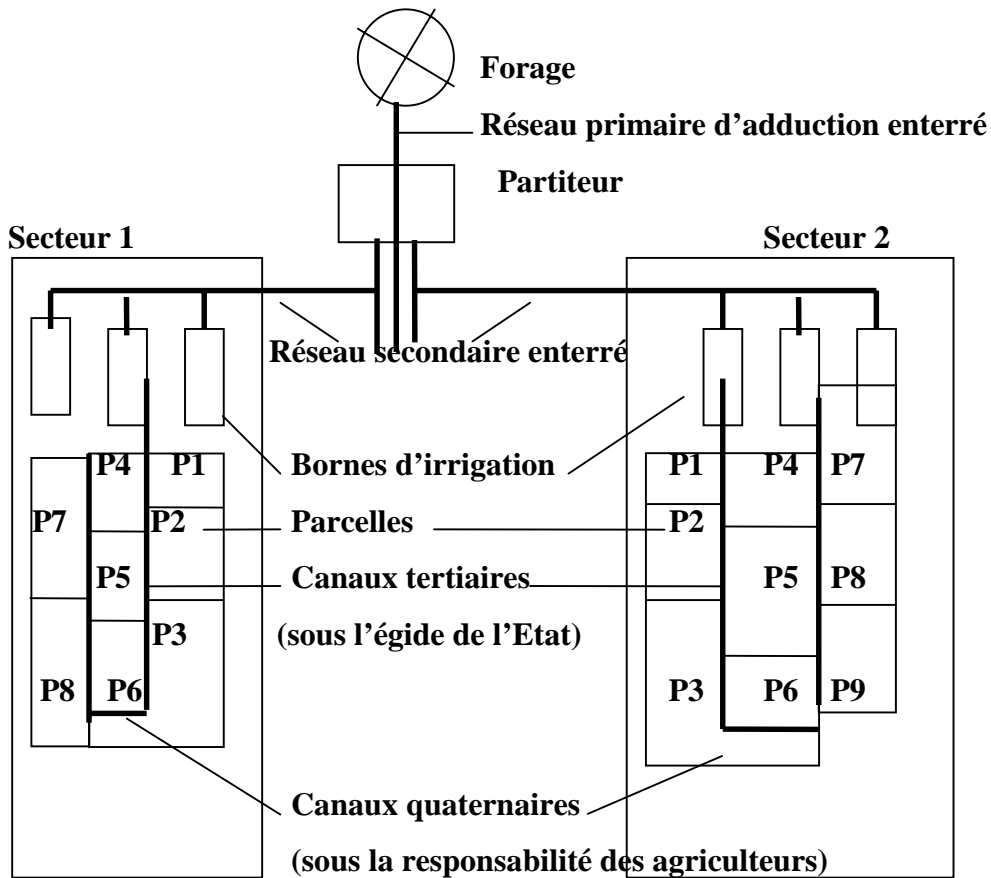
- **Les points de captage de l'eau** : l'eau d'irrigation provient de 7 forages qui captent l'eau dans la nappe de Gabès Nord à une profondeur variant de 80 à 200 m (Tableau n° 8). Ces forages se répartissent suivant le mode de captage de la manière suivante : deux forages artésiens, deux forages pompés-artésiens et quatre forages pompés. Le débit total disponible est de 483 l/s, soit un volume journalier de 34776m³.
- **Un réseau d'adduction et de distribution** : le système de transport d'eau dans l'oasis de Gabès comprend des canaux primaires et secondaires. En effet, l'eau d'irrigation une fois sortie de forage, est transportée jusqu'à l'ouvrage de répartition ou partiteur dans des conduites primaires enterrées, en amiante-ciment ou en acier de diamètre variant de 250 à 300 mm. Ces répartiteurs (un petit bassin ouvert surélevé en béton) qui sont en nombre de 7 dans l'oasis vont permettre de répartir la totalité du débit qui arrive en deux ou plusieurs mains d'eau. Arrivée au répartiteur, l'eau sera conduite ensuite dans des canaux secondaires enterrés jusqu'aux bornes d'irrigations de chaque secteur d'irrigation. Cette eau sera utilisée par rotation à l'intérieur du même

secteur. La longueur totale de ces conduites d'adduction (primaire) et de distribution (secondaire) est de 58 km.

- **Les bornes d'irrigations** : appelées aussi les ouvrages terminaux de distributions, sont composées d'une chambre de vanne et d'un bassin de régulation de pression. Chaque borne d'irrigation irrigue une superficie allant de 3 à 10 ha soit environ 10 à 25 agriculteurs.
- **Le réseau ouvert terminal** : composé par des canaux tertiaires à ciel ouvert en terre (à l'exception de quelques récents canaux totalement équipés par des séguias bétonnées) qui permettent d'acheminer l'eau de la borne d'irrigation jusqu'aux parcelles et des canaux quaternaires en terre qui sont prévues pour l'irrigation des parcelles terminales. Les canaux tertiaires sont administrés par une Association d'intérêt collectif (AIC) et leur aménagement est financé par l'Etat alors que les canaux quaternaires sont sous la responsabilité exclusive des agriculteurs. La longueur du réseau tertiaire peut varier de 0 à 400 m suivant l'emplacement de la parcelle par rapport à la borne d'irrigation.

Au niveau de ce réseau les pertes d'eau par infiltration sont assez importantes. Etant donné que les nappes exploitables sont très profondes et que les canaux de drainages sont mal entretenus, ces pertes peuvent entraîner par conséquent une remontée de sel (Mamou A., 1980). Le présent travail a pour objet d'étudier l'effet de l'aménagement de ces canaux tertiaires et quaternaires sur l'économie d'eau d'irrigation.

Schéma simplifié du réseau d'irrigation dans l'oasis de Gabès



III.2 La méthode d'irrigation

La méthode d'irrigation la plus pratiquée dans l'oasis de Gabès est l'arrosage par submersion. Les plans d'irrigations sont déterminés par l'AIC avec l'aide de CRDA. En effet, pendant chaque campagne agricole, un calendrier d'arrosage qui tient compte en principe de la main d'eau, de la superficie de la parcelle, de la dose d'irrigation et des besoins des cultures, ainsi qu'un programme précisant la périodicité du tour d'eau, sont établis par ces responsables.

Cependant, bien que la majorité des agriculteurs enquêtés soient favorables à l'application et au respect d'un tour d'eau, leurs avis sont partagés lorsqu'il s'agit de l'application de l'actuel calendrier d'arrosage. En effet, la majorité des agriculteurs considèrent qu'ils ne disposent pas d'un temps d'irrigation suffisant et qu'ils n'arrivent pas à irriguer convenablement leurs parcelles.

III.3 Le réseau de drainage

L'ensemble du réseau de drainage existant est à ciel ouvert, l'oued de Gabès limitant l'oasis au sud constitue le meilleur drain naturel. Les anciens canaux d'irrigation, lorsqu'ils sont bien encaissés, jouent le rôle de drains surtout pour la zone en amont.

En outre, d'autres drains sont aménagés à l'intérieur de l'oasis, surtout dans la zone médiane et en aval pour permettre le drainage des sols. La longueur totale du réseau de drainage est de 45 km.

Chapitre II. Les problèmes de l'eau dans l'oasis de Gabès : insuffisance ou mauvaise gestion ?

I. Diagnostic sur la gestion actuelle de l'eau

Etablir un diagnostic sur la gestion de l'eau dans l'oasis de Gabès revient en fin de compte à savoir si l'eau est utilisée d'une manière rationnelle par les irriguants et si la maintenance des infrastructures se fait de façon à les faire durer autant que possible.

L'inquiétude exprimée par tous les agriculteurs que nous avons rencontrés et qui prétendent unanimement que l'eau d'irrigation dans l'oasis est insuffisante, nous conduit à poser la question suivante : *l'eau est-elle insuffisante ou mal gérée ?*

Pour répondre au premier volet de la question à savoir l'insuffisance, il s'agit de comparer le volume total d'eau disponible aux besoins théoriques des cultures. Le quotient du débit total disponible par la superficie irriguée nous donne un débit fictif (dose) moyen (1970-1998) de 0,64 l/s/ha, soit un apport annuel de 1990.6 mm d'eau/ha, ce qui théoriquement satisfait largement la demande climatique estimée à 1470 mm (Abdedaïm S., 1997). Cela nous mène à infirmer la dite hypothèse, du moins à court terme.

Tableau 12. Disponibilité actuelle en eau par secteur et par hectare

N° du lot	N° du secteur	Superficie (ha)	Nombre des parcelles	Forage exploité (l/s)	Main d'eau (l/s)	Débit fictif l/s/ha	Tour d'eau (j)
1	1	46.35	367	Ras layoun	36	0.77	39
	2	35.55	240	72 l/s	36	1.01	42
	3	38.32	286	Chenini	31	0.81	42
	4	45.22	250	Nord 66 l/s	35	0.77	37
2	5	39.93	239	Abdedaher	37	0.92	41
	6	40.58	348	77 l/s	40	0.97	46
	7	53.52	408	Anbar 38 l/s	38	0.71	40
	8	44.82	269	Sidi	26	0.58	50
	9	41.45	230	bouebdellah	24	0.58	42
	10	53.25	288	81 l/s	31	0.58	37
3	11	42.58	160	Sidi daoud	21	0.49	32
	12	44.98	150	73 l/s	22	0.49	40
	13	61.69	282		30	0.48	40
	14	42.33	273	Oued loussif	22	0.52	26
	15	51.30	299	76 l/s	27	0.52	35
	16	51.94	288		27	0.52	34
Total		733.64	4377	483	483	0.66	39

Source : CRDA de Gabès (PI)

Pour ce qui est de la deuxième partie de la question à savoir la mauvaise gestion, le diagnostic actuel du réseau d'irrigation dans l'oasis marque la présence de pertes assez importantes aussi bien au niveau des réseaux qu'au niveau des parcelles. Ceci est dû, en grande partie, à une utilisation des doses d'irrigation dépassant largement les besoins des plantes et à un manque d'équipements de maintenance et d'entretien.

II. Les pertes d'eau dans le réseau d'irrigation

II.1 Les pertes d'eau dans les forages artésiens

A l'opposé des forages pompés, les forages artésiens ne peuvent pas être fermés en absence d'irrigation. Autrement, les débits fournis par ces forages sont inexorablement perdus dans les drains lorsque la demande en eau est faible. Ces débits perdus constituent à l'évidence des pertes sèches de la ressource.

Ces pertes proviennent de l'absence d'irrigation à certaines heures de la journée. En période de pointe, l'irrigation peut être conduite 24 heures sur 24, et les pertes dans les forages artésiens sont négligeables, voire nulle durant cette période. Par contre, pendant la période hors pointe les forages artésiens ne sont pas pleinement exploités et donc il peut y avoir quelques pertes.

Toutefois, ces pertes sont négligeables et ne posent pas un sérieux problème, étant donnée la construction des réservoirs de stockage au niveau du point de production (forage) et l'augmentation de la capacité des réservoirs existants.

II.2 Les pertes d'eau dans le réseau de distribution et d'adduction

Malgré les efforts déployés par l'AIC dans l'entretien et la maintenance de ce réseau de distribution, on remarque la présence des pertes d'eau non négligeables. Parmi ces pertes qui peuvent avoir plusieurs origines, on peut distinguer les pertes normales et quasi obligatoires d'exploitation qui se manifestent par la présence des vannes usées sous l'effet des manipulations répétées, des ventouses censées dégager l'air emprisonné dans le réseau, ne sont pas fonctionnelles, et des canalisations suite à un aménagement défectueux du lit de pose des conduites, qui ont une mauvaise étanchéité.

Ces pertes sont estimées par le bureau d'étude APIOS à 10 % soit une efficacité de distribution et d'adduction de l'eau du forage jusqu'à la borne d'irrigation d'environ 90 % (APIOS, 1996).

II.3 Les pertes d'eau dans le réseau terminal

A la sortie des bornes d'irrigation, l'eau est acheminée jusqu'aux parcelles dans des séguias en terre, à l'exception de quelques canaux récents totalement équipés par des séguias en béton (canaux tertiaires). Ces séguias, héritées de l'ancien réseau d'irrigation et très peu entretenues, ont généralement des dimensions importantes et une longueur très variable suivant l'emplacement de la parcelle par rapport à la borne d'irrigation.

Une fois sortie des canaux tertiaires, l'eau est transportée par les irriguants jusqu'aux parcelles dans des séguias en terre (canaux quaternaires) pour irriguer les petites planches (Trayed selon le jargon local). La longueur de ces canaux quaternaires varie selon l'emplacement des parcelles par rapport aux canaux tertiaires.

Cependant, étant donné le manque d'aménagement et d'entretien de ces séguias, des pertes d'eau assez importantes, ont été enregistrées. Ces pertes sont de trois types : des pertes par stockage dans les séguias, des pertes par infiltration et des pertes par évaporation qui sont moins importantes.

Ces pertes qui dépendent de la longueur, de la section mouillée de la rugosité des parois et évidemment de la nature du terrain, sont estimées en moyenne, suite à des travaux sur le terrain, par l'agence japonaise de la coopération internationale et par le bureau d'étude COMETE Engineering à environ 25% pour 100 m de longueur. Toutefois, comme il est indiqué le tableau ci dessous, ce taux n'est pas tout à fait proportionnel à la longueur du canal.

Tableau 13. Estimation des pertes d'eau dans les canaux en terre

Longueur en m	12.5	25	50	75	100	125	150	175	200
Taux de perte en %	3.25	6.5	13	19	25	30	35	39.5	44

Source : NIPOON KOEL CO., LTD, 1996.

Ces pertes enregistrées, lors de transport de l'eau de la borne aux parcelles, sont les plus importantes et peuvent entraîner ainsi une réduction des temps d'arrosage et de tour d'eau sans pour autant éliminer totalement le déficit dû à une adéquation entre les besoins et la ressource.

II.4 Un mauvais drainage

L'oasis de Gabès est caractérisée par un relief relativement plat, un drainage naturel insuffisant et une surface piézométrique élevée à cause de l'influence du Golf de Gabès, qui font monter les eaux souterraines en profondeur nécessitant ainsi la présence d'un drainage artificiel.

Le réseau de drainage existant est très mal entretenu par l'AIC et les agriculteurs, voire abandonné, exception faite de quelques travaux d'entretien partiels dans le cadre des chantiers conjoncturels financés par le conseil du Gouvernorat ou le CRDA. Les conduites ne sont pas assez profondes ni assez denses, et sont parfois remplacées par d'anciens canaux d'irrigation.

Le système est plus défaillant dans la zone aval, les constructions anarchiques ont conduit, dans plusieurs endroits, à la disparition définitive des drains. Ceci est à l'origine de la remontée de la nappe phréatique et la propagation de la salure des sols.

III. Les réalisations en matière d'économie d'eau dans l'oasis de Gabès

Les différentes actions entreprises dans le domaine de l'économie de l'eau au niveau de l'oasis de Gabès ainsi que leur importance sont avancées dans les paragraphes suivants :

III.1 Renforcement des techniques d'entretien et de maintenance du réseau

Actuellement, le système de maintenance et d'entretien des installations du réseau d'irrigation dans l'oasis de Gabès est assuré par la collaboration de l'AIC et du CRDA. Les actions entreprises pour améliorer ce système sont basées essentiellement sur le renforcement de cette collaboration (étant donné qu'il n'y a pas un organisme spécial pour la maintenance) ; ceci par :

- Le renforcement de la collaboration de l'AIC et CRDA en irrigation : un plan d'irrigation annuel, s'appuyant sur la capacité de pompage des installations de source d'eau et du plan de culture, est établi pour chaque exercice, et pour cela, la collaboration de CRDA, qui entretient les installations de source d'eau et l'AIC qui élabore le plan de cultures et gère le système de canaux, est nécessaire.
- Le renforcement des techniques d'irrigation et des techniques de maintenance des fermiers : le CRDA organisera des séminaires périodiques pour vulgariser les techniques de maintenance des installations hydrauliques et des techniques auprès des membres de l'AIC et des fermiers.
- L'application d'un contrôle du volume d'eau : pour l'utilisation efficace des ressources en eau, il est nécessaire de passer un contrôle du volume d'eau, ce qui permettra techniquement, de distribuer des volumes d'eau adaptés aux parcelles terminales. Par conséquent, la collecte des frais d'eau se fera selon le volume d'eau utilisé, et cela avant la fourniture. L'amélioration du taux de collecte des frais d'eau permettra de renforcer les ressources financières de l'AIC, et donc la maintenance.
- Le renforcement de l'organisation et des moyens de transport de la Section Exploitation (SE) et maintenance du périmètre irrigué : le personnel et le nombre de véhicules de la brigade technique d'économie d'eau de la Section Exploitation et maintenance du périmètre irrigué seront augmentés pour promouvoir le renforcement du système de maintenance et d'entretien des installations hydrauliques.

III.2 L'amélioration du réseau terminal

A l'issue de la mise en œuvre du programme de sauvegarde des oasis, le CRDA de Gabès a entrepris depuis 1990, une action de l'économie d'eau très importante qui a consisté en l'amélioration de l'efficacité des canaux tertiaires notamment par le revêtement et l'aménagement des séguis en terre, compte tenu de la présence des pertes d'eau assez étonnantes à ce niveau.

Cette amélioration a été basée sur trois techniques différentes, à savoir :

- **Plastification des séguis** : il s'agit de revêtir les séguis après leur recalibrage par un film plastique relativement épais, d'une largeur de 1 à 1.20 m et enfoui à environ 10 cm de profondeur. Le renouvellement de ce film plastique se fait tous les trois ans. Cette technique, qui ne coûte que 0,2 dinars par mètre linéaire, présente

l'inconvénient d'être facilement endommageable par les irriguants lors de l'usage des outils aratoires et par les animaux. Ceci a conduit à une baisse remarquable de l'utilisation de cette technique.

- **Construction des séguias en béton** : elle consiste à remplacer les séguias en terre par des séguias en béton (armé et non armé). La forme des sections transversales la plus usitée pour la confection de ces séguias est la forme rectangulaire. Cette technique présente l'avantage, d'une part, d'être facile à réaliser par une main d'œuvre locale et peu qualifiée et ne nécessite pas d'ouvrages spéciaux ni de pièces spéciales complexes pour leur fonctionnement et d'autre part, de préserver un environnement et un paysage oasien traditionnel. La durée de vie de ces ouvrages est estimée en moyenne à 10 ans pour les séguias en béton non armé et à 25 ans pour les séguias en béton armé. Les coûts unitaires de confection sont estimés à 10 DT et à 14 DT respectivement pour les séguias en béton non armé et en béton armé. L'acceptabilité de cette solution ne pose pas de problèmes dans la mesure où elle est déjà éprouvée dans la région et qu'elle a eu le temps de son "mûrissement".
- **Installation des canalisations enterrées** : constituées en général par des tuyaux en PVC de diamètre inférieur ou égal à 200 mm suivant la capacité du système, enterrées (parce qu'elles ne sont pas traitées contre les ultra violets par l'oxyde de titane) et équipées par des bouches d'irrigations. Ces tuyaux relieront la borne d'irrigation à un ensemble des bouches dominant chacune une parcelle. Ces bouches sont placées aux points hauts des parcelles pour permettre une distribution gravitaire à travers un réseau de séguias en terre, en béton ou plastifiées. Cette technique, dont la durée de vie est d'environ 30 ans, présente l'inconvénient d'être assez coûteuse (25 DT/m) comparée aux autres techniques.

Les réalisations enregistrées jusqu'à nos jours, dans le cadre de cette action, sont de l'ordre de 60 km de séguias bétonnées et de 35 km de séguias en plastique. Dans le cadre de la première phase du Projet d'Amélioration des Périmètres Irrigués dans les oasis de Gabès, il est prévu le revêtement de 82 649 m de séguias en terre qui forment les canaux tertiaires.

Ces actions ont été appuyées par la décision présidentielle du 12 mai 1995 régissant une augmentation des **taux des subventions octroyées de 30 % à 60 %** pour les agriculteurs qui investissent dans les systèmes d'économie d'eau aussi bien par l'amélioration des canaux quaternaires qu'en utilisant les techniques indiquées plus haut, que par l'utilisation des techniques d'irrigation moderne comme le goutte-à-goutte. Cette subvention a été très bien accueillie par les agriculteurs qui ont répondu favorablement malgré la présence d'un grand nombre d'exploitations dont la superficie est inférieure à 0,5 ha. En effet, vu que la subvention est fixée à **150 m/ha**, les petits agriculteurs, par l'intermédiaire de l'AIC, ce sont regroupés pour effectuer les travaux ensemble et bénéficier des subventions.

III.3 L'amélioration des techniques d'irrigation à la parcelle

L'action de l'économie d'eau à la parcelle a été focalisée essentiellement sur l'adaptation des dimensions des planches aux mains d'eau disponibles. L'efficacité de l'irrigation à la raie a été substantiellement améliorée par l'utilisation des siphons pour l'alimentation des raies. Un tel système nécessite un nivellement rigoureux et une optimisation du débit en tête en fonction de la longueur des raies, de la texture du sol et de la pente du terrain, mais ne demande pas des investissements importants.

Cependant, malgré toutes les réalisations enregistrées dans ce domaine, on remarque l'absence totale des études de suivi et d'évaluation de ces techniques d'économie d'eau. En effet, ce n'est que dernièrement que le CRDA a pris l'initiative de lancer une étude générale (projet APIOS, COMETE Engineering) dont l'objectif est l'analyse diagnostic de l'utilisation de l'eau dans l'oasis de Gabès, l'évaluation de l'efficacité technico-économique des aménagements antérieurs et l'identification de solutions techniques capable d'économiser l'eau.

C'est dans ce cadre que se situe la présente étude qui se propose *d'étudier l'impact des techniques d'économie d'eau adoptées dans cette oasis et d'évaluer le coût d'un m³ d'eau épargnée en fonction de ces différentes techniques.*

Chapitre III. Le réseau d'irrigation : vers une meilleure efficacité

Avant de se pencher dans l'évaluation de l'efficacité du réseau d'irrigation ainsi que dans l'estimation des pertes d'eau situées dans ce dernier, il nous semble utile de lancer quelques explications sur la notion d'efficacité en économie.

I La notion d'efficacité en économie

I.1 Définition et spécificité

Pour les économistes les termes : efficacité et efficacité sont identiques et ils utilisent différents concepts d'efficacité économique :

- **Efficacité technique**, qui tient compte des relations physiques entre input et output c'est-à-dire entre la quantité d'input appliquée dans les opérations de production et l'output. Ainsi, on dit d'une technique - ou d'une organisation de la production - qu'elle est efficace techniquement si elle permet d'obtenir la plus grande quantité de produit pour des ressources données. L'efficacité technique est basée sur le concept de frontière qui implique la présence d'un ensemble des techniques potentiellement optimales, mais non pas un optimum. Cet ensemble des techniques efficaces du point de vue technique peut devenir économiquement efficace pour un certain prix relatif entre les inputs et les outputs.
- **Efficacité économique** : le concept d'efficacité se confond donc avec celui de l'optimum économique. Cet optimum est atteint dans le cas d'un producteur considéré individuellement, quand le coût marginal²⁰ et le prix du produit s'égalisent.

I.2 L'efficacité en irrigation : des concepts multiples

Dans le cas de l'irrigation les économistes utilisent différents concepts d'efficacité économique (Flichman G., 1999) :

- Efficacité technique, qui tient des relations physiques entre la quantité d'eau appliquée dans les opérations d'irrigation et les rendements ;
- Efficacité productive, considère comment l'eau est utilisée pour produire une même culture (irrigation pleine, irrigation complémentaire, irrigation gravitaire, goutte-à-goutte, par aspersion...) ;
- Efficacité allocative, considère la manière dans laquelle l'eau est distribuée entre différentes alternatives de production intrasectorielles (allocation de l'eau dans l'agriculture entre par exemple les céréales, les cultures maraîchères, etc.) ou intersectorielles (allocation de l'eau entre l'agriculture, l'industrie, la consommation urbaine, etc.) ;
- Efficacité distributive, liée aux problèmes d'équité, considère comment l'eau est distribuée entre différents utilisateurs (différents types d'agriculteurs, par exemple) ;

²⁰ "Le coût marginal pour la quantité produite q est égal à $c'(q)$, expression qui donne approximativement l'augmentation de coût qu'entraîne la production d'une unité supplémentaire de bien, lorsque la production est q " (Guerrien B., 1997).

- L'efficacité économique d'un réseau de transport, consiste à déterminer la distance optimale à aménager, étant donné que les coûts d'aménagement et les pertes d'eau varient en fonction de la longueur du réseau. Cette distance est optimale (efficacité économique) lorsque le coût marginal est égal à la " recette " marginale (prix de l'eau), c'est-à-dire quand le coût de la dernière unité d'eau économisée est égal au prix (coût marginal = dCT/dV = variation du coût total /variation du volume économisé = Prix).

II Le réseau d'irrigation : évaluation des pertes et des coûts d'économie d'eau

Comme nous l'avons déjà signalé, l'objectif fondamental *de l'économie d'eau* dans ce périmètre où la ressource est surexploitée est d'essayer de diminuer la surexploitation en réduisant les pertes et les prélèvements. L'objectif final donc de l'économie d'eau qui est de diminuer les pertes d'eau pour augmenter la production, ne sera pas étudié dans ce travail étant donné qu'il n'y a pas de relation de cause à effet évidente entre économie d'eau et rendements. Par conséquent, les types d'efficacités à déterminer seront essentiellement l'efficacité hydraulique et l'efficacité économique.

Les pertes d'eau dans le réseau d'irrigation actuel sont situées à trois niveaux : au niveau du réseau de distribution et d'adduction, au niveau du réseau terminal et au niveau de l'application de l'irrigation

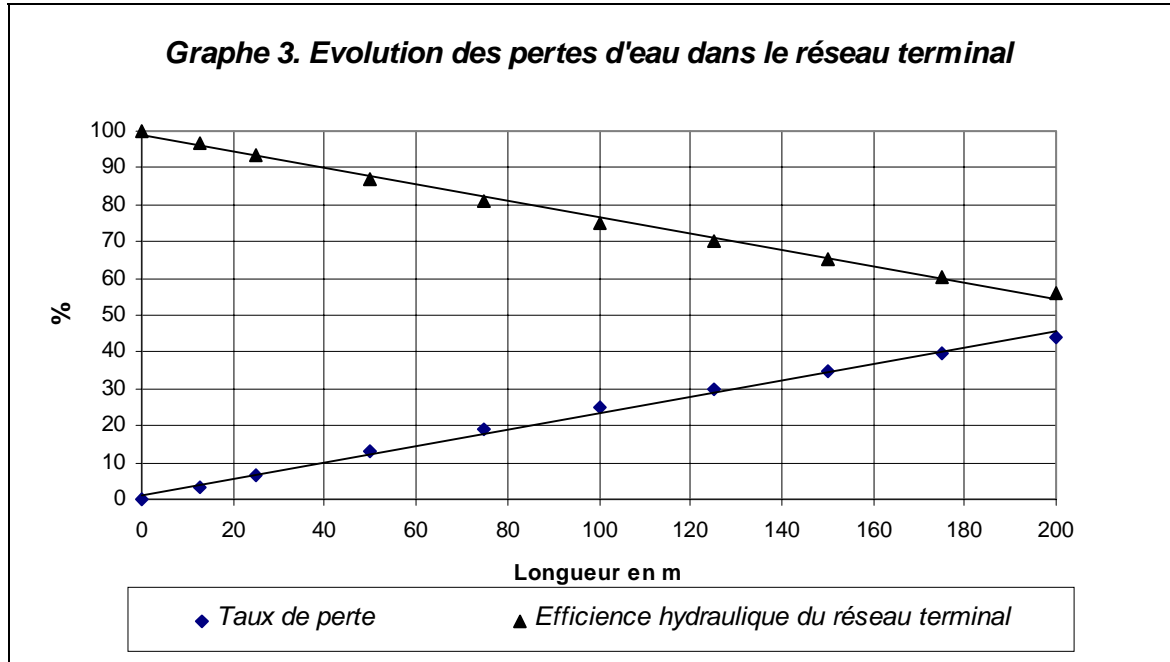
Pour cela nous avons défini trois types d'efficacités hydrauliques :

- **Ed** : efficacité de **distribution** et d'adduction (du forage à la borne d'irrigation) en tant que rapport du volume d'eau pompé au forage sur celui à la sortie des bornes d'irrigation. Cette efficacité est estimée par les experts japonais à 0,90, c'est-à-dire que le taux de perte dans le réseau de distribution et l'adduction est d'environ 10 %.
- **Et** : efficacité du **réseau terminal** en tant que rapport du volume d'eau de la sortie de la borne d'irrigation sur celui à l'entrée des parcelles. Elle varie en fonction de la longueur des canaux non aménagés ou en terre. La détermination de l'efficacité du réseau actuel et sa comparaison avec celle du réseau amélioré est l'un des objectifs primordial de ce travail.
- **Ea** : efficacité **d'application** en tant que rapport du volume d'eau directement utilisé par les plantes sur celui reçu à l'entrée des parcelles. Elle est estimée par le bureau d'étude COMETE Engineering à 0,80.
- **Ete** : efficacité des **techniques d'irrigation**, en tant que rapport du volume d'eau directement utilisé par les cultures sur celui pompé au forage, ou **Ete = Ed*Et*Ea**. Pour déterminer, donc, l'efficacité des techniques (Ete) qui existent actuellement (c'est-à-dire avant l'introduction de techniques d'amélioration d'efficacité), il est indispensable de déterminer l'efficacité du réseau terminal (Et).

Pour calculer donc le volume d'eau économisé suite à l'utilisation des techniques d'amélioration, il suffit seulement de comparer l'efficacité d'irrigation (Ete) avant et après l'introduction de ces techniques.

II.1 le réseau terminal : évaluation des pertes d'eau et efficacité du réseau

Les pertes d'eau dans le réseau terminal sont localisées essentiellement au niveau des canaux tertiaires et quaternaires non aménagés c'est-à-dire en terre. Ces pertes, qui varient en fonction de la longueur du canal, sont estimées et représentées dans le graphique suivant :



Source : Elaboration personnelle (cf Tableau 13)

Nous avons choisi de calculer les pertes seulement jusqu'à 200m, correspondant à la longueur maximale de chacun des deux types de canaux (tertiaires et quaternaires).

Comme il est indiqué dans le graphique ci-dessus, le taux de fuite n'est pas proportionnel à la longueur des canaux non aménagés. En effet, pour une longueur moyenne de 100 m, le taux de perte est de 25 %, (ou E_t est de 0,75), alors que pour 200 m ce taux est de 44 % seulement (soit une efficacité E_t de 0,56).

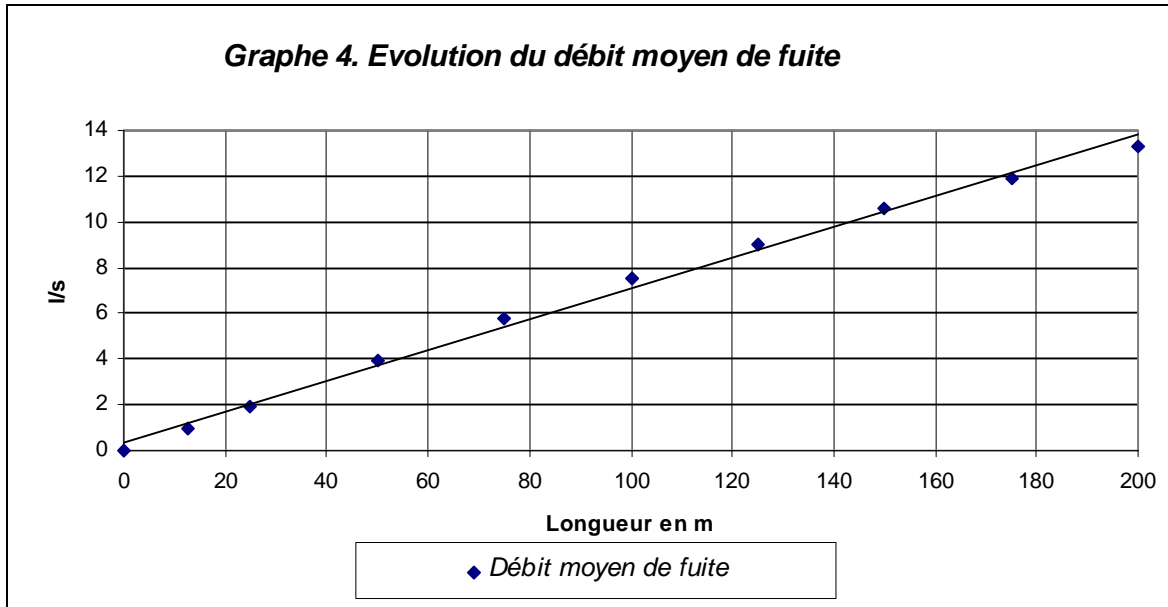
Ceci nous a permis de calculer, en fonction de la longueur, le débit de fuite ainsi que le volume d'eau perdu dans chaque borne d'irrigation (graphique ci-dessous) :

Le débit à X m de la borne =
(1 - taux de perte à X m) × débit à la sortie de la borne

Le débit de fuite à X m de la borne =
débit à la sortie de la borne - débit à X m de la borne

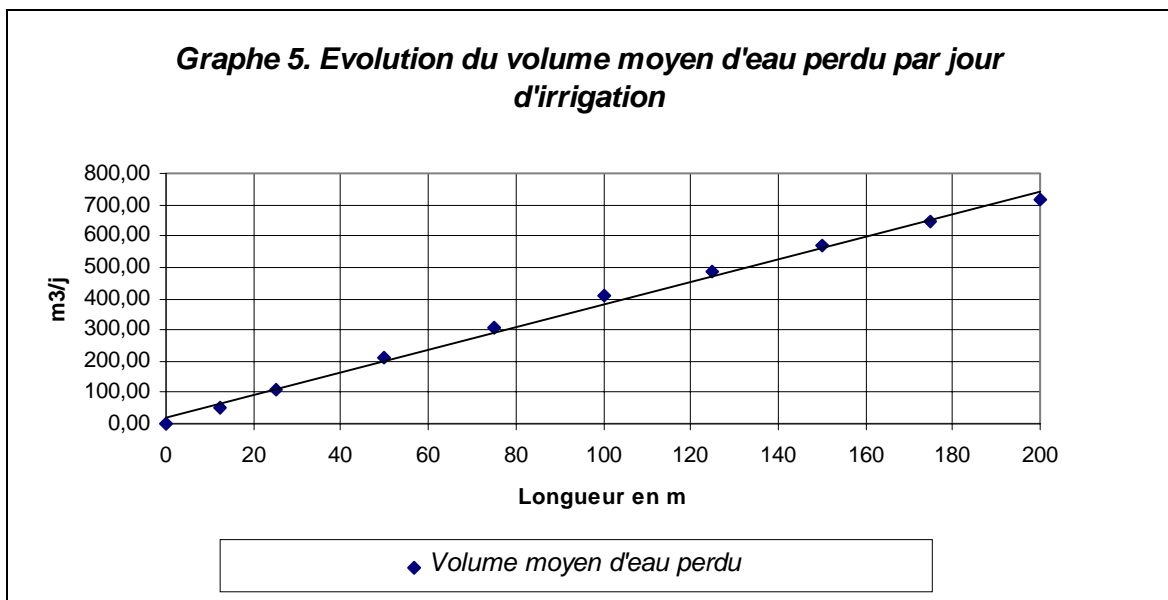
Ainsi pour le calcul de débit moyen de fuite dans toutes les bornes du périmètre nous avons choisi la première borne de chaque secteur, étant donné que les débits dans chacun des secteurs sont identiques (l'ouverture d'une borne suit la fermeture d'une autre).

Le débit moyen de fuite à X m de la borne =
 Σ de débit de fuite à X m de la première borne de chaque secteur / nombre de secteurs



Source : Elaboration personnelle

Volume moyen d'eau perdu par jour d'irrigation au niveau d'une borne (m³) =
 débit moyen de fuite × 3600 × nombre d'heures d'irrigation par jour / 1000



Source : Elaboration personnelle

II.2 Le réseau terminal : les solutions techniques pour économiser l'eau

Les solutions techniques que nous allons présenter dans le présent travail sont le fruit du diagnostic effectué lors de la première phase. Ces solutions sont multiples et concernent en particulier l'aménagement des canaux terminaux qui constitue la partie la plus indispensable, dans le réseau d'irrigation, pour économiser l'eau d'irrigation. L'étude portera donc sur la réfection des canaux tertiaires et des canaux quaternaires des installations d'irrigation des parcelles terminales. Pour ce qui est des pertes d'eau dans les forages et dans le réseau de distribution, elles ne seront pas prises en compte, étant donné que d'une part ces pertes sont négligeables par rapport au réseau terminal et d'autre part les coûts d'investissements pour stopper ces pertes sont très difficiles à estimer.

Rappelons que le réseau terminal est composé par des canaux tertiaires et des canaux terminaux (ou quaternaires), l'aménagement des premiers est assuré par l'Etat alors que celui des seconds est sous la responsabilité des agriculteurs.

II.2.1 Analyse coûts-avantages de l'amélioration de l'efficacité du réseau terminal

L'objectif ici consiste d'une part, à évaluer l'avantages et les coûts de l'amélioration de l'efficacité hydraulique du réseau tertiaire par l'introduction des techniques d'économie d'eau et d'autre part, à déterminer la distance optimale ou d'efficacité économique qui peut être aménagée.

La réfection des installations se fera par des canaux en béton armé (CBA), ou des canaux en béton non armé (CBNA) ou par des conduites en PVC, déjà actuellement utilisés, compte tenu de l'économie d'eau et de la facilité d'exécution. Beaucoup de canaux de ce type ont été aménagés sur place dans le cadre de la stratégie nationale d'économie d'eau.

La comparaison entre ces différentes techniques du point de vue économique et maintenance a été résumée dans le tableau récapitulatif ci-dessous ;

Tableau 14. Comparaison du point de vue économique et maintenance

Catégorie	Coût unitaire (DT/m)(prix 1996)	Durée de vie (ans)	Coût annuel* (DT/m/an)	Problème de maintenance
Canaux en béton armé -CBA- (250 × 250)	14	25	0,99	La sédimentation de sable est possible
Canaux en béton non armé -CBNA- (250 × 250)	10	10	1,30	La sédimentation de sable est possible
II.2.1.1.1 Canaux en PVC (Ø 200)	25	30	1,63	Pas de sédimentation

Source : CRDA de Gabès (PI)

* Coût annuel = le coût annuel de l'amortissement + les intérêts annuels (le taux d'intérêt à long terme en dinars constants choisi est de 5 %).

- Coût total annuel (DT/an) = Coût annuel (DT/m/an) × longueur (m)
- Coût moyen (DT/m³) =
coût total (DT/an) / volume d'eau économisé (m³/an)
- Coût marginal (DT/m³) = variation du CT / variation du volume économisé
- Volume d'eau économisé par an (m³/an) =
débit moyen de fuite × 3600 × nombre moyen d'heures d'irrigation par jour × nombre de jours d'irrigation par an / 1000
- Nombre moyen d'heures d'irrigation par jour = 15 heures
- Nombre de jours d'irrigation par an = 10 fois/an (le tour d'eau moyen est de 40 jours)

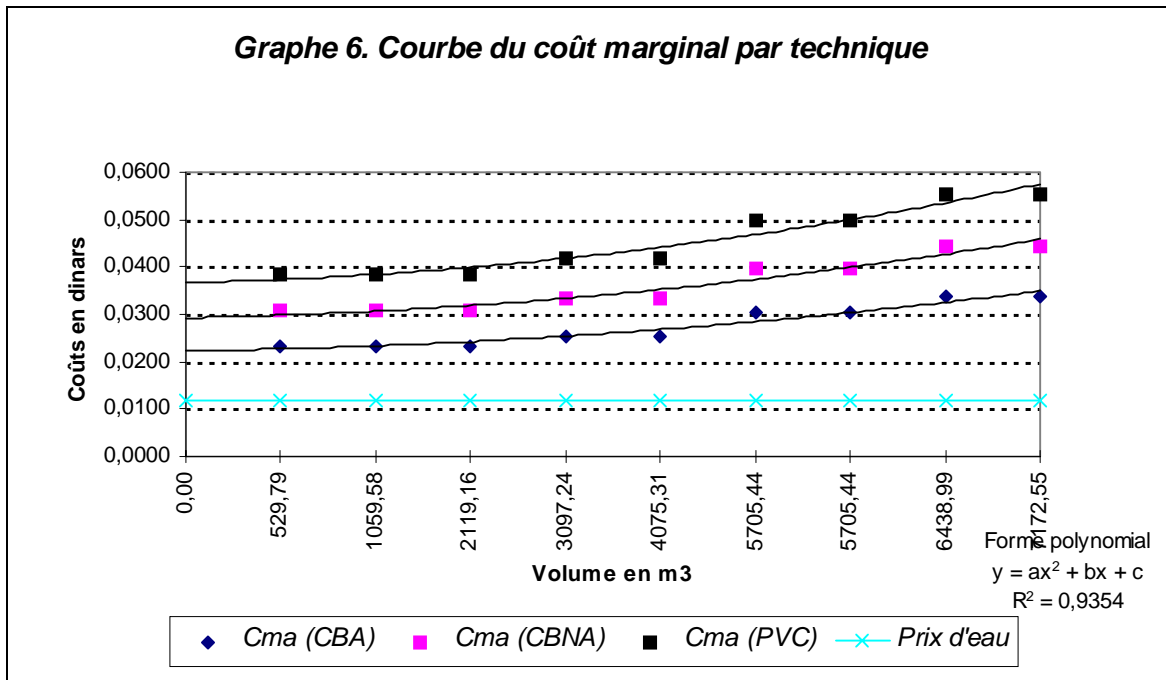
Tableau 15. Coût total, moyen et marginal du volume d'eau épargné par technique d'économie d'eau et en fonction de la longueur aménagée

Catégorie	Longueur (m)	0	12,5	25	50	75
		Volume d'eau économisé (m ³ /an)	0,00	529,79	1059,58	2119,16
Canaux en béton Armé : CBA	EfficiencE Et	1	1	1	1	1
	Coût total	0	12,375	24,75	49,5	74,25
	Coût moyen	0	0,0234	0,0234	0,0234	0,0240
	Coût marginal		0,0234	0,0234	0,0234	0,0253
Canaux en béton Non armé : CBNA	EfficiencE Et	1	1	1	1	1
	Coût total	0	16,25	32,50	65,00	97,50
	Coût moyen	0	0,0307	0,0307	0,0307	0,0315
	Coût marginal		0,0307	0,0307	0,0307	0,0332
Canaux en PVC	EfficiencE Et	1	1	1	1	1
	Coût total	0	20,38	40,75	81,50	122,25
	Coût moyen	0	0,0385	0,0385	0,0385	0,0395
	Coût marginal		0,0385	0,0385	0,0385	0,0417

Suite tableau 15

Catégorie	Longueur (m)	100	125	150	175	200
		Volume d'eau économisé (m ³ /an)	4075,31	4890,38	5705,44	6438,99
Canaux en béton Armé : CBA	EfficiencE Et	1	1	1	1	1
	Coût total	99	123,75	148,5	173,25	198
	Coût moyen	0,0243	0,0253	0,0260	0,0269	0,0276
	Coût marginal	0,0253	0,0304	0,0304	0,0337	0,0337
Canaux en béton non armé : CBNA	EfficiencE Et	1	1	1	1	1
	Coût total	130,00	162,50	195,00	227,50	260,00
	Coût moyen	0,0319	0,0332	0,0342	0,0353	0,0362
	Coût marginal	0,0332	0,0399	0,0399	0,0443	0,0443
Canaux en PVC	EfficiencE Et	1	1	1	1	1
	Coût total	163,00	203,75	244,50	285,25	326,00
	Coût moyen	0,0400	0,0417	0,0429	0,0443	0,0455
	Coût marginal	0,0417	0,0500	0,0500	0,0556	0,0556

Source : Elaboration personnelle



Source : *Elaboration personnelle*

Comme le montrent les tableaux ci-dessus, l'efficacité hydraulique des techniques utilisées est à son maximum quelle que soit la distance aménagée (pertes nulles, $Et = 1$), ce qui signifie que ces techniques sont potentiellement efficaces du point de vue hydraulique quelle que soit la longueur aménagée. Le choix de la distance optimale à aménager, du point de vue hydraulique et économique, dépendra donc uniquement de l'efficacité économique.

Cette efficacité est atteinte lorsque la dérivée du profit par rapport au volume d'eau égale à zéro ($d\Pi/dV = 0$), c'est-à-dire quand la recette marginale égale au coût marginal égale au prix ($Rm = Cm = P$).

$$\Pi = RT - CT = (\text{Prix de l'eau} \times \text{Volume d'eau économisé}) - CT$$

$$d\Pi/dV = 0 \Rightarrow dRT/dV - dCT/dV = 0 \Rightarrow C \text{ marginal} = \text{Prix}$$

Sachant que le prix de vente de l'eau appliqué en 1996 au niveau de cette oasis est de 0,012 DT/m³, la distance du canal en terre, la plus efficace du point de vue économique, à aménager est nulle ou négligeable puisque le coût marginal de toutes les techniques utilisées est toujours supérieur au prix. C'est-à-dire avec ce prix, les agriculteurs ne seront pas prêts à investir dans l'aménagement des canaux quaternaires en terre étant donné que le coût d'investissement est plus élevé que la valeur de l'eau à économiser et cela est aussi valable dans les cas des canaux tertiaires, où l'Etat est en charge des investissements. La solution la plus efficace pour économiser l'eau ne sera donc atteinte que par une augmentation du prix de l'eau ou par une incitation à l'investissement par subvention.

II.2.2 Test de sensibilité

Afin de tester la sensibilité de l'efficacité économique des investissements d'économie d'eau aux prix de l'eau, aux taux de fuite (volume perdu) et aux taux de subvention octroyés aux agriculteurs, nous avons développé les simulations suivantes :

II.2.2.1 Incitation à l'investissement par subvention

Comme l'indique le tableau ci-dessous, en introduisant un taux de subvention de 60 % du montant de l'investissement pour un prix de l'eau toujours fixé à 0,0120 DT/m³, l'aménagement du canal sera le plus efficace du point de vue économique, jusqu'à 150 m, pour les canaux en béton armé (CBA), et seulement jusqu'à 50m et 0m, respectivement pour les canaux en béton non armé (CBNA) et pour les conduites en PVC. Autrement dit, l'aménagement des 150, 50 et 0 premiers mètres en terre du canal quaternaire depuis son point de départ est le plus efficace du point de vue économique.

Ces conclusions restent inchangées si l'on fait varier le volume économisé de + ou - 10 % (c'est à dire en faisant varier, dans la limite de 10% les hypothèses sur les pertes dans les canaux).

Concernant le canal tertiaire, géré par l'Etat, son aménagement le plus efficace sera toujours nul, sauf s'il y a la possibilité d'une subvention externe de 60% assurée par un organisme international tel que la CEE, le Banque Mondiale, etc. Avec cette subvention, l'aménagement des 150, 50 et 0 premiers mètres en terre du canal tertiaire depuis la borne d'irrigation est le plus efficace du point de vue économique. Toutefois, afin d'encourager les agriculteurs à l'aménagement des canaux quaternaires et dans le but de la recherche de l'avantage collectif, L'Etat peut s'engager dans l'aménagement des canaux tertiaires même en absence des subventions externes et d'efficacité économique.

Ces résultats obtenus peuvent être utilisés pour justifier le choix de la norme de subvention fixée par l'Etat (60 % sur 150 mètres linéaires par hectare) seulement pour la technique en béton armé. Pour les autres techniques et afin d'une part, d'encourager leur utilisation et d'autre part, d'assurer l'aménagement des 150 premiers mètres en utilisant ces derniers il faut soit augmenter le prix de vente de l'eau soit augmenter la subvention et ceci, selon la technique (60 % pour la technique en béton armé, 70 % pour la technique en béton non armé et 75 % pour les conduites en PVC). Autrement dit, avec un prix de l'eau de 0.012 DT/m³ et un taux de subvention de 60 %, 70 % et 75 % respectivement pour la technique en béton armé, la technique en béton non armé et les conduites en PVC, on peut assurer l'aménagement de 150 premiers mètres des canaux quaternaires.

Tableau 16. Recherche de la distance optimale et du coût marginal du volume d'eau économisé, en présence de subvention (60 %)

Longueur (m)	0	12,5	25	50	75
Volume économisé (m ³ /an)	0,00	529,79	1059,58	2119,16	3097,24
C. marginal (CBA) (DT/m ³)		0,0092	0,0092	0,0092	0,0100
C. marginal (CBNA) (DT/m ³)		0,0120	0,0120	0,0120	0,0130
C. marginal (PVC) (DT/m ³)		0,0153	0,0153	0,0153	0,0166

Source : nos calculs

Longueur (m)	100	125	150	175	200
Volume économisé (m ³)	4075,31	4890,38	5705,44	6438,99	7172,55
C. marginal (CBA) (DT/m ³)	0,0100	0,0120	0,0120	0,0133	0,0133
C. marginal (CBNA) (DT/m ³)	0,0130	0,0159	0,0159	0,0174	0,0174
C. marginal (PVC) (DT/m ³)	0,0166	0,0199	0,0199	0,0222	0,0222

Source : nos calculs

II.2.2.2 Augmentation du prix de l'eau

La lecture du tableau ci-dessous nous a permis de dégager les deux résultats suivants :

- Si le prix de l'eau est fixé à 0,025 DT/m³ (le prix moyen dans la région de Gabès en 1996), l'aménagement du canal le plus efficace du point de vue économique, devient alors de :
 - 100 m en l'absence de 60% de subvention, uniquement pour la technique de béton armé.
 - 200 m en présence de 60% de subvention, quelle que soit la technique.

Ces conclusions restent inchangées si l'on fait varier le volume économisé de + ou - 10 % (c'est à dire en faisant varier, dans la limite de 10% les hypothèses sur les pertes dans les canaux).

- Par contre si le prix de l'eau est fixé à 0,055 DT/m³, la distance à aménager, par n'importe quelle technique, sera de 200 m avec ou sans subvention. C'est-à-dire afin d'assurer l'aménagement de tous les canaux en terre existants et atteindre le point optimal ou d'efficience économique, il faudrait fixer le prix à 0,055 DT/m³ ou plus.

Tableau 17. Recherche de la distance optimale en fonction du prix de l'eau

Prix de l'eau (DT/m ³)	Distance optimale (m) en absence de subvention			Distance optimale (m) en présence de subvention (60 %)		
	CBA	CBNA	PVC	CBA	CBNA	PVC
0,012	00	00	00	150	50	0
0,025	100	00	00	200	200	200
0,055	200	200	200	200	200	200

Source : nos calculs

Pour assurer donc l'aménagement complet du réseau terminal, c'est-à-dire aussi bien des canaux tertiaires que quaternaires, et atteindre le point optimal ou d'efficience aussi bien hydraulique qu'économique, il faudrait fixer le prix à 0,055 DT/m³. Mais étant donné que ce prix est élevé et afin d'assurer un avantage collectif, il serait préférable de fixer le prix toujours à ce niveau et attribuer aux agriculteurs une subvention directe si l'on souhaite compenser les pertes des revenus. Le soutien de revenus devient ainsi compatible avec une amélioration de l'efficience économique obtenue grâce à l'augmentation des prix de l'eau.

III Comparaison entre les coûts d'un m³ d'eau économisée et mobilisée : pour un meilleur choix d'investissement

L'objectif primordial de cette comparaison, consiste à savoir si l'économie d'une grande partie de l'eau qui est ordinairement perdue ou gaspillée est techniquement possible et serait bien moins coûteuse que les productions supplémentaires d'eau nécessaire à la découverte des besoins futurs projetés. Autrement dit, *quel type de gestion serait le mieux préconisé : la gestion de l'offre ou de la demande ?*

III.1 Définition et calcul du coût moyen de mobilisation

III.1.1 Eau de surface

Avant de nous pencher dans la démarche du calcul du coût, nous voulons signaler qu'en Tunisie, les barrages sont souvent à vocation multiple (irrigation, adduction d'eau industrielle et domestique, énergie, protection contre les inondations et les crues). Donc, la rigueur du calcul fait que l'imputation des coûts d'investissements à ces divers objectifs est nécessaire et logique. Par commodité de calcul, nous allons donc choisir uniquement les barrages ayant un usage agricole (irrigation).

La démarche de calcul du coût de mobilisation de l'eau que nous comptons adopter est la suivante :

$$\text{CMM} = \text{CBAR} / \text{CNR} \times \text{DV}$$

Avec :

CMM : le coût moyen du m³ d'eau mobilisé en DT.

CBAR : le coût total de la construction du barrage proprement dit.

DV : durée de vie du barrage qui est estimée en moyenne à 50 ans.

CNR : capacité normale annuelle de la retenue en Million de m³.

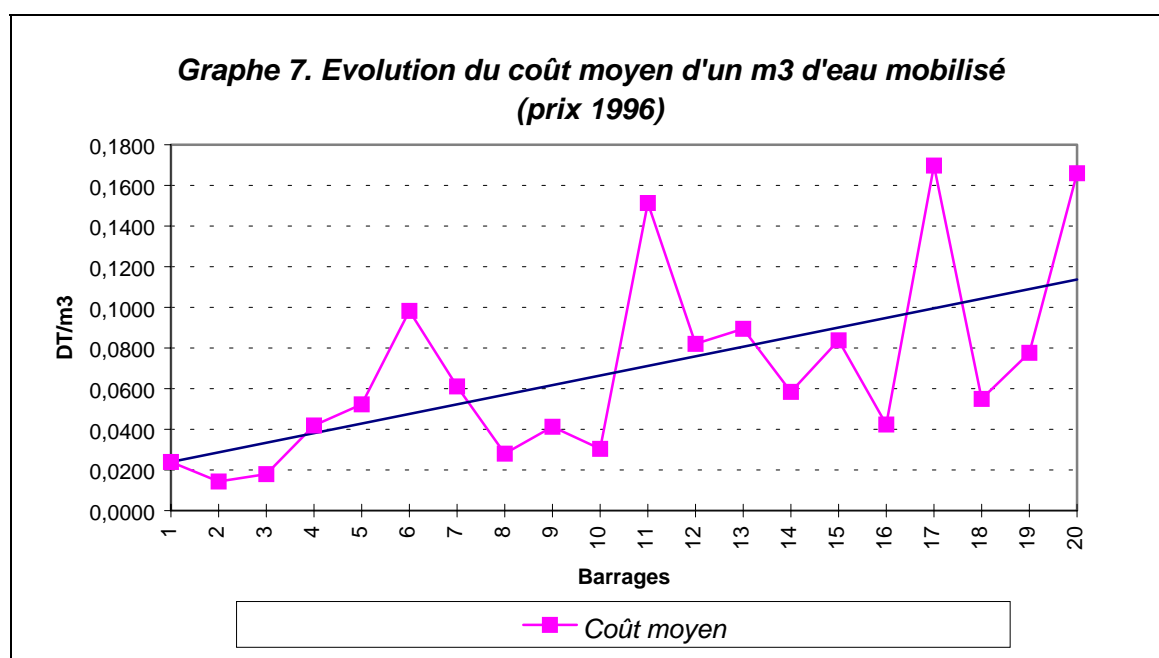
Nous avons tenu compte uniquement du coût de construction proprement dit, étant donné que les autres coûts, à savoir ceux de transport et de distribution, varient beaucoup en fonction de l'emplacement du périmètre irrigué par rapport à la ressource d'approvisionnement.

Tableau 18. Evolution des coûts total et moyen du volume d'eau mobilisé à partir des barrages

Barrage et année de mise en eau	Capacité normale annuelle en Millions de m ³	Volume du corps principal de l'ouvrage en Millions de m ³	Rendement topographique (capacité/volume)	Coût total en millions de dinars (prix 1996)	Coût total annuel *** MDT /an (prix 1996)	Coût moyen en DT/m ³ (prix 1996)	Taux d'évolution du coût moyen (prix 1996)
Bir Mchergua71	53,00	1,32	40,15	23,12	1,27	0,0239	0
Bouheurtma 76	117,50	3,00	39,17	30,60	1,68	0,0143	-0,4030
Sidi salem* 81	569,00	2,60	218,85	185,70	10,17	0,0179	0,2532
Sidi saad**81	209,00	7,50	27,87	159,60	8,74	0,0418	1,3398
Joumine*83	130,00	5,05	25,73	124,00	6,79	0,0522	0,2491
Ghezala 84	11,70	0,95	12,32	21,00	1,15	0,0983	0,8817
Siliana 87	70,00	2,60	26,92	78,00	4,27	0,0610	-0,3792
Lebna 88	30,00	0,87	34,48	15,36	0,84	0,0280	-0,5405
Houareb**89	109,00	6,00	18,17	82,18	4,50	0,0413	0,4725
Sedjnane*94	137,50	6,30	21,83	76,22	4,18	0,0304	-0,2648
Barbara 97	80,00	1,95	41,03	220,92	12,10	0,1513	3,9816
Barrak97	192,00	2,00	96,00	287,49	15,75	0,0820	-0,4578
Sidi aïch 97	20,00	0,89	22,47	32,64	1,79	0,0894	0,0901
Rmel 'E' 98	20,00	1,03	19,33	21,36	1,17	0,0585	-0,3457
Abide 'E' 98	10,00	0,65	15,38	15,30	0,84	0,0838	0,4326
Zargua 'E'98	24,00	0,94	25,53	18,54	1,02	0,0423	-0,4951
Rmil 'E' 98	4,00	0,12	34,78	12,40	0,68	0,1698	3,0129
Elbrek 'E' 98	25,00	0,75	33,33	25,10	1,37	0,0550	-0,6761
Elhma 'E' 98	12,00	1,06	11,32	17,00	0,93	0,0776	0,4110
Sficifa 'E' 98	6,70	1,80	3,72	20,30	1,11	0,1660	1,1387
Moyenne	91,52	2,36	38,41	73,34	4,0174	0,0692	0,4350

Source : Elaboration personnelle à partir des fiches synoptiques des barrages et dossiers de règlement définitifs des marchés des barrages, MA/DG.ETH, cité par Hamdi S., 1998.* : Alimentation en eau potable + agriculture ; ** : Protection contre les inondations et recharge de la nappe par lâchure ; 'E' : ouvrage en phase d'étude avancée (appel d'offres concluants).

*** Coût annuel = le coût annuel de l'amortissement + les intérêts annuels (le taux d'intérêt à long terme en dinars constant est de 5 %).



Source : élaboration personnelle (cf tableau 18)

D'après la droite de régression, on remarque que le coût moyen de mobilisation de l'eau à partir des barrages évolue en fonction des années. En effet, il est passé de 0,0239 DT/m³ en 1971 à 0,1660 DT/m³ en 1998, soit une augmentation de l'ordre de 5 fois plus. Cette évolution est expliquée par le fait qu'avec le temps, la ressource en eau devient de plus en plus rare et par conséquent, sa mobilisation nécessitera un coût de plus en plus élevé. **La moyenne du coût d'un m³ d'eau mobilisée à partir d'un barrage est de 0.0692 DT/m³.**

III.1.2 Nappes phréatiques

Le coût de mobilisation d'un m³ d'eau prélevée dans la nappe phréatique peut être estimé à partir des coûts de construction d'un puits, de l'achat de la moto-pompe et des frais de fonctionnement :

Tableau 19. Coûts du volume d'eau pompé dans un puit de surface

	Coût unitaire (DT) (prix 1996)	Durée de vie (ans)	Coût annuel (DT/an)	Coût total (DT)
Construction d'un puits de 25 m	10.000	20	802,43*	16048,6
Achat de la moto-pompe	400	5	92,39*	1847,8
Frais d'énergie par m³ d'eau pompée	550	-	550	11000
Total	10.450	-	1444,82	28896,4

Source : Elaboration personnelle à partir de l'étude " eau 2000 "

* Coût annuel = le coût annuel de l'amortissement + les intérêts annuels (le taux d'intérêt à long terme en dinars constant est de 5 %).

Sachant que la période d'amortissement d'un puits bien équipé est de 20 ans et celle d'une

pompe est de 5 ans environ, le coût d'un m³ d'eau pompée par an sera donc le suivant :

$$\text{CMM} = \text{CT} / (\text{VT} \times \text{DV})$$

Avec :

CMM : le coût moyen du m³ d'eau pompée dans un puits de surface (DT / m³).

CT : le coût total de pompage d'eau.

VT : le volume total fourni par un puits pendant une année.

DV : durée de vie du puits qui est estimée en moyenne à 20 ans.

Un puits équipé fournit environ 11 000 m³/an. Sur une période d'amortissement de 20 ans (s'il n'y a pas de surpompage), il fournit un volume total d'environ 220 000 m³. **Le coût moyen du m³ d'eau mobilisé à partir d'une nappe phréatique, estimé à partir du coût moyen du m³ d'eau pompée dans un puits de surface, est donc de 0.1313 DT/m³.**

III.1.3 Nappes profondes

A partir de l'estimation du coût moyen de construction des forages profonds (durée de vie moyenne est de 50 ans) dans le Nord et le Centre du pays (50 à 100 m de profondeur) et dans le Sud (100 à 2500 m de profondeur) et des coûts d'exploitation, l'étude "Eau 2000" estime que **le coût moyen d'un m³ d'eau mobilisée à partir d'une nappe profonde est de l'ordre de 0.0750 DT/m³**. Ce coût moyen devient plus important si on introduit, d'une part, pour les forages pompés, le coût d'énergie et d'autre part, dans le cas des nappes fossiles (ressources non renouvelable), le coût d'opportunité de la disposition de la ressource (la rente Malthusienne)²¹, ce qui se justifie si l'on se place dans la perspective du développement durable.

III.2 Justification de la mobilisation de l'eau à coûts élevés

La mobilisation de l'eau en Tunisie a été, depuis l'indépendance, une affaire presque exclusivement réservée aux institutions publiques, non seulement par la mise en œuvre de divers moyens techniques, humains et financiers, mais encore par l'effort de conception et de réalisation des infrastructures dont les coûts sont devenus de plus en plus élevés. La justification de cette intervention trouve ses fondements dans l'optique de la sécurité alimentaire du pays. En effet, la légitimité de l'Etat se mesure par sa capacité à donner à boire et à manger à son peuple et à assurer continuellement et dans toutes les circonstances la sécurité alimentaire dans son pays. Il s'agit en fait d'un problème politique de fond. Le coût élevé, donc, de la mobilisation de l'eau n'est pas perçu, dans l'optique étatique, comme un problème en soi puisque l'objectif est plus fort que le moyen et ce, en l'absence d'autres alternatives plus économiques.

²¹ GARRABE M., 1994. – *Ingénierie de l'évaluation économique*.- Paris : Ellipses, 255p.

III.3 Coûts unitaires comparés de mobilisation et d'économie d'eau

La comparaison indicative des coûts des différentes possibilités d'approvisionnement que nous présentons dans le tableau ci-dessous, pourrait permettre de repousser les échéances de choix et d'investissements des stratégies d'approvisionnement pour accroître les productions d'eau.

Tableau 20. Coûts unitaires comparés

Modes de gestion	Techniques	Coût moyen (DT/m ³)			
		1	2	3	4
Gestion des demandes par une économie d'eau	Canaux en béton armé	0,010	0,027	0,024	0,0109
	Canaux en béton non armé	-	0,036	-	0,0142
	Canaux en PVC	-	0,045	-	0,0181
	Moyenne	0,010	0,036	0,024	0,015
Gestion des offres par la mobilisation d'eau	Barrages	0,0692			
	Nappes phréatiques	0,1313			
	Nappes profondes	0,0750			
	Moyenne	0,091			

Source : *Elaboration personnelle*

1,2,3,4 correspondent aux points où la distance à aménager est optimale :

- 1 : Coût moyen à 100 m : le prix de l'eau est de 0.025DT/m³ et en absence de 60% de subvention.
- 2 : Coût moyen à 200 m : le prix de l'eau est de 0.055DT/m³ et en absence de 60% de subvention.
- 3 : Coût moyen à 150 m : le prix de l'eau est de 0.012DT/m³ et en présence de 60% de subvention.
- 4 : Coût moyen à 200 m : le prix de l'eau est de 0.055DT/m³ et en présence de 60% de subvention.

L'idée principale qu'inspire ce tableau, est que la moyenne du coût unitaire de l'économie d'eau calculée théoriquement est toujours inférieure à celui de la mobilisation pour n'importe quelle technique utilisée, en absence ou en présence de subvention. Cela signifie que l'économie de l'eau perdue ou gaspillée est techniquement possible et bien moins coûteuse que la mobilisation ou les productions supplémentaires d'eau. Donc, comme l'indiquent les récents travaux méditerranéens²², la volonté et l'efficacité de la gestion des demandes en eau pourraient devenir ainsi une variable déterminante dans les scénarios des essais de prospective et qu'il faut intégrer effectivement dans les stratégies nationales de l'eau et dans l'ensemble des politiques de développement et d'environnement.

Par ailleurs, la différence entre ces coûts unitaires peut être encore plus importante si on introduit les coûts d'entretien et de maintenance. Sur la base des prévisions pour l'entretien dans le VIII^{ème} Plan, l'étude "Eau 2000" estime les coûts d'entretien des 18 barrages actuellement opérationnels, à 0,5MDT/an pour un total de soutirages destinés à l'exploitation de 500 à 100 Mm³/an environ, ce qui signifie que le coût par m³ est de 0,001 à 0,002 DT. Le coût unitaire (coût de construction et d'entretien) de la mobilisation d'eau à partir d'un

²² Plan Bleu et IME : Benblidia ; Margat ; Vallée (1998).

barrage sera donc entre 0,0702 DT/m³ et 0,0712 DT/m³ soit une moyenne de 0,0707DT/m³.

Toutefois, il faut signaler que les résultats de cette comparaison restent très spécifiques au périmètre choisi et qu'ils ne doivent, en aucun cas, être généralisés à l'ensemble du territoire. Ceci est dû au fait que, d'une part, le périmètre choisi n'est pas assez représentatif malgré une superficie importante pour le sud et d'autre part, le calcul des coûts ne tient en compte que de l'amont et l'aval de la source eau. En effet, pour le calcul du coût unitaire de la mobilisation nous avons pris en compte uniquement les coûts de constructions et pour le calcul du coût unitaire de l'économie d'eau nous avons considéré seulement les investissements dans le réseau terminal et dans les parcelles et donc nous n'avons pas tenu compte ni du coût de transport, ni de celui d'entretien et de distribution.

Conclusion

Cette partie visait, d'une part, à la recherche d'une gestion efficace et d'une allocation optimale de la ressource en eau dans le périmètre irrigué choisi et d'autre part, à infirmer ou à confirmer l'hypothèse prédominante qui considère que les problématiques actuelle et future de l'eau devraient être marquées beaucoup plus par les aspects de maîtrise de la demande contrairement aux problématiques antérieures dominées par la maîtrise de l'offre.

Les résultats obtenus montrent que faire l'économie d'une grande partie de l'eau qui est ordinairement perdue ou gaspillée est techniquement possible et économiquement efficace, du moins dans la présente étude de cas.

En effet, l'aménagement complet du réseau terminal, c'est-à-dire jusqu'à 400 m, permettrait d'économiser un volume d'eau estimé à 14 344 m³ par an, pour un coût moyen de 523 DT, soit un **coût unitaire de 0,036 DT/m³**, ce qui est relativement faible comparé au coût unitaire de mobilisation (0.091 DT/m³). Cette différence devient encore plus significative, si on y ajoute le coût moyen de transfert (coût, incluant l'amortissement de construction des conduites, de pompage dans les stations, d'entretien et traitement) et de distribution d'eau (coût des infrastructures de stockage, de traitement, de distribution et des frais d'exploitation) qui sont estimés par "l'étude 2000" respectivement à environ 0.025 DT/m³ et 0.30 DT/m³. Dans ces conditions, le coût unitaire de l'eau mobilisé, transféré et distribué atteindrait donc théoriquement environ **0,416 DT/m³**, ce qui est relativement beaucoup plus important (plus de dix fois plus) que celui de l'eau économisée dans les réseaux terminaux.

La gestion des demandes devrait donc prendre plus d'importance que la gestion des offres. En effet, tant par pour les usagers que pour les pouvoirs publics, l'avantage économique d'investissements dans la modernisation de périmètres existants, par rapport à la mobilisation de ressources nouvelles est démontré, sous certaines conditions notamment de prix de l'eau pas trop faible. Ceci, même si la faisabilité pratique de mise en oeuvre soulève probablement d'autres considérations et difficultés.

Conclusion générale

Milieu fragile et ressource rare, l'eau en Méditerranée est de plus en plus soumise à des pressions multiples. La dynamique des populations et l'accroissement des besoins constituent les facteurs dominants qui ont entraîné en cette fin de siècle cette pression accrue sur les ressources en eau et ont modifié irrémédiablement l'utilisation qui est faite de la ressource.

Le territoire de la Tunisie tient de cet espace méditerranéen au patrimoine à la fois riche et vulnérable, où l'eau constitue la ressource la plus rare dont la maîtrise des flux s'avère difficile du fait de l'irrégularité, la mauvaise répartition et la faiblesse relative des précipitations auxquelles s'ajoutent plusieurs facteurs d'ordre socio-économique.

Au terme de trois décennies de développement économique et social, les efforts consentis dans la mobilisation des ressources ont placé la Tunisie parmi les pays les plus avancés dans la maîtrise de l'eau. Cependant, eu égard au rôle décisif accordé aux ressources en eau dans le processus de développement et compte tenu du fait que la Tunisie a largement entamé ses potentialités hydriques, les prémices d'une nouvelle problématique de l'eau commencent à être identifiées. Cette problématique est marquée plus par les aspects de maîtrise de la demande contrairement à la problématique antérieure prédominée par la maîtrise de l'offre. Ce changement est justifié, d'une part, par l'augmentation des coûts de mobilisation de l'eau et d'autre part, par la mauvaise gestion, en particulier en irrigation, en raison des pertes au niveau des réseaux et des parcelles dues en grande partie à une utilisation des doses d'irrigation dépassant largement les besoins des plantes et à un manque d'équipements de maintenance et d'entretien.

Notre objectif dans le présent travail, était d'une part, d'évaluer, en prenant comme cadre d'application l'oasis de Gabès, les investissements possibles pour épargner l'eau perdue au niveau de ce périmètre irrigué traditionnel (où la ressource est très mal gérée en raison des pertes au niveau des réseaux et des parcelles) et d'autre part, d'infirmier ou de confirmer l'intérêt d'un changement profond de stratégie : d'une augmentation traditionnelle de l'offre par "acharnement hydraulique" à une meilleure maîtrise de la demande, par des investissements mais aussi des changements de comportements individuels et collectifs.

Les résultats obtenus dans la présente étude de cas, montrent que faire l'économie d'une grande partie de l'eau qui est ordinairement perdue ou gaspillée est techniquement possible et économiquement efficiente.

En effet, l'aménagement complet du réseau terminal, c'est-à-dire jusqu'à 400 m, permet d'économiser par an un volume d'eau de 14344 m³ avec une moyenne des coûts totaux de 523 DT, soit un coût unitaire de **0,036 DT/m³** qui est relativement faible comparé au coût unitaire de mobilisation (0,091 DT/m³). Cette différence devient encore plus importante, lorsqu'on ajoute, au coût de mobilisation, le coût moyen de transfert (incluant l'amortissement du coût de construction des conduites, les coûts de pompage dans les stations, d'entretien et de traitement) et de distribution d'eau (coût des infrastructures de stockage, de traitement, de distribution et des frais d'exploitation) qui sont estimés par "l'étude 2000" respectivement à environ 0,025 DT/m³ et 0,30 DT/m³. Le coût unitaire de l'eau mobilisée, transférée et distribuée deviendrait alors d'environ **0,416 DT/m³**, soit plus de dix fois celui de l'eau économisée (0,036 DT/m³). Cet ordre de grandeur argumente en faveur d'une prise en compte plus importante de la gestion des demandes.

Toutefois, malgré ces résultats, certes théoriques, mais assez éclairants, la faisabilité pratique d'un tel changement stratégique reste très difficile. En effet, d'une part, le nombre des études de cas disponibles qui confirment la nécessité économique du changement reste très limité et d'autre part, la mobilisation indispensable de tous les acteurs concernés (Etat, agriculteurs, AIC...) pour la réussite de cette nouvelle stratégie est très complexe.

Plus que par la précision de ses conclusions au cas local, c'est surtout par le raisonnement appliqué ici que cet article souhaite contribuer à la diffusion et à la promotion d'études (encore trop rares) et de connaissances sur les perspectives réelles de meilleure gestion des demandes. Ceci, afin de faire reposer les futures décisions publiques sur les meilleures alternatives.

Références bibliographiques

1. ABDEDAEIM S., 1997. - *La gestion de l'eau et son impact sur la dynamique des systèmes de production dans les oasis littorales du sud tunisien : cas de l'oasis de Gabès*. Mémoire d'ingénieur CNEARC. 90p.
2. BANQUE MONDIALE. - Département technique ECA/MENA, Equipe ressources en eau. - *Examen du secteur de l'eau*. - Tunisie, 1995.
3. BENBLIDIA M., MARGAT J., VALLEE D., 1998. - *L'eau est une ressource menacée : pénurie d'eau prochaine en Méditerranée ?* - Problèmes économiques, n° 2596, p.13 à 20.
4. CHERIF A., KASSAM A., 1995. - *L'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie*. - Publication de la faculté des lettres - Manouba - Tunis. - 210p.
5. COMETE Engineering. - *Economie de l'eau dans les oasis de la région de Gabès : rapport de factibilité*. Tunisie, mai 1995.
6. CRDA de Gabès. - *Rapports d'activités* 1995, 1996, 1997.
7. ENNABLI N., 1995. - *L'irrigation en Tunisie*. - Tunis : INAT. - 469p.
8. FLICHMAN G., 1999. - *Agriculture, environnement, ressources naturelles*. - Notes de cours.- Montpellier : CIHEAM. IAMM.
9. GUERRIEN B., 1997. - *Dictionnaire d'analyse économique : micro-économie, macro-économie, théorie de jeux, etc.* - Paris : La découverte. - Collection REPERES. 540p.
10. HAMDI S., 1998. - *Analyse économique de l'usage de l'eau agricole des eaux de surface mobilisées : application dans un périmètre public irrigué au Nord-Ouest de la Tunisie*. - Projet de thèse Master. - Montpellier : CIHEAM - IAM.
11. HASSAYNIA J., 1991. - *Irrigation et développement : l'expérience tunisienne*. - Options méditerranéennes. Série B, études et recherches. - CIHEAM. 217p.
12. MAMOU A., 1980. - *Comblement de déficit en eau de l'oasis de Gabès*. - Juin 1980.
13. MEAT-DGAT SDAT. - *Eau 2000*, Tunisie 1996.
14. SGHAIER M. 1995. - *Tarifification et allocation optimale de l'eau d'irrigation dans les systèmes de production de la région oasienne de Nefzaoua (Sud de la Tunisie)*. - Thèse de doctorat. - 235p.
15. TUNISIE. - Ministère de l'agriculture, IXe plan de développement économique et social (1997-2001) : *le développement agricole et les ressources naturelles*, juillet 1997.
16. TUNISIE. - Ministère de l'agriculture, VIII^{ème} plan de développement économique et social

- (1992-1996) : **le développement agricole et les ressources naturelles**, juillet 1992.
17. TUNISIE. - Ministère de l'agriculture : **Rapport de Direction Générale des Ressources en Eau** (DGRE). - 1994.
18. TUNISIE. - Ministère de l'agriculture / UCSEPI. - **Périmètres irrigués en Tunisie**, 16p. - 1997.
19. TUNISIE. - Ministère de l'agriculture, Direction Générale du Génie Rural. - **Evaluation de l'irrigation localisée : aspects techniques et organisationnels au niveau des CRDA**. - Deuxième journée sur la stratégie nationale d'économie d'eau en irrigation. - Tunisie, décembre 1996.
20. TUNISIE. - Ministère de l'agriculture, Direction Générale du Génie Rural. - **Plan stratégique pour le développement de l'économie de l'eau en irrigation**. - Tunisie, mars 1996.
21. YOUNG RA., HAVEMAN RH., 1993. - **L'analyse économique de l'eau**. - In l'analyse coûts-avantages : défis et controverses. - Paris : Economica. P : 373-446.

Liste des tableaux

- Tableau 1. *Evolution des estimations des ressources (Mm³/an)*
- Tableau 2. *Estimation des ressources en eau pour le mois de juillet 1995 et dans le cas d'une année sèche*
- Tableau 3. *Evolution et répartition de la mobilisation des eaux par source*
- Tableau 4. *Demande annuelle d'eau*
- Tableau 5. *Le bilan hydraulique théorique sans considération de la salinité*
- Tableau 6. *Répartition des superficies irrigables entre les différentes sources*
- Tableau 7. *Récapitulatif des superficies équipées en économie d'eau*
- Tableau 8. *Evolution des superficies équipées en économie d'eau*
- Tableau 9. *Effectif et rendement d'arbres fruitiers dans l'oasis de Gabès (1997/1998)*
- Tableau 10. *Ressources en eau actuelles dans l'oasis de Gabès (1998)*
- Tableau 11. *Sectorisation du réseau d'irrigation de l'oasis de Gabès*
- Tableau 12. *Disponibilité actuelle en eau par secteur et par hectare*
- Tableau 13. *Estimation des pertes d'eau dans les canaux en terre*
- Tableau 14. *Comparaison du point de vue économique et maintenance*
- Tableau 15. *Coût total, moyen et marginal du volume d'eau épargné par technique d'économie d'eau*
- Tableau 16. *Recherche de la distance optimale et du coût marginal du volume d'eau économisé en présence de subvention (60 %)*
- Tableau 17. *Recherche de la distance optimale en fonction du prix de l'eau*
- Tableau 18. *Evolution des coûts total et moyen du volume d'eau mobilisé à partir des barrages*
- Tableau 19. *Coûts du volume d'eau pompé dans un puits de surface*
- Tableau 20. *Coûts unitaires comparés.*