



## Usages agricoles de l'eau et valorisation dans la plaine de Kairouan, Tunisie centrale

J.C. Poussin, A. Benmihoub, R. Beji

### ► To cite this version:

J.C. Poussin, A. Benmihoub, R. Beji. Usages agricoles de l'eau et valorisation dans la plaine de Kairouan, Tunisie centrale. Marcel. Kuper, Abdel Aziz Zaïri. Troisième atelier régional du projet Sirma, Jun 2007, Nabeul,, Tunisie. Cirad, 12 p., 2008. <cirad-00260720>

**HAL Id: cirad-00260720**

**<http://hal.cirad.fr/cirad-00260720>**

Submitted on 4 Mar 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Usages agricoles de l'eau et valorisation dans la plaine de Kairouan, Tunisie centrale

POUSSIN J.C.<sup>1</sup>, BENMIHOUB A.<sup>1</sup>, BEJI R.<sup>2</sup>

1 UMR G-Eau, IRD, Département milieux et environnement, BP 64501F-34394, Montpellier cedex 5, France

2 DGRE- CRDA, Commissariat régional pour le développement agricole, El-Hajjem, 3100 Kairouan, Tunisie

**Résumé** — Le bassin du Merguellil en Tunisie centrale a été retenu par le gouvernement comme zone pilote pour une étude de gestion intégrée de l'eau en milieu semi-aride. Le programme MERGUSIE (MERguellil : Ressources, Gestion et USages Intégrés de l'Eau) a été conçu pour réaliser cette étude. Ce programme de recherche-développement répond d'une part à un souci stratégique de traiter le problème de l'eau par une action simultanée sur l'offre et la demande, et d'autre part d'analyser en profondeur un bassin opposant une partie amont où se constituent les ressources en eau et avec peu d'usages hors des forages pour l'eau potable, à une plaine aval, à l'ouest de Kairouan, fortement agricole et pratiquant des productions irriguées à partir d'une nappe dont le niveau baisse d'année en année. Le lien entre ces deux zones se fait par le barrage d'El Haouareb, dont la retenue recharge la nappe à l'aval. Une première phase, de 1998 à 2001, a permis d'acquérir des connaissances sur la zone d'étude. La thèse de S. Feuillette (2001) a notamment montré la dynamique de multiplication des puits et d'extension des surfaces irriguées dans la plaine de Kairouan. Durant la seconde phase du programme, une typologie des exploitations agricoles dans le bassin amont a été réalisée (Albouchi, 2006) et les divers modes de conduite des cultures de pastèque et de piment dans la plaine aval ont été analysés (Champion, 2003) : il a été montré que l'irrigation ne concerne actuellement qu'une très faible minorité d'exploitations à l'amont du barrage, alors qu'on observe à l'aval une généralisation du goutte à goutte sur les cultures maraîchères et l'arboriculture. Nous avons donc choisi de mesurer l'impact de la généralisation de cette technique d'irrigation économe en eau sur l'évolution de la demande agricole en eau et sa valorisation. Pour réaliser cette évaluation nous avons mis en œuvre les méthodes proposées par Le Grusse et al. (2006) qui se fondent sur l'agrégation des activités des exploitations agricoles à l'échelle régionale en utilisant une typologie des exploitations et de leurs activités de production. Nous avons proposé au CRDA de Kairouan d'actualiser la typologie réalisée par Feuillette (2001) pour (i) vérifier les hypothèses d'évolution proposées à cette époque, (ii) évaluer la nouvelle demande agricole en eau et sa valorisation à l'aval du barrage, et (iii) réfléchir aux possibles évolutions futures.

## Description du site et méthodes mises en œuvre

### Représentation des activités agricoles à l'échelle d'un territoire

Un territoire rassemble un ensemble d'exploitations agricoles exerçant chacune un panel d'activités de productions animales ou végétales. L'ensemble des activités agricoles sur ce territoire peut être représenté par la somme pondérée d'exploitations agricoles types, où les pondérations correspondent aux effectifs d'exploitations dans chaque type. Une exploitation agricole peut être représentée par la

somme pondérée d'ateliers de production types, où les pondérations correspondent aux tailles de ces ateliers. Un atelier de production consomme des *inputs* en certaines quantités unitaires, notamment de l'eau pour l'irrigation, et produit des *outputs* avec un certain rendement. *Inputs* et *outputs* peuvent avoir des prix, ce qui permet de calculer la marge brute dégagée à l'échelle de chaque atelier, de chaque exploitation, et de l'ensemble du territoire.

Cette représentation ne tient pas compte des interactions éventuelles entre exploitations (l'entraide, les échanges de parcelles...) et entre ateliers de production (les liens entre production fourragère et alimentation du troupeau par exemple). Ces interactions, quand elles existent, devront donc être prises en compte à l'extérieur du modèle.

La décomposition des activités à l'échelle de l'exploitation est essentielle puisque c'est là que, d'une part, l'agriculteur choisit son assolement et la taille de son troupeau et, d'autre part, les résultats économiques des activités permettent ou non de subvenir aux besoins des familles.

## **Inventaire des exploitations et première classification**

Le premier travail consiste à recenser toutes les exploitations présentes sur le territoire. Nous avons appliqué la méthode utilisée par Feuillette (2001). Nous avons subdivisé la zone à l'aval du barrage d'El Haouareb en 7 secteurs (figure 1), chacun correspondant à un *imada* (ou un sous ensemble d'*imada*) : Abida, Chebika, El Karma, Hammad, Sidi Ali Ben Salem et partiellement Houfia et Ouled Khalfallah qui sont à cheval sur la plaine et le bassin amont du Merguellil. Ces secteurs sont des subdivisions utilisées par le CRDA. Cela permettra donc de croiser les résultats obtenus par notre représentation avec les données disponibles au CRDA.

L'inventaire des exploitations en 1999 et en 2005 a été effectué avec l'aide du *Omda* (représentant de l'Etat) dans chaque secteur. Ce dernier nous a fourni pour chaque exploitation, le nom de l'exploitant, la taille de son exploitation et l'orientation de sa production au travers une note (absence, un peu, beaucoup) pour chacune des 5 principales activités de productions : exploitation d'oliviers, céréaliculture, maraîchage, arboriculture fruitière et élevage. Maraîchage et arboriculture nécessitent l'irrigation ; les trois autres activités peuvent être conduites en pluvial.

Une classification automatique a été réalisée sur la base d'une analyse des correspondances multiples (Celeux et Diday, 1989) effectuée sur les 5 variables donnant l'orientation de la production de l'exploitation. La surface de l'exploitation n'a pas été prise en compte dans les analyses statistiques ; elle a été prise en considération pour éventuellement subdiviser les classes présentant une forte variation de surface intra-classe.

Nous avons réalisé cette classification sur le recensement des exploitations réalisé en 2005, ainsi que sur celui réalisé par Feuillette en 1999 afin de mesurer l'évolution.

## **Typologie des exploitations et des ateliers de production**

Des enquêtes ont été réalisées sur un échantillon d'exploitations dans chaque classe. Cet échantillon, correspondant environ à 10 % de l'effectif de chaque classe (le taux de sondage a été plus faible dans les classes regroupant les exploitations pluviales), a été tiré au hasard.

Les enquêtes ont concerné toutes les activités de production de l'exploitation : taille de l'activité en surface ou en effectif, consommations, notamment en eau d'irrigation et en travail avec leur répartition dans l'année, productions dégagées et prix de vente. Les puits ou forages utilisés ainsi que les matériels disponibles ont également été recensés.

Ces enquêtes ont permis de dégager les divers modes de conduite des principales cultures et de construire ainsi une typologie des ateliers de productions végétales. Les exploitations ont alors été représentées sur la base des tailles, relativement à la surface totale, allouées à ces ateliers de production végétale types et du nombre d'ovins par hectare.

Une classification automatique a été réalisée après une analyse en composante principale effectuée sur ces variables décrivant les tailles, rapportées à la surface totale, des diverses activités de production. La surface de l'exploitation a été introduite ensuite pour subdiviser les types.



**Figure 1.** Zone d'étude à l'aval du barrage d'El Haouareb.

Cette typologie a été réalisée sur les 150 enquêtes effectuées en 2005. Nous l'avons également réalisée sur les 285 enquêtes effectuées par Feuillette en 1999 afin de pouvoir mesurer l'évolution. Malheureusement, les enquêtes réalisées en 1999 étant concentrées sur les cultures irriguées, il n'a pas été possible de caractériser complètement les systèmes de production cette année là. Par ailleurs, les ateliers de productions types en 1999 ont été construits sur la base de fiches techniques du CRDA et d'enquêtes réalisées dans quelques périmètres irrigués publics ou privés ; ils ont été caractérisés de manière plus grossière qu'en 2005.

Le recensement et cette typologie des exploitations et des ateliers de production nous ont permis de construire une représentation des activités agricoles pour chacun des 7 secteurs de la zone en aval du barrage. Cette typologie d'exploitations et d'ateliers de production a été discutée avec les personnels du CRDA et les assolements à l'échelle de chaque secteur en 1999 et 2005 ainsi que les consommations et productions associées ont été confrontés aux chiffres disponibles et discutés avec les personnels du CRDA.

## Scénarios d'évolutions

A partir de la typologie et de la reconstitution du système de production à l'échelle de la plaine en 2005, nous avons cherché à tester les conséquences de modifications de prix ou de techniques culturales. Pour réaliser ces tests, nous avons utilisé un logiciel conçu par l'INRA (Attonaty *et al.*, 2004).

Pour tenter de réduire les prélèvements, l'instrument classique employé par les pouvoirs publics est la mise en place d'une tarification (Montginoul, 1997). Ici, la plupart des prélèvements sont effectués par des pompages privés ; il est donc difficilement envisageable de mettre en place cet instrument (sauf électrification de toutes les pompes et mise en place d'un tarif spécial pour la consommation électrique). Nous avons néanmoins testé l'impact d'une hausse du coût de l'eau liée à la mise en place d'une telle tarification, sur la marge brute dégagée à l'échelle de l'ensemble de la zone et à celle de chaque type d'exploitation. Deux scénarii ont été testés : un doublement du coût de l'eau avec préservation d'une subvention à 50 % pour les céréales irriguées et avec suppression de cette subvention.

Un second type de scénario a été testé : une baisse générale des prix des produits maraîchers d'été (pastèque, melon, tomate et piment) afin de diminuer l'attrait des agriculteurs pour ces cultures fortement consommatrice d'eau. Deux scénarii ont été testés : une baisse générale des prix de 10 % et de 20 %.

## Résultats et discussion

### Evolution globale des exploitations

En 1999, la zone aval comptait 2 106 exploitations occupant près de 17 000 ha ; 6 ans après, ces chiffres ont peu évolué (tableau I). On remarque néanmoins une légère augmentation d'environ 6 % du nombre d'exploitations pour moins de 2 % d'augmentation de la surface cultivée. Les classifications réalisées sur chacun des 2 inventaires montrent en revanche une évolution sensible des exploitations (tableaux IIa et IIb). Cette évolution se traduit par une extension de l'irrigation dans les exploitations ne pratiquant à l'origine que des cultures pluviales.

**Tableau I.** Inventaire des exploitations en 1999 et 2005 dans les 7 secteurs.

Secteur	1999		2005	
	Effectif	Surface (ha)	Effectif	Surface (ha)
Abida	270	2 723	296	2 505
Chebika	394	1 932	400	1 927
El Karma	268	2 821	262	2 881
Hammad	375	2 605	427	2 806
Houfia	177	2 424	190	2 501
Ouled Khalfallah	325	1 504	383	1 526
Sidi Ali Ben Salem	297	2 747	272	2 935
Total	2 106	16 756	2 230	17 081

**Tableau II.** Classification des exploitations en 1999 et en 2005 ; caractères dominants de chaque classe, effectif et surface des exploitations en % du total.

	Classe	Caractérisation de la classe	Effectif (% total)	Surface (% total)
1999	A1	Céréales dominantes sans oliviers ni arboriculture ou « sans culture »	12,2	5,5
	A2	Absence de céréales, un peu d'oliviers et d'élevage	13,6	6,3
	A3	Céréales et oliviers dominants	38,5	35,8
	A4	Elevage ovin important avec oliviers et céréales	5,8	12,1
	A5	Polyculture, oliviers et élevage	18,8	20,1
	A6	Maraîchage dominant avec un peu d'olivier et de céréales	7,3	12,0
	A7	Arboriculture dominante	3,9	8,2
2005	B1	Absence de céréales, un peu d'oliviers	15,3	5,2
	B2	Absence de maraîchage, un peu de céréales et d'oliviers	21,6	18,9
	B3	Céréales et oliviers dominants avec un peu d'élevage ovin	10,1	12,9
	B4	Elevage ovin important avec oliviers et céréales	9,0	9,1
	B5	Un peu de céréales, de maraîchage et d'oliviers	24,9	27,0
	B6	Absence d'oliviers et d'arboriculture, céréales et maraîchage	10,2	8,5
	B7	Maraîchage dominant, avec un peu de céréales	6,5	11,7
	B8	Arboriculture dominante	2,3	6,7

En 1999, l'analyse permet de distinguer 7 classes d'exploitations : les quatre premières regroupent les exploitations orientées plutôt sur les cultures pluviales associées à l'élevage ovin et rassemblent plus de 70 % des exploitations sur 60 % de la surface totale, les trois suivantes pratiquent des cultures irriguées –

présence de maraîchage ou d'arboriculture fruitière associée à la céréaliculture. Les classes A6 et A7, spécialisées respectivement en maraîchage et arboriculture qui sont des activités fortement consommatrices d'eau, rassemblent 11 % des exploitations sur 20 % de la surface. Les exploitations spécialisées sur les cultures irriguées sont donc aussi les exploitations les plus grandes.

En 2005, l'analyse permet de distinguer 8 classes d'exploitations, dont les quatre premières, orientées vers les cultures pluviales et l'élevage, ne rassemblent plus que 56 % des exploitations sur 46 % de la surface totale. On retrouve les deux classes où dominent le maraîchage ou l'arboriculture fruitière, qui regroupent 9 % des exploitations sur 18 % de la surface. Ainsi, entre 1999 et 2005, l'extension de l'irrigation semble concerner environ 14 % des exploitations recensées en 1999 comme orientées sur des activités pluviales, et cultivant 14 % de la surface totale de la zone.

## Evolution du système de production dans la plaine de Kairouan

Les typologies d'exploitation réalisées en 1999 et 2005 permettent de reconstituer le système de production dans la plaine à l'aval du barrage d'El Haouareb.

La typologie réalisée en 1999 donne une image de systèmes de production beaucoup moins « pluviaux » que celle qui est fournie par la classification issue de l'inventaire. On distingue en effet 8 types d'exploitations (tableau III). Seuls les deux premiers types, qui ne rassemblent que 15 % des individus, regroupent les exploitations ne pratiquant que des cultures strictement pluviales ; ils se distinguent par l'importance du troupeau ovin. Les trois suivants (16 % des exploitations) conservent une part importante de cultures strictement pluviales ; ils se distinguent par l'importance relative des céréales, du maraîchage et des cultures pluviales. Le type IV représente 40 % des exploitations ; l'olivier, pour partie cultivé en intercalaire, couvre plus de la moitié de la surface. Les deux derniers types, qui représentent un peu moins de 30 % des exploitations, sont spécialisés en maraîchage et arboriculture. Néanmoins, la majorité des plantations d'arbres fruitiers sont encore jeunes et ne sont pas encore entrées en production. C'est pourquoi elles apparaissent si faiblement dans l'inventaire réalisé. L'immense majorité des exploitations apparaît donc avoir accès à l'irrigation et dans près de 30% des exploitations, l'assolement est dominé par des cultures strictement irriguées, maraîchage ou arboriculture.

**Tableau III.** Effectifs (en % de l'effectif total d'exploitations) et caractéristiques des 8 exploitations types en 1999 : surface moyenne (en hectares), nombre de brebis par hectare, proportions des cultures (en % de la surface) strictement pluviales et pouvant être irriguées (maraîchage, céréales, oliviers et arboriculture fruitière).

Type		Effectif	Surface (ha)	Objet : v. ins / ha	Cultures strictement pluviales	Céréales	maraîchage age total	Maraîchage age d'été	Oliviers	Arbres fruitiers
I a	cultures pluviales	5 %	7,56	0	100 %					
I b	élevage et cultures pluviales	10 %	7,09	2,4	100 %					
II	cultures pluviales, céréales et maraîchage	8 %	7,59	0,5	52 %	22 %	25 %	11 %		
III a	maraîchage, céréales et cultures pluviales	2 %	7,73	3,8	34 %	21 %	67 %	35 %	7 %	4 %
III b	maraîchage et cultures pluviales	6 %	8,28	0,3	33 %	4 %	91 %	53 %	5 %	
IV	oliviers et maraîchage	40 %	6,5	0,4	5 %	16 %	30 %	16 %	53 %	
V	oliviers, arboriculture et maraîchage	12 %	7,46	0,9	0 %	14 %	21 %	14 %	30 %	35 %
VI	maraîchage et céréales	17 %	4,21	1,1	0 %	24 %	73 %	24 %	3 %	

N.B. : le total des proportions peut être supérieur à 100 % : les plantations d'oliviers et d'arbres fruitiers peuvent être cultivées en intercalaire avec le maraîchage ou les céréales, et deux cycles de cultures maraîchères peuvent se succéder la même année sur la même surface.

Sur la base de cette typologie et des effectifs d'exploitations dans chaque type calculé à l'aide de l'inventaire, nous avons reconstitué l'assolement des cultures irriguées (non systématiquement pour les céréales et l'olivier) sur l'ensemble des 7 secteurs à l'aval du barrage en 1999 (tableau IV). Les cultures pluviales et la jachère occupent environ 6 500 ha et les cultures irriguées couvrent environ 8 500 ha, dont 4 000 ha de maraîchage et 3 000 ha de céréales. A partir des consommations en eau d'irrigation par hectare estimée pour chaque culture, nous avons calculé les volumes consommés pour chaque culture à

l'échelle de l'ensemble de la zone. Au total, l'irrigation des cultures en 1999 atteignait 32 millions de m<sup>3</sup>. Cette estimation ne tient pas compte des pertes de transport le long des réseaux d'irrigation. En supposant que les pertes d'eau depuis le pompage dans la nappe jusqu'aux parcelles soient de l'ordre de 20 % à 30 %, on peut estimer que le volume total d'eau prélevé annuellement s'élevait en 1999 à près de 45 millions de m<sup>3</sup>.

Selon ces estimations, l'irrigation des cultures maraîchères représente plus de 60 % de la consommation totale. A l'époque, ces cultures sont irriguées principalement en gravitaire (Koukou-Tchamba, 2000). Le développement de l'irrigation au goutte-à-goutte depuis 1999, facilité par les subventions de l'Etat (Noury *et al.*, 2007) concerne le maraîchage et l'arboriculture fruitière, ainsi que les nouvelles plantations d'oliviers. Cette technique d'irrigation localisée permettant a priori une réduction des pertes dans la parcelle et dans la distribution, on pourrait s'attendre à une réduction des consommations en eau en 2005. Néanmoins, les travaux de Feuillet (2001) et de Atala (2002) ont montré que le passage au goutte-à-goutte permettait non seulement une réduction du travail mais aussi une augmentation des rendements et des marges des cultures maraîchères. Economie d'eau, combinée à économie de travail et accroissement de revenu permettent alors d'investir dans de nouveaux matériels et d'étendre les surfaces irriguées.

**Tableau IV.** Surfaces (ha) occupées par les cultures irriguées dans les 7 secteurs à l'aval du barrage d'El Haouareb en 1999 et estimation des volumes d'eau consommés pour l'irrigation par chaque culture.

	Abida (ha)	Chebika (ha)	Hammad (ha)	Houffia (ha)	El Karma (ha)	Ouled Khalif Allah (ha)	Sidi Ali Ben Salem (ha)	Total (ha)	Eau d'irrigation consommé (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
cultures pluviales et jachère	852	1 050	857	749	676	1 235	1 004	6 422	
céréales	314	628	715	159	421	356	404	2 996	5,99
oliviers	110	219	175	55	113	144	92	908	1,82
intercalaires	139	453	463	87	272	289	204	1 907	1,91
arbres fruit.	166	164	28	55	56	99	54	469	2,34
intercalaires	41	40	7	13	13	25	13	152	0,46
pastèque-melon	254	342	402	109	296	203	265	1 872	11,23
piment-tomate	109	125	151	50	125	72	111	743	5,20
autre culture maraîchère	47	50	48	21	43	32	38	278	1,39
fève et maraîchage d'hiver	92	143	194	47	134	83	118	811	2,03
									32,37

En 2005, la classification automatique réalisée sur l'échantillon de 150 exploitations a permis de distinguer également 8 types d'exploitations, subdivisés en 18 sous-types selon la taille de l'exploitation (tableau V). Près de 80 % des exploitations pratiquent des cultures irriguées. Les trois premiers types rassemblent les exploitations où les cultures pluviales dominent et où l'élevage ovin est important : l'olivier domine dans le type I, les céréales dominent dans le type II, et le type III ne cultive quasiment pas de céréales. Les 5 autres types d'exploitation ont un assolement majoritairement irrigué. Le type IV cultive majoritairement de l'olivier avec du maraîchage et des céréales intercalaires ; il correspond aux petites exploitations familiales reconverties vers l'irrigation. Le type V rassemble les exploitations spécialisées en maraîchage, le type VI rassemble les céréaliculteurs (qui possèdent également un troupeau ovin important), le type VII rassemble les oléiculteurs en irrigués et le type VIII les arboriculteurs. Ces 8 grands types ont ensuite été subdivisés en 18 sous-types selon la taille de l'exploitation l'importance relative des différentes cultures.

Les modes de conduite des différentes cultures (ou ateliers de production végétale) ont également été caractérisés en évaluant pour chacun les consommations et productions unitaires. On a ainsi distingué 4 grands types d'ateliers de production pour les cultures pluviales : oliviers, oliviers et amandiers, blé et orge. Pour les cultures irriguées, nous avons distingué 24 grands types d'ateliers de production, dont

13 pour les principales cultures maraîchères (pastèque, melon, tomate et piment) et 3 pour l'arboriculture (abricotier-pêcher, pommier, oranger) qui sont les cultures les plus consommatrices d'eau d'irrigation. Les cultures intercalaires (olivier-céréales et olivier-maraîchage) sont définies comme combinaison de la culture annuelle pure (pondérée à 2/3 des consommations et productions) avec une culture dénommée « olivier intercalaire », pluviale (équivalente à l'olivier pluvial) ou irriguée (équivalente à une culture pure irriguée d'olivier à huile ayant une densité de 100 arbres par hectare).

**Tableau V.** Caractéristiques des exploitations types en 2005: surface, surface cultivée et irriguée, nombre de brebis et assolements pluvial et irrigué.

type	sous type	effectif	surface totale (ha)	surface cultivée (% total)	surface irriguée (% cultivé)	brebis (nb/ha)	pluvial (% cultivé)				irrigué (% cultivé)							
							olivier	olivier-amandier	olivier-céréales	céréales	olivier	olivier-amandier	olivier-céréales	olivier-maraîchage	olivier-arboriculture	céréales	maraîchage	fève et maraîchage d'hiver
I	a	7,6%	4,1	80	0	1,7	69	13	5	13								
	b	7,2%	7,5	100	33	2	45			20	5		20				5	
II	a	3,6%	9,7	90	0	2,5	10	27	5	58								
	b	2,2%	13,5	70	35	2	5			60	15		6		2	10	1	
III	a	5,6%	3,6	100	0	4,5		50	50									
	b	4,3%	11	70	0	2,6	17	34	41	8								
IV		6,7%	10,1	90	80	1,2	5	5	5	5			30	21		8	12	5
V	a	9,8%	3,5	90	100	0,4											90	10
	b	3,7%	13,4	90	91	0,4				9	14					8	65	4
	c	0,2%	61,7	60	100	0											100	
VI	a	16,4%	4,1	100	92	2,6				8	8		7		40	22	15	
	b	9,5%	13,4	100	80	1,1	4	1		15	7		4	5	33	17	9	
	c	0,4%	33,3	80	75	0,9				25					40	20	7	3
VII	a	14,1%	3,8	100	100	1,3				40			30			10	15	
	b	5,1%	13,6	90	100	0,5				65			7		8	5	4	8
VIII	a	1,6%	5,2	100	100	0,3							16	33	3	3	4	35
	b	1,7%	15,5	80	100	0,2				15			15	30		10		30
	c	0,3%	66,3	90	100	0				16	8					33		43

La quasi-totalité des cultures maraîchères est dorénavant irriguée au goutte-à-goutte. Pour la pastèque et le melon, les ateliers de production se distinguent selon la précocité de la récolte que les agriculteurs recherchent pour commercialiser leur production au meilleur prix. Cette précocité influe sur les techniques de culture et le niveau de rendement : depuis la culture sous tunnel avec paillage et plants hybrides permettant des rendements élevés (mais avec des coûts également très élevés), jusqu'à la culture « de saison » avec des semis directs de semences standards et des rendements beaucoup plus faibles. Pour le piment et la tomate, c'est également la saison de culture (et de récolte) ainsi que les techniques de cultures qui distinguent les divers ateliers.

Pour les céréales, irriguées principalement par aspersion, on a distingué les cultures irriguées de façon systématique (5 irrigations en moyenne), de celles irriguées de façon « complémentaire » (3 irrigations en moyenne).

L'olivier à huile, de densité inférieure ou égale à 200 arbres par hectare, est le plus souvent irrigué de façon gravitaire : l'eau est amené au niveau d'un petit bassin délimité sous chaque arbre. Mais les nouvelles plantations, notamment d'oliviers de table, ont des densités plus fortes et dispose d'irrigation au goutte-à-goutte. L'olivier à huile cultivé en intercalaire avec des cultures annuelles, notamment maraîchères, a une densité inférieure ou égale à 100 arbres par hectare ; il profite de l'eau d'irrigation apportée sur la culture annuelle.



L'arboriculture, représentée principalement par les plantations de pommiers et poiriers, de pêchers et d'abricotiers, et d'orangers, est majoritairement irriguée au goutte-à-goutte. Quelques grandes plantations d'amandiers, en culture pure, ont également été observées.

Le tableau VI fournit les caractéristiques des principaux ateliers de production. Les cultures pluviales dégagent de très faibles marges. La marge du blé est en moyenne très faible et souvent négative du fait de l'absence de récolte de grains en cas de sécheresse. Néanmoins, la paille et les chaumes produits permettent d'alimenter le bétail ; la paille peut aussi être vendue (1,500 DT/botte) et les chaumes loués comme parcours. A l'autre extrême, la marge dégagée par la pastèque et le melon est en moyenne la plus forte, mais aussi très variable à cause notamment du prix de vente. Ce prix varie en effet de 300 DT/tonne pour les premières pastèques arrivant sur le marché, à 50 DT/tonne en pleine saison de production. Certains agriculteurs recherchent donc à récolter les premiers au risque d'augmenter fortement les coûts de production. Avec des coûts de production élevés, une faible variation du prix de vente se traduit par une forte variation de marge dégagée. Les ateliers gourmands en eau d'irrigation (maraîchage et arboriculture) sont également gourmands en travail, non pour l'irrigation du fait du goutte-à-goutte, mais pour l'entretien et la récolte des cultures. Le coût de la main-d'œuvre étant peu élevé, le travail est réalisé manuellement (Albouchi, 2006).

**Tableau VI.** Coût, produits brut et marge brute, prix de vente, consommations unitaires en eau et en main-d'œuvre, rendement et externalités des principaux atelier de production observés en 2005.

		Pluvial		Irrigué					
		Blé	Olivier	Blé	Olivier	Fève	Pastèque	Piment	Pommier
Charges variables (DT)	min	200	200	340	750	1 200	2 500	2 500	1 500
	max			540	850	1 400	6 000	4 000	2 000
eau d'irrigation (m3)	min			1 500	1 800	2 200	3 500	3 000	6 000
	max			3 000	2 500	2 700	5 500	4 500	7 000
Main-d'œuvre (j)		10	25	20	60	125	125	190	190
Rendement (t)	min	0	0,6	2	1,7	10	20	10	4
	max	1	1,2	4	2,5	14	50	25	8
Prix (DT/t)	min	250	700	250	700	200	50	200	500
	max	300	900	300	900	250	300	500	600
Produit brut (DT)	min	0	500	500	1 300	2 200	2 000	3 000	3 000
	max	250	900	1 000	2 000	2 800	15 000	6 500	4 500
Externalités		paille chaumes	Bois feuilles	Paille chaumes	Bois feuilles	résidus			
Marge brute (DT)	min	-200	300	150	500	1 000	- 1 000	500	1 500
	max	50	700	500	1 200	1 500	9 000	2 500	2 500

Sur la base de ces typologies, nous avons reconstitué le système de production à l'aval du barrage et sa répartition dans les 7 secteurs (tableau VII). Les cultures pluviales et la jachère couvrent environ 4 600 ha, dont près de la moitié sont situés dans les secteurs de Hammad et Houffia, et les terres en jachère couvrent 1 450 ha, dont le quart dans le secteur de Houffia. Au total, cultures pluviales et jachère ont régressé d'environ 500 ha par rapport à 1999. Les cultures irriguées occupent près de 11 000 ha. Abida et Chebika sont les secteurs dont la proportion de surface cultivée consacrée aux cultures irriguées est la plus forte. Les plantations d'oliviers et d'arbres fruitiers irriguées couvrent environ 5 000 ha, dont 30 % sont situés dans le seul secteur d'Abida. L'accroissement de 1 500 ha par rapport à 1999 correspond essentiellement à des plantations d'oliviers avec des cultures irriguées intercalaires. Le maraîchage d'été (pastèque, melon, tomate et piment) occupe environ 4 000 ha, soit environ 1 000 ha de plus qu'en 1999, et concerne principalement les secteurs de Chebika, Abida et Sidi Ali Ben Salem. Enfin, on observe une forte régression des céréales irriguées qui n'occupent qu'environ 2 000 ha, soit environ 1 000 ha de moins qu'en 1999.

**Tableau VII.** Surfaces cultivées, productions et consommations totales à l'aval du barrage, et répartition dans les 7 secteurs de la plaine de Kairouan.

	Total plaine	Abida	Chebik <sup>a</sup>	El Karma	Hamm ad	Houffia	Ouled Khalf Allah	Sidi Ali Ben Salem	
Surface cultivée (ha)	17 081	14,7 %	11,3 %	16,9 %	16,4 %	14,6 %	8,9 %	17,2 %	
jachère	1 452	13,8 %	5,6 %	13,7 %	17,1 %	25,0 %	7,3 %	17,5 %	
pluvial	olivier et amandier (ha)	2 161	9,8 %	7,3 %	10,3 %	24,5 %	24,1 %	11,2 %	12,8 %
	olivier intercalaire (ha)	660	2,6 %	1,4 %	5,0 %	26,7 %	42,0 %	10,3 %	12,0 %
	céréales (ha)	2 266	13,2 %	8,2 %	15,4 %	21,7 %	22,3 %	6,6 %	12,7 %
	total (ha)	4 647	11,1 %	7,4 %	12,5 %	23,2 %	24,0 %	8,9 %	12,7 %
irrigué	olivier et amandier (ha)	2 195	30,6 %	17,8 %	10,8 %	10,5 %	3,9 %	11,0 %	15,4 %
	olivier intercalaire (ha)	2 479	24,2 %	17,2 %	17,5 %	12,4 %	2,2 %	9,2 %	17,4 %
	céréales (ha)	2 232	23,8 %	18,8 %	16,9 %	13,2 %	2,7 %	9,8 %	14,7 %
	melon-pastèque (ha)	2 445	19,0 %	19,8 %	14,3 %	13,0 %	2,8 %	14,6 %	16,5 %
	piment-tomate (ha)	1 587	22,5 %	15,1 %	15,2 %	10,0 %	4,7 %	9,6 %	23,0 %
	fève et mar. d'hiver (ha)	933	18,5 %	22,5 %	14,0 %	13,6 %	2,2 %	16,9 %	12,3 %
	arboriculture (ha)	670	38,9 %	7,3 %	13,6 %	7,1 %	5,4 %	4,1 %	23,7 %
total (ha)	10 888	24,4 %	17,8 %	14,4 %	11,7 %	3,3 %	11,3 %	17,0 %	
consommations	Eau d'irrigation (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	36,8	23,9 %	17,2 %	14,5 %	11,5 %	3,5 %	11,2 %	18,2 %
	maraiçage (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	20,7	19,9 %	18,1 %	14,4 %	11,9 %	3,6 %	13,0 %	19,0 %
	céréales (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	5,2	23,6 %	19,2 %	16,9 %	13,3 %	2,7 %	10,1 %	14,4 %
	plantations (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	11,0	31,4 %	14,4 %	13,4 %	9,9 %	3,9 %	8,5 %	18,4 %
	Main-d'œuvre (1000 j)	927,6	21,3 %	17,1 %	14,6 %	12,2 %	4,7 %	11,8 %	18,3 %
produits	Olives à huile (10 <sup>3</sup> t)	8,95	23,1 %	14,7 %	12,6 %	14,6 %	9,3 %	10,5 %	15,2 %
	Blé (10 <sup>3</sup> t)	6,75	22,3 %	18,0 %	16,8 %	14,3 %	4,7 %	9,6 %	14,3 %
	Pastèque (10 <sup>3</sup> t)	44,69	20,8 %	18,8 %	14,5 %	12,3 %	3,1 %	13,4 %	17,1 %
	Melon (10 <sup>3</sup> t)	28,50	17,8 %	20,2 %	14,0 %	13,1 %	3,0 %	15,0 %	16,9 %
	Tomate (10 <sup>3</sup> t)	37,52	21,8 %	7,3 %	13,1 %	5,2 %	10,0 %	4,0 %	38,6 %
	Piment (10 <sup>3</sup> t)	16,56	22,8 %	18,3 %	16,3 %	12,0 %	2,5 %	11,5 %	16,5 %
	Marge brute (10 <sup>6</sup> DT)	18,01	22,5 %	16,7 %	13,8 %	12,5 %	5,4 %	11,6 %	17,5 %

Par rapport à la situation de 1999, on observe donc une extension des surfaces irriguées, qui s'effectue aux dépens des cultures pluviales par la mise en place de cultures irriguées entre les plantations d'oliviers, et une réduction de la place accordée aux céréales irriguées au profit du maraiçage d'été.

Cette extension du maraiçage se traduit par une augmentation de la consommation d'eau pour l'irrigation d'environ 5 millions de m<sup>3</sup>, soit 15 % de la consommation estimée en 1999. Cette relativement faible augmentation est liée à la généralisation du goutte-à-goutte, qui permet de plus une meilleure efficacité de transport. On peut donc au total estimer que ; malgré la forte extension des surfaces consacrées au maraiçage d'été, les prélèvements sont restés stables ou n'ont augmenté que légèrement du fait de la généralisation du goutte-à-goutte sur les cultures maraiçères.

Au plan économique, le système de production végétale de la plaine de Kairouan permet de dégager 18 millions de Dinars et nécessite plus de 900 000 journées de travail.

### Impacts de l'évolution du coût de l'eau ou des prix des produits

Si le coût moyen de l'eau, qui s'élève actuellement à environ 0,07 DT/m<sup>3</sup>, augmentait de 50 % (avec conservation d'une subvention de 50 % pour l'irrigation des céréales), la marge globale dégagée à l'échelle de la zone aval ne baisserait que de 6,7 % par rapport à son niveau actuel. A l'échelle des exploitations irriguées, cette hausse du coût de l'eau provoque une baisse de marge variant de 5 % à 13 % (Tableau VIII). Les

exploitations les plus touchées sont de type VIII-a, VIII-b et V-a, où le coût de l'irrigation représente 23 % à 27 % de la marge brute. Les exploitations de type V-a, qui représentent près de 10 % des agriculteurs, correspondent à de très petites exploitations (3,5 ha en moyenne) spécialisées en maraîchage d'été ; les deux autres types, qui représentent environ 3 % de la population, sont des exploitations de taille plus importante, mêlant oliviers, arboriculture et maraîchage. Les quelques « grandes exploitations » spécialisées en maraîchage et arboriculture fruitière (les types V-c et VIII-c) accusent une baisse de marge inférieure à 10 %, alors que les exploitations céréalières (type VI), qui représentent plus du quart de la population, voient leurs marges baisser de 5 % à 7 %. Cette variabilité d'impact sur les exploitations est liée à une baisse hétérogène des marges unitaires des cultures irriguées : la marge du blé irrigué par exemple baisse de 8 %, celle de la pastèque de saison, que pratiquent les petites exploitations, chute de 20 %, et celle de la pastèque primeur sous tunnel, que pratiquent les grandes exploitations, de seulement 3 %. Au total, une forte augmentation du coût de l'eau a donc un faible impact sur les revenus des exploitations. On peut donc douter de l'effet de cette hausse sur la demande en eau à l'échelle de l'ensemble de la zone.

Une autre solution pour inciter à réduire la demande en eau est de diminuer l'attraction des producteurs pour les cultures fortement consommatrices. Une baisse générale de 20 % des prix de la pastèque et du melon a pour conséquence une baisse de 16,6 % de la marge dégagée sur l'ensemble de la plaine aval. Comme pour la hausse du coût de l'eau, les conséquences sur les revenus des exploitations ne sont pas homogènes (tableau VIII) : la baisse de marge varie de 0 à 30 %. Les exploitations les moins touchées sont de types VII-b, VIII-a, VIII-b, dont la baisse est inférieure ou égale à 5 % ; ces exploitations représentent moins de 10 % de la population. La baisse de marge est comprise entre 15 et 20 % pour 40 % des exploitations, et atteint 30 % dans les petites exploitations spécialisées en maraîchage d'été (type V-a) qui regroupent 10 % de la population.

L'hypothèse d'une baisse de prix de 20 % est tout à fait envisageable. L'engouement des producteurs pour ces cultures est dû aux possibilités de fortes marges dégagées. Néanmoins, les coûts de productions des cultures de pastèque et de melon étant très élevés, une légère baisse de prix se traduit par une forte chute de marge. Les exploitations qui sont spécialisées sur ces cultures prennent donc des risques importants. Les prix de la pastèque et du melon sont fortement liés aux volumes disponibles sur le marché. La production actuelle de la plaine de Kairouan est déjà très importante ; les surfaces cultivées ne vont sans doute plus augmenter fortement au risque de voir une surproduction et une chute des prix. On peut donc s'attendre à une stagnation des surfaces cultivées et de la demande en eau d'irrigation pour ces cultures.

**Tableau VIII.** Impact d'une hausse du coût de l'eau ou d'une baisse de prix des pastèques et du melon sur la marge dégagée à l'échelle de la plaine aval et de chaque type d'exploitation irriguée, effectif d'exploitation (en % de l'effectif total), consommation d'eau pour l'irrigation et coût de l'irrigation (en % de la marge dégagée) dans chaque type.

	Marge actuelle calculée (1000 DT)	effectif (% total)	consom- mation d'eau (1000 m <sup>3</sup> )	Baisse due à la hausse du coût de l'eau / marge	Baisse due à la baisse
Global	1 714			6,7 %	14 %
I-b	6,5	7,2 %	10,1	5,4 %	18,7 %
II-b	5,1	2,2 %	10,2	6,6 %	20,9 %
IV	10,2	6,7 %	23,0	6,5 %	15,4 %
V-a	4,5	9,8 %	14,8	11,0 %	29,4 %
V-b	20,0	3,7 %	44,6	7,5 %	24,8 %
V-c	80,6	0,2 %	21,1	9,2 %	26,9 %
VI-a	5,3	16,4 %	10,9	4,9 %	23,9 %
VI-b	14,9	9,5 %	31,9	5,7 %	17,5 %
VI-c	20,9	0,4 %	60,3	7,2 %	14,4 %
VII-a	6,2	14,1 %	11,4	5,6 %	17,3 %
VII-b	14,8	5,1 %	38,4	9,2 %	4,6 %
VIII-a	6,3	1,6 %	23,9	12,9 %	5,0 %
VIII-b	18,7	1,7 %	54,1	11,7 %	0,0 %
VIII-c	118,7	0,3 %	247,2	8,8 %	19,3 %

## Conclusion

Les typologies d'exploitation et d'activité de production réalisées en 1999 et 2005 ont permis de reconstituer le système de production dans la plaine de Kairouan, son évolution, ainsi que les demandes en eau pour l'irrigation.

Entre 1999 et 2005 la plaine de Kairouan a connu un développement de l'irrigation avec une généralisation de l'irrigation au goutte à goutte. Cette généralisation est liée en grande partie aux incitations de l'Etat qui encourage les investissements dans des matériels économes en eau, mais aussi aux initiatives des agriculteurs qui considèrent l'irrigation comme un investissement rentable (Noury *et al.*, 2007). La technique d'irrigation au goutte à goutte permet non seulement des économies d'eau à l'échelle de la parcelle, mais aussi des économies de main-d'œuvre pour irriguer les cultures, et une augmentation des rendements due à la fertigation (Champion, 2004). Ainsi, les économies d'eau et de travail réalisées à l'échelle de l'exploitation, conjuguées à l'accroissement de marges dû aux rendements plus importants, permettent d'investir dans de nouveaux matériels et d'accroître ainsi les surfaces (Feuillette, 2001). Ce développement de l'irrigation qui s'est traduit par une extension des cultures maraîchères, cultivées notamment en intercalaire dans les plantations anciennes d'oliviers, dépend des cultures pluviales et des céréales irriguées. Grâce à la généralisation du goutte-à-goutte, l'accroissement de la demande en eau est relativement faible : nous l'avons estimé à environ 10 % de la demande en eau calculée en 1999. La généralisation du goutte-a-goutte n'a donc pas réduit la pression sur la nappe de Kairouan qui reste surexploitée.

Comment freiner cette surexploitation ? La mise en place d'un tarif ou d'une taxe sur les prélèvements réalisés par les puits et forages privés peut poser de nombreux problèmes, et de plus, l'impact d'une hausse du coût de l'eau sur les revenus des exploitations apparaissant très faible, on peut douter d'un changement de comportement des irrigants. Par contre, une faible variation de prix des produits maraîchers provoque de fortes chutes de revenus. On est donc tenté de faire l'hypothèse d'une régulation des surfaces irriguées et de la demande en eau par le marché des produits agricoles. L'actualisation continue de la base de données constituée pour faire nos évaluations permettrait de vérifier cette hypothèse. Il suffirait pour cela de réaliser le suivi d'un échantillon d'exploitations correspondant aux différents types identifiés.

## Remerciements

Remerciements aux agriculteurs de la plaine de Kairouan et aux personnels du CRDA de Kairouan qui nous ont aidé dans ce travail, et à Patrick Le Goulven pour ses commentaires et corrections.

## Références bibliographiques

ALBOUCHI L., 2006. Gestion de l'eau en Tunisie : d'une politique de mobilisation à une politique de réallocation de la ressource selon sa valorisation économique. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier 1.

ATALLAH K., 2002. Modèle de simulation régional agricole et aide à la décision pour une gestion stratégique de la demande en eau. Cas de la plaine de Kairouan en Tunisie. Mémoire de master of science, CIHEAM-IAMM.

ATTONATY J.M., LE BARS M., ALLAYA M., Le GRUSSE P., 2004. Olympe, manuel d'utilisation. CIHEAM-IAM, Montpellier.

CHAMPION J., 2003. Typologie des systèmes de culture et gestion de l'eau dans un bassin versant: application à la culture de la pastèque dans la plaine de Kairouan (Tunisie centrale) Mémoire d'ingénieur ESA Purpan.

CELEUX G., DIDAY E., 1989. Classification automatique des données ; environnement statistique et informatique. Bordas (Ed.), Paris, 285 p.

DRIDI B., 2000. Impact des aménagements sur les ressources en eau de surface du bassin du Merguellil en amont d'El Haouareb - Thèse de doctorat de l'Université de Strasbourg,

FAYSSÉ N., 2001. La répartition d'une eau insuffisante et incertaine : impact des outils de gestion et du niveau de décision sur les stratégies individuelles et collectives face au risque. Application sur le bassin de l'Adour en France et dans le Kairouannais en Tunisie - Thèse Paris X.

FEUILLETTE S., 2001. Vers une gestion de la demande en eau en accès libre : exploration des interactions entre ressource et usages par les systèmes Multi-Agent. Application à la nappe de Kairouan – Thèse de doctorat de l'université de Montpellier II.

KOUKOU-TCHAMBA A., 2000. Analyse des Choix des Techniques d'Irrigation. Cas de Melalsa (Gouvernorat de Kairouan). Projet de fin d'études d'Ingénieur, INAT, 103 p.

KEFI M., FAYSSÉ N., Le GOULVEN P., BACHTA M.S., 2003. Comportement des irrigants face à des changements d'accès à l'eau dans les périmètres irrigués de la plaine de Kairouan. In : Gestion intégrée de l'eau au sein d'un bassin versant : actes de l'atelier du PCSI, 2-3 décembre 2003, Montpellier, 12 p.

LARDILLEUX S., 2000. Fonctionnement de périmètres irrigués à différents stades d'évolution en Tunisie centrale. Analyse des irrigations par modélisation du bilan hydrique. Mémoire d'ingénieur de l'ENGEES, ENGEES / IRD, 84 p.

Le GRUSSE Ph., BELHOUCLETTE H., Le BARS M., CARMONA G., ATTONATY J.M. 2006. Participative modelling to help collective decision - making in water allocation and nitrogen pollution. Application to the case of the Aveyron-Lère Basin, *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, vol. 5 (2/3): 247-271.

MONTGINOUL, 1997. Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation : des instruments, de l'information et des acteurs. Thèse de Doctorat, Université Montpellier I, 269 p.

NOURY H., ALBOUCHI L., POUSSIN J.C., 2007. Dynamique des investissements agricoles dans le gouvernorat de Kairouan (Tunisie). Programme MERGUSIE, IRD/INAT, 16 p.