

Valorisation de l'eau souterraine par les cultures fourragères dans le périmètre irrigué du Tadla, Maroc

A. Hammani, A. El Masri, A. Bouaziz, Marcel Kuper

► **To cite this version:**

A. Hammani, A. El Masri, A. Bouaziz, Marcel Kuper. Valorisation de l'eau souterraine par les cultures fourragères dans le périmètre irrigué du Tadla, Maroc. T. Hartani, A. Douaoui, M. Kuper. Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb, May 2008, Mostaganem, Algérie. Cirad, 10 p., 2009, Colloque-CD-rom. <cirad-00386165>

HAL Id: cirad-00386165

<http://hal.cirad.fr/cirad-00386165>

Submitted on 20 May 2009

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.

Valorisation de l'eau souterraine par les cultures fourragères dans le périmètre irrigué du Tadla, Maroc

Hammani A.*, El Masri A.*, Bouaziz A.*, Kuper M.**

*Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202 Instituts, 10101-Rabat, Maroc. Email : a.hammani@iav.ac.ma

**Umr G-Eau - Cirad, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France. kuper@cirad.fr

Résumé — Après la libéralisation des assolements, les superficies emblavées en luzerne dans le périmètre irrigué du Tadla ont connu une nette augmentation. Elles sont passées de 12 000 ha en 1990 à 24 000 ha en 2006 alors que les dotations en eau de surface de la luzerne à l'échelle du périmètre n'ont connu aucune évolution significative. Pour satisfaire ces nouveaux besoins en eau, les agriculteurs ont eu recours à l'eau souterraine. En effet, l'augmentation de la sole fourragère est fortement corrélée au nombre de puits et forages dans le périmètre. Ce recours aux ressources en eau souterraines constitue un choix stratégique des exploitations agricoles familiales pour la valorisation de l'eau au sein de la filière laitière. Les objectifs de ce travail sont d'évaluer le coût et les apports d'eau aux cultures fourragères notamment la luzerne, le bersim et le maïs en vue de comprendre comment ces dernières valorisent les différentes ressources en eau à l'échelle des exploitations agricoles familiales. Cette étude a été menée durant la campagne 2006-2007 chez cinq agriculteurs pratiquant les cultures fourragères. Le suivi des exploitations a été réalisé sous forme d'entretiens, d'enquêtes, de suivis de parcelles, d'élaboration de planning d'irrigation et de mesures de débits de pompage. Le coût du m³ pompé varie de 0,4 à 0,54 Dirhams. Les volumes d'eau apportés à la luzerne, au maïs fourrager et au bersim ont été en moyenne respectivement de 16 750, 4 956 et 5 700 m³/ha. Les efficacités agronomiques de valorisation de l'eau d'irrigation sont en moyenne respectivement de 2,2, 6,0 et 5,2 kg MV/m³ pour la luzerne, le maïs fourrager et le bersim ; ce qui correspond à environ 0,6, 1,9 et 0,8 kg MS/m³ d'eau. Il est suggéré d'approfondir l'étude sur un plus grand nombre d'exploitations et de réaliser des recherches plus fines sur les techniques d'économie d'eau pour les différentes cultures tout en étudiant la possibilité de reconvertir une partie des luzernières en maïs fourrager et en bersim.

Avec la disponibilité d'une nappe phréatique ayant d'importantes potentialités et suite à la libéralisation des assolements, les agriculteurs du périmètre irrigué de Tadla ont recours de plus en plus aux ressources en eau souterraine pour l'irrigation. L'eau souterraine leur offre plus de flexibilité pour diversifier leurs assolements et intensifier la conduite de leurs cultures et leur procure plus de liberté dans la gestion du temps comparativement à l'eau de surface.

A l'heure actuelle, le périmètre irrigué du Tadla compte plus que 8 500 puits et forages (Hammani *et al.*, 2007). Les prélèvements de l'eau de la nappe à travers ces ouvrages sont de plus en plus importants et se traduisent ces dernières années par une diminution continue du niveau de la nappe rendant son accessibilité de plus en plus difficile. En effet, le rabattement excessif de la nappe phréatique a poussé certains agriculteurs à approfondir leur ouvrage atteignant parfois la nappe captive profonde de l'éocène. La question de la durabilité des eaux souterraines se pose donc avec acuité.

Selon Hammani *et al.*, (2007), depuis le début des années 1990, le nombre de puits et forages est fortement corrélé aux surfaces cultivées en fourrages, notamment la luzerne (Figure 1).

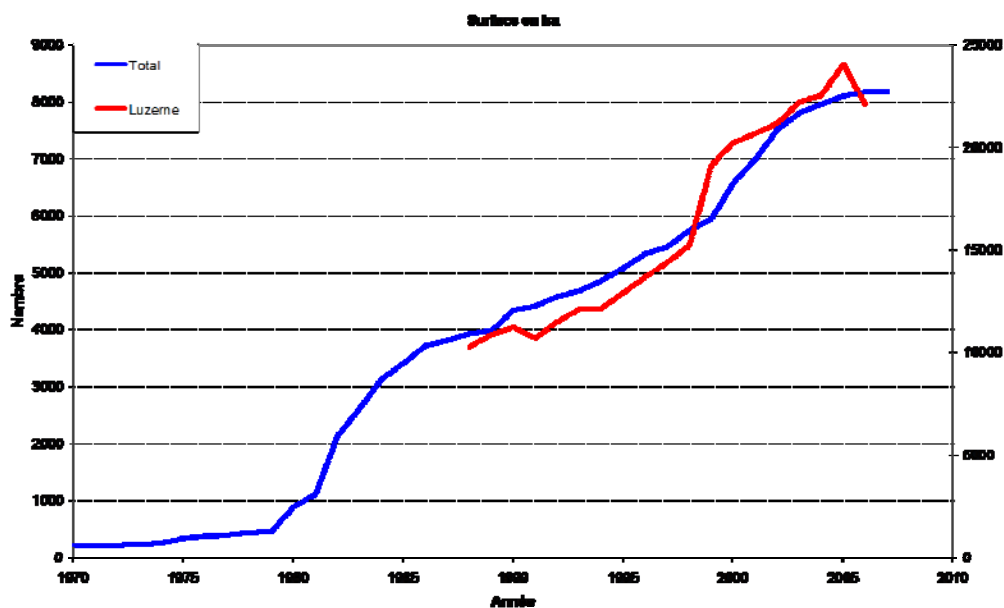


Figure 1. Evolution comparée du nombre de puits et forage et de la surface cultivée en fourrages.

Le périmètre du Tadla compte 17 000 exploitations d'élevage pour la plupart familiales, cultivant des cultures fourragères sur 25 % de la superficie du périmètre. Cette configuration fait du Tadla un contributeur important à la production marocaine de lait et de viande (respectivement 18 et 11 % du total national). Le périmètre de Tadla produit 175 millions de litres de lait, dont 114 millions sont collectés par la laiterie d'un groupe industriel implanté localement (Le Gal *et al.*, 2007).

L'évolution croissante de la superficie des cultures fourragères dans le Tadla (6,6 % entre la campagne agricole 2003-2004 et la campagne agricole 2004-2005) s'explique principalement par la disponibilité de l'eau souterraine. Or, la plus grande valeur de la production laitière est obtenue dans les exploitations utilisant le plus l'eau souterraine.

Valorisation de l'eau par les cultures fourragères : synthèse bibliographique

Cas de la luzerne

La luzerne (*Medicago sativa* L.) fait partie de la famille des légumineuses, sous-famille des papilionoïdées tribu des trifoliées et du genre *Medicago*. Selon Villax (1963), la luzerne est une espèce bien adaptée aux conditions climatiques du Maroc, puisqu'elle résiste bien à la sécheresse et peut produire dès que la pluviométrie dépasse 400 mm/an. Son cycle de production annuel en irrigué est de 8 mois et peut aller parfois jusqu'à 11 mois.

Actuellement, la luzerne est le principal fourrage irrigué au Maroc. Cette espèce est cultivée sur environ 80 500 ha, ce qui représente 22,7 % des superficies emblavées en cultures fourragères en irrigué (MADRPM, 2005). Cette culture est pratiquée dans tous les périmètres irrigués du pays sauf dans le Gharb et le Loukkos en raison de l'engorgement des sols en hiver. La luzerne est un fourrage à haut potentiel de production. Le rendement moyen au Maroc est environ de 58 TMV¹/ha dans les zones des ORMVA et de 40 TMV/ha dans les zones des DPA. (Birouk *et al.*, 1997).

En raison de son système racinaire, la luzerne résiste bien à la sécheresse. Mais la culture a des besoins en eau élevés. En Espagne, l'eau consommée par la luzerne est d'environ 11 000 m³/ha/an (Faci, 1984). Il faut donc 800 à 1 000 grammes d'eau pour produire 1 gramme de matière sèche de luzerne (Birouk *et al.*, 1997). Pour une bonne production fourragère, le volume de chaque irrigation varie de 70 à 120 mm. La périodicité des irrigations est de 30 jours, mais peut diminuer à 15 jours durant les grandes chaleurs (Villax, 1963).

¹ TMV= tonne de matière verte.

Cas du maïs fourrager

Le maïs (*Zea mays* L.) est une espèce diploïde appartenant à la famille des graminées, sous famille des panicoïdeae et la tribu des Maydeae. Cependant, dû à sa température de germination, le maïs est semé à la fin de la saison hivernale pluvieuse lorsque la température du sol est supérieure à 11°C. Le cycle de la culture se situe ainsi vers des périodes où les pluies deviennent de plus en plus rares ce qui met en exergue l'importance de l'irrigation pour cette culture (Chénaï et Le Gal, 1995). Au Maroc, le semis du maïs est possible à partir de février dans les Doukkala et le Sous-Massa, ailleurs à partir de la fin mars ou début avril (Baya, 1997).

Les besoins en eau du maïs sont peu élevés puisque son coefficient d'évaporation est l'un des plus faibles c'est une des cultures les moins conductrices ou échangeuses d'eau (Robelin, 1983). Ils varient en fonction de la précocité, de la demande climatique, de la variété, du calendrier de l'irrigation et du stade de récolte. Selon Karam *et al.* (2002), les fortes consommations en eau correspondent à la période allant de la floraison au début de la formation des grains.

Pour produire du maïs ensilage, le type d'irrigation le mieux adapté est l'aspersion. L'arrêt de l'irrigation se fait au stade laitieux, lorsque la croissance du grain arrive à terme et lorsque la teneur en matière sèche de la plante entière atteint 20 % (Mahmouz, 1999). Au Maroc, une dose de 50 à 80 mm/ha par irrigation suffit généralement pour l'irrigation du maïs. La fréquence d'irrigation en été est de 10 jours sur sols argileux et tous les 5 à 7 jours pour les sols sableux (Baya, 1994).

Présentation des exploitations agricoles suivies

Un suivi de cinq exploitations agricoles contenant 12 parcelles fourragères a été réalisé entre décembre 2006 et mai 2007. Les informations collectées concernent la campagne agricole 2005-2006. Les exploitations ont été visitées plusieurs fois, chacune sur une période d'un mois en moyenne. Pour bien refléter les logiques de production fourragère existantes à l'échelle du périmètre, cinq exploitations ont été choisies selon les critères suivants :

- les ressources en eau : (i) 2 exploitations qui utilisent uniquement l'eau de surface avec 2 agriculteurs et (ii) 3 exploitations qui utilisent d'une façon conjointe l'eau de surface et l'eau souterraine avec 3 agriculteurs ;
- la structure foncière : le choix s'est porté sur des exploitations de petite ou moyenne taille pour refléter la structure foncière au niveau du périmètre, dominée largement par ce type d'exploitation ;
- le mode de faire valoir : comme dans l'ensemble du périmètre, le mode de faire valoir direct occupe la première place, c'est ce genre d'exploitation qui a été choisi pour le suivi ;
- l'atelier de production laitière : les exploitations choisies présentent une orientation vers la spécialisation en lait d'où la proportion importante de surface cultivée en cultures fourragères par rapport la superficie agricole utile.

Des fiches d'enquêtes des exploitations ont été initialement conçues sous forme de guide d'entretien. Par la suite, les fiches ont été adaptées pour répondre au contexte des exploitations agricoles du Tadla. La parcelle constitue l'unité de base faisant l'objet des enquêtes et des suivis.

La fiche enquête est composée de plusieurs parties organisées de la manière suivante :

- identification des exploitations : matricule, CDA, SAU, plan parcellaire, ... ;
- description du dispositif de pompage : type de l'ouvrage (puits, forage, puits-forage), caractéristiques de la motopompe et de l'abri de pompage ;
- calendrier des irrigations par parcelle fourragère : nombre d'irrigations effectuées et leur date, les ressources en eau utilisées (eau de surface ou eau souterraine), la durée de chaque irrigation, la quantité de gasoil consommé ;
- itinéraire technique pour chaque parcelle : travail de sol, semence, fertilisation, traitement phytosanitaire, nombre de coupes, rendements... ;
- les revenus et la production agricole.

En complément aux enquêtes parcelles et auprès des agriculteurs, des mesures de débit² des stations de pompage ont été réalisées par empotement.

Les caractéristiques des exploitations enquêtées sont résumées dans le tableau I.

² Comptage au chronomètre du temps nécessaire au remplissage d'un fût plastique de volume connu (200 litres).

Tableau I. Caractéristiques des exploitations enquêtées.

	E1	E2	E3	E4	E5
SAU (ha)	4.7	9	6.75	6.6	5
Luzerne (ha)	1.4	3	2.5	2.4	1.8
Maïs (ha)	-	1	1	0.6	-
Bersim (ha)	-	1	0.5	0.5	0.6
Céréales	3.3	3	1.6	3	-
Autres	-	-	1.15	-	2.16
Ouvrage de captage	-	-	Puits	Puits-Forage	Forage
Profondeur (m)	-	-	15	42	116

Consommation en eau des cultures fourragères

Les besoins en eau théorique des différentes cultures fourragères ont été estimés à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀ selon Penman) fourni par les stations météorologique de l'ORMVAT³ et les coefficients culturaux (K_c) obtenus à partir de la littérature.

Pour déterminer les consommations en eau, il était nécessaire d'établir les calendriers d'irrigation pour chaque parcelle aussi bien pour l'eau de surface que l'eau souterraine. Le calendrier d'irrigation par les eaux de surface a été obtenu à partir des volumes facturés à travers les programmes des tours d'eau et selon les déclarations des agriculteurs. Cependant, Il est difficile d'évaluer d'une manière exacte les volumes pompés par les agriculteurs durant toute une campagne sans une présence permanente dans l'exploitation. Mais puisque les agriculteurs utilisent souvent l'eau de la nappe comme complément à l'eau de surface, soit en mode mixte ou alterné, les dates des différents tours d'eau ont permis à l'agriculteur de se souvenir des irrigations par pompage ainsi que de la durée de fonctionnement du dispositif motopompe.

Consommation en eau de la luzerne

La consommation en eau de la luzerne comparée à son ETM est représentée sur la figure 2 et dans le tableau II. Les agriculteurs qui utilisent l'eau souterraine (E3, E4 et E5) couvrent les besoins théoriques en eau de la luzerne pendant toutes les périodes de l'année. Alors que les agriculteurs n'ayant pas accès à l'eau souterraine n'arrivent pas à les couvrir sur certains mois de l'année. Cette situation peut mettre la plante en condition de stress hydrique et par conséquent avoir un effet négatif sur le rendement. Il faut noter que les pluies qui sont de l'ordre de 3 142 m³/ha n'ont pas été comptabilisées. C'est le cas également des pertes engendrées par la technique d'irrigation gravitaire de la *robt*.

Tableau II. Consommation en eau de la luzerne.

	E1	E2	E3	E4	E5
Réseau (m ³ /ha)	12852	13068	10692	8633	10390
Nappe (m ³ /ha)	-	-	6976	8314	12824
Total (m ³ /ha)	12 852	13 068	17 668	16 947	23 214

³ ORMVAT : Office régional de mise en valeur agricole du Tadla.

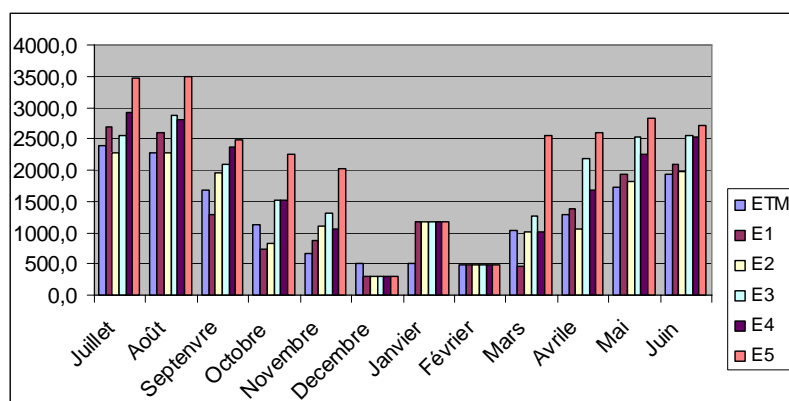


Figure 2. Volume total d'eau reçu par un ha de la luzerne comparé à l'ETM de la luzerne.

Ces résultats rappellent ceux de Zemzam (2003) qui a trouvé de grands écarts dans les doses d'irrigation appliquées à la luzerne par les différents agriculteurs. Selon Zemzam, les agriculteurs ne disposant pas de l'eau souterraine n'arrivent pas à irriguer suffisamment fournissent en moyenne 8 750 m³/ha alors que ceux qui utilisent les deux ressources appliquent en moyenne un volume de 18 350 m³/ha. Ce volume peut arriver à environ de 25 000 m³/ha chez certains agriculteurs.

Consommation en eau du maïs fourrager

Les consommations en eau du maïs sont largement inférieures à celles de la luzerne (tableau III). Par ailleurs, il est à noter que dans les trois exploitations pratiquant le maïs, les volumes d'eau d'irrigation apportés dépassent les besoins de la culture pendant les deux premiers mois de son installation (Figure 3). A la fin du cycle, les agriculteurs appliquent des volumes qui couvrent à peine les besoins de la plante. Cela témoigne de la mauvaise maîtrise par les agriculteurs de la planification de l'irrigation du maïs.

Tableau III. Consommation en eau du maïs fourrager.

	E2	E3	E4
Réseau (m ³ /ha)	4536	3348	2700
Nappe (m ³ /ha)	-	1530	2754
Total (m ³ /ha)	4536	4878	5454

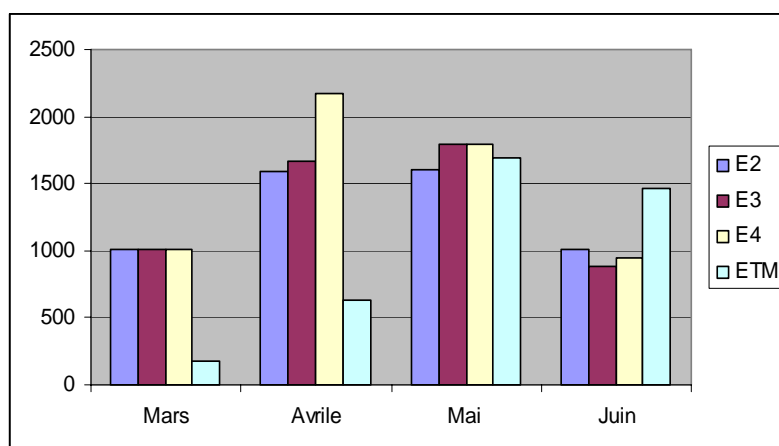


Figure 3. Volume total d'eau reçu par un hectare de maïs comparé à l'ETM du maïs.

Consommation en eau du bersim

Les besoins en eau du bersim sont loin d'être satisfaits dans l'exploitation 2 tandis que les agriculteurs utilisant l'eau souterraine appliquent des volumes d'eau largement supérieurs aux besoins théoriques du bersim (Tableau et figure 4). La contribution de l'eau souterraine est très importante et peut arriver à 60 %.

Les agriculteurs n'ayant pas accès à l'eau souterraine hésitent à pratiquer le bersim surtout que son installation se fait en octobre généralement avant que le démarrage de la saison des pluies.

Tableau IV. Consommation en eau du bersim.

	E2	E3	E4
Réseau (m3/ha)	3456	2808	1836
Nappe (m3/ha)	-	4834	4174
Total (m3/ha)	3456	7642	6010

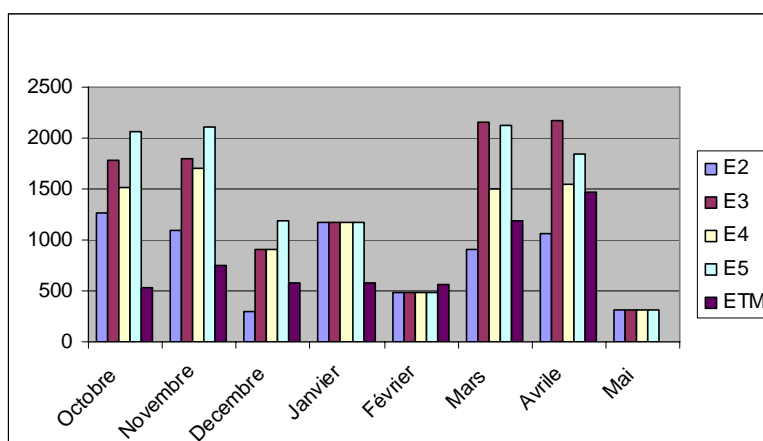


Figure 4. Volume total d'eau apporté/ha de bersim comparé à l'ETM.

L'agriculteur 1 après avoir semé le bersim au début du mois d'octobre a dû le sacrifier en fin décembre après avoir jugé son rendement trop faible à cause d'un mauvais choix des semences qu'il a achetées localement au souk. La parcelle a été emblavée en maïs en mars.

Valorisation de l'eau souterraine par les cultures fourragères

Le coût du m³ pompé

Le coût total de pompage est composé du coût fixe et du coût variable (ou coût de l'énergie). Les coûts fixes de pompage comportent l'amortissement de l'investissement initial et la maintenance. L'amortissement de la station de pompage se compose de plusieurs éléments dont les durées de vie sont différentes. Elles sont égales à 10 ans pour le groupe motopompe, à 15 ans pour l'abri et 25 ans pour le forage. La maintenance comprend l'entretien des pièces de rechange du moteur ou de la pompe, les frais de réparation et de vidange.

Les coûts variables sont estimés sur la base de la formule suivante :

$$C_v = C' \cdot \frac{P}{Q}$$

Où :

- C' : la consommation de gasoil par le moteur en l/h ;
- P : le prix de gasoil qui est pris égale à 7,55 Dhs/l ;
- Q : le débit de la motopompe en m³/h.

Les coûts du m³ pompé sont synthétisés dans le tableau V pour les trois exploitations ayant accès à l'eau souterraine.

Tableau V. Coûts d'un m³ d'eau pompé pour les trois exploitations ayant accès à la nappe.

	E3	E4	E5	Moyenne
Annuités en Dhs	4850,00	3208,00	4573,00	4210,33
Maintenances en Dhs	1800,00	1500,00	1200,00	1350,00
Cf total en Dhs	6650,00	4708,00	5773,00	5710,33
V pompé en m ³	25100,00	29794,00	10900,00	28598,00
Coût fixe en Dh/m ³	0,26	0,16	0,19	0,20
Consommation en (l/h)	2,25	2,00	3,75	2,67
Débit en m ³ /h	61,20	61,20	90,00	70,80
Coût variable Dhs/m ³	0,28	0,25	0,31	0,28
Coût total en Dhs/m ³	0,54	0,40	0,50	0,48

Le coût total de pompage calculé est proche du coût trouvé par Zemzam (2003) qui varie entre 0,4 et 0,6 Dh/m³. En revanche, le coût calculé par Kwelde (2006) varie entre 0,49 et 0,94Dhs/m³ selon la puissance du moteur, l'investissement initial dans la station de pompage, la profondeur de l'ouvrage, la durée de fonctionnement de dispositif et le débit refoulé.

Valorisation de l'eau souterraine par les cultures fourragères

Les charges d'exploitation, les rendements, les prix de revient et les revenus nets des cultures fourragères sont synthétisés pour les cinq exploitations enquêtées sur le tableau VI.

Tableau VI. Valorisation de l'eau par les cultures fourragères.

		E1	E2	E3	E4	E5	Moyenne
Charge (Dhs/ha)	Luzerne	6050	6680	9410	9600	12740	8896
	Maïs	-	10500	12200	11800	-	11500
	Bersim	-	3080	6000	5800	6360	5310
Rendement (TMV/ha)	Luzerne	26	23	45	41	54	37,8
	Maïs	-	29,3	28	32	-	30,0
	Bersim	-	17	39	34	41	32,8
Prix de revient (Dhs/Kg)	Luzerne	0,23	0,29	0,21	0,23	0,24	0,24
	Maïs	-	0,36	0,44	0,37	-	0,39
	Bersim	-	0,18	0,15	0,17	0,16	0,17
Revenu net (Dhs/ha)	Luzerne	2 015	440	4 540	3110	4 000	2 821
	Maïs	-	10 021	7 390	10 600	-	9 337
	Bersim	-	1 000	3 355	2 360	3 480	2 549

La moyenne des charges d'un hectare de luzerne est de 8 896 Dhs/ha et varie de 6 050 Dhs/ha dans les exploitations n'ayant pas accès à l'eau souterraine à 12 740 Dhs/ha pour les agriculteurs ayant l'accès à la nappe. La charge la plus prépondérante dans la production de la luzerne est celle de l'eau d'irrigation qui varie entre 47 % et 70 %. Lorsqu'elle existe l'eau souterraine peut augmenter significativement les charges.

Les agriculteurs ayant accès à l'eau souterraine ont des rendements beaucoup plus importants et dégagent des profits supérieurs à ceux n'ayant pas d'accès à l'eau souterraine, ce qui justifie leur recours au pompage et les encourage à pomper davantage. Le rendement moyen de luzerne chez les agriculteurs qui pratiquent le pompage est de 46,5 TMV/ha. Alors que ce rendement est de l'ordre de 24,5 TMV/ha chez les agriculteurs qui irriguent à partir de l'eau du réseau seulement.

Parmi les charges liées au maïs fourrager, celles des intrants et des différents travaux mécaniques sont les plus importantes. Quant aux charges d'irrigation, elles ne dépassent pas les 15 %. Les rendements d'un hectare de maïs ne semblent pas être influencés par l'utilisation de l'eau souterraine du fait que les rendements chez les exploitations E2, E3 et E4 sont très proches.

Les rendements ainsi que les profits dégagés par un hectare de bersim sont nettement supérieurs chez les agriculteurs ayant accès à l'eau souterraine. Le bersim semble être la culture la moins rentable par rapport à la luzerne et au maïs fourrager.

La réponse à l'eau des trois cultures montre que pour une même quantité de matière sèche (environ 10 tonnes/ha), la luzerne consomme presque trois fois plus d'eau. Par ailleurs, pour une même quantité d'eau apportée donnée d'environ 5 000 m³/ha, le maïs produirait, entre 9 et 10 tonnes de matière sèche/ha alors que le bersim n'en produirait qu'environ 4 TMS/ha. Cela s'expliquerait par les traits agrophysiologiques des différentes cultures. Le maïs est une culture d'origine tropicale de type C4, dont l'efficacité photosynthétique est plus élevée surtout pour les gammes de température estivale. Le bersim et la luzerne perdent plus d'eau par évaporation directe du sol au début de chaque cycle après la coupe avant d'aboutir à un indice foliaire qui couvre totalement le sol (Bouaziz et Belabbès, 2002). Ces pertes sont plus importantes pour la luzerne dont les coupes continuent même en été où l'ET₀ est beaucoup plus élevé (environ 7 à 8 mm/jour comparé à 1 à 2 mm/jour en hiver).

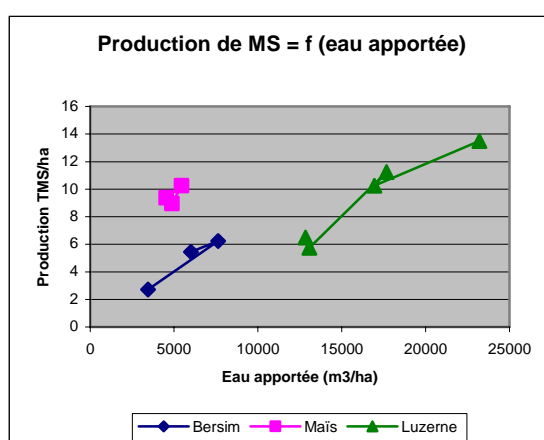


Figure 2. Réponse des trois cultures aux apports d'eau.

Les efficacités productives de l'eau sont en moyenne de 0,16, 1,89 et 0,37 DH/m³ respectivement pour la luzerne, le maïs fourrager et le bersim. Une variabilité est constatée autour de cette moyenne au sein des exploitations agricoles (tableau VII). Dans le même sens, un Dirham d'eau investi dans l'eau rapporte un bénéfice de 0,40, 5,39 et 0,97 respectivement pour la luzerne, le maïs fourrager et le bersim.

Tableau VII. Comparaison agro économique des trois cultures.

	E1	E2	E3	E4	E5	Moyenne
Efficience productive de l'eau (DH/m ³)						
Luzerne	0,16	0,03	0,26	0,18	0,17	0,16
Maïs fourrager		2,21	1,51	1,94		1,89
Bersim		0,29	0,44	0,39		0,37
Coût de l'eau (DH/m ³)						
	0,26	0,26	0,54	0,4	0,5	
Bénéfice (DH/DH)						
Luzerne	0,60	0,13	0,48	0,46	0,34	0,40
Maïs fourrager		8,50	2,81	4,86		5,39
Bersim		1,11	0,81	0,98		0,97

Entre les trois cultures fourragères étudiées, le maïs semble être le plus rentable du fait que l'agriculteur peut dégager des profits plus importants en cultivant le maïs qu'en cultivant le bersim ou la luzerne. Les trois cultures ont cependant leur place puisqu'elles ne sont pas substituables les unes aux autres. Il faudrait cependant réduire les superficies des luzernières et les remplacer par davantage de maïs dans un équilibre à trouver par type d'exploitation.

Conclusion

Malgré le fait que la luzerne reçoive des volumes d'eau largement supérieurs au maïs et au bersim, les besoins en eau de la luzerne sont les plus difficiles à satisfaire. La luzerne est la culture la plus consommatrice d'eau et la moins efficiente économiquement. La pratique de la luzerne sur des surfaces importantes menace la durabilité des eaux souterraines du Tadla sans apporter des profits économiques importants pour les agriculteurs. Ce qui pose des questions quant à l'intérêt de continuer à pratiquer cette culture et ne pas la remplacer, au moins en partie, par d'autres spéculations moins consommatrices en eau et ayant une valeur ajoutée plus élevée. Cependant, les agriculteurs trouvent plusieurs avantages dans la luzerne :

- elle tolère à la sécheresse ;
- elle est facile à pratiquer du fait qu'elle est pérenne ;
- elle assure une plus grande disponibilité de fourrages pour l'élevage laitier.

Le maïs fourrager semble être la culture la plus efficiente économiquement et la plus économe en eau, ce qui explique son développement rapide ces dernières années notamment avec l'irrigation localisée. Toutefois, le maïs est plus sensible à la sécheresse ce qui fait que les agriculteurs hésitent à le pratiquer surtout ceux qui n'ont pas accès à l'eau de nappe. Pour cultiver le maïs, l'agriculteur doit investir une somme importante pendant une courte période (4 à 6 mois) ce qui suppose de disposer d'une certaine liquidité.

Concernant le bersim, le fait qu'il doit être installé avant que la saison des pluies ne commence fait que les agriculteurs n'ayant pas l'accès à l'eau souterraine hésitent à l'intégrer. Il faut noter que même pendant les années où la pluviométrie est acceptable, les agriculteurs n'ayant pas accès à l'eau souterraine n'arrivent pas à couvrir les besoins en eau du bersim.

L'écart de production ainsi que l'écart dans les profits entre les agriculteurs ayant accès à l'eau souterraine et les autres montrent clairement l'importance de l'investissement dans une station de pompage et justifie le recours des agriculteurs à l'eau souterraine malgré le coût du m³ d'eau pompé, qui peut être de 2 à 2,5 fois plus élevé que le coût du m³ d'eau du réseau.

Les résultats obtenus concernent, certes, un nombre restreint d'exploitations agricoles, mais ils posent avec acuité l'intérêt de s'orienter vers les cultures fourragères dans le périmètre de Tadla. Ils méritent, par conséquent, d'être confirmés sur un nombre plus large d'exploitations.

Ce travail ouvre des pistes de recherche à approfondir notamment concernant les possibilités de choix des modes d'irrigation, d'adaptabilité des différentes cultures (luzerne, maïs fourrager et bersim) et d'amélioration des techniques d'arrosage (gravitaire, localisé superficiel ou enterré) afin d'améliorer l'efficacité productive de l'eau à la parcelle.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables des périmètres irrigués de Tadla d'avoir contribué et facilité le travail de terrain et de collecte de données. Leurs remerciements vont également aux cinq agriculteurs qui ont accepté de subir le questionnaire et être d'accord pour son suivi pendant une toute une campagne agricole.

Références bibliographiques

BIROUK A., BOUIZGAREN A., BAYA B., 1997. Luzerne (*Medicago Sativa* L.). In Jaritz G. et Bounejmate M. (ed), Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc, p : 126-139 INRA, Rabat.

BAYA B. 1994. Culture du maïs fourrager en irrigué. Fiche technique des plantes fourragères, p. 17- 24. INRA, Rabat.

- BAYA B., 1997. Maïs fourrager (*Zea mays*). *In* Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc, Jaritz G et Bounejmate M. (éds), p. 244-253. INRA, Rabat.
- BOUAZIZ A., BELABBES K., 2002. Efficience productive de l'eau en irrigué au Maroc. *Hommes, Terre & Eaux*, 32 (124) : 57-72
- CHENAIS F., Le GALL A., 1995. Le point sur l'ensilage du maïs pour les vaches laitières. Institut d'élevage Paris.
- El MASRI A., 2007. Les cultures fourragères et l'eau souterraine dans le périmètre irrigué de Tadla: Valorisation des ressources en eau et durabilité de la nappe phréatique. Mémoire de 3^e cycle, Option Génie Rural, IAV Hassan II.
- FACI, J., (1984). Riegos. *In* : cultivo de la Alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro, Servicio de extensión Agraria (ed). MAPA, Madrid, Spain, p. 60-70.
- HAMMANI A., KUPER M., 2007, Caractérisation des pompages dans le périmètre irrigué de Tadla. Presented at SIRMA - Atelier scientifique et technique du projet Sirma, 4 au 7 juin 2007, Nabeul, Tunisie.
- KARAM F., BREIDY J., ROUPHAEL J., LAHOUD R., 2002. Stress hydrique, comportement physiologique et rendement du maïs hybride (cv. Manuel) au Liban. *Cahiers Agricultures*, 11 : 285-291.
- KWELDE, 2006. Suivi des exploitations agricoles de Tadla en vue de déterminer leurs performances dans l'utilisation des eaux souterraines ». Mémoire de 3^e cycle, Option Génie Rural, IAV Hassan II.
- Le GAL P.Y., KUPER M, MOULIN C.H., PUILLET L., SRAÏRI M.T., 2007. Dispositifs de coordination entre industriel, éleveurs et périmètre irrigué dans un bassin de collecte laitier au Maroc. *Cahiers Agricultures* 16 (4) : 265-271.
- MADPRM 2005. Bilan des cultures fourragères pour la campagne agricole 2004/2005. Direction de la production végétale. Rabat, Maroc.
- MAHMOUZ S., 1999. Etude technico-économique des chantiers de récolte de maïs dans le périmètre irrigué du Gharb : cas de M'Chraâ Belksiri. Mémoire de 3^e cycle option machinisme agricole. IAV Hassan II. Rabat, Maroc.
- ROBELIN M.n 1983. Fonctionnement hydrique et adaptation à la sécheresse *In* INRA, ed. physiologie du maïs. Colloque du maïs, p : 445-476.
- Villax E.J., 1963. La luzerne et les cultures fourragères irriguées au Maroc. (INRA), Rabat Maroc, p. 5-6.
- ZEMZAM S., 2003. Application d'un outil de simulation (Olympe) dans une perspective d'aide à la décision pour les stratégies d'utilisation conjuguées des eaux de surface et des eaux souterraines à l'échelle d'un tertiaire d'irrigation (Cas du Tadla) ». Mémoire de 3^e cycle, Option Génie rural, IAV Hassan II. 2003.