

Valorisation de l'eau d'irrigation par la production bovine laitière dans un périmètre de grande hydraulique au Maroc

Mohamed Taher Srairi¹
Imad Touzani¹
Marcel Kuper^{2,3}
Pierre-Yves Le Gal⁴

¹ Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Département des productions animales, BP 6202, Madinate Al Irfane, 10101 Rabat Maroc
<mt.srairi@iav.ac.ma>
<touzani.iav@hotmail.com>

² Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Département Territoires Environnement et Acteurs (Tera), TA C-85/15, 34398 Montpellier cedex 5
<marcel.kuper@cirad.fr>

³ Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Département du génie rural, BP 6202, Madinate Al Irfane, 10101 Rabat Maroc
<m.kuper@iav.ac.ma>

⁴ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Unité mixte de recherche (UMR) « Innovation », TA C-85/15, 34398 Montpellier cedex 5
<le_gal@cirad.fr>

Résumé

La valorisation des ressources hydriques en lait est au cœur de la réflexion sur la compétitivité et la pérennité des élevages bovins en zone aride irriguée. À travers les exemples concrets de six exploitations agricoles dans le périmètre irrigué du Tadla (Centre-Est du Maroc), les auteurs déterminent les efficacités de conversion de l'eau en fourrages, puis des fourrages en lait. Au final, il faut en moyenne 1,5 m³ d'eau (de 1,2 à 1,8 m³) pour produire 1 kg de lait. Les goulots d'étranglement des fonctions de production pour la conversion de l'eau en lait en passant par le poste des fourrages ont été identifiés, tout comme sont déterminées leurs conséquences sur la rentabilité des élevages. Au plan économique, 1 m³ d'eau utilisé en production laitière génère une marge économique moyenne de 0,15 DH (environ 1,4 centime d'euro puisque 11 DH = 1 euro). Cette valeur est très variable, de situations négatives (- 0,45 DH) à d'autres positives (0,60 DH).

Mots clés : Maroc ; performance laitière ; périmètre irrigué ; production fourragère ; ressource en eau.

Thèmes : eau ; productions animales.

Abstract

Irrigation water productivity through dairy cattle production in a large scale Moroccan irrigation scheme

The conversion of water resources into milk is of main importance to the sustainability of cattle farms in irrigated schemes located in arid zones. From the example of six farms in the Tadla region (East centre of Morocco), the authors have determined the amounts of water needed to produce fodder and the amounts of feed needed to obtain milk. There is, on average, a need of 1.5 cubic meters of water (from 1.2 to 1.8) per kg of milk. The main constraints to water conversion into milk *via* fodder have been identified and their consequences on farm profitability characterised. At an economic level, 1 cubic meter of water used in dairy production through irrigated forage generates an average margin of 0,15 DH (about 1,4 cent of a euro as 11 DH = 1 euro). This value is highly variable, from negative (- 0.45 DH) to positive results (0.60 DH).

Key words: dairy performance; forage production; irrigation schemes; Morocco; water resources.

Subjects: animal productions; water.

L'eau c'est la vie, le lait c'est l'âme
Proverbe touareg

L'eau et ses utilisations constituent un enjeu stratégique majeur pour un pays aride comme le Maroc, où le climat se caractérise par d'important-

tes variabilités inter- et intra-annuelles (Durant-Dastès et Mutin, 1995). Avec moins de 1 000 m³ d'eau *per capita* et par an, l'essor économique du pays pourrait être compromis par la rareté de cette ressource (Al Weshah, 2002). De nombreux chantiers concernant l'économie

de l'eau sont à mener, surtout dans les zones irriguées où les rythmes actuels de consommation mettent en péril sa disponibilité durable (Puigdefàbregas et Mendizabal, 1998). Avec plus de 85 % des volumes utilisés, l'agriculture est le secteur prioritaire pour intervenir à ce niveau (Agoumi et Debbarh, 2005).

Les terres irriguées (15 % de la surface agricole utile, SAU) permettent de sécuriser l'approvisionnement en lait face aux aléas climatiques : 50 % des volumes en proviennent (Sraïri et Ilham, 2000). Plus globalement, elles contribuent à près de 75 % des exportations de produits agricoles (El Gueddari, 2005). Toutefois, la valorisation effective des ressources hydriques par l'élevage bovin en lait et en viande y demeure inconnue, du fait d'étapes de transformations complexes allant de l'eau aux fourrages, puis des fourrages aux produits animaux (Le Gal *et al.*, 2007a). Cette chaîne de fonctions de production nécessite des analyses croisant différentes disciplines telles que l'hydraulique, l'agronomie, la zootechnie et l'économie. De plus, ces estimations de la valorisation de l'eau par les productions bovines se heurtent à la multiplicité des exploitations dans les périmètres irrigués et à la diversité de leurs objectifs stratégiques (Le Gal, 2006). Les conséquences sur la rentabilité des élevages en sont d'autant plus variables. Cet article est basé sur une étude conduite dans le périmètre irrigué du Tadla, qui couvre 100 000 hectares dans le Sud-Est du Maroc. Il vise à caractériser les effets des choix stratégiques des exploitations agricoles sur l'efficacité de conversion de l'eau, dans la diversité de ses origines (pluies, nappes et réseau), en lait, dans un contexte où la production de viande est essentiellement assurée par des aliments (le plus souvent des concentrés) achetés à l'extérieur de l'exploitation.

Matériel et méthode

L'étude a été réalisée sur une campagne agricole, du 1^{er} juillet 2005 au 30 juin 2006. Six exploitations ont été choisies parmi les 17 000 pratiquant l'élevage bovin dans le périmètre du Tadla, de manière à représenter des situations différentes de production laitière. Il s'agissait de disposer d'un échantillon illustrant la diversité des choix stratégiques rencontrés dans ces exploitations à partir d'une première étude (Kuper *et al.*, 2006). De ce fait, l'échantillon retenu n'est pas statistiquement représentatif puisque plus de 80 % des exploitations du Tadla cultivent moins de 5 hectares.

Les exploitations 1 à 4 sont de grande taille, dans le contexte du périmètre (15 à 240 hectares), avec des troupeaux laitiers basés sur la race Holstein (*tableau 1*). L'exploitation 1 s'est orientée vers un élevage laitier spécialisé (plus de 5 000 kg de lait par vache et par an), auquel l'exploitation 2 associe des activités de maraîchage, alors que les exploitations 3 et 4 affichent une stratégie d'élevage bovin avec une moindre productivité en lait par vache (moins de 3 500 kg de lait par vache et par an). *A contrario* les exploitations 5 et 6 sont de petite taille (3,5 à 4 hectares) et possèdent un élevage bovin mixte (lait et viande simultanément) avec des vaches de type croisé (Holstein x race locale).

La taille du troupeau varie de 7 à 20 vaches, avec des chargements compris entre 2,8 et 5,6 unités zootechniques (UZ) par hectare de fourrage. Ces valeurs sont largement supérieures aux recommandations régionales, à savoir un maximum de 2 UZ par hectare de luzerne à haut niveau de productivité pour satisfaire les besoins alimentaires totaux des vaches laitières et

de leur suite, sans gaspillage de concentrés (Guessous, 1991).

Le suivi de ces six exploitations sur 12 mois a permis de préciser l'impact de leurs stratégies sur les pratiques adoptées et les effets de celles-ci sur les productions de la sole fourragère irriguée et les quantités de lait émanant des troupeaux bovins. Les itinéraires techniques des cultures fourragères ont été relevés par parcelle : dates et quantités d'intrants, travail du sol, fertilisation, lutte phytosanitaire et la fauche. Une évaluation des productions de fourrages par parcelle a été menée, en suivant les quantités journalières fauchées et les rations ingérées par les vaches laitières ainsi que leurs variations. Les productions de lait par exploitation ont été déterminées par les livraisons auxquelles ont été rajoutées les consommations internes (tétée des veaux et lait autoconsommé).

Les niveaux de valorisation de l'eau en fourrages puis en lait ont été déterminés grâce à un protocole de suivi des utilisations de l'eau de toutes origines mis en place à l'échelle de chaque parcelle cultivée en fourrages. Les données relatives aux volumes d'eau utilisés par chaque exploitation ont été obtenues en cumulant : i) les quantités consommées *via* le réseau de surface (à partir des factures émises par l'Office régional de la mise en valeur agricole du Tadla - Ormvat) ; ii) les précipitations relevées auprès des stations météorologiques ; et iii) les quantités prélevées dans les nappes par mesure des débits des pompes équipant les forages et par suivi de leurs durées de fonctionnement. Ce protocole ne permet pas de mesurer les volumes d'eau réellement utilisés par les cultures, une fois déduites les pertes par ruissellement et percolation, liées aux méthodes gravitaires d'irrigation à la parcelle. Dans le contexte du Tadla, des études préalables estiment ces

Tableau 1. Paramètres de structure, sole fourragère et effectifs de vaches laitières dans les exploitations étudiées.

Table 1. Structural parameters, forage area and numbers of dairy cows in the studied farms.

Ferme n°	SAU (ha)	SFT (%)	Bersim % SFT	Luzerne % SFT	Maïs ensilage % SFT	Facilités d'irrigation	Vaches laitières	Charge (UZ/ha)
1	15,5	46	8	87	5	F, R	18	3,2
2	240,0	26	-	96	4	F, P, R	20	2,0
3	71,0	6	40	60	-	F, P, R	15	5,9
4	17,0	39	-	75	25	F, R	20	2,0
5	3,5	46	-	88	12	P, R	7	4,5
6	4,0	25	40	60	-	R	8	4,8

SAU : surface agricole utile ; SFT : surface fourragère totale ; UZ : unité zootechnique ; Facilités d'irrigation : Forage, F ; Puits, P ; eau du réseau, R.

pertes à 40 % des volumes appliqués (Zaz, 1996).

Les efficacités de valorisation de l'eau en fourrages, puis des fourrages en lait ont été calculées, ainsi que les consommations d'eau pour produire un litre de lait. Un bilan de la rentabilité de l'activité laitière par exploitation a finalement été établi. Y ont été précisés les coûts de revient des différents fourrages cultivés dans les exploitations étudiées et les coûts de l'unité fourragère lait (UFL) qui en découle, en se basant sur les valeurs moyennes suivantes (Guessous, 1991) par kg de matière fraîche : luzerne verte (tous stades de coupe et années d'exploitation confondus) : 0,19 UFL ; ensilage de maïs : 0,23 UFL ; bersim (trèfle d'Alexandrie) : 0,11 UFL. Par ailleurs, les marges brutes de l'activité laitière seule (MB Lait) et de l'élevage bovin (MBV, qui inclut les ventes de viande) ont été déterminées à travers l'appréhension des produits totaux (lait et viande) et des charges totales (aliments, main-d'œuvre, frais vétérinaires...).

Résultats

De l'eau aux fourrages

La part des fourrages dans la SAU totale des six exploitations étudiées varie de 6 à 46 %. Avec 60 à 96 % de la surface fourragère totale (SFT), la luzerne constitue l'ossature du système fourrager des exploitations étudiées, et plus généralement dans tout le périmètre irrigué du Tadla. Cette culture nécessite un grand nombre d'interventions culturales tout au long de l'année (figure 1) et fournit la base alimentaire des vaches laitières (figure 2). Les périodes de faible disponibilité de la luzerne (en hiver) imposent le recours à des ressources alimentaires alternatives : bersim, ensilage de maïs et concentrés. Le maïs, destiné à l'ensilage, d'introduction récente sur le périmètre, est aussi présent dans quatre exploitations où il constitue au maximum 25 % de la SFT. Le bersim complète cet assolement sur trois exploitations.

La luzerne est de loin la culture la plus consommatrice en eau en raison de la longueur de son cycle et de ses caractéristiques phénologiques (tableau 2). Sa production est en effet maximale en été, alors que les températures dépassent 45 °C. La consommation moyenne observée sur l'échantillon s'élève à

Tableau 2. Volumes d'eau utilisés, selon leurs origines (réseau, puits et forages, précipitations), par les cultures fourragères (m³/ha) dans les différentes exploitations.

Table 2. Quantities of water used (cubic meters/ha) in forage production with regard to their origin (canal, rainfall, wells) in the Tadla farms.

Exploitations	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Luzerne							
Eau du réseau	9 900	10 200	8 300	7 700	14 700	17 100	11 320
Eau des puits et forages	2 800	4 000	5 400	6 300	4 200	-	4 540
Précipitations	2 900	3 100	2 800	3 100	2 900	3 100	2 980
Total	15 600	17 300	16 500	17 100	21 800	20 200	18 840
Maïs							
Eau du réseau	2 200	2 250	-	2 300	2 200	-	2 240
Eau des puits et forages	2 010	2 530	-	2 900	3 000	-	2 610
Précipitations	350	420	-	300	600	-	420
Total	4 560	5 200	-	5 500	5 800	-	5 270
Bersim							
Eau du réseau	4 870	-	-	-	-	2 500	3 680
Eau des puits et forages	-	-	-	-	-	-	-
Précipitations	2 600	-	1 100	-	-	3 100	2 260
Total	7 470	-	1 100	-	-	5 600	5 900

18 840 m³/ha ; elle est relativement homogène d'une exploitation à l'autre (coefficient de variation - CV : 12,7 %). En appliquant le même ratio de 40 % de perte à toutes les exploitations, la consommation effective par la plante serait d'environ 11 000 m³/ha. Cette valeur est inférieure aux 12 000 à 13 000 m³/ha considérés comme nécessaires à la couverture des besoins de la culture dans les conditions arides du Maroc (Birouk *et al.*, 1997).

Le cycle plus court du maïs (figure 1) se traduit par une consommation en eau nettement inférieure à la luzerne. Mais il nécessite la présence d'un moyen d'exhaure des eaux souterraines dans les exploitations, les dotations estivales du périmètre étant insuffisantes pour couvrir ses besoins. En effet, le réseau collectif ne fournit en moyenne que 57 % des volumes totaux utilisés, les 43 % restant se répartissant, pour une année relativement pluvieuse comme 2005-2006 (310 mm), entre les eaux souterraines (24 %) et les précipitations (19 %). La consommation moyenne du maïs observée sur l'échantillon s'établit à 5 270 m³/ha (CV : 10 %), soit 3 200 m³/ha théoriquement utilisés par les plantes. Cette valeur est également inférieure aux besoins théoriques de la culture : 5 500 m³/ha selon Baya (1997).

Les résultats du suivi montrent une faible corrélation positive ($r^2 = 0,18$) entre les

volumes d'eau, à l'entrée des parcelles cultivées, et la biomasse fourragère de la luzerne (figure 3). La corrélation est même négative pour le maïs. Ces observations traduisent plusieurs phénomènes que l'étude n'a pu départager. D'une part, les consommations en eau demeurent dans un intervalle étroit et sous optimal, qui peut expliquer les différences entre les rendements moyens observés et potentiels, à savoir pour la luzerne 26,8 tonnes de matière verte (TMV) par hectare, à comparer aux rendements optimaux observés en conditions irriguées au Maroc – 58 TMV/ha (Birouk *et al.*, 1997). Mais cet intervalle ne permet pas d'exprimer des différences marquées de rendements, alors que la variable « consommation en eau » recouvre des mécanismes et pratiques plus fins, liés à la fréquence et à la qualité des irrigations. D'autre part, les coefficients de variation plus élevés des rendements (31,5 % pour la luzerne et 28,2 % pour le maïs) confirmeraient l'intervention de facteurs divers observés pour certains lors des enquêtes, tels que : i) des efficacités variables d'application de l'eau à la parcelle ; ii) des décalages entre les irrigations fixées par les tours d'eau et les besoins des cultures (par exemple après une fauche de luzerne) ; iii) l'absence de fertilisation différenciée par culture ; et iv) les dégâts variables causés par les attaques parasitaires.

Mois	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin
Luzerne												
Travaux du sol	Labour au cover-crop											
Fertilisation	Fumier uniquement											
Semis	Semis sous couvert de blé (60 kg/ha de luzerne)											
Irrigations	Tout le long de l'année à l'exception des périodes pluvieuses											
Fauches	Chaque 20 à 25 jours sauf en hiver (de novembre à mars) : 35 à 40 jours											
Lutte phytosanitaire	Attaques de la sésamie surtout fréquentes en été											
Maïs												
Travaux du sol	Labour au cover-crop											
Fertilisation	Fumier Urée : 2 qx/ha											
Semis	Dose de semis : 2 qx/ha											
Irrigations	25/07 Quatre irrigations du 10/04 au											
Fauches	Fauche du maïs tardif semé en juillet Fauche du maïs précoce semé en avril											
Lutte phytosanitaire	Lutte avec des insecticides systémiques Insecticides systémiques											
Bersim												
Travaux du sol	Labour au cover-crop											
Fertilisation	Fumier uniquement											
Semis	Semis à raison de 50 kg/ha											
Irrigations	Cinq irrigations : 2 à l'installation en septembre, puis irrigation à partir de février											
Fauches	De novembre à avril: chaque 30 à 40 jours											
Lutte phytosanitaire	Pas de traitement du bersim											
Précipitations												

Figure 1. Calendrier culturel.

Figure 1. Fodder crops calendar.

Les choix stratégiques des exploitations ont également un impact marqué sur les volumes d'eau distribués à la luzerne et au maïs, à la différence du bersim, culture d'automne, et dont l'alimentation hydrique est supposée reposer beaucoup plus sur les précipitations. Les petites exploi-

tations 5 et 6 allouent un maximum d'eau à la luzerne à partir du réseau, et obtiennent les meilleurs rendements de biomasse à l'hectare dans l'échantillon. Leur assolement est entièrement consacré aux céréales et aux fourrages qui sont, de ce fait, bien soignés. Inversement, les grandes

exploitations 1 à 4, laitières ou diversifiées, allouent moins d'eau aux luzernières et obtiennent des rendements en biomasse plus variables. Elles semblent néanmoins mieux maîtriser la production de maïs, dont elles obtiennent les meilleurs rendements.

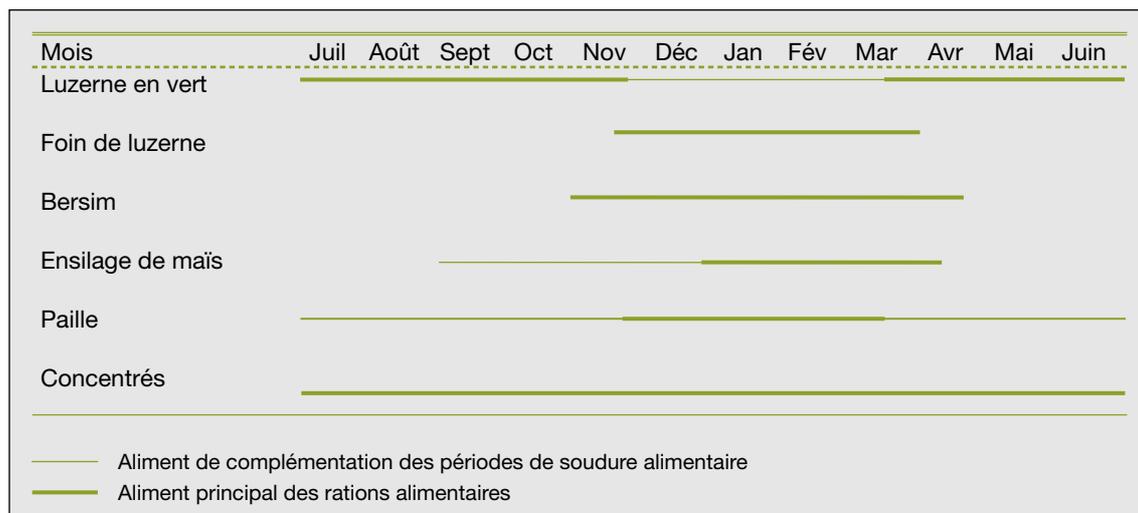


Figure 2. Calendrier fourrager des vaches laitières dans les exploitations étudiées.

Figure 2. Feeding calendar for dairy cattle in the studied farms.

La valorisation moyenne de l'eau par le maïs est nettement supérieure à celle de la luzerne, avec respectivement 0,39 et 0,78 m³ d'eau « entrée parcelle » par kg de matière verte produite. Le maïs, comme toutes les plantes en C₄, se caractérise par un meilleur rendement photosynthétique et une meilleure utilisation de l'eau que les plantes en C₃, comme la luzerne, le blé et le ray-grass (Barrière, 2001).

Ces valeurs appuient l'engouement que connaît actuellement le Tadla pour le maïs, aussi bien au niveau des dotations hydriques de l'Ormvat, où un surplus d'eau commence à lui être alloué ces dernières années (moins de 500 hectares en 1999-2000 à 3 000 hectares en 2004-2005), que dans les exploitations disposant d'équipements d'exhaure des eaux souterraines. Une tendance similaire a été rapportée en zone aride en Espagne, où la meilleure valorisation de l'eau par le maïs ainsi que sa rentabilité plus élevée militent pour son extension dans les zones irriguées (Golley *et al.*, 1990).

Cependant le prix de revient de l'UFL est plus favorable à la luzerne avec 1,33 DH¹ (0,12 euro) comparé au 1,88 DH (0,17 euro) du maïs (tableau 3). Cela provient surtout de ses moindres coûts d'installation (travail du sol, semences et fertilisation de fond), puisqu'il s'agit d'une culture pérenne, et dont l'exploitation (fauche manuelle) est bon marché, alors que l'implantation de la culture de maïs et son chantier d'ensilage sont beaucoup plus onéreux. La luzerne fournit égale-

ment pour ce prix un apport de protéines, ce qui en fait une excellente ressource pour le cheptel laitier alors que le maïs représente un apport alimentaire essentiellement énergétique. Mais le prix de revient de la luzerne est très lié aux coûts de l'irrigation, laquelle représente près de 70 % des charges totales. Cela étant, luzerne et maïs s'avèrent très économiques par rapport aux aliments concentrés utilisés dans la région ; les pulpes sèches de betterave (PSB) revenant à 4,00 DH/UFL et le son de blé à 3,00 DH/UFL. En revanche, le bersim affiche un prix de revient peu compétitif, en raison de sa très faible productivité (moins de 20 TMV/ha).

Des fourrages à la production de lait

Les faibles rendements des cultures fourragères, couplés à des chargements bovins élevés, se répercutent négativement sur la valorisation des fourrages en lait (tableau 4). Dans les exploitations 3, 4, 5 et 6, à faible productivité laitière, la luzerne domine le bilan fourrager des vaches (jusqu'à 60 % de l'apport énergétique), surtout lors des périodes de grande disponibilité, qui coïncident avec la saison estivale (de mai à octobre). Toutefois, un manque quantitatif de fourrages par rapport à la capacité d'ingestion maximale des vaches est observé dans toutes les exploitations. En témoigne la faible consommation qui s'élève à peine à 4,5 kg de MS des fourrages par vache et par jour en moyenne alors que des Holsteins peuvent en ingérer jusqu'à 15 kg

sous forme de luzerne (Castillo *et al.*, 2006).

L'utilisation de la luzerne comme fourrage principal dans les rations entraîne un excès d'azote dégradable (PDIN) par rapport à l'énergie. Le ratio |(PDIN-PDIE)|/UFL est certes inférieur à 10 dans toutes les exploitations, à l'exception de la numéro 3 en été, mais les aliments concentrés complémentaires les plus usuels (PSB et son) et les quantités distribuées n'équilibrent pas l'excédent de PDIN. Cela peut induire des accidents de la reproduction, car le surplus de protéines dégradables par rapport aux apports énergétiques génère des déchets métaboliques comme l'urée, qui a des effets nocifs sur la fertilité des vaches (Tamminga, 2006). D'ailleurs, dans toutes les exploitations, la reproduction révèle des dysfonctionnements manifestes, avec un intervalle moyen entre vêlage et saillie fécondante dépassant 125 jours. Le rendement laitier annuel moyen par vache présente est de 3 400 kg, variant de plus de 5 000 kg, dans les exploitations spécialisées, aux alentours de 3 000 kg dans les autres.

L'énergie des concentrés est bien convertie en lait dans les exploitations 1 et 2, à haut niveau de productivité laitière par vache : 0,42 UFL de concentrés par kg de lait. Cela montre que les règles du rationnement des vaches y sont bien appliquées, sans les effets négatifs des carences azotées ou minérales. L'énergie des fourrages est affectée à l'entretien des vaches et celle qui est issue des concentrés, plus onéreuse, est utilisée pour la

¹ 11 DH = 1 euro.

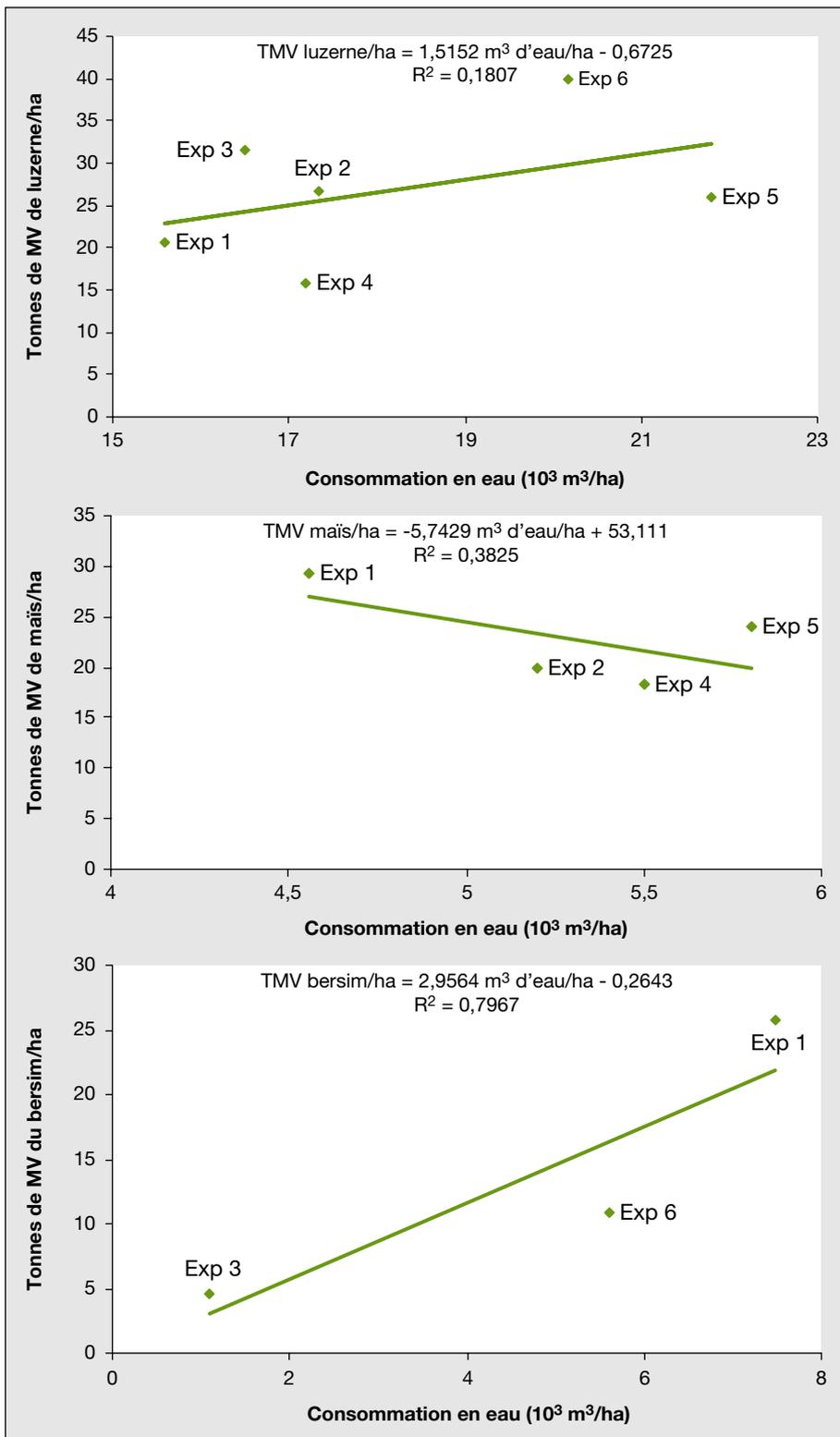


Figure 3. Consommations en eau et rendements moyens des cultures fourragères.

Figure 3. Water consumption and fodder crops average yield.
 TMV : tonnes de matière verte ; MV : matière verte.

production de lait. En revanche, ce constat n'est pas valable dans les exploitations à plus faible niveau de production, du fait des erreurs de rationnement et de leurs répercussions sur la productivité par vache.

La marge brute annuelle de l'activité de production de lait *sensu stricto* (sans considérer la viande) par vache présente (MB Lait) est en moyenne de l'ordre de 1 200 DH, hors amortissement des bâtiments et des équipements. Cette valeur est surestimée dans les exploitations 1 et 2, où des investissements conséquents ont été réalisés : bâtiments, traite mécanique, génisses importées. Mais seules ces deux exploitations dégagent des MB Lait positives, supérieures à 3 000 DH/vache, alors qu'elles sont nulles, voire négatives, dans les autres cas. Ces résultats proviennent en grande partie des différences de rendement laitier, qui font que les exploitations à haut niveau annuel de productivité par vache équilibrent l'ensemble de leurs dépenses par les revenus du lait, en dépit d'une utilisation supérieure d'aliments, et disposent du croît de viande comme bénéfice additionnel. En revanche, les exploitations à productivité annuelle de lait limitée par vache doivent nécessairement vendre du bétail pour s'acquitter de l'ensemble de leurs dépenses de production. Des tendances similaires ont été observées dans d'autres régions du Maroc, comme au périmètre du Gharb (Sraïri *et al.*, 2003).

La valorisation des eaux d'irrigation en lait ne montre pas de différence marquée entre les élevages, avec une valeur moyenne de 1,5 m³ d'eau par litre de lait, variant de 1,2 à 1,8 m³, conforme à d'autres études consacrées à ce sujet dans des milieux agricoles caractérisés par des stress hydriques (Molden *et al.*, 2003 ; Sonder *et al.*, 2004). La consommation d'eau par litre de lait est la plus élevée sur l'exploitation 4 où la luzerne affiche le rendement le plus faible (15,8 TMV/ha) conjugué à la moindre productivité de lait par vache (2 620 kg par an). En revanche, les exploitations 1 et 3 combinent une forte valorisation de l'eau en lait avec de faibles consommations d'eau à l'hectare de luzerne (moins de 17 000 m³) et des productivités de lait par vaches élevées (n° 1) ou des rendements de luzerne (n° 3) ou de maïs (n° 1) importants.

Le mètre cube d'eau brute à l'entrée de la parcelle génère une marge économique très variable lorsqu'il est mobilisé pour la

Tableau 3. Budgets des différents fourrages irrigués (DH/ha) dans le périmètre irrigué du Tadla et prix de revient de l'UFL (DH).

Table 3. Forage Unit (FU) cost of different irrigated forages in the Tadla irrigated scheme farms (DH/FU).

Exploitations	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Luzerne							
Installation*	771	882	1 222	734	770	1 274	942
Irrigation	3 196	4 192	4 210	4 202	8 570	2 890	4 543
Exploitation**	1 433	276	1 018	1 000	-	-	622
Entretien***	110	165	340	734	290	736	396
Dépenses totales	5 510	5 515	6 790	6 670	9 630	4 900	6 503
Tonnes de MV/ha	20,5	26,7	31,5	15,8	26,0	40,0	26,8
UFL/ha	4 110	5 300	6 062	3 161	5 350	8 032	5 336
DH/UFL	1,34	1,04	1,12	2,11	1,80	0,61	1,34
Maïs							
Installation*	2 848	3 910	-	2 987	4 505	-	3 560
Irrigation	1 212	2 514	-	2 358	2 867	-	2 238
Exploitation**	2 000	2 886	-	2 515	2 460	-	2 465
Entretien***	-	-	-	-	-	-	-
Dépenses totales	6 060	9 310	-	7 860	9 832	-	8 263
Tonnes de MV/ha	29,3	20,0	-	18,2	14,0	-	22,9
UFL/ha	6 730	5 310	-	4 200	3 220	-	-
DH/UFL	0,90	1,73	-	1,87	3,05	-	1,88
Bersim							
Installation*	2 980	-	1956	-	-	2 820	2 585
Irrigation	1 680	-	322	-	-	1 460	1 155
Exploitation**	760	-	402	-	-	-	580
Entretien***	-	-	-	-	-	-	-
Dépenses totales	5 420	-	2 680	-	-	4 280	4 120
Tonnes de MV/ha	25,7	-	4,6	-	-	10,8	13,7
UFL/ha	2 060	-	415	-	-	862	1 112
DH/UFL	2,63	-	6,45	-	-	4,97	4,70

Installation* : frais inhérents au travail du sol, à l'achat des semences et à la fertilisation de fond ; Exploitation** : charges inhérentes au fauchage du fourrage ou à l'ensilage (maïs) ; Entretien*** : charges de lutte phytosanitaire et des engrais de couverture. MV : matière verte ; UFL : unité fourragère lait ; DH : dirham (11 DH = 1 euro).

production laitière, du fait des fluctuations des rendements de fourrages et de leur conversion en lait. Celle-ci est en moyenne de 0,15 DH/m³ et varie de - 0,45 (lorsque l'activité laitière est déficitaire, comme dans les exploitations 3 et 4) à 0,60 DH/m³ (tableau 4). Les exploitations 1 et 2 affichent les valeurs les plus élevées, en raison d'une productivité en lait élevée couplée à une bonne maîtrise des consommations hydriques et à des rendements satisfaisants de biomasse à l'hectare, surtout pour le maïs. Les exploitations 3 et 4 ont des résultats négatifs, en raison de rendements laitiers faibles et de consommations hydriques élevées non

efficacement converties en fourrages. Les exploitations 5 et 6 présentent des valeurs tout juste positives grâce à des rendements de biomasse à l'hectare optimaux, notamment pour la luzerne, en dépit d'une productivité laitière par vache faible.

Ces valeurs demeurent dans tous les cas très largement inférieures au 1,70 DH/m³ d'eau générés par les cultures irriguées au Maroc (Moughli et Benjelloun Touimi, 2000). Les termes de la conversion de l'eau en lait souffrent en effet des diverses contre-performances des fonctions de production impliquées, de l'eau aux fourrages et des fourrages au lait.

Discussion et conclusion

La valorisation de l'eau d'irrigation en lait à l'échelle de l'exploitation agricole apparaît très variable, même sur l'échantillon restreint étudié ici. Cette variabilité dépend de la combinaison entre consommations en eau à la parcelle, productivité à l'hectare des fourrages, et rendement en lait par vache. Mais la complexité des fonctions de production impliquées ouvre la voie à un grand nombre de situations. Plusieurs éléments sont susceptibles d'expliquer la variabilité et la moyenne mitigée de la valorisation de l'eau en lait, depuis des cas où le rendement en lait par vache est faible (moins de 3 000 kg par an) et conjugué à des productivités à l'hectare de fourrages limitées (moins de 16 TMV pour la luzerne), à ceux où les volumes d'eau utilisés à l'hectare sont moindres à productivité fourragère égale ou supérieure et les rendements laitiers élevés (plus de 5 000 kg par vache et par an).

Au plan hydraulique, l'usage quasi exclusif de méthodes gravitaires induit des pertes importantes, qui sont estimées à près de 40 % des volumes d'eau appliqués à l'entrée des parcelles. Au plan agronomique, la gestion des irrigations (calage en quantité et fréquence par rapport aux besoins en eau, de la luzerne principalement) et les interactions entre le facteur hydrique et les autres facteurs de production (fertilisation et lutte phytosanitaire) ne paraissent pas totalement maîtrisées par les agriculteurs. Au niveau zootechnique, une importante charge animale, supérieure aux préconisations régionales, induit des ingestions éloignées des normes d'encombrement des vaches laitières. D'un point de vue qualitatif, les rations découlant de l'usage généralisé de la luzerne présentent un excès d'azote dégradé non valorisé en raison d'un déficit énergétique, ce qui concourt à des problèmes de reproduction.

La rentabilité médiocre de l'atelier laitier dans certaines exploitations ne remet pas en cause, pour autant, son intérêt pour les éleveurs. La production laitière procure en effet une source de trésorerie stable et régulière durant l'année. Elle permet également d'accéder aux nombreux services et statuts fournis par les coopératives de collecte (Le Gal *et al.*, 2007b) : fourniture d'intrants, participation aux enjeux locaux, etc. De plus les revenus des exploitations sont complétés par la pro-

Tableau 4. Performances technico-économiques et conversion de l'eau en lait dans les exploitations du périmètre irrigué du Tadla.

Table 4. Technical, economic and water conversion into milk performances in the Tadla irrigated scheme farms.

Paramètres	Exploitations	1	2	3	4	5	6
Effectif moyen	Vaches présentes	17,9	17,6	14,6	20	7	7,5
	Ha-année de fourrages/UZ	0,31	0,5	0,17	0,49	0,22	0,21
Reproduction	IV-IF * (j)	119	126	124	116	129	158
Production laitière	Lait/vache présente (kg)	5 075	5 560	3 090	2 620	3 460	2 740
	UFL cc/kg de lait	0,41	0,42	0,65	0,51	0,57	0,58
	MS four/vache/j ** (kg)	4,5	4,7	3,6	5	5	5
	UFL four/besoins *** (%)	55	41	49	67	36	31
Rentabilité	MB lait (DH/VP)	2 936	5 127	- 1 400	- 388	173	550
	Viande dans la MBV **** (%)	71	44	162	110	95	86
	MBV **** (DH/VP)	10 120	9 190	2 285	3 850	3 294	3 817
Valorisation de l'eau en lait	DH/m ³ d'eau	0,51	0,60	- 0,45	- 0,08	0,07	0,28
	m ³ d'eau/kg de lait	1,16	1,73	1,18	1,85	1,65	1,34

MS : matière sèche ; UFL : unité fourragère lait ; UZ : unité zootechnique ; DH : dirham (11 DH = 1 euro) ; VP : vache présente.

* IV-IF : intervalle vêlage-insémination fécondante ;

** MS four/vache/j : matière sèche des fourrages ingérée par vache et par jour ;

*** UFL four/besoins : contribution des fourrages par rapport aux besoins énergétiques exprimés des vaches ;

**** MBV : marge brute totale par vache (incluant les ventes de lait et de bovins).

duction de viande tirée des animaux constituant la suite des vaches laitières, quoique de manière variable selon la stratégie d'engraissement des animaux adoptée par l'éleveur. Ainsi, les ventes de bovins représentent de 90 à 160 % (lorsque la MB Lait est négative) de la marge totale par vache sur les exploitations 3 à 6. Intégrer ces revenus dans la valorisation de l'eau pose néanmoins quelques problèmes méthodologiques. L'atelier viande ne consomme en effet peu à pas d'eau sur l'exploitation lorsque les rations sont majoritairement constituées d'achats d'aliments extérieurs, eux-mêmes sous-produits de cultures telles que le blé ou la betterave. Dans le cas contraire (utilisation de fourrages produits sur l'exploitation), il conviendrait de mesurer les vitesses de croissance des animaux à l'engraissement, avec une variabilité probablement importante des performances en fonction de divers facteurs génétiques et physiologiques.

À l'avenir, la formation et l'appui technique aux éleveurs pour une meilleure valorisation de l'eau par les vaches laitières devront prendre en compte l'intégralité de la chaîne de production, allant de la fourniture d'eau aux exploitations à la gestion des lactations. Le choix des systèmes d'irrigation et des cultures fourragères ainsi que l'équilibre des rations en fonction des besoins des animaux sont au cœur de ces préoccupations. Le maïs s'avère une culture intéressante sur ce plan, grâce à ses besoins hydriques limi-

tés et à son cycle cultural court, avec des possibilités d'amélioration liées à l'irrigation en goutte-à-goutte. Mais son introduction dans les systèmes fourragères nécessite de revoir les rations jusqu'ici basées sur la luzerne.

C'est donc vers une approche systémique des élevages, tant en termes analytiques que d'aide à la décision, que les dynamiques en cours sur les périmètres irrigués tels que le Tadla invitent les institutions chargées de la recherche et du développement à évoluer. La compétitivité et la durabilité économique de ces systèmes d'élevage en dépendent, sachant que leurs intérêts en termes social (régularité du revenu, opportunités d'emplois) et nutritionnel (approvisionnement de populations en protéines animales) ne suffiront pas nécessairement à les justifier dans le futur. Cela est valable aussi bien pour la compétition pour l'eau vis-à-vis d'autres spéculations (maraîchage, oléiculture, agrumiculture) que pour l'attrait commercial sur les prix face aux produits importés. ■

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien du projet SIRMA (économie d'eau en Systèmes IRrigués au MAghreb) financé par la Coopération française. Un grand merci aux éleveurs qui ont collaboré à la mise en place des suivis de leur exploitation. Les auteurs

remercient également les lecteurs des *Cahiers Agricultures* pour leurs remarques pertinentes qui ont permis d'améliorer le manuscrit.

Références

Agoumi A, Debbarh A. *Ressources en eau et bassins versants du Maroc : 50 ans de développement (1955-2005). Rapport sur le développement humain au Maroc*. 2005. <http://www.rdh50.ma/fr/pdf/contributions/GT8-1.pdf>. [consulté sur Internet le 12 décembre 2006].

Al Weshah R. The role of UNESCO in sustainable water resources management in the Arab world. *Desalination* 2002 ; 152 : 1-13.

Barrière Y. Le maïs et l'eau : une situation aujourd'hui paradoxale, mais des progrès génétiques à attendre d'un idéotype redéfini. *Fourrages* 2001 ; 168 : 477-89.

Baya B. Maïs fourrager (*Zea mays*). In : Jaritz G, Bounejmate M, eds. *Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc*. Rabat : Inra, 1997.

Birouk A, Bouizgaren A, Baya B. Luzerne (*Medicago sativa*). In : Jaritz G, Bounejmate M, eds. *Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc*. Rabat : Inra, 1997.

Castillo AR, Taverna AM, Páez RR, et al. Fatty acid composition of milk from dairy cows fed fresh alfalfa based diets. *Anim Feed Sci Tech* 2006 ; 131 : 241-54.

Durand-Dastès F, Mutin G. Afrique du Nord, Moyen Orient. In : *Géographie Universelle*. Paris : éditions Belin Reclus, 1995.

El Gueddari AB. Économie d'eau en irrigation au Maroc : acquis et perspectives d'avenir. In : Hammani A, Kuper M, Debbah A, eds. *Modernisation de l'agriculture irriguée*, Actes du 1^{er} séminaire euroméditerranéen Wademed, Rabat, El Jadida, Maroc. 2005.

Golley FB, Campillo Ruiz A, Bellot J. Analysis of resource allocation to irrigated maize and wheat in northern Spain. *Agr Ecosyst Environ* 1990 ; 31 : 313-23.

Guessous F. *Production fourragère et systèmes animaux*. Rabat : Actes Éditions ; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, 1991.

Kuper M, Le Gal P-Y, Moulin C-H, Puillet L, Sraïri MT, Elbahri M. *Typologie et modélisation des exploitations laitières sur le périmètre irrigué du Tadla (Maroc)*. Cirad/Tera n°18/06. Montpellier : Cirad-Tera ; Sirma-Cirad-Agro M-IAV Hassan II, 2006.

Le Gal PY. *Intervenir dans les filières agroalimentaires : application d'une démarche aux périmètres irrigués*. Communication au séminaire Wademed « L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Nouveaux arrangements pour une gestion de la demande en eau », Cahors, France. novembre 2006.

Le Gal PY, Kuper M, Moulin CH, Puillet L, Sraïri MT. Dispositifs de coordination entre industriel, éleveurs et périmètre irrigué dans un bassin de collecte laitier au Maroc. *Cah Agric* 2007 ; 16 : 265-71.

Le Gal PY, Oudin E, Kuper M, Moulin CH, Sraïri MT. *Rôle des coopératives dans le fonctionnement du bassin de collecte laitier du Tadla (Maroc)*. Communication à l'atelier SIRMA, Nabeul, Tunisie, juin 2007, 2007b.

Molden D, Murray-Rust H, Sakthivadivel R, Makin I. A water-productivity framework for understanding and action. In : Kijne JW, Barker R, Molden D, eds. *Water productivity in agriculture : limits and opportunities for improvement*. Wallingford (United Kingdom) : CAB International, 2003.

Moughli E, Benjelloun Touimi M. Valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans les grands périmètres irrigués. *Hommes, Terre & Eau* 2000 ; 30 : 30-8.

Puigdefábregas J, Mendizabal T. Perspectives of desertification : western Mediterranean. *J Arid Environ* 1998 ; 39 : 209-24.

Sonder K, Astatke A, El Wakeel A, Molden D, Peden D. *Strategies for increasing livestock water productivity in water stressed agricultural systems. Working paper*. Khartoum (Sudan) : International Water Management Institute (IWMI), 2004.

Sraïri MT, Ilham A. L'élevage laitier en zone irriguée et sa sensibilité à l'aléa climatique : cas du Maroc. In : Guessous F, Rihani N, Ilham A, eds. *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*. Wageningen (Pays Bas) : Wageningen Pers, 2000.

Sraïri MT, Leblond JM, Bourbouze A. Production de lait et/ou de viande : diversité des stratégies des éleveurs de bovins dans le périmètre irrigué du Gharb au Maroc. *Rev Elev Med Vet Pay* 2003 ; 56 : 177-86.

Tamminga S. The effect of the supply of rumen degradable protein and metabolisable protein on negative energy balance and fertility in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 2006 ; 96 : 227-39.

Zaz H. *Bilan de la gestion des ressources en eau dans le périmètre irrigué du Tadla*. Rapport Office régional de mise en valeur agricole du Tadla (Ormvat). Fquih Ben Salah (Maroc) : Ormvat, 1996.