



**Projet INCO-WADEMED**  
Actes du Séminaire  
Modernisation de l'Agriculture Irriguée  
Rabat, du 19 au 23 avril 2004



## Modernisation de l'agriculture irriguée et durabilité des ressources en eau dans le périmètre du Tadla au Maroc

T. Petitguyot<sup>1</sup>, T. Rieu<sup>1</sup>, A. Chohin-Kuper<sup>1</sup>, R. Doukkali<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Unité irrigation, CEMAGREF, Montpellier, France.*

<sup>2</sup> *Département des Sciences Humaines, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.*

E-mail : [thomas.petitguyot@montpellier.cemagref.fr](mailto:thomas.petitguyot@montpellier.cemagref.fr)

**Résumé** - Les cultures irriguées de la plaine du Tadla dépendent principalement du grand périmètre irrigué de 100 000 ha géré par l'Office régional de mise en valeur agricole du Tadla (ORMVAT). Ce périmètre est alimenté par des ressources en eau de surface, et par des prélèvements individuels dans les nappes souterraines qui se sont multipliés depuis les années 1980 au rythme des sécheresses et des évolutions culturelles. Les nouveaux besoins agricoles en eau, apparus après la libéralisation des assolements en 1996, et la réduction de l'offre en eau de surface ont favorisé la hausse rapide de ces prélèvements. Si le niveau global de la production agricole s'est jusqu'ici maintenu, la dégradation de la qualité de l'eau et la chute du niveau des nappes montrent aujourd'hui les limites de ce système et interrogent sur sa pérennité. Ce contexte de rareté de la ressource et d'accès conjoint aux ressources en eau superficielle et souterraine se rencontre dans de nombreux périmètres du Maghreb, mais aussi dans de nombreuses régions du monde. La Commission méditerranéenne du développement durable a proposé en premier lieu que le système soit fondé sur la gestion de la demande en eau et que soient mobilisés simultanément des instruments techniques, économiques et institutionnels. Deux scénarios techniques et économiques sont analysés. Ils correspondent à des améliorations des pratiques d'irrigation, par un planage des parcelles en irrigation gravitaire, ou par l'introduction de la micro-irrigation. Leurs effets sur la consommation d'eau sont étudiés, en s'appuyant sur la modélisation économique des exploitations agricoles de la zone (association polyculture-élevage, rôle prédominant de l'élevage laitier) et leur mode d'accès à l'eau souterraine, le coût de l'eau consommée étant fonction de la source et de l'équipement. Les résultats montrent que ces innovations (introduction d'un planage régulier ou équipement en micro-irrigation) peuvent effectivement conduire à des diminutions substantielles des prélèvements de la nappe. Cependant, ces techniques ne sont pas couramment adoptées par les agriculteurs, des facteurs de freins ou de blocage restent à identifier. Des instruments économiques peuvent influencer ces évolutions (en particulier pour faire baisser la consommation d'eau souterraine) en les rendant plus attractives pour les producteurs, et assurer ainsi leur diffusion.

*Mots clés : consommation d'eau, forage, irrigation gravitaire, nappe, planage, qualité de l'eau, ressource en eau, sécheresse, Maroc, Tadla.*

# 1 Introduction

L'aménagement hydraulique de la plaine du Tadla a débuté dans les années 1920 (Préfol, 1986[10]) et abouti à l'équipement de 100 000 ha irrigués à partir des ressources de surface. La production de céréales, de sucre et de lait du Tadla tient une place importante dans la production agricole nationale, et cet aménagement a permis de sédentariser des populations rurales.

Ce périmètre irrigué est caractéristique des systèmes irrigués dont les ressources en eau de surface n'assurent plus qu'une fraction des besoins en eau des cultures et qui recourent de manière significative, voire systématique aux eaux souterraines. En effet, à partir des années 1980, l'offre des deux barrages (sur l'Oum Er Rbia et l'un de ses affluents) pour irriguer ce périmètre a fortement diminué sous l'effet conjugué des sécheresses répétées et d'un accroissement des besoins d'eau potable et de l'industrie, servis en priorité par rapport à l'agriculture. En outre, la libéralisation des assolements en 1996 s'est traduite par une augmentation des besoins en eau agricole, notamment pour assurer le développement des cultures fourragères pérennes. Encouragés par l'Etat qui y voyait une manière efficace de remédier au déficit, les prélèvements individuels dans la nappe se sont alors multipliés et ont, par ailleurs, permis le maintien voire l'accroissement des niveaux de production.

Dans ce contexte de déséquilibre entre la ressource et la demande, la Commission méditerranéenne du développement durable<sup>1</sup> et les récents travaux de l'IWMI (International Water Management Institute) en Asie (Shah *et al.*, 2003[12]) recommandent de passer à une gestion de la demande en eau, même dans des situations où le recours à l'eau souterraine est possible. La modification des comportements et la limitation de la consommation supposent de mobiliser simultanément des instruments techniques, économiques et institutionnels.

Dans ce périmètre où l'irrigation gravitaire traditionnelle par micro-bassins (*robta*) est pratiquée sur plus de 95 % des superficies (ICRA, 2003[6]), la modernisation de l'irrigation, en mettant en œuvre des techniques plus efficaces, est susceptible de produire des économies d'eau substantielles. Les améliorations envisagées dans cette communication concernent d'une part, le planage des parcelles irriguées, et d'autre part, l'introduction de la micro-irrigation, accompagnées de mesures économiques. En effet, leur adoption est fortement encouragée par le ministère de l'agriculture marocain par des subventions du Fonds de développement agricole accordées aux investissements correspondants.

L'adoption des innovations relève d'abord des choix individuels des agriculteurs qui doivent y trouver un intérêt. Le modèle économique développé (Petitguyot, 2003[9]) et les observations de terrain permettent de représenter ce processus et d'en évaluer les effets en termes de production agricole régionale, de rentabilité des structures agricoles, et de pression sur les ressources en eau. C'est l'objet de cette communication.

Dans une première partie, un modèle économique d'une exploitation-type du Tadla et les principales contraintes techniques retenues sont présentés, puis les deux scénarios d'évolutions techniques sont testés. La seconde partie décrit les résultats de modélisation, puis la troisième partie relate la discussion des résultats, notamment en terme de validité, ainsi que vis-à-vis des effets indirects produits sur l'équité.

---

<sup>1</sup> Déclaration des parties contractantes à la Convention de Barcelone, Tunis, novembre 1997.

## 2 Représentation du comportement des exploitants

### 2.1 Les exploitations modélisées

Le modèle doit rendre compte du comportement de l'agriculteur en matière de choix de son système de production, compte tenu de ses contraintes techniques et économiques. Le type d'exploitation retenu illustre une situation relativement répandue dans le périmètre, il a été défini d'après les observations réalisées sur le terrain et discutées avec le gestionnaire, et à partir de plusieurs travaux récents (SCET-Maroc, 1995[11]; ICRA, 2003[6]; Zemzam, 2003[14]). Il correspond à une exploitation d'une superficie<sup>2</sup> de 8 ha, qui repose sur l'association polyculture-élevage, avec un rôle prédominant de l'élevage laitier.

Au sein de ce type, on distingue trois catégories possibles d'accès à la ressource souterraine :

- sans accès à la nappe, irrigation seulement à partir de l'eau du réseau ;
- accès à la nappe avec un puits dont le débit est limité par la faible profondeur ou le rabattement de nappe ;
- accès à la nappe par forage, uniquement limité par les caractéristiques techniques de la pompe.

Ces trois catégories d'exploitations ont des contraintes différentes en termes de débit et de volume d'eau disponible. Le coût de l'eau consommée varie selon l'origine de l'eau et l'équipement.

### 2.2 Simulation à l'aide d'un modèle de programmation linéaire

Pour simuler les décisions de l'agriculteur, nous avons construit un modèle de programmation linéaire, dont le principe est l'optimisation d'une fonction objectif dans un espace de contraintes (Lacaze, 1990[8]). Dans ce raisonnement, par hypothèse, l'agriculteur prend ses décisions de production pour maximiser la marge brute totale dégagée par son exploitation, tout en respectant un certain nombre de contraintes techniques.

Dans le modèle, plusieurs cultures peuvent être pratiquées au cours des deux saisons culturales (hiver et été), et une même surface peut faire l'objet de deux cycles dans l'année. La somme des surfaces allouées ne peut excéder la superficie de l'exploitation. Deux types d'élevage sont pris en compte dans le modèle : bovin laitier et ovin. Les besoins en aliments doivent être couverts par la production de fourrage de l'exploitation ou par des achats à l'extérieur. Le troupeau est renouvelé par achat ou naissance dans l'exploitation, et tous les animaux peuvent être vendus.

Dans le modèle, les besoins en eau des cultures doivent être couverts, en volume et en débit, grâce aux ressources dont l'agriculteur dispose. Il doit donc choisir son assolement de manière à pouvoir répondre à ces besoins. La dotation de l'eau à l'ORMVAT comme les équipements de pompage donnent accès à des volumes d'eau maximaux qui peuvent être utilisés en plus ou moins grande quantité (achat d'eau à l'Office, utilisation d'un puits ou forage). Les contraintes en volume doivent être respectées à l'échelle de la saison (été et hiver), mais l'agriculteur peut choisir de n'apporter qu'une partie des besoins en eau des cultures, et obtenir un rendement inférieur au rendement potentiel. Pour rendre compte des besoins de pointe, une contrainte en débit a été ajoutée, notamment pour les besoins maximaux à chacune des périodes. Le modèle intègre deux types d'aléas au niveau des contraintes en eau : la variabilité des précipitations et le risque de rupture de l'approvisionnement en eau (tour d'eau interrompu, tarissement du puits, incident matériel).

<sup>2</sup> Cette taille est relativement élevée pour la zone, mais permet de s'affranchir de l'influence des revenus extérieurs à l'activité agricole, difficiles à intégrer dans la modélisation.

## 2.3 Evolution de la demande en eau

L'intérêt de ce type de modèle est de pouvoir tester l'impact d'une modification de l'environnement économique de l'exploitation sur les décisions de production et leurs conséquences, notamment en terme de demande en eau. Un résultat intéressant est ainsi l'évolution de cette demande en fonction de son coût (tarif de l'ORMVAT ou coût de pompage) et la modification du revenu de l'exploitation (traduit par la marge brute totale). Ces courbes de demande (figure 1) sont tracées en faisant varier séparément un paramètre : coût de l'eau de réseau ou de nappe, en été ou en hiver.

La consommation en eau est plus ou moins sensible à l'évolution de son coût selon l'exploitation-type, la ressource et le coût. Ainsi pour l'exploitation disposant du réseau comme ressource unique (figure 1a), la demande en eau reste inchangée jusqu'à un niveau de prix élevé ( $0,60 Dh/m^3$ ), et baisse ensuite avec une faible amplitude. Si l'exploitation dispose de l'eau de nappe (figure 1b), cette sensibilité est plus forte : lorsque l'eau devient plus coûteuse, le choix des cultures dans l'exploitation est rapidement modifié et conduit à une baisse de la consommation. A partir d'une valeur prohibitive ( $2 Dh/m^3$ ), l'exploitation ne consomme plus que l'eau de surface. Dans les deux cas, la marge brute de l'exploitation diminue fortement lorsque le prix de l'eau augmente.

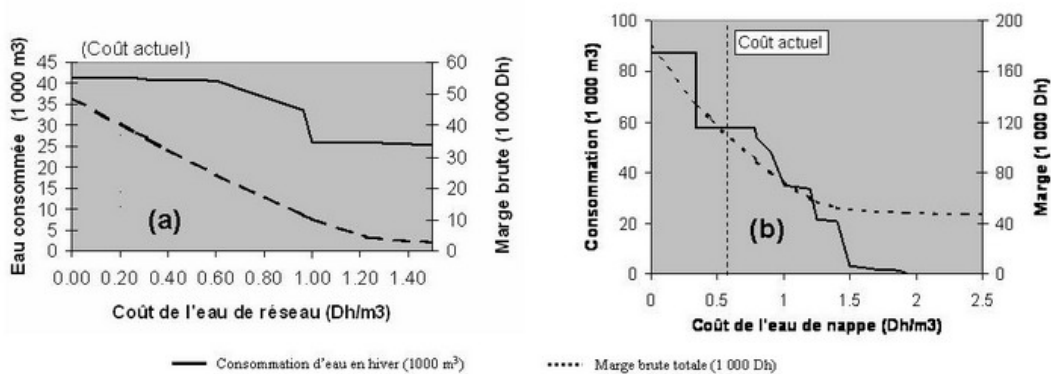


FIG. 1 – Exemples de courbes de demande en eau issues de la modélisation. ((a) Demande en eau de réseau (saison d'hiver) et marge pour l'exploitation-type avec réseau seul (b) Demandes en eau de nappe en hiver et été et marge pour l'exploitation-type avec réseau et puits)

## 3 Quels scénarios de modernisation ?

### 3.1 Amélioration du planage de parcelles

La possibilité d'investissement par l'agriculteur dans des techniques d'irrigation plus performantes, sources importantes d'économie d'eau, est prise en compte. Pour l'irrigation gravitaire par micro-bassins pratiquée sur le périmètre, le nivellement du terrain est un facteur qui influence directement sur la quantité d'eau consommée. Ainsi, une activité supplémentaire de planage régulier, proposée par des entrepreneurs spécialisés de la région, est introduite dans le modèle.

En termes de modélisation, cette opération peut être réalisée sur toute la superficie non plantée de l'exploitation; elle est réalisée tous les 5 ans, et exige une adaptation des travaux du sol qui respectent le maintien du nivellement. Le coût annuel par hectare correspond à l'opération de planage amortie sur 5 ans (200 Dh/ha), plus une augmentation des charges en travaux du sol d'un tiers en moyenne (280 Dh/ha). Grâce à ce meilleur nivellement, des techniques plus

efficaces (toujours par immersion) peuvent être utilisées telles que l'irrigation par calant ou la raie longue. L'efficacité d'application passe alors de 60 à 75 %. Les surfaces planées sont nécessairement identiques en été et en hiver.

### 3.2 Introduction de l'irrigation localisée

Une étape supplémentaire de modernisation actuellement encouragée par l'ORMVAT est l'équipement des exploitations en matériel de micro-irrigation, pour permettre une utilisation plus efficace de l'eau. Nécessitant des débits relativement faibles mais continus, ce type d'équipement est peu compatible avec la livraison actuelle de l'eau par l'Office et reste conditionné dans le périmètre du Tadla à un accès à la ressource souterraine.

Dans le modèle, l'achat de matériel offre la possibilité de cultiver une surface donnée en micro-irrigation, si l'agriculteur a un puits ou un forage. Le coût d'investissement amorti sur 5 ans est pris en compte (4 000 Dh/ha); le coût de main-d'œuvre pour l'irrigation est inchangé. L'efficacité de l'irrigation est améliorée et passe de 60 à 85 %. Cependant, cette technique est surtout destinée aux cultures maraîchères<sup>3</sup>, spécialement introduites dans le modèle à cette étape. Pour l'alimentation, on ne distingue pas l'origine de l'eau et les besoins des cultures sont indifféremment couverts par l'eau de nappe ou l'eau du réseau. Bien que le marché des productions maraîchères soit particulièrement fluctuant, le modèle n'intègre pas d'aléa sur les prix, un effet aléatoire est pris en compte uniquement pour les consommations en eau.

### 3.3 Incitation complémentaire des instruments économiques

Le tarif de l'eau est dans certains cas un instrument puissant pour faire évoluer la demande en eau (Johansson *et al.*, 2002[7]). Il ne fait pas ici l'objet d'un développement particulier. Cependant, dans le contexte particulier du Tadla, cet instrument a des effets limités (Petitguyot, 2003[9]) : en effet, pour les agriculteurs n'ayant accès qu'à l'eau de surface vendue par l'ORMVAT, la demande en eau ne diminue sensiblement qu'à partir d'un tarif très élevé, environ 5 fois le tarif actuel (figure 1a). Pour ceux qui ont accès à la nappe, la baisse de demande en eau du réseau est presque intégralement compensée par une augmentation des prélèvements souterrains dont le prix est actuellement très supérieur au tarif de l'ORMVAT<sup>4</sup>. En situation de pénurie de la ressource de surface, la tarification ne peut donc pas servir d'instrument de gestion de la demande en eau globale. De plus, les pompages étant individuels et actuellement non contrôlés, aucune tarification ne peut s'appliquer directement sur la consommation de l'eau de la nappe.

Le modèle a été utilisé pour mesurer l'effet incitatif des subventions pour des équipements et des techniques d'irrigation plus économes. Ainsi, les opérations de planage et l'investissement dans du matériel d'irrigation localisé font actuellement l'objet d'une subvention accordée par le Fonds de développement agricole, à hauteur de 40 % de l'investissement. Dans le modèle, le coût de ces innovations intègre cette subvention, dont le taux peut varier (soit le coût de l'activité) pour mesurer l'effet de cet instrument incitatif.

<sup>3</sup> Sur le Béni Amir, la plantation d'agrumes est limitée par la salinité des sols et des eaux.

<sup>4</sup>Tarif de l'ORMVAT en 2003 : 0,2Dh/m<sup>3</sup>. Coût d'énergie de pompage : 0,4Dh/m<sup>3</sup> (1Dh = 0,09 au 1<sup>er</sup> juin 2003). Le coût de l'eau utilisé pour les modèles est supérieur à ces valeurs pour intégrer le coût de la main d'œuvre d'irrigation.

## 4 Impact de la modernisation sur le revenu et la demande en eau

### 4.1 Amélioration du planage

Les résultats obtenus (en tenant compte des subventions actuelles) montrent que toutes les exploitations-types valorisent bien l'investissement du planage. Dans tous les cas, cette option permet à l'exploitant d'augmenter la marge brute totale de 9 à 14 %. Dans les exploitations disposant d'un accès à la nappe, la totalité de la surface non plantée est planée ; et la surface en jachère régresse. En revanche, ces systèmes de production évoluent peu.

TAB. 1 – Augmentation de la marge brute permise par une amélioration du nivellement.

Exploitation-type	Marge totale sans planage (1000 Dh)	Marge totale avec planage(1000 Dh)	Gain (%)
Réseau seul	37,66	42,40	12,6
Puits	121,78	138,32	13,6
Forage	152,05	165,18	8,6

Le paramètre le plus important quant à l'efficacité possible de cette opération de modernisation réside dans son effet sur les consommations en eau, qui diminuent fortement grâce à l'amélioration du nivellement. Cette évolution est d'autant plus marquée que la consommation initiale est importante. La décomposition des volumes montre, comme on le supposait, que cette baisse est réalisée au profit de l'eau souterraine : les prélèvements les plus chers sont réduits en priorité. Dans l'exploitation-type avec accès à l'eau souterraine, l'augmentation de l'efficacité de l'eau apportée permet d'accroître les superficies des cultures d'été, et réduisent les économies liées au planage à cette période.

TAB. 2 – Evolutions de consommation d'eau liées au planage selon les exploitations-types et les ressources.

Ressource	Evolution de la consommation d'eau selon l'exploitation-type en %		
	Réseau seul	Puits	Forage
Réseau en hiver	- 5,7	- 0,4	0
Réseau en été	0	- 40,8 %	0
Nappe en hiver	-	- 29,0 %	- 31,0
Nappe en été	-	+ 4,6 %	- 22,1
Total Réseau	- 5,7	- 11,6 %	0
Total Nappe	-	- 15,3 %	- 25,2
Total	- 4,2	- 14,0 %	- 18,4

En termes d'attractivité de la technique pour l'agriculteur, on a déjà dit que le nivellement est très bien valorisé par les exploitations. De la même manière que pour l'évolution de la demande en eau selon son coût, on peut étudier la " demande de planage " en fonction de son coût (figure 2). On peut analyser l'effet incitatif de la subvention pour le planage en étudiant l'évolution de la surface planée selon le niveau de subvention accordé (actuellement 40 %).

Les courbes obtenues montrent que la surface planée dépend très peu du coût pour l'exploitation, la demande en opération de planage est " inélastique " dans la gamme de coût considérée de 0 à 100 % de subvention. Les exploitations-types avec accès au réseau et à la nappe planent la

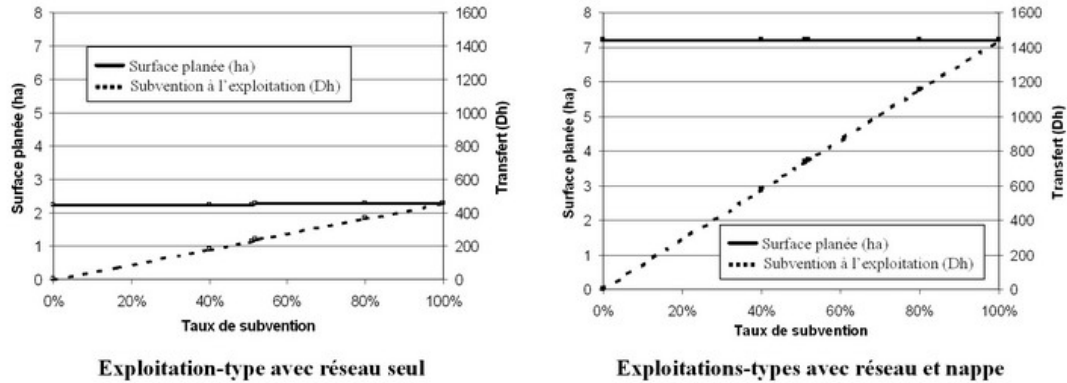


FIG. 2 – Evolution de la surface planée selon le niveau de subvention au planage.

totalité de la superficie disponible (non plantée d'arbres) et cette opération est attractive même sans subvention. Augmenter le taux de subvention rend cet aménagement encore plus intéressant, mais l'exploitation ne peut planer davantage. Dans le cas d'un accès à l'eau, uniquement par le réseau, cette inélasticité s'explique plus difficilement.

Cette très faible sensibilité de la demande réduit l'effet de la subvention à un transfert financier au profit des exploitants. La subvention n'intervient donc pas comme un instrument de gestion de la demande en eau.

## 4.2 Développement de la micro-irrigation

Les résultats du modèle montrent de fortes évolutions des systèmes de production des exploitations-types qui ont accès à l'eau souterraine. Le maraîchage prend une place importante (plus de 50 %) de la surface agricole utile au détriment des autres spéculations ou d'autres ateliers de production, en particulier la jachère et les cultures d'été (maïs, sésame) ; l'élevage bovin laitier chute également, avec une disparition des ateliers d'engraissement liés à la culture du maïs au profit de l'élevage ovin.

Les évolutions proposées par la modélisation sont confirmées par les observations de terrain : sur une partie de la zone du Beni Moussa Est, un certain nombre d'exploitations se sont historiquement orientées vers le maraîchage. Nous avons pu ainsi constater une quasi-spécialisation dans ce type de production, qui reste accompagnée, en faible proportion, par les productions classiques (céréales, élevage laitier, betterave) qui apportent un revenu plus stable. Les cultures maraîchères sont en effet relativement risquées car les prix varient avec une forte amplitude d'une année à l'autre et au cours de la même année.

En termes de consommation en eau, la micro-irrigation associée au maraîchage permet, selon le modèle, de fortes économies (tableau 3). La baisse de consommation s'explique à la fois par le remplacement de cultures exigeantes (betterave et luzerne), et par l'emploi de techniques plus efficaces. Une fois encore, la baisse de consommation concerne principalement l'utilisation d'eau souterraine.

De même que dans le scénario précédent, l'intérêt d'une subvention est estimé selon l'évolution des surfaces équipées et des revenus dégagés en fonction du taux accordé (figure 3).

La subvention peut avoir une influence sur la surface équipée (figure 3). Le niveau actuel de subvention (40 %) est justifié dans la mesure où il incite toutes les exploitations à s'équiper, bien plus que si cette subvention n'existait pas. Dans le cas de l'exploitation-type avec puits,

TAB. 3 – Evolutions de la consommation d'eau liées à la micro-irrigation selon les exploitations-types et les ressources.

Ressource	Evolution de la consommation d'eau selon l'exploitation-type en %	
	Puits	Forage
Réseau en hiver	- 6,5	-6,6
Réseau en été	0	0
Nappe en hiver	- 40,7	-38,9
Nappe en été	- 18,2	-41,1
Total Réseau	- 4,7	-4,8
Total Nappe	- 31,6	-40,4
Total	-22,2	-30,8

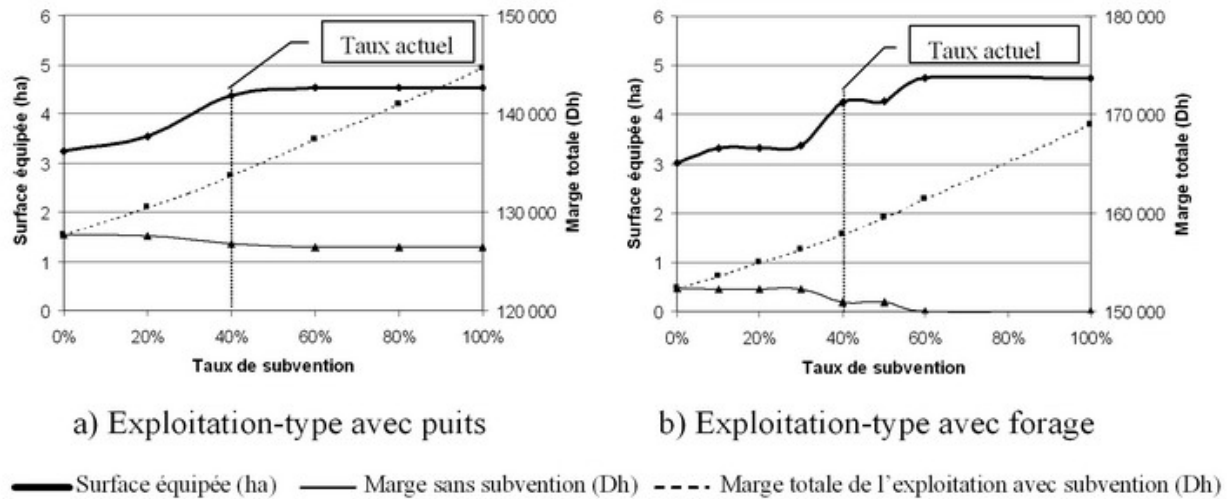


FIG. 3 – Evolution de la surface équipée en micro-irrigation selon le niveau de subvention.

augmenter encore le taux ne se traduirait que par une faible augmentation de l'équipement. En revanche dans le cas de l'exploitation-type avec forage, la demande est plus élastique et pourrait s'accroître davantage pour un taux d'environ 60 %.

Un second résultat explique le précédent : au-delà du niveau d'équipement acquis sans subvention, la modernisation n'est attractive que grâce au transfert financier de l'Etat aux agriculteurs qui modernisent leur système. Au-delà de ce niveau de référence, la hausse de revenu tirée seulement de l'économie d'eau et des nouvelles cultures (maraîchères) ne suffit plus à justifier l'investissement qui n'est pas rentable et la marge totale sans subvention chute. On retrouve ici l'intérêt spécifique de l'instrument économique, car sans celui-ci, les agriculteurs décident d'équiper une partie de leur exploitation pour produire une marge maximale. Ce niveau optimal individuel peut être plus bas que les objectifs de la société et l'Etat augmente alors, grâce à la subvention, l'attractivité de la modernisation pour qu'elle soit adoptée à un niveau plus profitable d'un point de vue social. Pour valider complètement ce système de subvention, son coût pour la société (transfert financier, plus frais de traitement des dossiers...) devra être comparé à son gain (eau économisée dans le périmètre et dans le bassin, évolution qualitative et quantitative de la production...).

## 5 Contraintes et contradictions de la modernisation

### 5.1 Réalité des économies d'eau

Les résultats obtenus avec les deux évolutions techniques testées sont encourageants, car ils laissent espérer une réduction effective des demandes en eau. Au niveau de l'exploitation, ce résultat n'est pas si intuitif qu'il y paraît ; il est essentiellement dû au fait que la surface agricole n'est pas extensible à l'intérieur du périmètre (la surface cultivée est fixe dans notre modèle). Chohin-Kuper *et al.* (2002)[3] rapportent ainsi que dans plusieurs situations dans les pays méditerranéens, le passage à l'irrigation localisée a effectivement permis de faire baisser la consommation d'eau à l'hectare, mais n'a pas réduit la demande en eau globale : l'économie d'eau a simplement permis un accroissement des terres irriguées par chaque exploitation, au sein desquelles ces gains étaient simplement redistribués. A l'intérieur du périmètre, le caractère limité de la surface agricole utile empêche la redistribution de l'eau non consommée. Ce résultat n'est sûrement pas valable pour les exploitations en bordure de périmètre qui possèdent un puit ou un forage et des surfaces cultivées en régime pluvial, ou pour les exploitations localisées à l'extérieur du périmètre qui irriguent à partir de pompage dans la nappe.

Il faut également souligner que le modèle considère les gains d'efficience liés aux nouvelles techniques comme donnés, alors qu'ils n'ont qu'une valeur potentielle. La micro-irrigation exige en effet de l'agriculteur un niveau élevé d'entretien de son système, et savoir-faire pour le piloter correctement. Sans ce pilotage relativement fin, rien ne garantit que des économies soient réellement réalisées. Fusillier et Saque (2001)[4] rapportent ainsi des situations dans lesquelles la consommation en eau à l'hectare a augmenté avec des techniques d'irrigation localisée, en raison d'une mauvaise maîtrise technique. De la même manière, dans le cas du planage, l'agriculteur doit adapter ses pratiques d'irrigation et appliquer moins d'eau sur sa parcelle. Ce n'est que sous réserve d'une réelle maîtrise technique que ces techniques conduisent à des économies d'eau substantielles.

### 5.2 Sources de blocages de la modernisation

Par ailleurs, les techniques testées sont économiquement attractives pour les agriculteurs. Ce résultat du modèle est cependant contredit par la réalité observée sur le terrain où ces techniques

ne sont qu'assez rarement pratiquées.

Il faut donc envisager une formalisation inadéquate de certains paramètres importants, par exemple :

- les coûts des travaux ou du matériel sont très sous-évalués, ou les marchés sont très réduits (dans le cas où les prix seraient réglementés) ;
- la petite taille des exploitations et le statut foncier d'indivision (à la suite des cohéritages), relativement répandus font obstacle à l'investissement ;
- les agriculteurs n'intègrent pas l'effet de la subvention, soit parce qu'ils estiment qu'elle pourrait ne pas leur être attribuée (facteur risque), soit parce qu'elle leur est payée très tard par rapport à la date de l'investissement (problème de capacité de financement) ;
- les agriculteurs n'ont pas conscience des gains possibles ou pas la formation technique adéquate pour obtenir ces gains de productivité.

Ce dernier point renvoie aux outils informationnels et aux coûts de transactions éventuellement liés. Il peut arriver que l'agriculteur ait intérêt (économiquement) à une décision, comme ici la conversion à une technique d'irrigation ou le choix d'une culture moins consommatrice, mais ne la prenne pas car il n'a pas connaissance, ou confiance dans ce projet. D'une certaine manière, la non réalisation de cette " action sans regret " (Glachant, 2002[5]) peut s'expliquer par un coût de transaction élevé, qui correspondrait à une information trop coûteuse à acquérir (niveau d'éducation insuffisant, technique trop complexe à maîtriser). Il est difficile de quantifier ces coûts, mais on peut espérer les réduire par une vulgarisation agricole ciblée et un encadrement approprié des agriculteurs, et ainsi inciter l'agriculteur à une meilleure valorisation de la ressource. Dans notre cas, s'il s'avérait que ce paramètre est l'un des plus déterminants, il devrait justifier une intensification des efforts de vulgarisation de l'ORMVAT.

Enfin, l'intérêt principal de ces techniques réside – au moins pour la micro-irrigation – dans l'économie d'eau qui n'a un intérêt direct pour l'agriculteur que s'il peut la valoriser ailleurs. Or la superficie est limitée dans ces systèmes, et l'option qui valorise le mieux l'eau est le maraîchage, pour lequel pèsent de nombreuses autres contraintes : risque de marché, manque d'organisation des filières, et manque d'information sur ces nouvelles spéculations. . . Toutes ces inconnues pèsent d'autant plus pour des petites exploitations particulièrement sensibles au risque et limitent l'attrait des nouvelles techniques, même si l'agriculteur est conscient qu'elles consomment moins d'eau.

### 5.3 Effets sur l'équité

Dans la situation initiale où l'exploitation n'a pas la possibilité d'adopter les techniques modernes, on observe que le revenu augmente très fortement avec la disponibilité en eau de nappe (Petitguyot, 2003[9]). Si les règles d'accès au réseau sont les mêmes pour tous les agriculteurs du périmètre et la qualité du service rendu est relativement homogène entre l'amont et l'aval (Thomas, 2001[13]), le complément d'eau souterraine discrimine fortement les agriculteurs : les résultats de modélisation indiquent que la marge brute est multipliée par quatre entre une exploitation ne disposant que du réseau et une autre pourvue d'un forage.

L'introduction du planage semble être un outil équitable<sup>5</sup>. En effet, chaque type d'exploitation en retire des avantages proportionnellement du même ordre de grandeur, et les gains absolus sont même plus élevés pour les exploitations aux revenus les plus faibles. Cette donnée apporte une justification supplémentaire à cette évolution : elle garantit que la rente dégagée par l'amélioration des techniques, dont le coût est pris en charge par l'Etat (via la vulgarisation et la subvention), sera captée de manière relativement homogène, voire préférentiellement par les

<sup>5</sup> De manière simple, on définit ici l'équité d'un instrument comme sa capacité à réduire les écarts de revenu entre les types d'exploitation.

petites exploitations.

L'introduction de la micro-irrigation a des effets plus contrastés, puisqu'elle exige de l'agriculteur un accès à la nappe et une superficie suffisante pour rentabiliser l'installation. Sont donc écartés de ce processus de modernisation un grand nombre d'agriculteurs qui n'ont pas la capacité d'investissement nécessaire ou qui sont touchés par la micro-propriété (80 % des exploitations du périmètre ont moins de 5 hectares). Le système de subvention doit pouvoir atténuer la première contrainte. La seconde peut être reliée à la difficulté dans les missions du développement agricole de concilier deux objectifs relativement contradictoires : faire évoluer les structures agricoles vers des exploitations pérennes dont les superficies sont suffisantes pour permettre un investissement productif et une valorisation efficace de l'eau tout en maintenant un emploi et une population agricole nombreuse pour limiter l'exode rural.

## 6 Conclusion

Notre étude a montré que des outils techniques et économiques peuvent être associés pour gérer de manière effective la demande en eau dans le contexte du Tadla, en développant des techniques d'irrigation plus économes en eau. L'application de ces techniques trouve dans le cadre du périmètre irrigué du Tadla une opportunité relativement favorable dans la mesure où les superficies irriguées des exploitations n'y sont pas extensibles : toutes les économies réalisées par hectare irrigué sont des économies " nettes ". Ces économies ne seront réalisées que sous réserve d'une réelle maîtrise des techniques par les agriculteurs, qui doivent bénéficier d'un accompagnement technique. Les contraintes qui freinent la généralisation de ces techniques restent à identifier et à lever.

Les incitations économiques pour encourager le planage ont un intérêt discutable, car le coût de cette opération est faible en regard des gains attendus pour les agriculteurs. En revanche, la subvention du matériel de micro-irrigation incite à développer ces techniques et à réduire la consommation en eau de l'exploitation. Ces instruments ne sont pas neutres et affectent différemment les agriculteurs déjà discriminés selon leur accès à la ressource. Les transferts financiers importants liés aux subvention peuvent être un moyen de réduire ces disparités ou au contraire de les accroître.

En concentrant notre étude sur la gestion de la demande en eau, nous avons fait abstraction de deux éléments majeurs, en lien avec l'orientation de la production agricole et la durabilité du système de ressources. Historiquement, l'agriculture du périmètre a été orientée vers des produits de substitution aux importations (céréales, sucre, lait) dont la transformation sur place a généré un emploi local important (industrie sucrière et laitière). Or gérer la demande en eau passe par un choix de cultures plus adaptées à la pénurie en eau, et remet en cause ces plans de production. L'extension du maraîchage en particulier ne peut que s'accompagner d'une telle évolution. Ce point doit être replacé dans le contexte d'une libéralisation imminente des échanges commerciaux qui affectera particulièrement les grandes spéculations du périmètre. Il illustre la cohérence à rechercher entre les politiques alimentaires, agricoles et de gestion des ressources naturelles.

Enfin, la plaine du Tadla bénéficie d'un contexte de ressources particulier où l'usage conjoint de l'eau de surface et de la nappe s'est considérablement développé. Depuis une dizaine d'années, les nappes phréatiques comme les nappes plus profondes sont affectées par une baisse continue de leur niveau piézométrique. Même avec un développement important des techniques modernes d'irrigation, les économies d'eau risquent de rester très inférieures aux volumes prélevés, elles sont estimées à 30 à 60 % des consommations en eau de l'exploitation selon les auteurs (Bacot, 2001[1]; Berrkia, 2003[2]; Zemzam, 2003[14]). Au contraire, la subvention accordée à la conversion en micro-irrigation (toujours accompagnée d'un accès à la nappe) est un encouragement à

l'utilisation des ressources souterraines alors qu'on ne dispose pas de moyen pour contrôler le niveau de prélèvement. Enfin, l'alimentation de la nappe phréatique peut être considérablement modifiée par la modernisation. Selon les estimations actuelles, cette alimentation dépend pour environ 80 % des infiltrations d'eau du système d'irrigation gravitaire<sup>6</sup>. L'amélioration de l'efficacité d'irrigation a pour conséquence immédiate une diminution des entrées d'eau dans la nappe qui ne sera pas forcément compensée par une baisse des prélèvements du même ordre de grandeur.

## Références

- [1] Bacot M. L., 2001. Les stratégies d'utilisation conjuguées des eaux de surface et souterraines pour l'irrigation dans le périmètre irrigué du Tadla (Maroc), Mémoire de fin d'étude, ENGEES.
- [2] Berrkia N., 2003. Utilisation conjuguée des eaux souterraines et des eaux de surface dans le périmètre des Beni Amir : typologie des pompages et impact sur la qualité des eaux et des sols (Tadla), Mémoire de fin d'étude, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- [3] Chohin-Kuper A., Rieu T., 2002. Les outils économiques pour la gestion de la demande en eau en Méditerranée. *In* : Forum : Avancées de la gestion de la demande en eau en Méditerranée, Fiuggi, Plan Bleu, octobre 2002.
- [4] Fusillier J. L., Saque C., 2001. Stratégies de production agricole et demande en eau d'irrigation. Une approche de la diversité des irrigants sur les périmètres hydro-agricoles du Sud de l'île de la Réunion. *In* : Séminaire "Préservation et valorisation de l'eau dans le domaine littoral", Université de la Réunion, St Denis de la Réunion, France.
- [5] Glachant M., 2002. Les instruments de politique environnementale en matière de contrôle de la pollution. Cours de DEA Economie de l'environnement et des ressources naturelles, Université de Paris X.
- [6] ICRA, 2003. Reconvertir un système d'irrigation : le pari difficile du périmètre irrigué du Tadla (Maroc). ICRA, Série documents de travail, 114.
- [7] Johansson R. C., Tsur Y., Roe T. L., Doukkali R., Dinar A., 2002, Pricing irrigation water, a review of theory and practice. *Water Policy*, 4 : 173-199.
- [8] Lacaze D., 1990. Optimisation appliquée à la gestion et à l'économie, Cours et exercices corrigés, Economica.
- [9] Petitguyot T., 2003. Agriculture irriguée et utilisations durables des ressources en eau souterraines et de surface. Une exploration micro-économique dans la plaine du Tadla, Maroc. Mémoire de DEA, ENGREF, Université Paris X, CEMAGREF Paris, France. 112 p. + annexes.
- [10] Préfol P., 1986. Prodige de l'irrigation au Maroc. Le développement exemplaire du Tadla, 1936-1985. Nouvelles Editions Latines, Paris, France, 266 p.
- [11] SCET (SIGLE)-Maroc, 1995. Diagnostic des exploitations agricoles du périmètre irrigué du Tadla, résultats de l'enquête. Rapport n° 21, Projet MRT.
- [12] Shah T., Roy A. D., Qureshi A. S., Wang J., 2003. Sustaining Asia's groundwater boom : an overview of issues and evidences, *Natural Resources Forum* : 27, pp. 130-141.
- [13] Thomas V., 2001. Analyse et modélisation de l'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines dans le périmètre irrigué des Beni Amir (Maroc), Mémoire de DEA Sciences de l'eau dans l'environnement continental, Université de Montpellier II, Montpellier, France.

<sup>6</sup> Agence de Bassin Hydraulique de l'Oum Er-Rbia, 2003, com. pers.

- [14] Zemzam S., 2003. Stratégies d'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines pour l'irrigation dans le périmètre irrigué du Tadla. Mémoire de fin d'étude, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.