



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



Les stratégies d'équipement en stations de pompage des petites exploitations agricoles du Tadla

Ph. Le Grusse¹, M. Kuper², A. Hammani³, S. Zemzam³ S. Bouarfa⁴

¹ CIHEAM-IAMM, 3191, route de Mende 34093 Montpellier Cedex 5. France

² CIRAD TERA, 73, rue J.F. Breton, 34398 Montpellier, France

³ IAV Hassan II, Département Génie Rural, Rabat-Instituts

⁴ Cemagref, Unité Irrigation, F-34033 Montpellier, France

E-mail : m.kuper@iav.ac.ma

Résumé - A la suite de plusieurs épisodes de sécheresses et de la libéralisation des assolements au Maroc, les deux dernières décennies ont vu le développement massif de stations de pompage dans les périmètres irrigués du Tadla (la dotation est de 131 millions de m³ dans le périmètre du Béni Amir en 2001-2002, pratiquement la moitié de la période 1978-2002). De plus, la libéralisation des assolements a induit une baisse des cultures industrielles et une diversification entraînant une demande en eau plus complexe à satisfaire. Actuellement, d'après les estimations, plus de 10 000 puits et forages sont fonctionnels dans ces périmètres de grande hydraulique. Ces stations de pompage, qui appartiennent souvent à des exploitations familiales ou à des petites associations d'exploitations liées par parenté ou voisinage, peuvent prélever chacune jusqu'à 100 000 m³/an. On estime qu'environ 50 % des exploitations n'ont pas accès à l'eau souterraine. A travers une étude d'une quinzaine d'exploitations agricoles sur un canal tertiaire dans le périmètre des Béni Amir dans le Tadla, nous cherchons à comprendre les stratégies d'équipement en station de pompage et à étudier leur impact sur l'intensification des assolements et sur l'évolution des résultats économiques des exploitations agricoles. Le modèle de simulation Olympe (simulateur d'aide à la décision pour l'orientation stratégique de l'exploitation agricole) est exploité pour constituer une base de données sur les systèmes de production des exploitations et comme outil de simulation pour l'orientation stratégique de l'exploitation agricole, à l'échelle individuelle. Ainsi, les simulations montrent l'intérêt de l'équipement en station de pompage en fonction de la taille de l'exploitation. En conclusion, les échanges d'eau souterraine pourraient constituer une opportunité pour davantage utiliser le parc existant de stations de pompage (les taux d'utilisation des forages sont inférieurs à 21 %) et améliorer les bilans financiers des exploitations.

Mots clés : aide à la décision, base de donnée, eau souterraine, exploitation agricole, forage, irrigation, logiciel Olympe, périmètre irrigué, pompage, station de pompage, simulation, Maroc, Tadla.

1 Introduction

Les années de sécheresse qui ont sévi dans la région du Tadla ont provoqué une pénurie en eau de surface et ont incité les agriculteurs à un recours massif aux eaux souterraines par pompage. La dotation en eau de surface en 2001-2002 pour le périmètre du Béni Amir (30 000 ha) était ainsi seulement de 130,8 millions de m³ contre une moyenne de 245,6 millions de m³ pour la

période 1978-2002. Par ailleurs, la libéralisation des assolements a provoqué une réduction de la superficie des cultures industrielles en faveur d'assolements plus hétérogènes et une demande en eau plus difficile à satisfaire par les tours d'eau du réseau de surface. Cependant, l'exploitation des eaux souterraines n'est pas à la portée de tous les exploitants et on estime que seulement 50 % des agriculteurs ont accès aux eaux souterraines (Mosseddaq et Majnaoui, 1993[4] ; SCET, 1995[5] ; Bacot, 2001[2]). Les autres exploitations sont restées dépendantes de l'eau du réseau gérée par l'Office régional de mise en valeur agricole du Tadla (ORMVAT).

A la différence du réseau de surface bien suivi par les services de l'ORMVAT, les volumes pompés dans la nappe demeurent, pour une large part, inconnus à l'échelle du périmètre. Aujourd'hui, après une succession de cinq années de sécheresse où la pluviomètre n'a pas dépassé 300 mm, la contribution des ressources en eau souterraine au développement agricole est considérable. Dans nombre d'exploitations servies par le réseau de surface, la contribution de l'eau souterraine au volume annuel d'eau d'irrigation dépasse les 50 %. Les agriculteurs ont ainsi réussi en 2001-2002 à maintenir le niveau des superficies emblavées dans le périmètre malgré une réduction de moitié de la dotation en eau de surface. Par conséquent, l'utilisation conjuguée d'eau souterraine et d'eau de surface devient un élément capital dans la gestion d'une exploitation. A l'heure actuelle, le développement du pompage privé s'accélère progressivement sur le terrain et se pose la question de la durabilité de l'utilisation de la ressource en eau dans le périmètre du Tadla.

A travers une étude détaillée d'une quinzaine d'exploitations agricoles dans un tertiaire d'irrigation dans le périmètre des Béni Amir, nous cherchons à comprendre les stratégies d'équipement en station de pompage et à étudier à travers des scénarios de simulation l'impact des choix stratégiques des agriculteurs sur l'intensification des assolements et l'évolution des résultats économiques des exploitations agricoles. Ce périmètre est caractérisé par une forte présence de petites exploitations familiales largement orientées vers la production de céréales et de fourrages pour l'alimentation d'un cheptel bovin important. Le périmètre connaît parallèlement un essor rapide de stations de pompage privées.

2 Choix de la zone d'étude et méthodologie

2.1 Choix de la zone d'étude

L'étude a été menée à l'échelle d'un tertiaire, le tertiaire TD5B de la prise 13, à l'aval de la prise 13, dominant une superficie d'environ 50 ha dont 46,4 ha sont irrigués, à 7 km de la ville de Fquih Ben Salah. La prise 13 possède une forte densité de stations de pompage (figure 1) : on dénombre 165 stations de pompage pour un total de 435 agriculteurs¹ sur une superficie de 1 795 ha.

L'échelle d'investigation choisie dans l'étude, c'est-à-dire le tertiaire d'irrigation, permet de réaliser des enquêtes exhaustives sur une unité de gestion de l'eau de surface et dans des conditions techniques homogènes de recours à la ressource souterraine. Cette homogénéité permet de mettre l'accent sur la diversité socio-économique des agriculteurs, point focal de ce travail, à l'intérieur d'une même unité de lieu. En effet, Bacot (2001)[2] avait choisi son échantillon en suivant un gradient de salinité, mais ce facteur ne semble pas déterminant vis-à-vis des stratégies des agriculteurs pour l'utilisation de l'eau et la production agricole. Par ailleurs, la difficulté d'obtenir des informations complètes sur les exploitations a contraint Bacot (*ibid*)[2] à réfléchir sur des lots d'irrigation et non sur des exploitations complètes. Le choix d'un échantillon de 18 lots dispersés sur le périmètre ne facilitait pas la compréhension des stratégies des exploitants.

Le tertiaire a été choisi sur les critères suivants :

¹ Il s'agit d'agriculteurs immatriculés auprès de l'ORMVAT. Ce matricule recouvre généralement plusieurs héritiers, souvent exploitant de façon indépendante leurs terres.

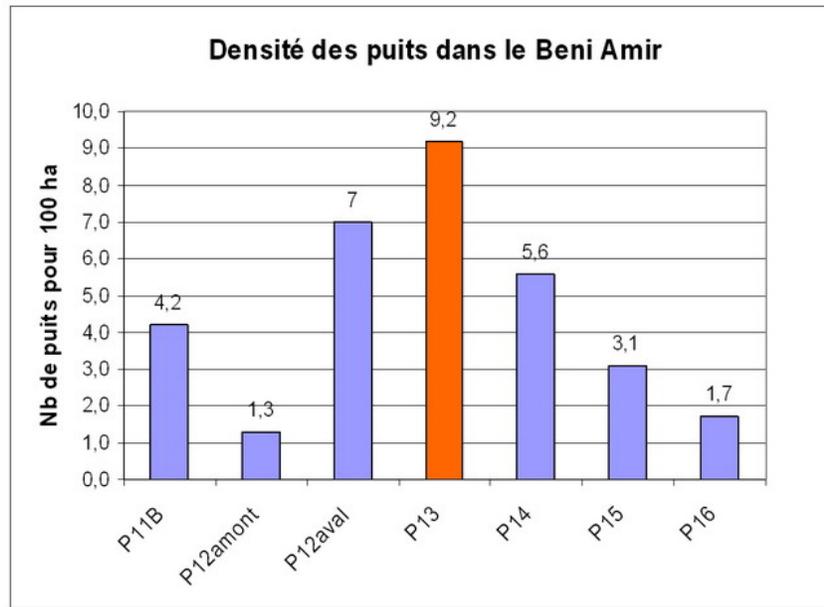


FIG. 1 – Densité des stations de pompage dans le périmètre irrigué des Beni Amir, comparaison entre différentes prises secondaires (source : données ORMVAT).

- le tertiaire doit accueillir une majorité d’exploitations conduites en mode de faire valoir direct, vu sa prépondérance au sein du périmètre ;
- l’exhaustivité de l’enquête et la nécessité d’un suivi ont conduit au choix d’un tertiaire où résident les exploitants dans une zone suffisamment éloignée de la ville pour éviter les exploitations citadines dont les propriétaires sont absentéistes ;
- nécessité d’une diversité dans l’accès aux ressources en eau. Trois cas se présentent : certains agriculteurs ont un accès unique au réseau de surface de l’ORMVAT, d’autres utilisent l’eau du réseau et celle de la nappe, d’autres encore utilisent uniquement l’eau de nappe et n’ont pas accès au réseau pour des raisons de localisation (hors aménagement) ou pour cause d’endettement vis-à-vis de l’ORMVAT ;
- existence des assolements (céréales, fourrages) et des systèmes de production (cultures annuelles, élevage) représentatifs du périmètre des Beni Amir.

2.2 Présentation des exploitations de la zone d’étude

2.2.1 Structure familiale

L’âge des exploitants est en moyenne de 43 ans. Pratiquement tous les exploitants connaissent l’agriculture depuis leur jeune âge. La plupart sont aidés dans leur travail par les enfants. Le père reste jusqu’à un âge avancé le chef de l’exploitation et le centre de décision. Le groupe familial est à la fois un groupe de consommation et de production. Mosseddaq et Majnaoui (1993)[4] ont montré un déséquilibre entre le nombre d’unités de consommation et le nombre d’unités de travail humain. Ce déséquilibre serait dû essentiellement au nombre élevé d’enfants de moins de 7 ans et d’enfants scolarisés. L’émigration des jeunes en Italie explique aussi ce déséquilibre, mais constitue une source importante de revenu pour l’exploitation.

2.2.2 Structures foncières et mode de faire-valoir

Les structures foncières des exploitations de la zone sont représentatives du périmètre des Béni-Amir. Les petites exploitations de moins de 5 ha constituent 70 % de l'échantillon et n'occupent que 33 % des terres (figure 2). Sur un total de 17 agriculteurs, 12 seulement sont immatriculés à l'ORMVAT et reçoivent une facture d'eau. Ceci reflète le phénomène de morcellement des exploitations par héritage. Deux des agriculteurs immatriculés représentent, chacun auprès de l'ORMVAT, 3 ou 4 agriculteurs cultivant chacun de 1 à 4 ha.

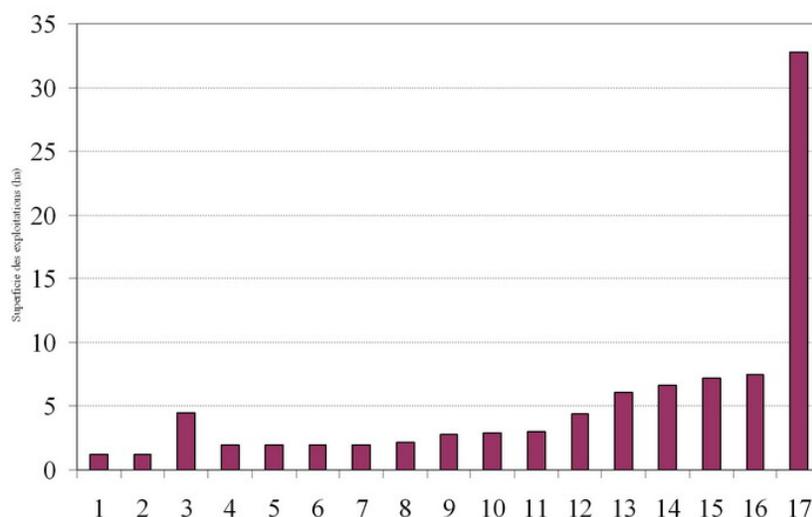


FIG. 2 – Superficies des exploitations analysées (source : ORMVAT, complété par Zemzam, 2003[6]). (les exploitations 1 à 7 ont un seul matricule)

Près de la moitié des agriculteurs ont des parcelles sur d'autres tertiaires d'après la répartition de la propriété foncière (tableau 1). Ces parcelles se trouvent généralement à proximité du tertiaire, mais sont parfois éloignées de 5 km.

Le mode de faire-valoir direct représente 82 % de la surface des terres ; le reste est exploité en métayage.

TAB. 1 – Répartition de la propriété foncière tenant compte des parcelles hors tertiaire (Zemzam, 2003)[6].

Taille des exploitations	% de la superficie totale	% du nombre d'exploitations
< 2,5 ha	13	41
2,5 à 5 ha	18	29
5 à 10 ha	28	24
> 10 ha	41	6

2.2.3 Assolement et système de production

Reflétant la situation générale du périmètre des Béni Amir, les assolements dominants comprennent les céréales, des cultures fourragères et l'olivier. Les céréales (blé tendre, blé dur) et la luzerne prédominent, suivis par le bersim. Les agriculteurs ont abandonné les cultures

industrielles (betterave, coton). Ils expliquent l'abandon du coton par sa non-adéquation aux conditions climatiques et par la gravité des attaques parasitaires et celui de la betterave par la limitation des ressources en eau et par les problèmes rencontrés avec l'usine de transformation.

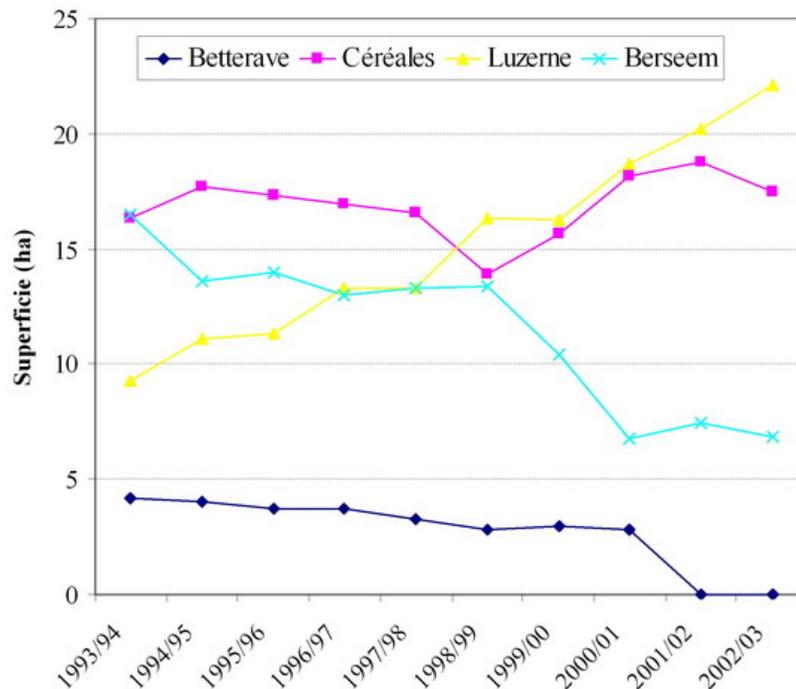


FIG. 3 – Evolution des principales cultures de la zone.

Les céréales sont principalement le blé tendre avec un rendement moyen estimé à environ 50 q/ha. Il est destiné surtout à l'autoconsommation, une partie est stockée comme semences et la partie restante est vendue sur le marché ou aux collecteurs. La paille est utilisée pour le cheptel de l'exploitation. Toutes les exploitations possèdent des oliviers plantés en intersole. Le rendement moyen est estimé à 3,3 t/ha. Les agriculteurs de la zone bénéficient de la proximité d'une huilerie.

Le développement des cultures fourragères et la disponibilité des pailles de céréales et des fanes de betteraves sont à la base de développement d'élevage. Toutes les exploitations possèdent un cheptel bovin, dont place est importante dans le système de production quelle que soit sa taille. L'extension des cultures fourragères, notamment de la luzerne qui prédomine, a accompagné le développement de l'élevage bovin. Pour certaines exploitations, la luzerne est considérée comme une culture de rente car il existe un marché très actif de foin. L'importance accordée aux cultures fourragères traduit bien le poids de l'élevage dans la zone. Dans plusieurs exploitations, la luzerne n'est pas destinée à la vente, mais uniquement à l'alimentation du bétail. Le bersim constitue une grande part des cultures fourragères, mais il est en net recul depuis 2000. Le bersim est cultivé en hiver, alors que la luzerne est une culture pérenne qui produit surtout de mars à novembre. Cette production estivale est très intéressante pour les agriculteurs à la fois pour leur propre cheptel et pour le marché de foin lucratif en été.

2.2.4 Accès aux ressources en eau

Dans la zone d'étude, 71 % des agriculteurs utilisent conjointement l'eau du réseau et l'eau de la nappe ; 29 % n'ont pas accès à l'eau souterraine. Une très grande diversité de mode d'accès

à l'eau existe entre les exploitations et au sein d'une même exploitation. Par exemple, un des agriculteurs de la zone d'étude possède des parcelles qui ont soit un accès conjoint à l'eau du réseau et à l'eau de la nappe – c'est le cas des parcelles situées dans le tertiaire étudié – soit un accès unique à l'eau du réseau ou à l'eau de la nappe. Quand la parcelle est trop petite pour justifier l'installation d'un forage et qu'il n'a pas d'accord avec ses voisins pour l'utilisation de l'eau souterraine, l'agriculteur doit se contenter de l'eau du réseau. Sur une autre parcelle, un litige entre héritiers sur le paiement de la facture d'eau empêche l'accès à l'eau du réseau.

2.3 Utilisation d'un modèle de simulation technico-économique des activités agricoles

Le logiciel Olympe est un simulateur d'aide à la décision pour l'orientation stratégique de l'exploitation agricole, à l'échelle individuelle, ou dans une démarche collective (Attonaty *al.*, 1989[1]). L'intérêt d'une approche de modélisation technico-économique réside dans sa rapidité à explorer plusieurs variantes pour tester la viabilité d'un projet individuel ou collectif. Un travail d'enquête est réalisé auprès des différents exploitants ainsi qu'une collecte de données sur leur environnement socio-économique (Le Grusse, 2001[3]). La représentation des acteurs agricoles se décompose en trois parties :

- la définition des charges et produits caractérisant les activités agricoles ou les ateliers de production, et les niveaux de consommation et de production de ces activités en fonction des itinéraires techniques. Une présentation générale permet de déterminer les variables en matière de charges et de produits afférents à l'activité agricole dans la zone, sur plusieurs spéculations selon différents itinéraires techniques ;
- la définition des exploitations agricoles. Chaque exploitation est repérée par un titre et sa zone d'appartenance. Son activité est identifiée à partir de l'occupation du sol, du verger, de la composition du cheptel, des charges fixes, des recettes et des dépenses diverses. Cette fonction permet aussi de déterminer la représentativité de chaque exploitation dans sa zone ;
- la caractérisation des aléas qui jouent un double rôle, d'une part pour caler les exploitations ainsi définies, et d'autre part pour représenter les différents scénarios de simulation. En effet, les exploitations ne produisent pas au même coût, au même rendement, et avec la même fonction de pilotage. Cette fonction permet de traduire cette diversité en pourcentage par rapport aux normes déjà intégrées dans la base de données. Les résultats réels de chaque exploitation sont approchés en affectant à chacune ses propres pourcentages.

Pour la validation, les résultats du modèle sont comparés aux données des statistiques de la zone sur des années antérieures significativement différentes en matière de superficie cultivée, de production et de consommation en eau ou de tout autre facteur permettant un calage. Les résultats sont aussi vérifiés avec les agriculteurs. Les simulations sont réalisées pour développer le dialogue entre les différents acteurs et faciliter l'émergence de nouvelles solutions.

Les simulations permettent de tester, en termes de flux, les impacts des décisions des différents acteurs. Ces analyses d'impact déterminent alors les potentialités et font émerger les éléments de négociation. Le simulateur agit comme un révélateur de l'impact des changements mais ne permet cependant pas de comprendre les règles de gestion des acteurs et d'anticiper leurs réactions face à des modifications de facteurs de leur environnement.

Le logiciel Olympe propose une description des différents éléments d'une région agricole (figure 4) :

- les données générales, composées de quatre systèmes d'unités ;
- la définition des éléments, subdivisée en ateliers, entreprise, famille, et divers ;

- les ateliers, détaillant les productions (cultures, animaux, pérennes ; pluriannuelles) ;
- les agriculteurs, cette rubrique permet d'introduire afin de préciser la place des agriculteurs et caractériser leur système de production ;
- l'ensemble, représentant un groupe d'agriculteurs pour obtenir des résultats agrégés ;
- les aléas, caractérisation de la variabilité entre les exploitations et de la variabilité interannuelle.

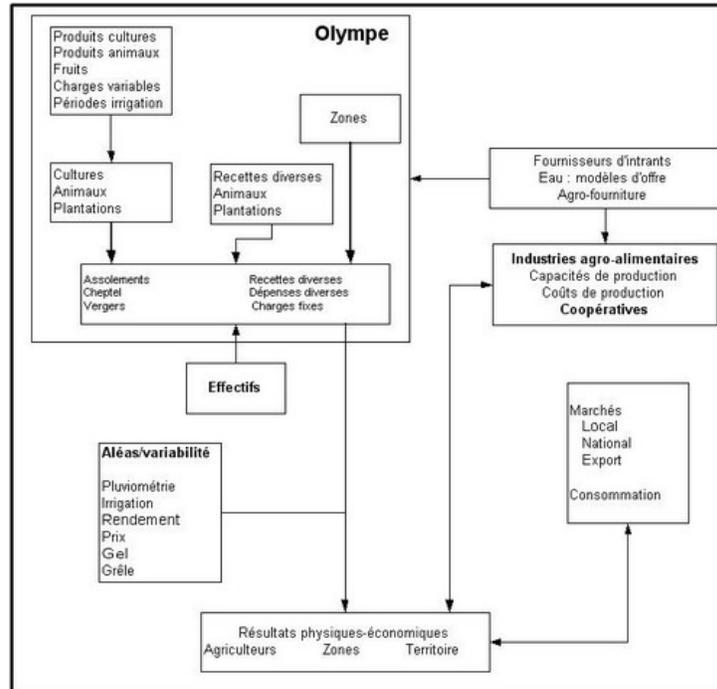


FIG. 4 – Présentation du logiciel Olympe (Le Grusse, 2001[3]).

3 Caractérisation des systèmes de production et des modes d'accès à l'eau

3.1 Typologie des systèmes de production

Pour décrire la diversité des stratégies des exploitants et identifier les facteurs qui déterminent les stratégies d'équipement et d'utilisation des stations de pompage, une typologie des exploitants a été réalisée. Des travaux antérieurs dans le Tadla sur les stratégies des exploitants en matière de gestion de l'eau et de production agricole ont été utiles pour la conception de la typologie. Mosseddaq et Majnaoui (1993)[4] ont divisé les 111 exploitations enquêtées en quatre groupes, en fonction des spéculations réalisées, de leur taille et des itinéraires techniques, caractérisés par le degré de mécanisation, l'emploi des intrants, le mode de conduite des cultures, le niveau de rendement obtenu et la participation au marché :

- petites à moyennes exploitations céréalières à agriculture moyennement intensive (59 %) ;
- petites à moyennes exploitations céréalières à agriculture intensive (27 %) ;
- moyennes exploitations céréalières intensives à élevage dominant (4,5 %) ;
- grandes exploitations céréalières à agriculture intensive (10 %).

La typologie dégagée par Bacot (2001)[2], fondée sur l'accès à la ressource en eau, montre la présence de quatre types d'exploitations issus de à partir d'un échantillon de :

- agriculteur ayant un accès facile à la nappe et un accès à l'eau du réseau ;
- agriculteur ayant un accès restreint à la nappe et un accès à l'eau du réseau ;
- agriculteur ayant un accès facile à la nappe et n'ayant pas accès au réseau ;
- agriculteur ayant un accès restreint à la nappe et n'ayant pas accès au réseau.

Pour concevoir la typologie de cette étude, les différents facteurs indiqués par ces auteurs ont été testés. Il s'avère que la taille des exploitations n'est pas en elle-même un facteur qui influence l'accès au pompage. Des petites exploitations de la zone ayant une superficie inférieure à deux hectares ont ainsi pu creuser un forage. Les revenus générés par l'émigration expliquent ce découplage entre la taille de l'exploitation et l'équipement d'une station de pompage.

Par ailleurs, les exploitations sont homogènes du point de vue des itinéraires techniques, de la mécanisation et d'autres facteurs qui ne départagent donc pas les exploitations. Ainsi, deux critères se révèlent utiles pour dégager une typologie des exploitations du réseau tertiaire choisi : l'accès à la ressource en eau (accès unique à l'eau du réseau ou accès conjoint à l'eau du réseau et de la nappe) et le système de production (degré d'intensification du système d'élevage).

TAB. 2 – Typologie des exploitations de la zone.

Type d'exploitant	Nombre d'ex- ploitations	Occurrence (%)
Eleveur-céréaliculteur avec accès à l'eau de surface et à l'eau souterraine	7	41
Eleveur-céréaliculteur avec accès unique à l'eau de surface	1	6
Eleveur avec accès à l'eau de surface et à l'eau souterraine	5	29
Céréaliculteur-éleveur avec accès unique à l'eau de surface	4	24

Les éleveurs et éleveurs-céréaliculteurs ont tous accès à l'eau souterraine pour pouvoir installer des cultures fourragères pendant l'été afin d'assurer une production laitière satisfaisante durant toute l'année. Un seul agriculteur parmi les éleveurs-céréaliculteurs n'a pas accès à l'eau souterraine, à cause de l'éloignement du forage familial. A titre de compensation, ses cohéritiers lui vendent la moitié de leur dotation en eau de surface.

En revanche, aucun céréaliculteur-éleveur du réseau tertiaire étudié n'a accès à l'eau souterraine. Cette interaction entre système de production et accès au pompage est démontrée par le changement de système de production : un agriculteur était un céréaliculteur-éleveur avant l'installation d'un forage dans son exploitation en 2002, il a depuis changé son système de production en favorisant l'élevage et les cultures fourragères au détriment de la production de céréales et est devenu éleveur-céréaliculteur.

3.2 Mode de fonctionnement des forages

Sur les six forages de la zone d'étude deux sont individuels. Les quatre autres ont été installés et sont utilisés en association par plusieurs agriculteurs ayant des liens de parenté ou de voisinage.

3.2.1 L'investissement

L'investissement d'une station de pompage est composé du coût de creusement, du prix d'achat du dispositif motopompe et du coût de construction de l'abri (tableau 3).

TAB. 3 – Coût de l'investissement de l'installation d'un forage (Zemzam, 2003[6]) (exprimé en Dirhams marocains).

Forage	Profondeur du forage (m)	Coût de creusement (Dh/m)	Prix de la pompe (Dh)	Prix du moteur (Deutz) (Dh)	Construction de l'abri (Dh)	Total (Dh)
1	150	200	25 000	20 000	Sans	75 000
2	137	300	30 000	34 000	10 000	115 100
3	150	180	25 000	20 000	4 000	76 000
4	128	300	20 000	30 000	Sans	88 400

3.2.2 Le fonctionnement des forages

Deux agriculteurs seulement exploitent leur forage individuellement. Le premier a une superficie de 23 ha, et son investissement de 91 000 Dh dans l'installation d'un forage semble justifié. La superficie de la deuxième exploitation est de 2,7 ha seulement, mais il n'a pas trouvé d'associé pour partager le coût d'investissement dans le forage et il bénéficie d'un apport extérieur de l'émigration.

L'association entre plusieurs agriculteurs pour exploiter un forage est le cas le plus fréquent dans la zone (tableau 4).

TAB. 4 – Association entre les agriculteurs pour exploiter un même forage (Zmezam, 2003[6]).

Forage	Superficie totale (ha)	Nombre d'agriculteurs associés	Type d'association
1	3,9	2	Voisins
2	6	3	Parents
3	6,8	3	Parents
4	7,5	2	Parents

Pour ces associations, tous les frais d'investissement (coût de creusement, achat de motopompe et coût d'abri) et d'entretien sont partagés selon le nombre d'associés.

En général, les agriculteurs exploitent leur station de pompage à chaque tour d'eau. Dans ce cas, l'exploitant qui irrigue ses parcelles avec l'eau du réseau a la priorité pour l'utilisation du forage. En dehors des tours d'eau de surface, les agriculteurs se mettent d'accord sur un tour d'eau de pompage. Chaque agriculteur apporte la quantité de gasoil nécessaire pour faire fonctionner la motopompe.

3.3 Le coût de pompage

Le coût de pompage diffère d'une exploitation à l'autre, il dépend des caractéristiques du groupe motopompe. Ce coût a été calculé pour les différents forages de la zone (tableau 5).

Les paramètres de calcul sont les suivants :

- coûts d'équipement : 80 000 Dh
- amortissement (sur 10 ans) : 8 000 Dh/an, les taux d'intérêt n'étant pas pris en compte dans ce calcul. Le choix d'une durée de vie du dispositif est fondé sur les expériences dans la zone. Il n'a pas été possible de distinguer l'amortissement du forage et du

- dispositif motopompe, bien qu'ils aient des durées de vie différentes.
- charges fixes : 1 500 Dh/an d'entretien pour un usage " moyen " du dispositif; ce chiffre est la moyenne des coûts d'entretien cités par les agriculteurs.
 - coût fixe Cf = 1500 + 8 000 = 9 500 Dh
 - coûts variables :
 - installée (en cv) : 11
 - Débit d'exploitation : 15
 - Prix du gasoil (en Dh/l) : 6

Consommation normale du moteur (en l/CV.h) : 0,25. Il s'agit d'une moyenne selon les observations dans la zone. Ce chiffre varie bien sûr selon le rendement de la pompe.

$$cv = \left(\frac{11 \times 0,25 \times 6}{15 \times 3600 \times 10^{-3}} \right) = 0,305$$

En prenant en considération le coût fixe, le coût du m³ d'eau pompé dépendra de la durée du fonctionnement, le débit du dispositif motopompe et le rendement de la pompe.

TAB. 5 – Variation du coût global (coût fixe + coût variable) du m³ d'eau pompé en fonction de la durée du fonctionnement du forage.

Forage	Durée (h)	Débit (l/s)	Volume annuel (m ³)	Coût total (Dh/m ³)
F1	1 874	15	10 1196	0,40
F2	926	12	40 003	0,54
F3	836	15	45 144	0,52
F4	1 593	17	97 491	0,40
F5	600	15	32 400	0,60

Cette variabilité du coût du pompage – de 0,40 à 0,60 Dh/m³ d'eau – est à nuancer, car la durée de vie et le coût d'entretien dépendent bien sûr de la durée de fonctionnement du dispositif motopompe. Par ailleurs, il est intéressant de noter que les échanges d'eau en dehors des associés des forages sont très rares. Dans ces cas, la vente de l'eau est effectuée selon les tarifs du coût variable (le coût du gasoil) du dispositif, sans tenir compte de l'entretien et de l'amortissement du dispositif, et donc à perte.

4 Modélisation et analyse des performances des exploitations

La marge brute globale (Mbg/ha) varie en fonction de la taille de l'exploitation et du mode d'accès à la ressource en eau. Plus l'exploitation est grande, plus la marge dégagée par hectare est faible (figure 5). Cette tendance exprime l'aptitude des petites exploitations à l'intensification. Pour les grandes exploitations, la plus faible marge brute par hectare peut être expliquée par la présence d'une superficie non négligeable qui reste en jachère. En effet, l'intensification nécessite des moyens humains et financiers qui dépassent les capacités du propriétaire. Par ailleurs, les grandes exploitations sont souvent partagées sur plusieurs réseaux tertiaires, ainsi la gestion de l'ensemble devient de plus en plus difficile. Même si l'agriculteur a accès à l'eau souterraine dans un tertiaire, il est souvent confronté à un manque d'eau sur les autres tertiaires où il a accès uniquement à l'eau de surface. Ainsi, en considérant l'ensemble de l'exploitation, sa marge brute dégagée par hectare diminue. En outre, l'Office ajoute une heure d'irrigation pour chaque exploitation sans tenir compte de sa taille. Ainsi, les exploitations de petites tailles en profitent le plus.

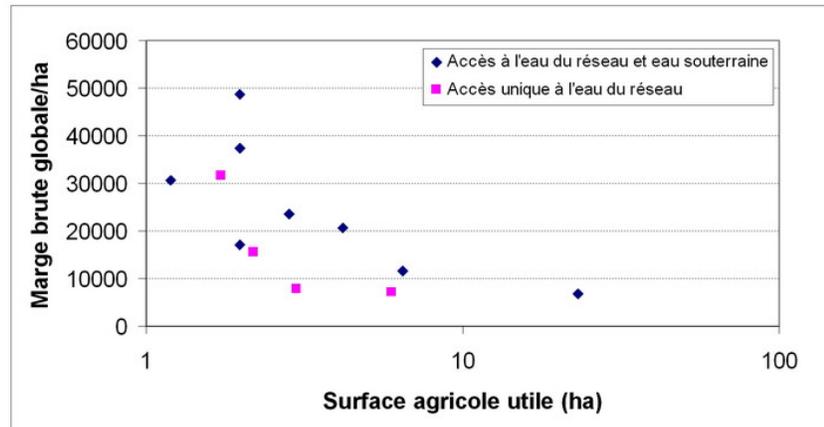


FIG. 5 – Variation de la marge brute globale en Dh/ha en fonction de la taille de l'exploitation et de l'accès à l'eau, en prenant en considération les parcelles hors tertiaire.

Les taux d'intensification selon la taille de l'exploitation sont calculés selon les strates de superficie des exploitations (tableau 6).

TAB. 6 – Taux d'intensification selon la taille des exploitations agricoles (Zemzam, 2003[6]).

Strate	Taux d'intensification en pourcentage
< à 2,5 ha	117 à 120
De 2,5 ha à 5 ha	100 à 110
> à 5 ha	80 à 106

L'accès à la ressource souterraine a un impact déterminant sur la marge brute de l'exploitation (figure 5). Les agriculteurs ayant un accès à la fois à l'eau du réseau et à l'eau souterraine sont capables de dégager des marges brutes à l'hectare presque deux fois plus importantes que ceux ayant un accès unique à l'eau du réseau. En effet, l'accès à la ressource souterraine permet l'irrigation des cultures d'été – notamment des cultures fourragères – qui sont très rémunératrices et dégagent des marges intéressantes. Par ailleurs, les agriculteurs diminuent le temps de l'irrigation de moitié – 8 h au lieu de 12 h/ha – en mélangeant l'eau de forage et l'eau du réseau (45 au lieu de 30 l/s). C'est un aspect intéressant pour les agriculteurs qui réduisent ainsi le coût de la main-d'œuvre (5 Dh/h). L'irrigation uniquement par forage est limitée au strict minimum car cela engendre une durée d'irrigation de l'ordre de 30 h/ha.

Deux agriculteurs ont pu dégager une marge brute par hectare beaucoup plus élevée que les autres. En effet, ces deux agriculteurs possèdent un grand cheptel bovin (> 10 vaches laitières) malgré la taille très modeste des exploitations (un peu moins de 2 ha). Le cheptel est issu d'un héritage et ils ont un apport financier de l'émigration qui leur permet d'acheter du concentré et de la luzerne sèche pour nourrir leurs vaches pendant l'été, car la taille de leurs parcelles ne permet pas de nourrir l'ensemble du cheptel.

Un des agriculteurs, qui n'a pas accès à l'eau souterraine, dégage une marge brute comparable à celles obtenues par les agriculteurs ayant un accès à l'eau souterraine. Cet agriculteur négocie avec ses frères l'achat d'une partie de leur dotation en eau de surface. Ainsi, il réalise un bon rendement en cultures fourragères qui lui permettent d'alimenter ses vaches laitières.

Les assolements actuels montrent la préférence des agriculteurs pour la luzerne (22 ha sur 46 ha dans le tertiaire) pour plusieurs raisons : sa résistance au déficit hydrique, la disponibilité

d'aliments pour le cheptel même pendant l'été, et la vente lucrative sur les marchés locaux ou directement aux agriculteurs. Il existe cependant de grands écarts dans les doses d'irrigation appliquées à la luzerne par les différents agriculteurs. Les agriculteurs ne disposant pas de l'eau souterraine, principalement les céréaliculteurs-éleveurs, n'arrivent pas irriguer suffisamment et donnent en moyenne seulement 40 % des besoins de la culture (apport de 8 750 m³ pour des besoins de 20 700 m³), alors que ceux qui utilisent les deux ressources appliquent environ 90 % des besoins (18 350 m³) (figure 6). Les éleveurs et les éleveurs- céréaliculteurs arrivent ainsi à obtenir des productions de luzerne élevées, de l'ordre de 12 jusqu'à 15 t MS/ha selon les données de l'ORMVAT, durant toute l'année.

La liaison forte entre l'équipement en station de pompage et la culture de luzerne n'existe pas avec d'autres cultures. Dans le cas du blé tendre, par exemple, même les agriculteurs ayant un accès uniquement à l'eau du réseau parviennent à satisfaire globalement les besoins en eau du blé tendre (à 95 % et 120 % pour ceux ayant un accès complémentaire à la nappe). Ces agriculteurs donnent donc une priorité dans l'attribution de l'eau de réseau pour le blé tendre du fait de la sensibilité de la culture au déficit hydrique surtout aux stades critiques.

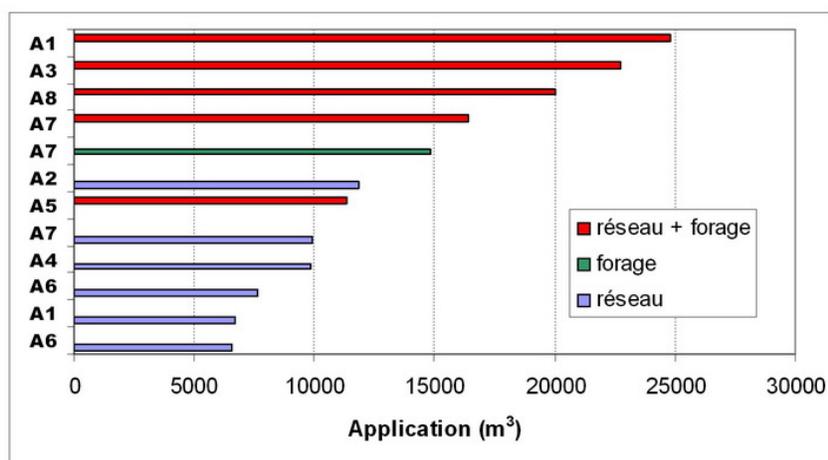


FIG. 6 – Les volumes annuels (m³/ha) appliqués sur la luzerne selon les différentes ressources en eau.

L'agriculteur A7 irrigue quelques parcelles en dehors du tertiaire, qui ne sont pas desservies par le réseau, avec le forage situé au sein du tertiaire, cela occasionne des pertes d'eau importantes au cours du transport. Même s'il peut faire fonctionner son forage selon ces besoins sur ces parcelles hors du tertiaire, obtenant une autonomie dans sa pratique d'irrigation, il applique moins d'eau que sur les parcelles qui ont accès aux deux ressources. L'agriculteur A2, qui a accès seulement à l'eau du réseau, a réussi à apporter 35 % de plus d'eau que la moyenne de ceux qui dépendent exclusivement du réseau de surface grâce à des échanges d'eau avec ses frères, qui eux ont accès aux deux types de ressources. En revanche, l'agriculteur A5 qui n'a pas de famille à l'étranger a pu installer un forage en s'associant à un autre agriculteur pour partager les frais d'investissement, mais il ne réussit pas à satisfaire les besoins en eau de la luzerne en raison des problèmes de trésorerie pour l'achat du gasoil.

5 Stratégies d'accès à la ressource en eau et scénarios d'évolution

5.1 Définition des scénarios

Le fonctionnement actuel des exploitations agricoles et les stratégies développées par les agriculteurs pour faire face à une situation de pénurie en eau de surface ont été simulés. Ils ont différents projets pour améliorer les résultats économiques des exploitations. Le simulateur Olympe permet d'intégrer tout le processus de fonctionnement de l'exploitation (technique et économique) et de simuler l'ensemble d'une exploitation. Ainsi les conséquences d'un nouvel investissement, de la suppression ou d'ajout d'un atelier de production, d'un changement technique peuvent être simulés. Les scénarios sont comparés à un scénario de référence, fondé sur l'assolement actuel de l'exploitation, les consommations en eau de surface et souterraine et enfin l'effectif des animaux.

Après discussion avec les agriculteurs, différents scénarios ont été proposés.

- S1 : échanges d'eau entre agriculteurs à travers l'achat des dotations en eau de surface. Dans la zone d'étude, un des agriculteurs achète une partie de la dotation en eau de surface de ses frères au prix coûtant (0,20 Dh/m³), ce qui lui permet d'augmenter son cheptel bovin et d'accroître sa production de luzerne et de céréales. Ce scénario généralise cette possibilité et calcule pour différentes exploitations, l'impact de la possibilité d'acheter de l'eau de surface aux voisins.
- S2 : échanges d'eau souterraine entre les agriculteurs du tertiaire. Ce scénario évalue l'impact d'un accès à l'eau souterraine pour les agriculteurs qui ne possèdent pas leur propre forage, ou ne sont pas associés à des échanges. Ainsi, ils peuvent réaliser des rendements de céréales similaires à ceux obtenus par les agriculteurs propriétaires d'un forage et ils auront la possibilité de vendre une partie de la luzerne sèche.
- S3 : investissement dans l'achat des vaches laitières. Ce scénario traduit la volonté des agriculteurs d'investir davantage dans la filière de production laitière. La superficie de céréales diminue au profit d'une culture fourragère, généralement la luzerne. L'augmentation des volumes d'eau consommés générée par ce changement est prise en compte.

5.2 Résultats des simulations

5.2.1 Les échanges d'eau de surface au sein du tertiaire

On constate que la possibilité d'achat d'eau de surface améliore de façon significative les résultats économiques des exploitations. Ainsi, la marge brute globale augmente en moyenne de 80 % environ (tableau 7).

TAB. 7 – Evolution de la marge brute globale avec et sans achat de l'eau de surface (scénario S1).

Agriculteur	Marge brute globale (Dh/ha)		Augmentation de marge brute globale (%)
	Sans achat d'eau	Avec achat d'eau	
1	16880	29030	72
2	7110	15180	114
3	14530	25720	77
4	6630	12460	88

La forte augmentation de marge brute de l'agriculteur 2 peut s'expliquer par l'importance des cultures fourragères sur l'exploitation. En modifiant leurs choix de cultures, les autres agricul-

teurs pourraient prétendre aux mêmes évolutions. Cependant, l'amélioration de la disponibilité en eau de surface du périmètre pour permettre davantage d'échanges semble peu probable, malgré la mise en place récente du barrage d'El Hansali. Les possibilités d'encourager des marchés de l'eau pour développer l'agriculture semblent faibles. Les échanges d'eau de surface entre voisins et entre parents pour des raisons de flexibilité et de convenance existent bien sûr mais ils ont rarement un caractère mercantile. *A contrario*, ce scénario montre que la limitation en eau de surface a des conséquences extrêmement fortes en terme de marge brute des exploitations.

5.2.2 Les échanges d'eau souterraine au sein du tertiaire

L'achat de l'eau souterraine en complément des tours d'eau reçus par l'agriculteur de l'ORMVAT permet aux exploitants d'améliorer leurs résultats économiques. De ce fait, l'échange d'eau entre les irrigants peut être une solution à l'absence de forage dans l'exploitation.

Actuellement, il y a très peu d'échanges d'eau souterraine. L'eau est vendue au prix coûtant du gasoil et les propriétaires sont réticents à vendre à ce prix. Le scénario prévoit une comparaison entre le prix d'achat actuel (0,305 Dh/m³) et un prix d'achat qui inclut les charges de structure du matériel et le coût d'amortissement (0,50 Dh/m³). Les résultats des simulations présentés sous forme de marge nette tiennent compte des charges d'entretien et d'amortissement des immobilisations (tableau 8).

TAB. 8 – Evolution de la marge nette avec et sans achat de l'eau souterraine (scénario S2), comparaison entre le prix d'achat actuel et un prix d'achat qui intègre les coûts d'entretien et de l'amortissement dans le coût de pompage.

Agriculteur	Superficie (ha)	Marge nette			Augmentation A → C (%)
		A. Sans achat d'eau (Dh)	B. Avec achat d'eau à 0,305 (Dh)	C. Avec achat d'eau à 0,50 (Dh)	
1	3	21 341	30 545	26 145	23
2	2,2	31 682	38 616	34 216	8
3	6	39 802	58 744	54 344	37

L'achat d'eau souterraine permet aux agriculteurs de mieux satisfaire les besoins du blé tendre et de la luzerne et ainsi d'augmenter leur rendement. Le gain obtenu par la vente de la luzerne est très supérieur à celui de la vente des céréales. La différence d'augmentation de la marge nette entre la situation avec achat d'eau souterraine (en tenant compte des coûts d'entretien et d'amortissement) et celle sans achat est beaucoup plus importante pour les agriculteurs 1 et 3 que pour l'exploitant 2. En effet, en 2001-2002 ces agriculteurs ont une superficie emblavée en luzerne supérieure à celle cultivée en céréales, en comparaison de l'agriculteur 2 dont la surface en céréales domine.

Pour interpréter les résultats, il faut garder en mémoire que les simulations ont été faites pour l'assolement actuel alors qu'un accès à l'eau souterraine permet aux agriculteurs d'intensifier leurs exploitations et de faire évoluer les systèmes de cultures. L'amélioration des résultats économiques de l'exploitation grâce à l'achat d'eau souterraine serait sans doute supérieure aux résultats obtenus avec les simulations.

5.2.3 L'intensification de l'élevage laitier

Ce scénario a été particulièrement discuté avec les agriculteurs. Seuls ceux qui ont accès à l'eau souterraine ont été prédisposés à discuter. Les agriculteurs ayant un accès unique à l'eau de surface sont trop préoccupés par le manque d'eau et ne peuvent pas envisager une intensification de l'élevage laitier.

Les agriculteurs sont très attachés à la pratique d'élevage, car c'est un moyen de sauvegarde de capital et une source de gain journalier par la production laitière. Un projet d'achat de deux vaches a été proposé, en raisonnant les moyens financiers des agriculteurs. Pour assurer l'augmentation des besoins d'alimentation du troupeau, la luzerne doit remplacer une céréale sur une superficie évaluée à 0,4 ha. Ce changement est accompagné par une augmentation de la consommation en eau de la nappe, des différences dans les frais d'achat d'intrants et de main-d'œuvre, et tient compte des frais d'achat des vaches.

Le but de cette application est d'évaluer l'intérêt de ce projet et son impact sur l'évolution de la situation économique des exploitations. En appliquant ce scénario, la marge brute globale diminuerait de 5 à 10 % en année d'exécution de ce projet en raison des coûts d'achat des vaches laitières. Ensuite, on peut s'attendre à une nette augmentation de la marge brute globale avec des pourcentages variables selon les agriculteurs (tableau 9).

TAB. 9 – Marge brute globale avant et après projet d'achat de deux vaches laitières (scénario S3).

Agriculteurs	Superficie (ha)	Marge brute globale sans projet (Dh)	Marge brute globale avec projet (Dh)	Augmentation (%)
AG2	4	83 040	102 300	23
AG3	2,8	63 570	82 100	29
AG8	2	30 860	49 130	59
AG13	6,4	75 260	93 000	24

Le résultat économique connaît une nette amélioration, surtout pour les petites exploitations, l'accroissement de la marge brute globale peut atteindre la moitié de celle sans projet.

6 Conclusions

Avec la pénurie en eau de surface que connaît le périmètre des Beni Amir, les nappes d'eau souterraines sont très sollicitées pour satisfaire la demande croissante des agriculteurs. Dans ce périmètre, l'équipement en station de pompage par les agriculteurs se traduit généralement par une intensification de l'élevage laitier avec une augmentation concomitante de la surface des cultures fourragères, notamment de la luzerne. La luzerne fournit l'alimentation du bétail de l'exploitation durant toute l'année, mais elle est aussi commercialisée sur les marchés très actifs de fourrage, surtout en été.

Les petites exploitations familiales dans la zone d'étude réussissent à obtenir des intensités culturelles supérieures à 120 % et à rentabiliser l'exploitation à travers la filière de l'élevage, grâce à l'accès à l'eau souterraine. Paradoxalement, ce sont les petites exploitations, de surface inférieure à 5 ha, qui obtiennent les meilleures performances agricoles en termes d'intensités culturelles, de rendements et de taille du cheptel. Ce constat mérite d'être vérifié pour un échantillon plus ample sur ce périmètre. Un autre phénomène ressort de cette étude, mais n'a pas été approfondi, il s'agit de l'importance de l'apport de l'émigration à l'agriculture dans la plaine du Tadla en termes d'investissement (par exemple dans l'équipement en station de pompage), mais aussi

en termes de trésorerie pour faire face à des dépenses courantes, tel que le fonctionnement des stations de pompage.

L'eau souterraine n'est pas bénéfique à tous les agriculteurs. Environ 50 % des agriculteurs n'ont pas accès à cette ressource, ce qui les contraint à continuer les grandes cultures du périmètre comprenant des céréales et des betteraves et un peu de fourrage en hiver, sans pouvoir cultiver les productions d'été à haute valeur ajoutée. Les résultats de l'étude mettent en évidence la forte contrainte financière qu'imposent les limites de dotation en eau de surface sur les exploitations. L'intensification de l'agriculture irriguée passe donc par un assouplissement de l'accès à l'eau, permettant des cultures à haute valeur ajoutée souvent plus fragiles, plus étalées dans le temps (cultures d'été) et une dotation plus importante. L'exploitation de la nappe à travers des stations de pompage peut répondre à ces exigences, mais encore faut-il s'assurer d'une certaine équité dans cet accès et de la pérennité de la ressource.

Des échanges d'eau souterraine pourraient constituer une solution intéressante pour pallier l'absence d'un forage, augmenter la performance économique d'une exploitation, et résoudre le problème de l'inégalité dans l'accès à l'eau souterraine. Cette une solution semble techniquement possible du fait de la sous-utilisation des forages (les taux d'utilisation vont de 7 à 21 % dans la zone d'étude) et de la présence diffuse des stations de pompage dans l'ensemble du périmètre. Par ailleurs, la plupart des forages sont actuellement exploités en association entre parents et voisins. Reste à déterminer le niveau de pompage global à respecter pour assurer la durabilité de l'exploitation de cette ressource.

Nous disposons maintenant d'un modèle exhaustif de représentation du fonctionnement des exploitations agricoles sur un tertiaire d'irrigation. A partir de simulations nous avons pu évaluer différentes stratégies d'adaptation des agriculteurs à partir de leur ressource en eau et quantifier leurs besoins. Ces stratégies se regroupent en deux types, que nous pouvons nommer : coopératives (échange d'eau) et non coopératives (construction de forage et changement de système de production). La construction des forages est le plus souvent de type collective, ce qui dénote une certaine capacité de gestion collective. Le développement de ce travail trouve donc une voie dans l'utilisation d'un modèle agrégé pour chercher des règles de gestion permettant peut être au niveau du tertiaire d'améliorer l'efficacité de la gestion de la ressource entre l'eau de réseau sous contrainte de tour d'eau et l'eau souterraine qui par sa flexibilité de mobilisation apporte une sécurité. Une meilleure gestion des transferts induisant une baisse du risque de défaillance au niveau des apports aux cultures pourrait améliorer l'efficacité globale au niveau du tertiaire. L'objectif maintenant serait de rechercher des règles de production et de gestion adaptées pour une efficacité non plus simplement individuelle mais collective.

Références

- [1] Attonaty J.M., Chatelin M.H., Poussin J.C., 1989. L'évolution des méthodes et langages de simulation. *In* : Modélisation systématique et système agraire : Décision et organisation. Actes du séminaire du département SAD, Saint-Maximin, France, 2 et 3 mars 1989, INRA, p. 119-132.
- [2] Bacot M.L., 2001. Les stratégies d'utilisation conjuguée des eaux de surface et souterraines pour l'irrigation dans le périmètre irrigué de Tadla (Maroc). Mémoire de fin d'étude, EN-GEES (Ecole nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg), France, 81 p.
- [3] Le Grusse P., 2001. Du " local " au " global " : Les dynamiques agroalimentaires territoriales face au marché mondial. Quels instruments d'aide à la décision pour l'élaboration des stratégies territoriales ? Option Méditerranéenne, Série B, Etudes et recherches, N ° 32.

- [4] Mosseddaq F., Majnaoui M., 1993. Etude des exploitations et suivi de parcelle : diagnostic agronomique, étude socio-économique des exploitations agricoles, contraintes à la production céréalière dans le cas du Tadla. Tome 1, volume II, p. 138.
- [5] SCET (Société centrale pour l'équipement du territoire Maroc), 1995. Diagnostic des exploitations agricoles, résultats de l'enquête. Projet de management des ressources du Tadla. Rabat, Maroc, 98 p.
- [6] 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, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 207 p.