

Exploitation des eaux souterraines dans le périmètre irrigué de Tadla (Maroc)

Etat des lieux et éléments de méthodologie pour contribuer à une réflexion sur une gestion intégrée et durable des eaux souterraines et de surface

A. Hammani⁽¹⁾, M. Kuper⁽²⁾, Y. Bekkar⁽³⁾, H. Zaz⁽⁴⁾

⁽¹⁾ IAV Hassan II, Rabat, Maroc

⁽²⁾ Cirad/IAV, Rabat, Maroc

⁽³⁾ ENA Meknes, Meknes, Maroc

⁽⁴⁾ ORMVAT, Fquih Ben Salah, Maroc.

Résumé — L'importance des ressources en eau souterraine dans le périmètre irrigué de Tadla a été révélée pendant les années de sécheresse de 1981 à 1984 lorsqu'elles ont permis de combler le déficit en eau de surface. Depuis cette date, le recours à l'eau souterraine est devenu systématique compte tenu du contexte de pénurie d'eau de surface que connaît actuellement le bassin de l'Oum Er Rbia. Si au début, l'exploitation des eaux souterraines par pompage privé a été encouragé pour rabattre le niveau de la nappe dont le niveau était proche de la surface du sol, on assiste à partir du début des années 1990 à une prolifération « illicite » des puits et forages, et ce malgré l'existence de la loi 10-50 sur l'eau qui interdit tout accès non autorisé à la nappe. Les aquifères de Tadla sont actuellement fortement sollicités et leur niveau baisse sous l'effet conjugué d'une sous-alimentation provoquée par les sécheresses et une forte pression exercée par ces pompages privés. Par ailleurs, les modalités de gestion des eaux souterraines et la manière dont elles sont valorisées restent au stade actuel mal connues. Le présent article est le premier d'une série concernant des travaux de recherche sur la gestion des eaux souterraines dans les pays du Maghreb menée dans le cadre du projet Sirma. L'article dresse un état des lieux de la problématique de gestion des ressources en eaux dans le Tadla et décrit, la méthodologie de travail. Des résultats préliminaires seront également présentés.

Introduction

Le périmètre du Tadla au Maroc (107 000 ha irrigué en grande hydraulique) a été créé à partir des années 1940 pour réaliser le premier grand aménagement hydro-agricole au profit de petits agriculteurs avec l'introduction de techniques agricoles modernes et de cultures industrielles (Préfol, 1986). Le périmètre irrigué de Tadla dispose de deux types de ressources en eau : d'une part, les eaux de surface provenant des barrages Bin El Ouidane sur l'Oued El Abid (1500 Mm³) et de Ahmed El Hansali sur l'Oum Er Rbia (740 Mm³) et d'autre part, des eaux souterraines d'un système aquifère multicouche dont les nappes les plus importantes sont les nappes phréatiques de Béni Moussa et de Béni Amir, la nappe captive de l'éocène et la nappe profonde du Turonien. Les eaux souterraines connaissent actuellement une surexploitation due à la multiplication des ouvrages de captage (puits et forages) permettant aux agriculteurs une meilleure intensification agricole et une atténuation des pénuries des eaux de surface.

Pour mieux comprendre le fonctionnement des aquifères de Tadla, les modalités de gestion de l'eau souterraines par les agriculteurs et les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, un travail de recherche a été amorcé dans le cadre d'une action structurante du projet SIRMA. Les objectifs de l'action structurante peuvent être résumés dans les points suivants :

– étude des potentialités hydrauliques des ressources en eaux souterraines et de leur dynamique spatio-temporelle ;

- analyser les comportements des agriculteurs et leurs stratégies vis-à-vis de l'utilisation conjointe des eaux souterraines et des eaux de surface ;
- déterminer les coûts du pompage et la manière dont l'eau souterraine est valorisée par les exploitations agricoles ;
- décrire les arrangements et identifier les formes d'organisation des agriculteurs pour avoir accès aux eaux souterraines ;
- développer des outils d'aide à la décision pour une gestion durable des ressources en eaux souterraines et leur prise en compte dans la planification et l'allocation des ressources en eaux de surface.

Après une brève présentation de la situation actuelle de l'état des ressources de surface et l'état d'exploitation des eaux souterraines dans le Tadla, l'article décrira la méthodologie adoptée dans la mise en œuvre de l'action structurante, puis présentera quelques résultats préliminaires et se terminera par une discussion sur la suite à donner à ce travail dans le cadre de l'action structurante.

Situation actuelle des ressources en eaux de surface dans le Tadla

Après une période d'excédent pluviométrique s'étalant entre la date de mise en eau et 1980, le périmètre irrigué de Tadla, à l'instar des autres périmètres semi-arides du Maroc, est rentré dans un cycle de pénurie d'eau devenue de plus en plus structurelle. Aussi, la sécheresse de 1981 à 1984 a été le premier événement d'une série d'années déficitaires dans le périmètre irrigué de Tadla. En effet, si l'on considère le volume réservé pour le Tadla par le plan Directeur d'aménagement des ressources en eau (PDAIRE, 1992) qui est de l'ordre d'un milliard de m³/an, le déficit moyen a atteint 36 % entre 1981 et 1984 et entre 1993 et 2004 (figure 1). Le déficit s'est accentué depuis 1994, avec le début du transfert des eaux de surface vers le périmètre de Tassaout Aval à travers le canal T2 (Tadla – Tassaout aval).

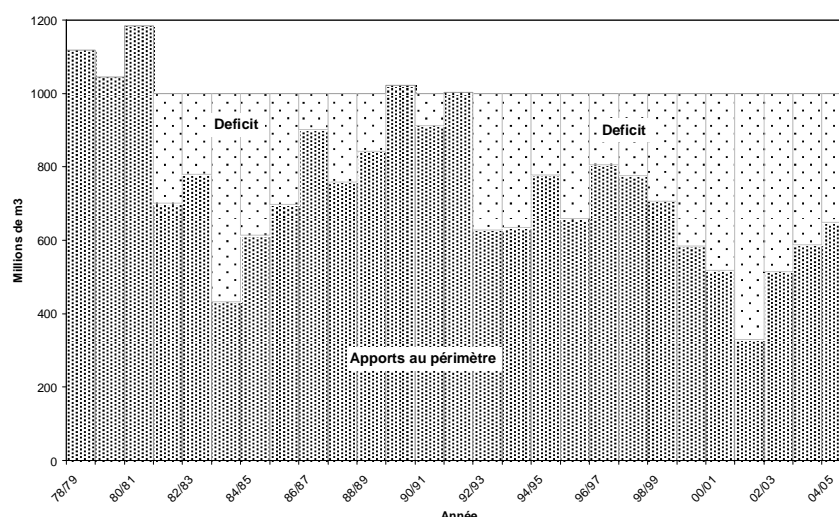


Figure 1. Evolution des volumes apportés pour l'irrigation au périmètre irrigué de Tadla (source : ORMVAT).

Exploitation des eaux souterraines dans le Tadla

Les déficits accrus en eaux de surface ont entraîné, pour les agriculteurs, le recours à l'eau souterraine par la mise en place de puits et forages privés. Pendant la sécheresse du début des années 1980, l'Etat a subventionné le creusement de puits et l'installation de stations de pompage et plus de 7 000 puits ont été installés (Figure 2). Depuis 1995, la promulgation de la loi sur l'eau 10-95 a défini le cadre juridique pour une réglementation de l'exploitation des eaux souterraines. Même si cette loi classe les ressources en eaux souterraines dans le domaine de l'hydraulique publique, le nombre de stations de pompage privées continue d'augmenter mettant en cause la durabilité de ces ressources et de leur exploitation.

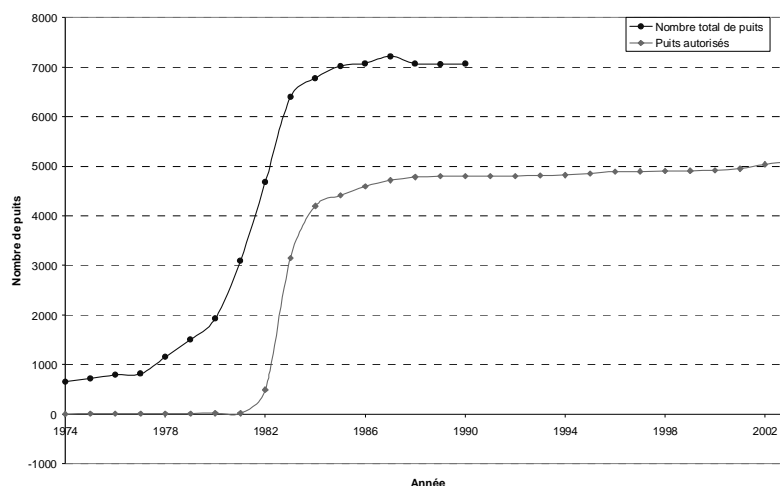


Figure 2. Evolution du nombre de puits et du nombre de puits autorisés dans le périmètre irrigué de Tadla (source : ORMVAT).

Avec le développement de la technique de pompage et la multiplication d'entreprises offrant des services de creusement des forages, on a assisté à l'approfondissement des anciens puits en forages, voire même un abandon des puits au profit de forages profonds qui peuvent parfois atteindre les nappes captives de l'éocène et probablement du turonien. En conséquence, le niveau de la nappe de l'éocène a baissé depuis 1994 (figure 3).

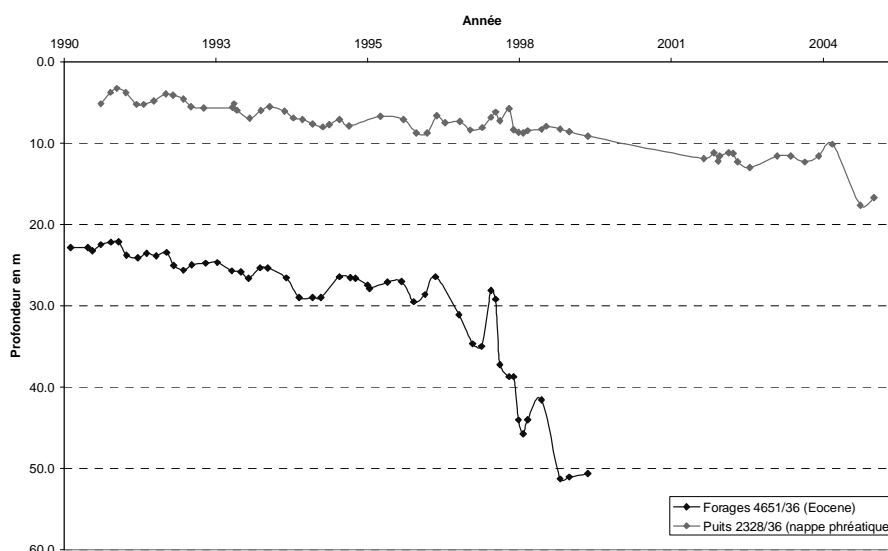


Figure 3. Evolution de la profondeur dans la nappe phréatique (puits 2328/36) et dans de la nappe captive de l'éocène (forage 4651/36).

Comme pour l'ensemble des nappes du Maroc, l'accès à l'eau souterraine dans le Tadla est non contrôlé même si la loi sur l'eau 10-95 interdit tout creusement de puits non autorisé. La mise en place d'observatoires a été la seule mesure entreprise par l'Office régional de mise en valeur agricole de Tadla (ORMVAT) et l'agence du bassin hydraulique de l'Oum Er Bia (ABHOER) pour faire face à l'exploitation excessive des eaux souterraines. L'observatoire de l'ORMVAT comprend 100 points de suivi du niveau de la nappe phréatique et de la qualité des eaux souterraines, 40 parcelles de suivi de la qualité de sol et 17 points de mesure de la qualité des eaux de surface dans les drains et à la sortie des unités industrielles.

Par ailleurs, l'ORMVAT et l'ABHOER disposent de centres de Systèmes d'information géographique (SIG) dont l'objectif est de cartographier l'ensemble des informations sur les ressources en eau et les systèmes de production. Cependant, l'utilisation des SIG à l'ORMVAT et à l'ABHOER reste au stade

de la représentation graphique spatiale de l'information et n'est pas destinée à la gestion de l'eau. Il est donc nécessaire de coupler le SIG à des outils d'aide à la gestion du périmètre afin de fournir des informations et des analyses pour les instances de décision et de concertation dans l'allocation des ressources en eau et de la gestion des eaux souterraines.

Démarche et méthodologie de travail

L'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II et d'autres institutions de recherche euro-méditerranéens, en collaboration avec l'Office régional de mise en valeur agricole du Tadla et l'Agence du bassin hydraulique de l'Oum Er Rbia ont entrepris des recherches pour identifier des modalités de gestion collective et durable des eaux souterraines dans une situation de forte pénurie d'eau tout en tenant compte des caractéristiques de l'agriculture familiale dans le périmètre à travers les projets Sirma et Aquastress.

Cet axe de recherche constitue l'une des actions structurantes du projet SIRMA dont les terrains sont le périmètre de Tadla au Maroc, la plaine de Kairouan en Tunisie et la plaine de la Mitidja ouest en Algérie. L'objectif de cette action est de rechercher des règles de gestion conjuguée des eaux de surface et souterraines adaptées pour une efficacité non seulement individuelle mais aussi collective. Ces activités réalisées dans le cadre de cette activité se situent à deux échelles. D'une part, à l'échelle de la zone d'action de l'ORMVAT, les potentialités actuelles des nappes souterraines ainsi que l'exploitation actuelle et future seront déterminées pour comprendre quel rôle elles peuvent jouer dans l'atténuation des pénuries d'eau de surface. A l'échelle de l'exploitation agricole pour comprendre les stratégies des agriculteurs quant à l'accès des eaux souterraines et d'analyser les pratiques de pompage, de gestion des eaux souterraines et de leur valorisation. Des outils seront proposés pour permettre au gestionnaire de mieux contrôler la ressource en eau souterraine et de mieux la gérer conjointement aux eaux de surface afin d'assurer sa durabilité et l'équité de son utilisation.

La méthodologie proposée se base sur un travail intensif de terrain visant d'une part à une collecte d'information aussi bien sur le plan physique et technique que sur le plan socio-économique. Le contour de l'intervention sur le terrain se résume comme suit :

- la mise en place d'un système d'information à références spatiales sur les ressources en eaux, les systèmes aquifères, l'irrigation et les systèmes de productions ;
- évaluation des potentialités des eaux souterraines et leur évolution à travers l'étude de l'évolution quantitative et qualitatives des eaux souterraines, de l'étude de l'interaction entre les différents systèmes aquifères de Tadla, l'élaboration des bilans hydrogéologiques et l'étude de l'apport de la modélisation ;
- la proposition d'un modèle basé sur les bilans hydriques à l'échelle régionale permettant de tester différents scénarios de gestion des eaux souterraines conjointement aux eaux de surface ;
- la mise en œuvre d'une série d'enquêtes à l'échelle de l'exploitation agricole. Ces enquêtes prennent différentes formes et peuvent être classées de la manière suivante :
 - une enquête exploitation agricole sur environ 300 exploitations du périmètre irrigué. Ces exploitations ont été choisies pour couvrir l'ensemble du périmètre (critère spatial), mais ont été sélectionnées de façon aléatoire (tirage au sort). L'enquête s'intéresse aussi bien aux productions agricoles qu'à la gestion et la valorisation des eaux d'irrigation et de pompage. L'enquête devrait aboutir à une typologie des exploitations agricoles dans le Tadla ;
 - une enquête sur les arrangements autour de l'exploitation des eaux souterraines afin de déceler les meilleurs types d'organisation et pouvoir ainsi proposer une bonne stratégie d'accompagnement pour l'exploitation collective des eaux souterraines ;
 - une enquête de recensement exhaustif des puits et forages sur l'ensemble du périmètre irrigué (100 000 ha) pour une meilleure caractérisation des pompages permettant d'élaborer une méthodologie de détermination des volumes prélevés à partir des nappes souterraines ;
 - des suivis de quelques exploitations agricoles, disposant de dispositif de pompage, pour déterminer des usages des eaux souterraines, mieux comprendre le rôle que peuvent jouer les eaux souterraines sur la prise de décision des agriculteurs, déterminer la valorisation de l'eau souterraine par différentes cultures et quantifier les performances des dispositifs de pompage ;
 - après un travail d'analyse de données et de capitalisation des travaux de terrain, des ateliers de restitution et d'échanges avec les acteurs sont prévus permettant d'orienter le choix d'outils ;

- le développement d'outils pouvant aider le gestionnaire à considérer les ressources en eaux souterraines dans la gestion des ressources en eau. L'outil doit s'appuyer sur une connaissance des potentialités des eaux souterraines et de leur évolution (bilan, modèle hydrogéologique), une co-construction avec les acteurs, une compréhension et une prise en compte des comportements des agriculteurs et sa généralité pour d'autres régions du Maghreb ;
- après la validation des outils et des méthodes développés, des scénarios seront développés pour tester l'impact de différents schémas de gestion aussi bien à l'échelle locale (groupe d'agriculteurs) qu'à l'échelle globale (périmètre irrigué).

Quelques résultats préliminaires

Des résultats préliminaires peuvent être présentés reflétant ainsi l'importance de l'information obtenue. Ces résultats sont issus de l'étude faite sur les bilans des nappes phréatiques de Tadla et d'une première analyse de l'enquête exploitation agricole et de l'enquête sur l'arrangement autour des puits et forages.

Evolution du bilan hydrogéologique des nappes de Béni Moussa et de Béni Amir

Le bilan hydrogéologique est un modèle simple entrées/sorties permettant de donner une idée sur l'importance de ses différents termes afin d'orienter le choix de scénarios efficaces pour la définition des plans d'action de gestion des ressources en eaux souterraines. Pour les nappes phréatiques de Tadla les termes du bilan sont représentés dans la Figure 4 et se présentent comme suit (Hammani et Bounja, 1991) :

- les entrées dans le système aquifère peuvent se composer des éléments suivants :
 - entrée d'eau d'autres horizons aquifères voisins ou sous-jacents (L) ;
 - entrée d'eau directement des eaux de surface composée de précipitations (P) et/ou d'apports artificiels par irrigation (I) ;
 - entrée d'eau des réserves d'eaux souterraines (une remontée de la nappe phréatique (+ ΔS) ;
- les sorties d'eau de l'horizon aquifère peut se composer des éléments suivants :
 - départ d'eau vers d'autres horizons aquifère (-L) ;
 - départ d'eau par évaporation (E) et par évapotranspiration des cultures (ET) ;
 - départ d'eau par des sources à l'air libre ; par drainage naturel (Dn) (vers les oueds et/ou d'autres cours d'eau naturels) ou par drainage artificiel vers le réseau de drainage (Dr) ;
 - départ d'eau par exploitation de la nappe (pompages) ;
 - quantité d'eau passée en réserve des eaux souterraines (- ΔS) (abaissement de la nappe).

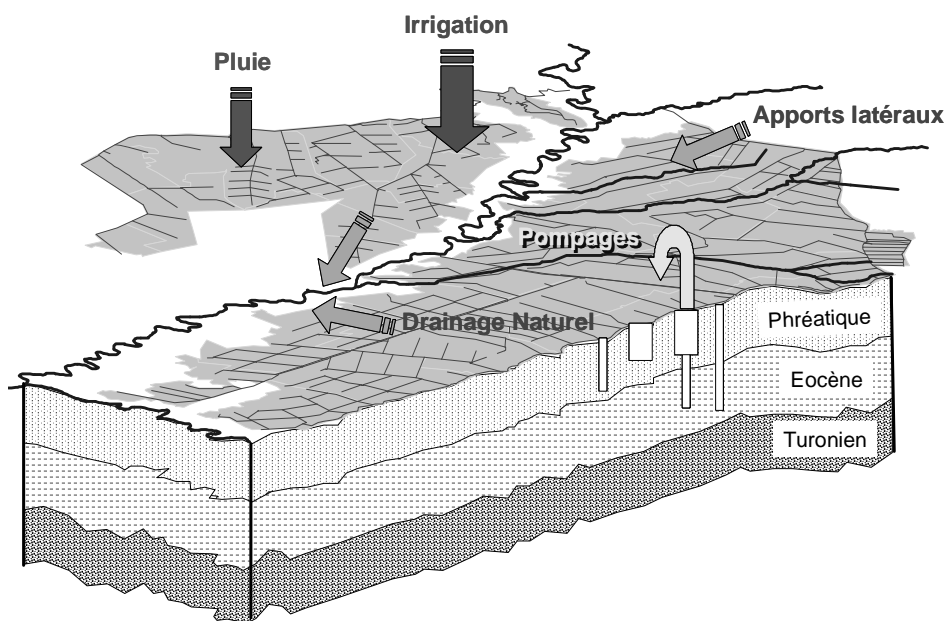


Figure 4. Termes du bilan hydrogéologiques des nappes phréatique de Tadla.

Le bilan a été calculé pour la période allant de 1991 à 2003 pour les nappes phréatiques de Béni Amir et de Béni Moussa. Le choix de cette période permet l'étude de l'impact sur la nappe de la politique de désengagement de l'Etat et de libéralisation des assolements intervenus en 1990. Hammani et Bounja (1991) présentent l'évolution de ce bilan entre 1975 et 1990 dans les Béni Moussa. Au stade actuel, le but du travail est de développer, à travers le calage, une méthodologie de calcul des différents termes du bilan, notamment, l'infiltration des eaux de pluies et des eaux d'irrigation ainsi que le volume prélevé par pompage qui est calculé sur la base du nombre total de puits, de la surface irriguée par puits et d'un assolement type des cultures irriguées par pompage. La comparaison entre l'évolution de la réserve mesurée par les observations piézométriques et la réserve calculée est donnée dans la Figure 5 pour le périmètre de Béni Moussa et la Figure 6 pour le périmètre de Béni Amir.

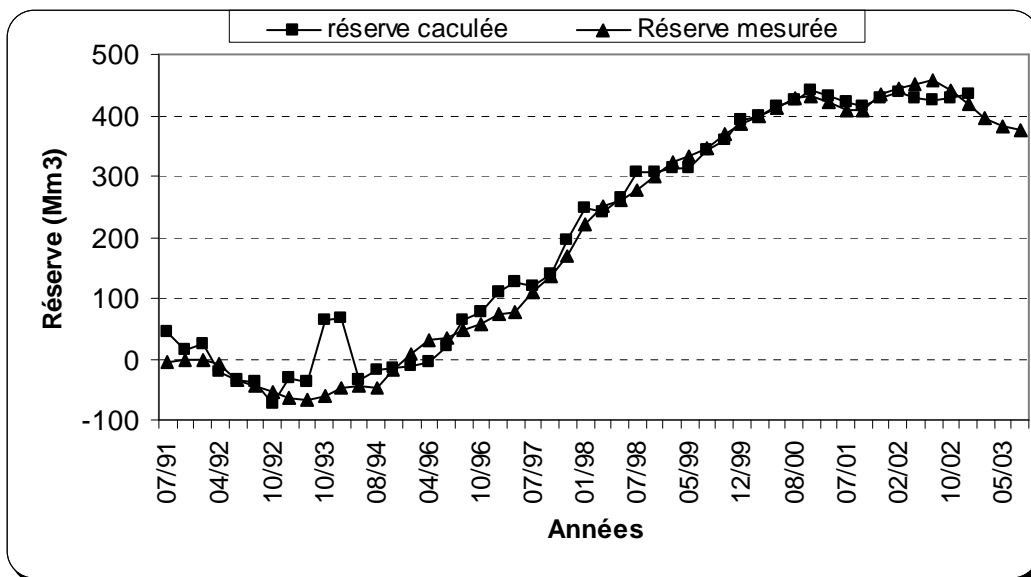


Figure 5. Evolution des réserves mesurées et calculées dans la nappe de Béni Moussa.

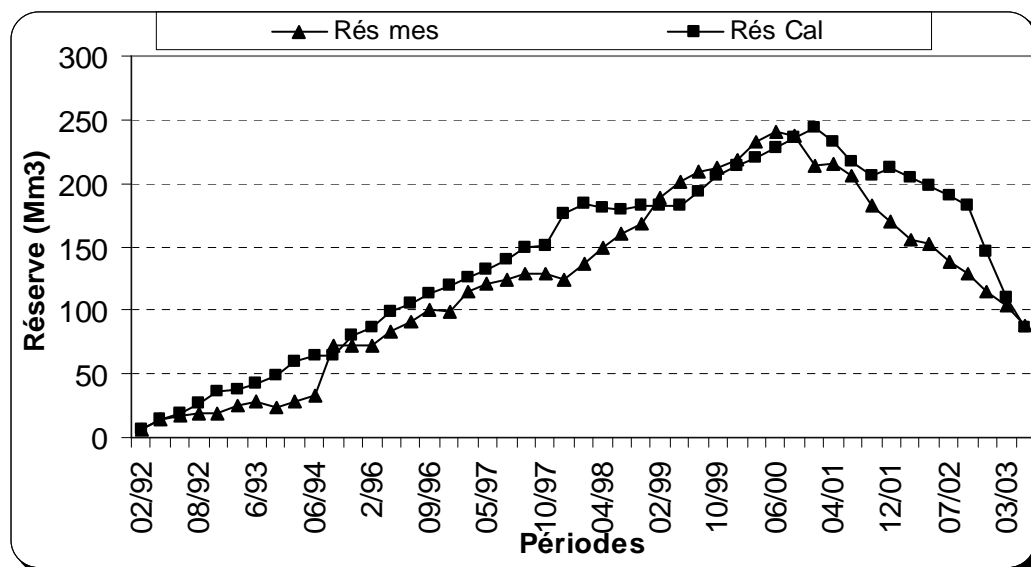


Figure 6. Evolution des réserves mesurées et calculées dans la nappe de Béni Amir.

Les résultats sur de calage des différents paramètres sont donnés dans le tableau 1.

Tableau I. Valeur des paramètres du bilan des nappes phréatiques de Tadla.

Paramètre	Nappe de la nappe de Béni Moussa	Nappe de la nappe de Béni Amir
Coefficient d'infiltration d'eau d'irrigation dans le réseau (%)	10	10
Coefficient d'infiltration d'eau d'irrigation au niveau de la parcelle (%)	30	28
Coefficient d'infiltration des eaux de pluies (%)	14	10
Coefficient d'emmagasinement (%)	1,5	1,7
Superficie totale considérée (ha)	69 500	30 000
Surface irriguée par puits (ha)	3	4,5

Les résultats obtenus pour les paramètres seront affinés lorsque des investigations sur le terrain permettront de préciser l'évolution du nombre de puits forages et les préférences des agriculteurs pour l'irrigation des cultures par pompage.

L'évolution de la réserve des nappes phréatiques a été calculée à une échelle globale des périmètres de Béni Moussa et de Béni Amir qui peut ne pas traduire des évolutions piézométriques contradictoires observées à des échelles locales. Les réserves des nappes, aussi bien dans les Béni Amir et que dans les Béni Moussa, ont connu une évolution positive suite à un contexte climatique favorable permettant leur recharge. Cependant, à partir du début des années 2000, un rabattement généralisé a été observé suite au développement intensif des forages, induit par l'augmentation des surfaces de cultures fourragères (la luzerne notamment).

Date d'installation des puits et des forages dans le Tadla

L'évolution du nombre de puits et de forages observée dans l'échantillon des 300 exploitations enquêtées montre deux périodes d'installation intensive (figure 7) :

- pendant la sécheresse de 1981 à 1984 en raison de la réduction des apports d'eau dans les barrages et des restrictions appliquées pour la distribution des eaux de surface ; l'installation des puits a été favorisée par la mise en œuvre de subventions de creusement et d'achat de motopompes ;
- entre 1995 et 2006, suite à la libéralisation des assolements (orientation vers les cultures fourragères) et à un transfert d'une partie de l'eau de surface du barrage Bin El Ouidane vers le périmètre de la Tassaout Aval entraînant leur pénurie structurelle dans le périmètre de Tadla. La réduction des coûts de creusement a favorisé la multiplication des forages au détriment des puits.

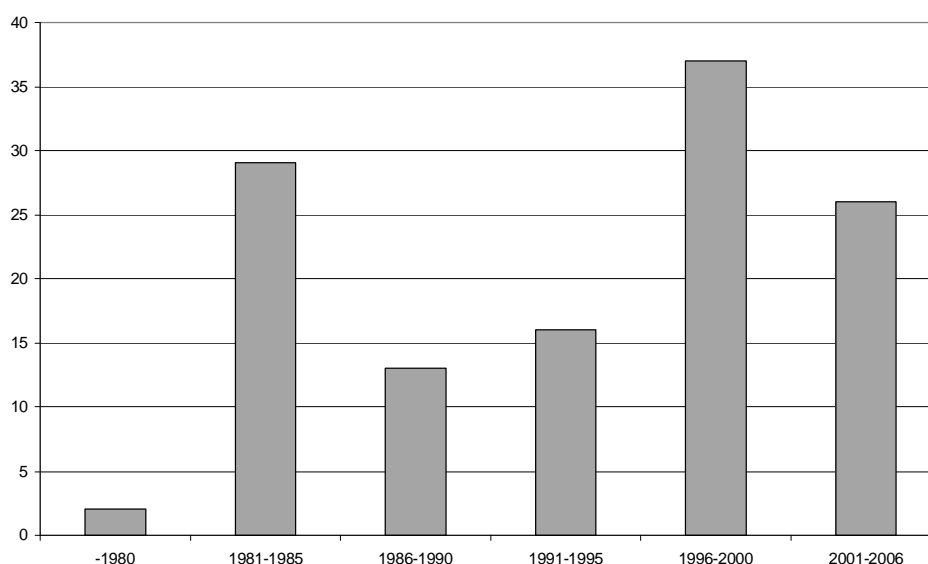


Figure 7. Date d'installation des puits et forages dans le Tadla.

Les revenus de l'émigration ont contribué à une intensification de l'agriculture irriguée à travers les pompages, mais cette intensification reste largement portée par les richesses régionales comme indiqué dans le Tableau .

Tableau II. Revenus de l'émigration et équipement en dispositif de pompage.

	Pas de revenu de l'émigration		Revenu de l'émigration	
	Nombre exploitations	% des exploitations	Nombre exploitations	% des exploitations
Pas d'équipement	107	64 %	68	53 %
Equipement de pompage	60	36 %	60	47 %

Accès des exploitations agricoles à l'eau souterraine

La Figure 8 montre que dans l'échantillon des exploitations agricoles enquêtées, près de la moitié des agriculteurs n'ont pas accès à l'eau souterraine. Les autres agriculteurs peuvent exploiter directement la nappe à travers un puits ou un forage individuel (40 %) ou collectif (4 %). Cependant, le pourcentage d'exploitations ayant accès à la nappe via les arrangements est d'environ 5 % et pourrait être largement supérieur.

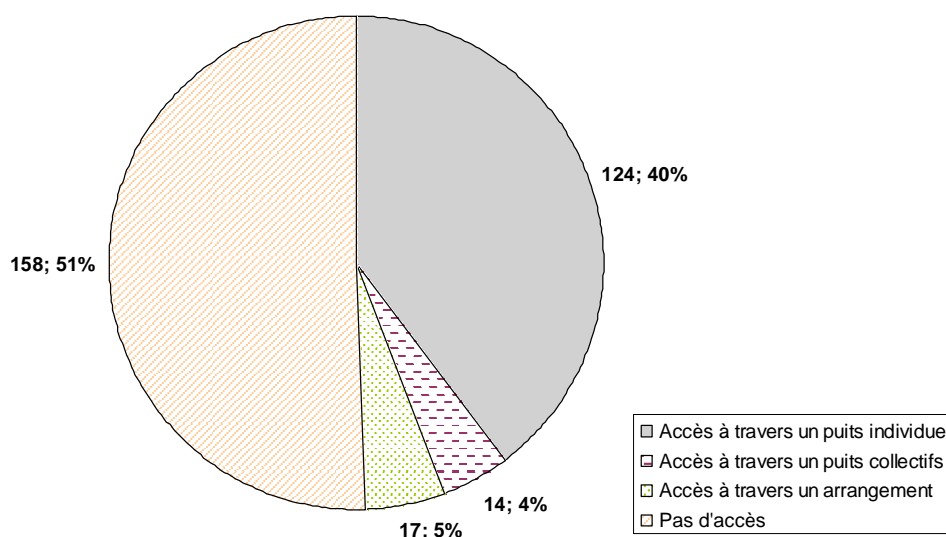


Figure 8. Types d'accès à l'eau souterraine par les exploitations agricoles de Tadla.

L'accès des exploitations agricoles à l'eau souterraine dépend de leur situation dans le périmètre (

Figure 9). Le taux d'accès le plus élevé (80 %) est observé à l'extrême ouest du périmètre de Béni Moussa en raison de sa situation en queue du réseau d'irrigation et donc des déficits chroniques en eau de surface. La zone du piémont de l'Atlas présente le taux d'accès le moins élevé (20 %) en raison de sa situation en amont du réseau d'irrigation mais aussi du fait que la productivité de cette partie limitrophe de la nappe phréatique reste faible.

Une analyse sommaire des revenus des exploitations enquêtées montre que l'accès à l'eau souterraine a des impacts significatifs sur les revenus. En effet, pour les céréales, les agriculteurs ayant accès à l'eau souterraine produisent 42 Qx/ha contre 33 Qx/ha pour les agriculteurs ayant un accès unique au réseau d'irrigation, à volume égal d'eau apportée. La raison étant qu'avec une eau souterraine disponible les agriculteurs maîtrisent mieux le calendrier d'irrigation. En outre, les marges nettes à l'ha sont plus élevées dans les exploitations agricoles ayant accès à l'eau souterraine en raison des marges en céréales supérieures mais aussi de revenus issus de la diversification.

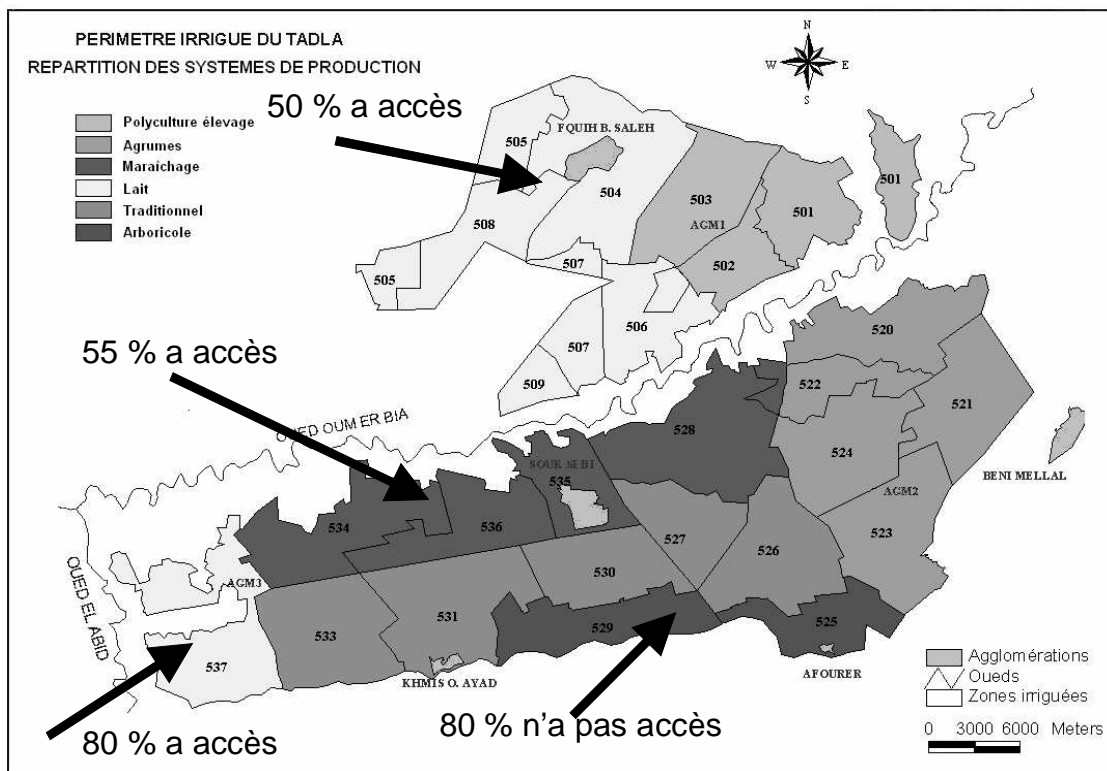


Figure 9. Pourcentage d'accès à l'eau souterraine par zone du périmètre de Tadla.

Arrangements autour des puits et des forages

A travers les entretiens menés avec les agriculteurs lors de l'enquête exploitation agricole, il a été constaté que des agriculteurs peuvent avoir accès à l'eau souterraine même s'ils ne disposent pas d'ouvrage de captage ou de matériel de pompage. Des arrangements s'établissent ainsi entre agriculteurs autour de l'exploitation des eaux souterraines. Pour comprendre ces arrangements et pour voir dans quelle mesure ils peuvent être améliorés afin d'être généralisés pour une exploitation collective des eaux souterraines, une étude a été réalisée chez 85 agriculteurs de Tadla pratiquant un arrangement. Une grille d'analyse a été construite pour identifier les arrangements, les décrire et les classer.

Pour une meilleure lisibilité, les arrangements ont été groupés selon leur logique (capitaliste, mutualiste et solidaire), en premier lieu, et en fonction de leur portée (Investissement, Exploitation, Transaction), en second lieu. La Figure 10 montre que les arrangements capitalistes ne représentent que 14 %, alors que les arrangements solidaires et mutualistes sont respectivement de l'ordre de 40 et 46 %.

Pour la portée des arrangements, on note une dominance des transactions ponctuelles avec 53 %, et l'absence d'associations d'équipement au sein de la gamme d'arrangement d'exploitation. Cette absence peut donner une idée de la difficulté de réalisation de ce type d'arrangement qui concerne plus précisément les équipements de pompage.

L'étude sur les arrangements sera affinée sur un échantillon plus large des exploitations agricoles de Tadla.

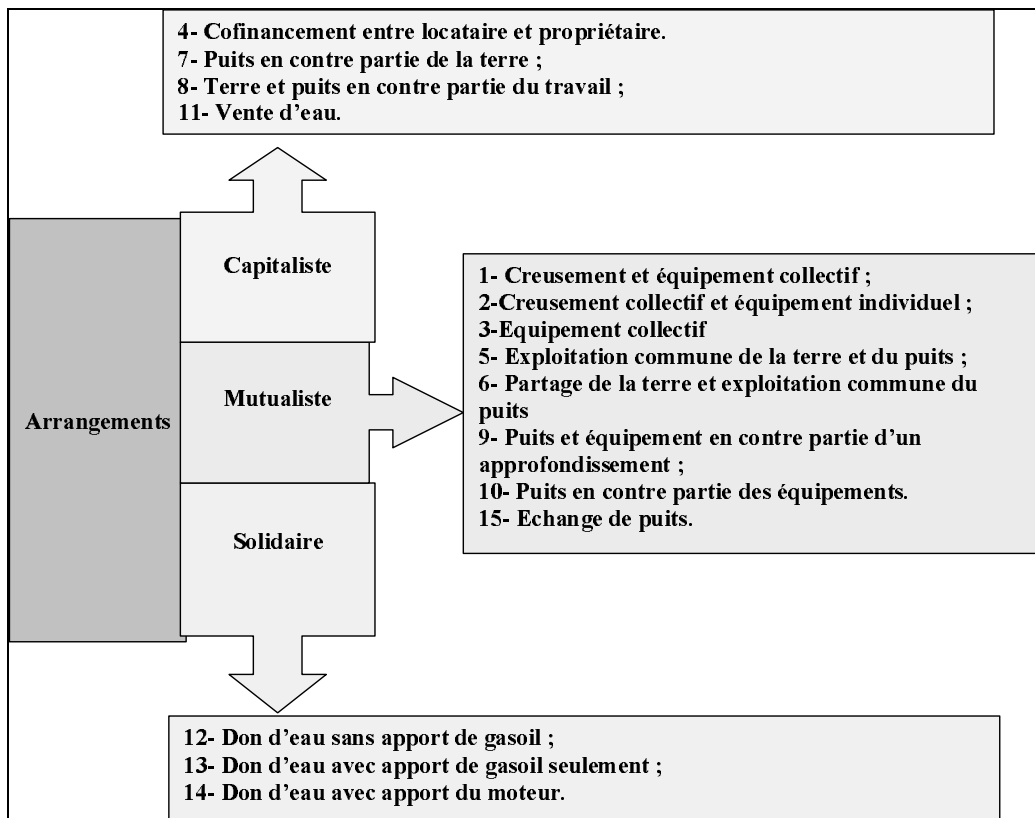


Figure 10. Les arrangements pour l'exploitation des eaux souterraines dans le Tadla.

Conclusion

Les ressources en eaux souterraines contribuent pour une part importante à la satisfaction de la demande en eau agricole dans le Tadla. Si l'état des connaissances sur l'évolution de ces ressources est satisfaisant à travers les nombreuses études réalisées, les performances de l'usage des eaux souterraines restent mal connues et la stratégie de leur gestion dans le futur demande à être clarifiée.

L'eau souterraine est exploitée en tant que bien individuel à travers la mise en place d'ouvrages de captage (puits ou forages) d'une manière non contrôlée malgré les dispositions d'interdiction de la loi 10-95 sur l'eau de tout prélèvement d'eau souterraine. En conséquence, les nappes du Tadla connaissent actuellement une baisse importante. La raréfaction des eaux de surface, l'intensification agricole ainsi que les avancées technologiques en matière de creusement de forages sont les principaux facteurs qui accentuent cette surexploitation. En effet, les ressources en eaux de surface ont connu une diminution d'environ 30 % au cours des 30 dernières années. La libéralisation des assolements a favorisé le développement intensif des cultures fourragères, très consommatrices en eau et approvisionnant une filière bovine (lait, viande) en pleine expansion. Il a été constaté également qu'au cours de la dernière décennie, les forages ont remplacé les puits classiques creusés manuellement pour capter des épaisseurs plus importantes de la nappe phréatique voire même des nappes profondes.

La mise en place d'une stratégie de gestion des ressources en eau souterraine s'impose. Cette stratégie doit prendre en considération l'amélioration des performances des exploitations agricoles tout en assurant un fonctionnement durable des nappes souterraines. Ainsi, partant du fait que les ressources en eaux souterraines constituent une partie du domaine hydraulique public, leur exploitation doit être faite d'une manière intégrée avec les eaux de surface. Par ailleurs, si l'on considère que l'organisation des agriculteurs autour de l'exploitation de la nappe peut contribuer à une gestion plus durable des eaux souterraines, il sera important d'assurer une prise de conscience collective de l'intérêt de cette ressource à travers des actions d'accompagnement des agriculteurs et une politique de l'Etat favorisant l'émergence d'initiatives collectives d'exploitation des eaux souterraines.

Références bibliographiques

DIRECTION REGIONALE DE L'HYDRAULIQUE DE BENI MELLAL, 1992. Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau.

HAMMANI A., KUPER M., BOUARFA S., DEBBARH A., BADRAOUI M., BELLOUTI A. 2005. Evolution de l'utilisation conjointe des eaux de surface et des eaux souterraines dans le périmètre irrigué du Tadla (Maroc). *In* : Hammani A., Kuper M., Debbarh A. (eds. sci.). 2005. Modernisation de l'agriculture irriguée. Actes du 1^{er} séminaire euro méditerranéen Wademed, 19-23 avril 2004, Rabat, El Jadida, Maroc, tome 1 : 330-337.

HAMMANI A ET BOUNJA R., 1991, Etude des problèmes d'engorgement des sols et de drainage dans le périmètre irrigué de Tadla : bilan hydrogéologique de la nappe de Bénie Moussa et diagnostic du réseau de drainage. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, option Génie rural.

KUPER M., HAMMANI A., ZEMZAM S., BOUARFA S., THOMAS V. 2004. Stratégies d'utilisation conjuguée des eaux de surface et souterraine pour l'irrigation : le cas du périmètre irrigué du Tadla au Maroc. *In* : Le Goulven P., Bouarfa S., Kuper M. (eds). Actes du séminaire Pcsi, Gestion intégrée au sein d'un bassin versant, décembre 2003, Montpellier, France.

PREFOL P. 1986. Prodige de l'irrigation au Maroc. Le développement exemplaire du Tadla, 1936-1985. Nouvelles Editions Latines, Paris, France, 266 p.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables de l'ORMVAT et de l'ABHOER d'avoir facilité le travail de terrain. Des remerciements particuliers vont au quatre enquêteurs ainsi qu'aux 300 agriculteurs qui ont accepté de répondre au questionnaire.