

Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les oasis

Charoy J., Torrent H.

in

Dollé V. (ed.), Toutain G. (ed.).
Les systèmes agricoles oasiens

Montpellier : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 11

1990

pages 229-235

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI901498>

To cite this article / Pour citer cet article

Charoy J., Torrent H. **Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les oasis.** In : Dollé V. (ed.), Toutain G. (ed.). *Les systèmes agricoles oasiens*. Montpellier : CIHEAM, 1990. p. 229-235 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 11)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les oasis

Jean CHAROY, Henri TORRENT

Institut de Recherche d'Agronomie Tropicale, IRAT-CIRAD (France)
Bureau de Recherche Géologiques et Minières, BRGM (France)

Résumé

Forte de leur expérience millénaire, les populations des zones arides ont établi des règles de gestion de l'eau d'autant plus strictes et précises que celle-ci était rare et précieuse. Les moyens techniques mis en oeuvre pour l'exhaure et la distribution, les règles de portage de l'eau, les aspects juridiques, sont révélateurs de la place centrale que joue l'eau, ressource vitale, dans ces sociétés, mais aussi de leurs capacités d'adaptation à des situations très variées : oasis de dépressions, de montagnes, fluviales ou artificielles, où l'eau a diverses origines. Les milliers de kilomètres de foggaras qui sillonnent le Maghreb ou l'Asie sont à ce titre évocateurs.

Depuis quelques décennies, la volonté de développement de l'agriculture, la pénétration du modernisme, en particulier la prolifération de la motopompe, vient remettre en question des équilibres ancestraux. De plus en plus, les nappes s'épuisent et l'existence même de certaines oasis est menacée. L'exploitation minière d'une nappe peut être économiquement justifiée ; encore faut-il programmer précisément cette exploitation en fonction de contraintes et d'objectifs d'ordre économique, agronomique et technologique. A cet égard, la modélisation de la dynamique des aquifères permet de simuler en connaissance de cause plusieurs scénarios et d'intervenir.

Pour conclure, deux exemples pris dans la Péninsule Arabe montrent, pour l'un, que les conséquences d'une mauvaise gestion peuvent s'avérer rapidement ruineuses, pour l'autre, qu'une bonne gestion est celle qui sait s'adapter à l'évolution de la situation.

I. - Introduction

Depuis des millénaires, dans les zones arides, la gestion de l'eau vise à réaliser un équilibre entre les ressources et les besoins et c'est pourquoi là où l'eau devient rare la réglementation de son utilisation en est plus complexe et détaillée. Les civilisations romaines et arabes étaient parvenues à maîtriser assez rationnellement ces eaux, à les exploiter, à les répartir et à les utiliser de façons très diversifiées et très ingénieuses.

Les différentes oasis peuvent se classer ainsi :

- **Oasis de dépression**, qui doivent l'eau à leur situation en contre-bas des montagnes ou des plateaux (oasis Farafrah du désert lybien).
- **Oasis de montagnes**, qui bénéficient de pluies provoquées par des hauts reliefs (Aïr, Tibesti).
- **Oasis fluviales**, irriguées par des fleuves, que ceux-ci coulent superficiellement ou souterrainement (oasis du Nil, du Draa, de la Saoura).
- **Oasis artificielles** dans lesquelles l'eau est obtenue par le travail de l'homme (puits artésiens, puits, galeries souterraines).

On peut ainsi se rendre compte de l'influence qu'auront les facteurs géographiques et les conditions climatiques sur la gestion des eaux. En règle générale, les règlements concernant les eaux sont d'autant plus élaborés que l'eau devient plus rare. Lorsque l'eau est abondante, le contrôle devient moins strict et la distribution ne se fait plus de façon aussi rigoureuse.

II. - Les droits d'eau

En plus des règles généralement admises et acceptées de la Shari'a relatives au droit d'eau (propriété, droit de la soif, droit d'irrigation), les coutumes locales ont établi d'autres règles, strictement respectées, relatives à la propriété, la vente, la location, la surveillance et la juridiction.

1. - Propriété des eaux

Dans les zones arides, l'eau constitue l'objet principal de la propriété foncière. Au fur et à mesure que l'eau se raréfie, la terre devient l'accessoire de celle-ci. La terre est donc, dans ces zones, chose secondaire dont la valeur dépend des possibilités de production que lui confèrent les droits d'irrigation qui lui sont attachés. Au fur et à mesure que l'eau se raréfie, elle constitue peu à peu une propriété indépendante de celle de la terre.

Dans les zones arides de l'Afrique et de l'Asie, où la possession de la terre seule n'est d'aucune utilité, l'eau devient alors l'objet principal de la propriété. Elle est achetée, vendue, partagée, souvent avec le terrain qu'elle irrigue et parfois indépendamment.

2. - Origine de la propriété des eaux

Différents cas peuvent se présenter :

- ▶ Acquisition selon un mode traditionnel par la mise en valeur et le défrichement de la terre induisant la possession de l'eau qui s'y trouve.
- ▶ Acquisition sous forme de parts de droits d'eau correspondant à la participation de chaque individu aux frais de construction d'un puits, d'un barrage, d'une galerie souterraine d'amenée, d'un canal de dérivation, etc.

Les droits d'eau peuvent être individuels, collectifs, appartenir à une tribu, à une ville ou à une communauté et peuvent également, avoir été transférés d'un individu à une collectivité ou l'inverse à l'issue de vente, achat, héritage, donation, etc. Parfois, des titres écrits dressés devant les autorités locales ou devant un fonctionnaire chargé de la répartition des eaux consacrent les droits.

3. - Achat, vente et location des droits d'eau

Ces transactions sont en général pratiquées un peu partout de manière diverse avec quelquefois certaines contraintes ou certaines restrictions qui varient d'un lieu à l'autre. Les droits d'eau peuvent être transmis par héritage de la même façon que la propriété foncière.

III. - L'utilisation des eaux

L'eau peut provenir de sources, de cours d'eau, de lacs ou de nappes souterraines.

1. - Les sources

Elles sont en général utilisées à l'état naturel, mais le plus souvent améliorées par captage ou curage.

2. - Les cours d'eau

Pour l'irrigation, on utilise des appareils élévatoires ou des installations de dérivation comme de simples prises d'eau, des épis, des déversoirs ou des barrages temporaires ou permanents. Les cours d'eau intermittents (Quadi) sont utilisés de la même façon. Des réservoirs artificiels peuvent également stocker l'eau provenant de retenues sur les cours d'eau, ou d'une aire aménagée recueillant l'eau de surface.

3. - Les lacs

Ils sont utilisés dans leur état naturel.

4. - Les eaux souterraines

Elles sont utilisées au moyen de puits, forages, ou en creusant des galeries souterraines d'infiltration. Les ouvrages réalisés pour la captage sont complétés par des conduites principales ou secondaires dont les usagers partagent les frais d'entretien. Distribution et mesure de l'eau sont effectuées au moyen de systèmes très variés et parfois très complexes qui permettent à l'attributaire de recevoir son droit d'eau.

Pour élever l'eau, de nombreux dispositifs sont utilisés :

- sur les cours d'eau on peut citer la vis d'Archimède, le tabout (roue en bois creuse percée de petits trous) la roue à aubes, la roue à auges mue par des animaux de trait, la noria...
- sur les cours d'eau, les lacs, les puits, on peut utiliser le balancier qui porte différents noms suivant les pays (Chadouf...)
- pour les puits de profondeur moyenne, l'outre fixée à une corde passant sur une poulie et tirée par des animaux de trait est souvent utilisée (Délou ou double délou). Les récipients ont une capacité variant de 10 à 60 litres.

De plus en plus les moyens modernes, tels que moto ou électropompes sont utilisés pour puiser l'eau.

Les galeries souterraines d'infiltration qui recueillent les eaux souterraines et les laissent s'écouler en surface sont sans aucun doute la caractéristique la plus remarquable de l'utilisation des eaux dans certaines régions arides. La Foggara représente un ouvrage hydraulique complexe qui réalise à la fois le captage et l'adduction d'eau de la couche aquifère vers la surface. On trouve ce type d'ouvrage, dans de nombreux pays, Libye, Iran, Asie Centrale, Afghanistan, Pakistan Occidental, et dans le Maghreb, où il représente bien souvent des milliers de kilomètres de galeries.

Pour le sud algérien (région du Touat et du Gourara) la longueur des Foggaras représente 1377 km pour un débit de 2942 l/seconde permettant l'irrigation d'environ 3000 hectares de palmeraie. La réalisation de ces ouvrages et leur usage sont réglementés par des règles détaillées. La propriété de l'eau est généralement distincte de celle de la terre et il est de pratique normale de la vendre ou de la louer de façon indépendante. En fait ce n'est pas un volume déterminé d'eau qui est vendu mais une part du débit total.

IV. - Répartition des eaux

En bref, l'utilisation et la répartition des eaux sont très diversifiées suivant les coutumes, usages et lieux. Les systèmes de distribution et de répartition se complexifient à mesure de la diminution de la disponibilité en eau.

1. - Répartition en volume

Par ce système, chaque attributaire reçoit de façon continue la partie du débit qui lui revient. Cette fraction du débit est calculée à l'origine de la répartition des eaux et mesurée au moyen d'un dispositif de forme et de nature variables placé sur la prise (planche en bois ou métal, pierre taillée, etc...).

2. - Répartition dans le temps

Dans ce système la totalité du débit disponible est mise successivement à la disposition des ayants droit. Le partage se fait donc selon une unité de temps.

Dans ce deux systèmes, chaque propriétaire possède, presque tout le temps, un bassin de stockage qui se remplira très lentement dans le premier cas et beaucoup plus rapidement dans le second. Ainsi, il pourra disposer d'une main d'eau importante (plusieurs litres/seconde) plus maniable pour réaliser l'irrigation en planche ou en billon de ses parcelles ou de ses plantations.

V. - Evolution de l'irrigation

Comme on vient de le voir, une législation et une organisation appropriées régissent l'irrigation traditionnelle dans la plupart des zones arides.

L'accession des agriculteurs à la propriété foncière dans de nombreuses régions désertiques, le souci de vouloir utiliser des réserves en eau renouvelables ou non, plus ou moins profondes, et de développer une agriculture plus moderne et plus performante avec le fonçage d'ouvrage tels que puits ou forages et des moyens d'exhaure mécanisés, vont sans doute bouleverser rapidement l'équilibre ressources-besoins qui était de règle depuis des millénaires.

C'est ainsi que dans le Touat et le Gourara (sud algérien) une campagne de creusement de puits et de forages est en pleine réalisation. Dans la région d'Adrar en particulier, plus de 2000 ha ont été distribués et sont mis en valeur avec en priorité le creusement de puits. Cette prolifération anarchique de puits et de forages risquent d'amener, dans un délai très court, à un rabattement de nappe important et à la ruine des systèmes traditionnels.

Dans le sud tunisien, les ressources en eau sont actuellement limitées. Quand les données existantes sont suffisantes et qu'il est possible de mettre en relation quantité exploitable et quantité exploitée et donc d'en déduire une disponibilité en eau, on se rend compte que dans la majorité des cas les nappes sont surexploitées et qu'il est prévu, à l'horizon 2000, le tarissement total des sources.

L'Air nigérien est traditionnellement cultivé et irrigué à partir de la nappe peu profonde (10 à 15 m). Chaque propriétaire cultive de 5000 à 10000 m², et irrigue à partir d'un puits traditionnel. L'exhaure est animale (chameau + délou), le débit moyen d'un délou est d'environ 50 litres toutes les 45 secondes soit 24 à 30 m³/jour et permet d'irriguer environ 5000 m² par campagne (avec trois campagnes par an). Ce système traditionnel maintenait un bon équilibre entre la ressource et les besoins (surface cultivée limitée aux possibilités de l'animal).

Avec l'introduction des matériels de forage et d'exhaure modernes (électro ou motopompes) les volumes d'eau extraits dépassent largement les ressources renouvelables et l'exploitation des nappes devient «minière», elle ne permet pas leur renouvellement. La gestion de la ressource échappe dès lors à l'agriculteur oasien devenu simple consommateur, dépendant d'un organisme fournisseur d'eau forcément étatique, et qui est chargé, lui, de gérer la ressource à l'échelle régionale, nationale, voire internationale.

Le «capital» constitué par les réserves exploitables est donc entamé et va diminuer plus ou moins rapidement mais de façon inexorable. Il est donc indispensable lorsque l'on s'engage dans cette voie, de connaître le montant de ce capital afin de pouvoir gérer rationnellement sa durée de vie potentielle dans des conditions économiques et techniques jugées acceptables et les conséquences de sa surexploitation parmi lesquelles :

- ▶ baisse de niveaux,
- ▶ diminution puis tarissement des ressources traditionnelles,
- ▶ augmentation des coûts d'exhaure,
- ▶ modification de la qualité de l'eau et des sols,
- ▶ épuisement à terme de la ressource.

Il s'agit également d'avoir une idée claire de ce que l'on va faire lorsque les niveaux de pompage et les coûts de captage seront devenus «inacceptables».

VI. - Evaluation de la ressource

Plusieurs paramètres doivent être reconnus et quantifiés afin d'évaluer le volume d'eau disponible pour l'exploitation ; très schématiquement on peut citer :

- **La géométrie des aquifères** : l'extension d'un aquifère peut varier de quelques km² dans une vallée alluviale à d'énormes surfaces couvrant plusieurs pays. L'épaisseur également peut varier de quelques mètres dans une plaine alluviale à plusieurs centaines de mètres pour certains grands aquifères. Les aquifères peuvent être libres (nappes phréatiques) ou captifs (nappes artésiennes) ou encore semi-captifs. Les études géologiques et géophysiques permettent de délimiter la géométrie des aquifères.
- **Les paramètres hydrauliques** : ceux-ci dépendent de la lithologie des aquifères (grès, calcaires, alluvions, etc...), ils peuvent évidemment varier au sein d'un même aquifère :
 - **La transmissivité** intègre la perméabilité et l'épaisseur d'une formation géologique. Une transmissivité de 10⁻¹ m²/s est excellente, 10⁻² bonne, 10⁻⁴ faible, etc... Plus la transmissivité est bonne, plus la circulation de l'eau est facile, plus le débit d'un ouvrage de captage est élevé.
 - **Le coefficient d'emménagement** indique la proportion d'eau stockée dans un volume donné de terrain. Ainsi, dans un aquifère libre, le volume d'eau stocké peut varier de 1 à 100 litres d'eau par m³ de terrain : 1 hectare d'aquifère de 10 m d'épaisseur peut contenir entre 100 et 10 000 m³ d'eau. Cependant, pour des raisons techniques et physiques, seuls environ 40% de ce volume peuvent être effectivement extraits.

Dans un aquifère captif ces valeurs sont beaucoup plus faibles (1 à 10 m³ pour 1 ha et 10 m d'épaisseur).

Ces paramètres sont calculés en interprétant les données des pompages d'essai.

- **La recharge** : c'est une fraction de la pluie. Dans les pays arides, la pluviométrie est faible mais les averses sont souvent intenses et provoquent un ruissellement. Si la géomorphologie est favorable, il y a concentration de ces eaux de ruissellement et recharge des aquifères. Ce paramètre est très difficile à mesurer. En pays aride (pluviométrie d'environ 100 mm/an) la recharge évaluée est de l'ordre de 3 à 20%

de la pluie, c'est-à-dire de 3 000 à 20 000 m³/an/km² environ. Si l'on connaît l'aire d'influence d'une oasis (bassin versant souterrain) on peut évaluer la recharge moyenne annuelle de l'aquifère capté qui correspond approximativement à la ressource renouvelable.

- **La piézométrie** : la carte piézométrique permet de définir la forme de la surface de la nappe, de connaître la profondeur du niveau de l'eau sous le sol ; de situer l'oasis par rapport aux directions d'écoulement et de délimiter son aire d'influence.

VII. - Gestion des aquifères

La connaissance de ces paramètres permet d'évaluer la ressource exploitable dont la fraction renouvelable et la «réserve exploitable». Pour gérer cette ressource, il faut se doter d'un outil de gestion, c'est-à-dire en l'occurrence d'un modèle mathématique de simulation.

En plus, des paramètres constants décrits ci-dessus, il faut prendre en considération les variables que sont les prélèvements (volume, localisation, calendrier) et les fluctuations des niveaux piézométriques dues à ces prélèvements. Le modèle mathématique est calé en ajustant les différents paramètres jusqu'à ce qu'il reproduise aussi fidèlement que possible les phénomènes observés. Il devient dès lors un outil de gestion.

On peut alors simuler différents programmes d'exploitation et prévoir les réactions de l'aquifère, notamment la baisse des niveaux.

En fonction de choix de politique agro-économique tels que l'intensification de la production agricole sur une courte durée ou au contraire la préservation de la ressource pour les générations futures, on pourra rechercher au moyen du modèle les modalités optimales d'exploitation de l'aquifère. En tous cas, les choix seront effectués en connaissance de cause et les conséquences néfastes de la surexploitation des aquifères pourront être minimisées.

VIII. - Exemples dans la péninsule arabe

Suite à l'extraordinaire développement économique dans les années 70 des pays de la péninsule arabe, grâce aux revenus pétroliers, l'agriculture a connu une intensification considérable. Les oasis traditionnelles ont vu leurs surfaces irriguées augmenter démesurément et l'exploitation des eaux souterraines est devenue «minière» dans la plupart des cas.

1. - Al Ain (Abu Dhabi)

Durant des siècles, l'aquifère d'Al Ain a fourni suffisamment d'eau pour maintenir une oasis florissante et servir de point d'eau aux voyageurs du désert.

Au début des années 60, il y avait peu de pompes motorisées, l'eau potable était puisée manuellement et l'agriculture centrée sur quelques palmeraies. Suite à l'accroissement rapide du pompage mécanique, les niveaux d'eau commencèrent à baisser dans les puits. L'urbanisation des années 70 a conduit à la réalisation des premiers forages en nombre limité. A partir de 1975, l'agriculture est également en expansion et la demande en eau va croître de façon incontrôlée. D'après les estimations disponibles, les prélèvements sur les aquifères de la région d'Al Ain seraient de plus de dix fois supérieurs à la recharge naturelle.

Les conséquences de cette surexploitation sont la baisse significative des niveaux d'eau, l'assèchement total des «falajs» et des aquifères peu profonds en certains endroits et la détérioration de la qualité de l'eau. Pour l'instant, la ville importe 180 000 m³ par jour d'eau de dessalement et ces quantités ne feront

qu'augmenter dans les années à venir. Les diverses études prévoient en effet un épuisement total des eaux douces dans la région d'Al Ain dans un délai de 5-15 ans.

2. - Al Hassa (Arabie Séoudite)

L'irrigation a été pratiquée sur une grande échelle depuis des siècles dans l'oasis de Hofuf-Al Hassa. Jusqu'au début des années 70, l'oasis était alimentée par près de 200 sources dont le débit était pratiquement constant durant toute l'année.

Depuis, le réseau d'irrigation et le drainage a été modernisé en aménageant les sources afin d'augmenter artificiellement leur débit en été, époque où la demande est la plus grande, en creusant des canaux qui lorsqu'ils sont fermés retiennent l'eau en hiver au-dessus du niveau naturel. On pouvait ainsi irriguer de plus grandes surfaces grâce à ce contrôle sommaire de la ressource renouvelable.

La production agricole augmentant ainsi que la demande d'utilisation d'eau, des études ont été entreprises en 1976-77 pour vérifier la possibilité d'augmenter sensiblement les surfaces irriguées et donc les prélèvements par pompage sur les aquifères. Un modèle mathématique a été construit et une douzaine de simulations effectuées. Toutes prévoient un arrêt à plus ou moins brève échéance de l'écoulement de certaines sources. Comme les autorités tenaient à préserver ces écoulements naturels, des alternatives ont pu néanmoins être proposées pour satisfaire ces exigences : variations saisonnières accentuées dans la zone des sources, mise en valeur par pompage à l'extérieur de l'oasis, réutilisation des eaux de drainage.

IX. - Conclusion

Ces deux exemples démontrent l'utilité et la nécessité de disposer d'outils fiables de gestion des ressources en eau souterraines. L'exploitation « minière » de celles-ci n'est socialement et économiquement bénéfique que si elle est correctement gérée. La construction de l'outil de gestion devrait idéalement précéder la mise en route de la surexploitation ; le modèle mathématique sera d'autant plus précis et performant que les données utilisées seront de bonne qualité. La durée et la précision des données historiques sont également des facteurs essentiels pour garantir la qualité du modèle. Mais cela n'est pas suffisant, la gestion de l'exploitation minière d'un aquifère nécessite la mise en place d'une organisation ayant une autorité suffisante sur l'utilisation de la ressource et capable d'arbitrer les différents entre divers usagers, (y compris pour l'alimentation domestique). Les utilisateurs doivent en effet coopérer car leurs actions individuelles interfèrent les unes sur les autres, un aquifère ne peut être divisé en lots. L'organisme de gestion devrait pouvoir contrôler les moyens d'exploitation de l'eau (puits, pompes, etc...) afin de pouvoir maîtriser effectivement les prélèvements. La surveillance des niveaux et des volumes extraits ainsi que l'évaluation économique de l'exploitation doivent être permanents. Une exploitation minière, correctement programmée, peut favoriser un développement économique en laissant le temps d'étudier et de planifier des solutions de remplacement. Il s'agit de choix importants en connaissance de cause, qui doivent être constamment remis en question en fonction de l'évolution des facteurs économiques et technologiques.