

"SYSTEME D'IRRIGATION DANS LES OASIS DEMAURIOTANIE : PROBLEMES DE POMPAGE ET TENTATIVES DE REALIMENTATION DES NAPPES PHREATIQUES »

Journées internationales sur l'Agriculture et la gastronomie des Oasis

Seyfoullah EL Abass

ELCHE du 14 au 15 octobre 2009

"Systèmes d'irrigation dans les oasis de Mauritanie : problèmes de pompage et tentatives de réalimentation des nappes phréatiques »

1. Résumé :

Située en zone saharo-sahélienne, la Mauritanie se caractérise par la faiblesse de ses ressources hydriques, qu'il s'agisse des eaux souterraines ou des eaux de surface. La vague de sécheresse du début des années 1980 a profondément ébranlé la société traditionnelle fondée sur le pastoralisme et la culture du palmier dattier dans les oasis. Le développement du maraîchage a été fortement encouragé par l'Etat mauritanien afin de procurer aux anciens éleveurs un moyen de subsistance, et ainsi les maintenir dans les territoires de l'intérieur.

Le développement du maraîchage, dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau, n'a pu se faire que grâce à la substitution des motopompes, dans les années 1970, au moyen d'exhaure traditionnel, à savoir le shadouf. Ces motopompes, de débit important (environ 40 m³/heure), ont procuré aux maraîchers des quantités d'eau supérieures à leurs besoins, en dépit de l'augmentation sensible des surfaces cultivées, mais au prix de graves perturbations pour l'environnement hydrogéologie de certaines oasis.

A l'inverse, dans certaines régions oasiennes telles que le Tagant ou l'Assaba, qui disposent de ressources hydriques suffisantes, le moyen d'exhaure traditionnel est toujours majoritairement utilisé, ce qui a entravé l'extension des palmeraies et le développement du maraîchage : en effet les quantités puisées au chadouf, à la mesure de la force humaine, ne permettent que l'irrigation de surfaces limitées.

L'introduction d'un moyen d'exhaure trop puissant, tout comme le maintien d'une technique traditionnelle à la capacité insuffisante ont, chacun à leur niveau, une incidence négative sur les conditions de vie et le développement à terme des régions et des populations concernées.

Aussi la nécessité de déterminer, au moyen d'expérimentations rigoureuses et «en grandeur réelle », d'une part, le ou les moyens d'exhaure les mieux adaptés à la réalité des oasis mauritaniennes, et d'autre part, les techniques appropriées de réalimentation des nappes, s'avère impérieuse.

Mots clés : Système d'exhaure, réalimentation de la nappe, forage de réalimentation, technique d'irrigation, seuil de ralentissement,

2. Caractéristiques hydro-agricoles des oasis mauritaniennes

Une enquête menée par le Groupe de Recherche d'Etudes Techniques a permis de déterminer des exploitations-type et à les mettre en parallèle avec les capacités des moyens d'exhaure. Les résultats des enquêtes réalisées donnent les caractéristiques suivantes :

2.1 Les périmètres oasiens :

Les surfaces des périmètres de cultures dans les oasis (Zériba) sont de l'ordre de 30 à 50 ares.

L'Adrar est la zone où l'on rencontre le plus de variabilité. Nous notons toute fois que 70 % des périmètres mesurés présentent des superficies inférieures à 0,5 hectare et 48 % inférieures à 30 ares.

2.2 Le palmier dattier

Dans l'Adrar et le Tagant, les périmètres contiennent en moyenne 85 palmiers dattiers. Dans l'Assaba et les Hodhs, la moyenne se situe autour de 70 palmiers dattiers.

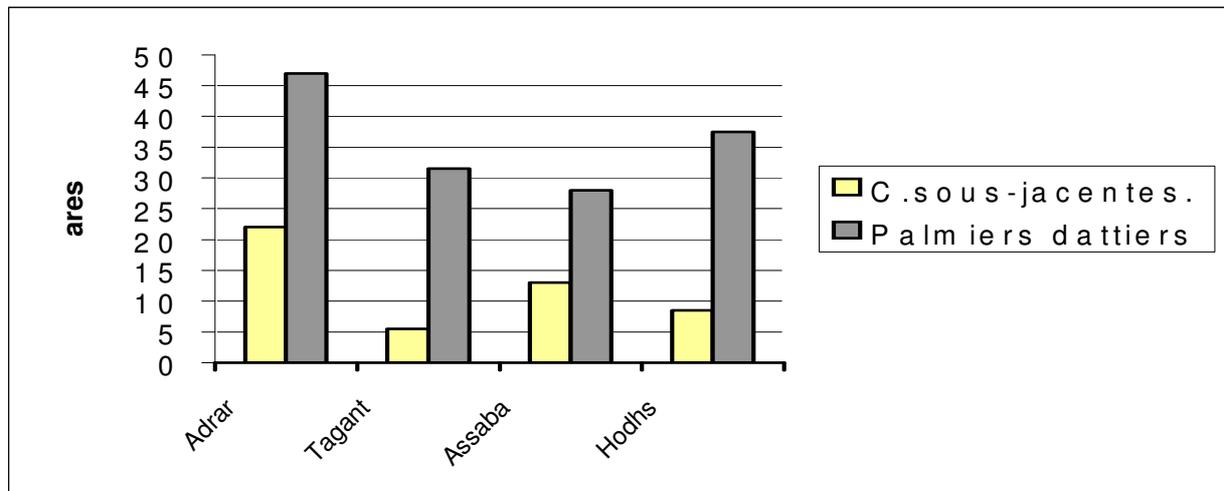
2.3 Les cultures sous-jacentes

Dans l'Adrar et l'Assaba environ 50 % de la superficie des périmètres est couverte de cultures maraîchères et vivrières. Deux cultures de rente destinées directement au marché de Nouakchott ou aux capitales régionales dominant : la carotte pour l'Adrar, et la pomme de terre pour l'Assaba.

L'enclavement du Tagant n'a pas permis le développement important de cultures sous-jacentes. Seul un quart de la surface des périmètres leur est allouée, avec une dominante vivrière, le blé et l'orge en l'occurrence.

Dans les Hodhs, la superficie en cultures sous-jacentes ne représente aussi que 25 % du périmètre exploité, mais avec une part importante du maraîchage, qui a tendance à augmenter. (cf. Annexe)

Superficies moyennes des périmètres et occupation du sol



2.4 La ressource en eau et les puits

Dans les zones oasiennes arides, les eaux de surfaces étant incertaines et rares, la seule ressource est l'eau souterraine. Celle-ci se présente en deux catégories : les nappes phréatiques inter dunaires et les nappes profondes. Les premières sont exploitées à l'aide de puits et les secondes requièrent la réalisation de forages.

- ◆ Types de puits : c'est dans la région de l'Adrar qu'on rencontre des ouvrages de qualité, construits essentiellement en pierres taillées ou en cuvelage en béton armé, avec un grand réservoir d'eau (1,5 à 2 mètres de diamètre). Dans le Tagant et les Hodhs, les puits sont aussi en pierres, mais de plus petits diamètres en général (Aïn de 0,5 à 0,8 mètre) et une très faible réserve en eau. Dans l'Assaba, la moitié des périmètres enquêtés ne possèdent que des puisards en branchage ; les puits en béton se rencontrent dans les palmeraies où la pomme de terre est produite ; leurs diamètres excèdent rarement un mètre.
- ◆ A l'exception des puits du nord de l'Adrar et du Tagant qui ont des profondeurs importantes (8 à 16 mètres en moyenne), l'eau se puise entre 3 et 5 mètres de profondeur dans les autres palmeraies.
- ◆ Le débit des puits est de 2,2 m³/heure pour les Hodhs et l'Adrar, autour de 2m³/heure dans l'Assaba, et de 1,8 m³/heure pour le Tagant. En se basant sur ces résultats les potentialités des puits sur une journée tourneraient en moyenne autour de 48 m³/jour.

2.5 Pluviométrie

La région d'Atar est située en zone saharienne, caractérisée par un climat désertique, continental, chaud.

La pluviométrie est faible : la moyenne s'établit à 75 mm / an (Station Météorologique d'Atar – Période d'observation 1960-2000 – Rapport JICA). Mais elle est bien souvent inférieure à 50 mm / an.

Toutefois la pluviométrie 2005 s'est avérée importante (cf. Tableau Pluviométrie.doc en annexe) ;

2.6 Perméabilité et qualité des sols

Les sols sont très sablonneux avec un taux d'argile très faible. Ils sont très pauvres en éléments nutritifs. La perméabilité (K) varie entre 26 et 100 cm/h (soit $7,22 \times 10^{-5}$ m/s et $27,8 \times 10^{-5}$ m/s).

3. Les moyens d'exhaure dans les oasis

L'exhaure au Shadouf, qui est en voie de disparition dans l'Adrar, est pratiqué couramment dans les régions du Tagant, les Hodhs et l'Assaba. On s'en sert principalement pour arroser les palmiers. Il consiste à puiser l'eau grâce à un pivot muni d'un contrepoids.

Profondeur du puits	Moyen d'exhaure	Utilisation principale
Moins de 6 mètres	Manuel avec délou Manuel avec Shadouf	Irrigation + besoins domestiques
Entre 6 et 20 mètres	Motopompe (haut débit) Énergie solaire ou éolienne	Irrigation + besoins domestiques
Plus de 20 mètres	Traction animale	Besoins domestiques

Repartitions des moyens d'exhaure par région oasisienne

Moyen d'exhaure	Adrar	Tagant	Assaba	Hodhs
Motopompe Essence	38%	25%	35%	34%
Motopompe Gaz butane	42%	0%	0%	0%
Motopompe Diesel	20%	5%	0%	8%
Shadouf	0%	62%	35%	58%
Delou (Manuel)	0%	8%	30%	0%

Le pompage motorisé est complètement généralisé dans la région de l'Adrar.

L'effet conjugué de la vague de sécheresse du début des années 1980 et la surexploitation de la ressource, au moyen de motopompes à haut débit, met en péril le développement des oasis notamment dans les régions du nord Mauritanien où la ressource est déjà rare.

C'est pourquoi le gouvernement Mauritanien a privilégié dans ce domaine les projets de développement visant l'amélioration et la gestion de la ressource. Ainsi plusieurs techniques d'amélioration et de gestion de la ressource ont été initiées dans les oasis de l'Adrar.

Pour ce qui est de l'amélioration de la ressource plusieurs seuils de ralentissement, en gabions ont été construits le long des oued en vue de réalimenter les nappes. Ces ouvrages ont pour objectif de ralentir la vitesse des écoulements au long de l'oued, ce qui permet de lutter contre l'érosion hydrique et favorise l'infiltration des eaux.

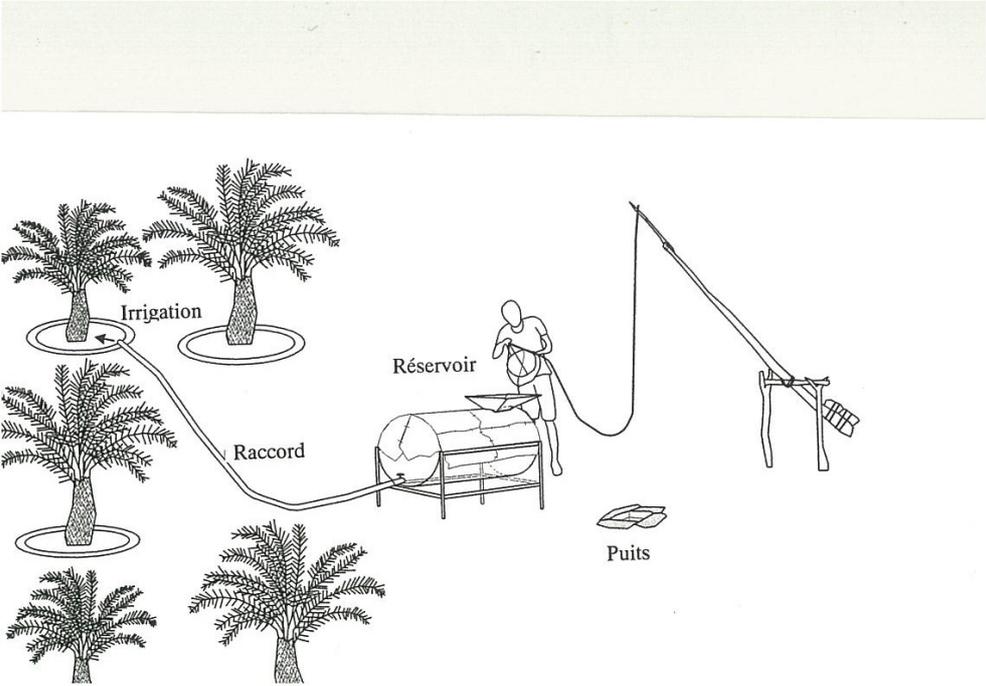


Photo : seuil de ralentissement

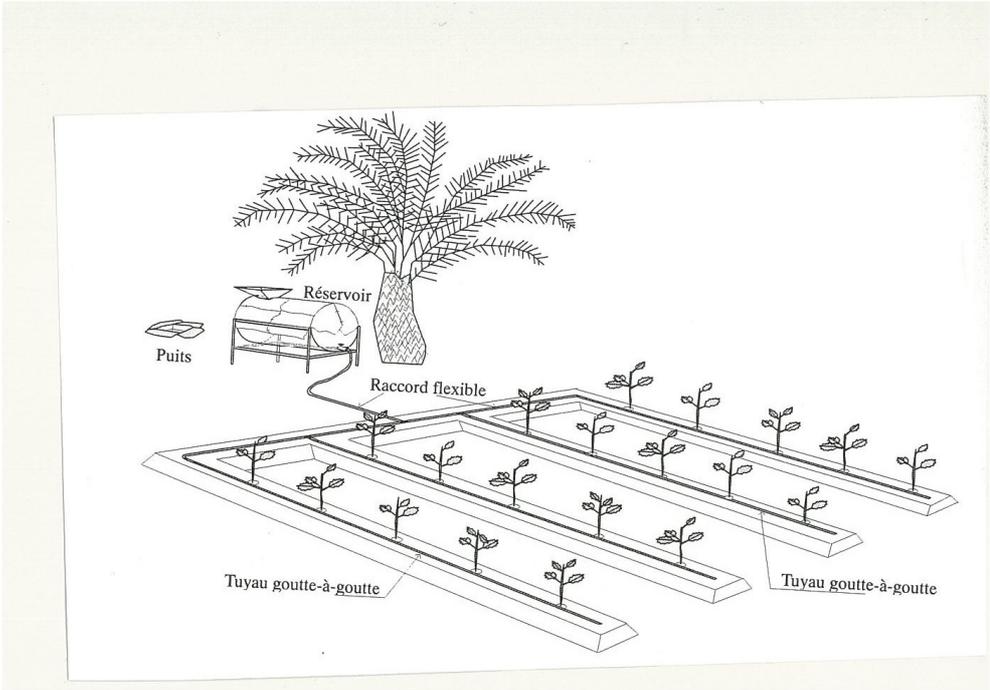
En matière de gestion de la ressource les différentes techniques accessibles aux agriculteurs ont été introduites. On peut citer le goutte à goutte classique ainsi que l'amélioration des techniques traditionnelles par l'introduction de tuyaux de PVC et l'amélioration de la perméabilité des bassins de distribution.

Une technique de goutte à goutte artisanale et simple a été introduite par un projet de coopération Japonaise. Elle s'avère réaliste et elle est à la portée des paysans :

Schéma d'un système d'irrigation traditionnel amélioré



Schémas du goutte à goutte artisanale simplifié



4. Tentative de réalimentation de la nappe

Le volet « Augmentation des disponibilités en eau » du Projet d'Aménagement Rural des Oasis de l'Adrar (financement Fonds Européen pour le Développement) avait pour objectif de permettre, en particulier, une meilleure alimentation en eau des nappes et une augmentation des ressources en eau pour les besoins d'irrigation et domestiques. Dans le cadre d'un sous-volet « ouvrages d'alimentation » du Projet, il était donc prévu la réalisation d'ouvrages structurants qui permettent d'augmenter la ressource en eau mobilisable dans les palmeraies, au moyen d'une recharge supplémentaire (artificielle) des aquifères par les eaux des oueds en crues.

4.1 Technique de recharge artificielle

L'étude de faisabilité du PAROA avait prévu que soit élaborée, dans une première phase du Projet, une synthèse des connaissances actuelles en termes d'ouvrage d'alimentation de nappes. Les techniques les plus appropriées pour une recharge artificielle ont donc été identifiées par une étude des opérations de recharge artificielle actuellement menées, en zone aride ou non.

Les conclusions de toutes les expériences menées sur la recharge des nappes vont dans le même sens : **un prétraitement est indispensable sur les eaux de surface destinées à être injectées et au delà, un entretien régulier des ouvrages d'injection est nécessaire** : « la principale difficulté [pour le design des ouvrages de recharge] porte sur les systèmes de prétraitement de l'eau d'injection à mettre en œuvre de façon à s'affranchir du colmatage du système ». Les expériences de recharge artificielle menées partout dans le monde et en particulier celles menées en zones arides ont démontré¹ que la recharge des nappes ne peut se faire qu'à partir d'eaux exemptes de matières en suspension (MES).

A l'instar de ce qui se fait ailleurs, les travaux réalisés par le PAROA ont donc associé trois types d'ouvrages :

- des seuils dans le lit des oueds. Ces seuils permettent de créer une retenue dont le but est d'augmenter le volume d'eau qui pourra être injecté. En effet, une simple prise au fil de l'eau (sans bassin de retenue) ne serait alimentée

¹ Voir « Management of Aquifer Recharge for Sustainability », Actes du 4^{ième} symposium international sur la recharge artificielle des eaux souterraines, ISAR-4, Adélaïde, Australie du Sud, 22-26 sept. 2002, Peter J. Dillon, Editions BALKEMA, 567 p.

que quelques jours par an, lors de la crue de l'oued. Une retenue permet d'allonger significativement la durée de fonctionnement du système après chaque crue, et par là même le volume qui peut être injecté ;

- un système de filtration des eaux de la retenue. Le plus souvent, ce sont des bassins de décantation qui sont construits pour l'élimination des MES. Dans le cas des zones arides et rurales, cette méthode n'est pas la mieux adaptée (évaporation importante, nécessité d'un entretien régulier et coûteux...). Il est donc choisi de filtrer les eaux de la retenue ;
- des ouvrages d'injection proprement dite, alimentés en eau prétraitée à partir des systèmes de filtration décrits ci-dessus. Ces ouvrages pourront être de toute nature, comme l'indique l'inventaire des procédés d'injection proposé dans « Standard Guidelines for Artificial Recharge of Ground Water » : bassin d'infiltration, tranchée filtrante, puits ou forage². Pour chaque site, le type d'ouvrage a été retenu en fonction du contexte hydrogéologique du site. La préférence a été donnée à l'injection dans les formations les plus perméables, c'est-à-dire les forages dans les formations sédimentaires anciennes, de manière à maximiser les volumes injectés lors de chaque crue,
- des canaux et des conduites de liaisons entre ces différents ouvrages ;
- des réseaux piézométriques de contrôle du fonctionnement efficace des ouvrages.

4.2 Identification des sites d'intervention

Au-delà d'un premier critère hydrogéologique, d'autres critères de sélection des sites ont été appliqués : la complexité technique des ouvrages à construire et l'intérêt agronomique que peut avoir le site, notamment en termes de développement des cultures de décrue.

Intérêt hydrogéologique : L'évaluation de la faisabilité technique des ouvrages s'est appuyée, en premier lieu, sur l'intérêt hydrogéologique du site. Au minimum, la recharge des nappes doit être possible en période de crues sur les sites retenus. En particulier, n'ont pas été retenus :

² Les expériences conduites en Afrique du Sud (Murray et Tredoux, 2002) notamment ont démontré la faisabilité technique de la recharge artificielle par forage dans des aquifères discontinus, comparables aux aquifères infracambriens et cambrio-ordoviciens de l'Adrar de Mauritanie.

- les zones de débordement des nappes lors des crues (il est bien évident qu'aucune recharge, naturelle ou artificielle, n'est possible sur un site de débordement).
- les sites où les niveaux statiques sont élevés, c'est-à-dire où le volume de recharge artificielle potentielle est faible.

Complexité des ouvrages : L'évaluation de la faisabilité technique des ouvrages, a été appréciée. Pour chaque site identifié comme satisfaisant aux critères hydrogéologiques décrits ci-dessus, les conditions topographiques ont été évaluées.

Il s'agissait notamment d'évaluer la possibilité d'ancrage d'un seuil sur ces deux rives pour éviter tout contournement des eaux.

Intérêt agronomique : Dans le choix des sites, il a été tenu compte de l'intérêt agronomique qu'ils peuvent avoir. Au delà du strict intérêt des ouvrages de recharge en terme d'irrigation, un seuil de retenue a un impact agronomique positif par : le développement des cultures de décrue qui se fait généralement dans cette retenue ; l'amendement des sols des palmeraies à partir des prélèvements de limons qui se font dans la retenue.

Ces effets positifs seront attendus partout où des retenues seront constituées, à la double condition :

- que ces retenues recouvrent des terrains recouverts d'un sol (même peu développé),
- et que des populations (exploitants potentiels) soient installées à proximité.

Les sites sur lesquels ces conditions ne sont pas respectées, c'est-à-dire où la retenue ne pourrait être valorisée en terme agronomique, n'ont pas été retenus.

Contrôle des crues : Au delà de la stricte recharge de nappes, les investissements structurants du projet du sous-volet « ouvrages de recharge » doivent permettre de limiter les impacts négatifs des crues. Le plus souvent pour des crues de faible importance, ces impacts ne sont pas significatifs et toujours lié à des conditions ponctuelles. Au droit d'un des sites retenus (zone aval de l'oued Tawaz), des travaux simples permettent de limiter significativement ces impacts négatifs.

Au final, sept (7) sites d'intervention ont été retenus : Ararech (à l'amont de l'oued Tawaz), Tawaz (barrage existant comblé par les sédiments), Tawaz aval (barrage endommagé

existant), Toueizic, R'keïna, Tarioufet et M'haïret. Au total, ce sont 29 ouvrages qui ont été construits ou réaménagés :

- 5 nouveaux seuils de retenues ;
- 2 seuils réaménagés (Tawaz et Tawaz aval) ;
- 14 forages d'injection (entre 2 et 5 par sites, selon le volume d'eau à traiter) ;
- 4 systèmes de tranchées d'infiltration.

4.3 Détails des forages d'injection et des tranchées d'infiltration

Forages : La recharge artificielle se fait au travers de forages d'injection associés à des retenues dans les oueds.

Ils ont implantés sur des fractures orientées N120E identifiées à partir de l'imagerie satellitaire. L'efficacité de cette technique d'implantation a immédiatement été validée : les débits forages ont atteint des niveaux rarement atteints.

Tranchées d'infiltration : Pour les sites où la fracturation ne permet pas la réalisation de forages d'injection d'un débit significatif (soit que la fracturation est ici peu développée, ou qu'elle n'est pas identifiable à partir d'images satellitaires ou aériennes du fait de l'important couvert sableux dans la *batha* de M'Heiret en particulier), la recharge artificielle se fait au travers de tranchées d'infiltration toujours associés à des retenues dans les oueds. Contrairement aux forages qui atteignent les formations sédimentaires anciennes, les tranchées sont installées dans le remplissage alluvionnaire des vallées des oueds.

Sur la base de sondages électriques (campagne de prospection électrique de mai à septembre 2003), des cartes d'iso-résistivités apparentes ont été tracées pour mettre en évidence les zones de plus faible résistivité électrique (plus forte conductivité électrique). Ces zones indiquent *a priori* les secteurs de plus forte perméabilité de la formation aquifère, sauf dans le cas d'alluvions argileuses qui sont aussi très conductrices. C'est au droit de ces zones qu'ont été installées les tranchées d'infiltration.

4.4 Suivi pluviométrique et piézométrique

4.4.1 Suivi hydrologique

Le volume des crues est une inconnue majeure pour les oueds de l'Adrar. Les mesures des ruissellements ont été rares sur le territoire mauritanien en général et dans la zone

d'intervention du Projet en particulier. Pour évaluer la part de la possible recharge des aquifères par les crues via les formations alluviales, il convient pourtant de pouvoir évaluer précisément la part des précipitations qui est ruisselée.

Compte tenu de l'hétérogénéité spatiale des précipitations, de telles évaluations ne peuvent se faire que par des campagnes très localisées de mesure de pluviométrie et de jaugeage des oueds. C'est une campagne de ce type qui a été mise en place sur le bassin de l'oued Tawaz :

4.4.2 Suivi piézométrique

La connaissance des sens d'écoulements des eaux souterraines était très imparfaite lors du démarrage du Projet. Par exemple, il n'était pas certain que les eaux des ensembles gréseux ou calcaires continus sont drainées en période d'étiage au niveau des lits des oueds où les prélèvements ont lieu. Pour mieux appréhender ces sens d'écoulement, il convenait donc de procéder à un suivi piézométrique.

Pour que ce suivi puisse apporter des renseignements sur les sens d'écoulement, il a fallu qu'il se fasse : d'une part sur un réseau dense de points d'eau, à la fois dans les alluvions et dans les aquifères anciens, et d'autre part sur des points d'eau qui ont été nivelés. Pour valider la consistance des informations recueillies, il faut que ce suivi se fasse au minimum pendant deux à trois années hydrologiques.

L'évolution des niveaux piézométriques est aussi un indicateur, le plus direct, de l'efficacité des ouvrages de recharge. Bien entendu, cet indicateur ne permet pas de quantifier strictement la recharge, mais en donne une appréciation qualitative. Ce suivi piézométrique est associé à des mesures de conductivité électrique des eaux pompées au droit des puits oasiens. Ces missions de suivi piézométrique et d'analyse ont été confiées par le Projet au Centre National des Ressources en Eau. Elles ont porté sur un réseau de puits oasiens, complété en dehors des vallées des oueds, par des piézomètres construits par le Projet au droit des affleurements anciens.

Les ouvrages de recharge artificielle n'ont pu être finalisés qu'en juin 2007, soit immédiatement avant la dernière saison des pluies de la période de fonctionnement du Projet. Au cours de cette saison des pluies d'une intensité relativement faible, seuls trois (3) des retenues ont été en eau. Les volumes d'eau enregistrés en sortie de filtre sont cependant relativement faibles (3039 m³ à R'Keina, 3646 m³ à Tawaz et 733 m³ à Ararech) et ne permettent pas de conclure à l'efficacité du procédé retenu pour la recharge artificielle.

L'efficacité du procédé ne peut pas non plus être remise en cause par ces résultats du fait de la destruction partielle des conduites de transport de l'eau filtrée vers les ouvrages d'injection.

Pour valider ou non le concept mis en place, il importe de réhabiliter les conduites de transport des eaux filtrées et de vérifier le fonctionnement du système pendant au mois 3 ou 4 saisons des pluies, de sorte à profiter de la mise en eau effective des retenues.

Il convient de rappeler ici qu'une recharge significative des nappes a été enregistrée au droit des sites qui ont été en eau lors de l'hivernage 2007. Pour autant, il ne s'agit pas ici d'un phénomène lié au système mis en place mais d'une infiltration préférentielle au niveau des retenues nouvelles ou nouvellement curées. Cette infiltration sera malheureusement significativement plus faible lors des prochaines crues, jusqu'à devenir nulle du fait du colmatage des retenues par les silts en suspension dans les eaux de crues. Même dans le cas d'un enlèvement régulier de la croûte de silts, des fines sont entraînées dans les premiers décimètres du sol qu'elles colmatent peu à peu, sans possibilité de décolmatage ultérieur autre qu'un onéreux curage.

5. Conclusion

Dans l'Adrar, la surexploitation de la nappe phréatique par les pompages individuels motorisés, dans un contexte de raréfaction de la ressource, menace la survie des exploitations agricoles basées sur la culture du palmier dattier associée à des cultures maraîchères.

La continuité de l'effort de recherche de techniques appropriées permettant une meilleure réalimentation de la nappe phréatique s'impose. Dans ce cadre, l'expérience pilote de réalimentation de la nappe, menée par le Projet d'Aménagement Rural des Oasis de l'Adrar, mérite d'être capitalisée. Il s'agit notamment de réhabiliter les ouvrages de retenue et les systèmes de captage et d'assurer le suivi piézométrique.

D'une manière générale, le développement des oasis en milieu aride doit concilier entre la fragilité de l'éco système, l'accessibilité et la faisabilité localement des solutions techniques envisagées.

BIBLIOGRAPHIE

- Etude de pré-faisabilité du projet 8 ACP MAU 023 Aménagement Rural dans les Oasis de l'Adrar, Rapport Final, SERAH, 1999
- Etude de faisabilité du Projet 8 ACP MAU 023 Aménagement Rural dans les Oasis de l'Adrar, Rapport Final, Petre Zeppenfeld, Décembre 2000
- Rapport d'étude tectonique dans la zone d'intervention du PAROA – Adrar de Mauritanie (mission de S. PISTRE)
- Rapports d'avancement de la mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG)
- Rapports de mission de l'expert hydrogéologue, Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG)
- Rapport de sélection des sites d'intervention dans le cadre du sous-volet « ouvrages d'alimentation », Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG), Février 2003
- Rapport socio-économique d'appui à l'hydrogéologue pour l'identification des seuils de retenue, Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG), Février 2003
- Rapport de sélection des sites d'intervention dans le cadre du sous-volet « ouvrages d'alimentation », Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG), Février 2003
- Etude d'exécution des ouvrages de retenue - Rapport définitif, Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG), Septembre 2003
- Rapport de prospection géophysique au droit des ouvrages de recharges, Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG), Septembre 2003
- Dossier d'avant projet détaillé sur les ouvrages de la réalimentation de la nappe, Mission d'assistance technique au PAROA (BCEOM-MCG)
- Programme d'analyse de salinité des sols sur les oasis de l'Adrar, LANASOL/SONADER, Mars 2005
- Rapport d'évaluation à mi-parcours du PAROA
- Document du Programme de Développement Durable des Oasis
- Rapport de l'étude sur le développement des oasis en Mauritanie, JICA
- Document du Projet de Développement Rural Communautaire

