

## L'eau, des savoirs en partage

### Éditorial

Par Michel Laurent  
Président de l'IRD

**I**ndispensable à la vie sur Terre, l'eau est à la fois un milieu, une ressource et un bien commun. Du milieu, il importe d'en mieux connaître le fonctionnement au travers des mécanismes physiques, géochimiques et biologiques comme d'en appréhender les interactions avec le climat et l'environnement, les sols, le couvert végétal, et bien sur, les usages qui en sont faits. De la ressource, il est nécessaire d'en estimer la vulnérabilité et la durabilité, dans un contexte de changements globaux. Enfin, il faut plus que jamais comprendre et préciser les services rendus par ce bien commun.

L'IRD a inscrit la question de l'eau dans les pays du Sud au cœur de ses priorités scientifiques, mobilisant son réseau de chercheurs. Associés à leurs partenaires du Nord et du Sud, ils contribuent à construire des communautés actives dans l'acquisition des connaissances, et s'appuient notamment sur des plateformes technologiques dont celles dévolues au suivi spatial de l'environnement.

Avec presque la moitié des surfaces arides et semi-arides de la planète, l'Afrique subsaharienne et le sud de la Méditerranée imposent une attention toute particulière. Partenaires africains, brésiliens et français, au travers de l'IRD et de son agence AIRD, lancent à l'occasion du 6<sup>e</sup> Forum mondial de l'eau un appel à projets sur la lutte contre la désertification. Il vise à répondre au défi d'une gestion durable de ces régions qui font face à la pénurie d'eau.

Partager l'ensemble de ces savoirs permettra de mieux définir les politiques publiques et donc la gouvernance de cet élément naturel tant convoité. Dans le cadre du 6<sup>e</sup> Forum mondial de l'eau, cette logique intégrée, allant des connaissances sur le milieu et la ressource jusqu'aux propositions d'action, doit ainsi déboucher sur des solutions. Et par là, ouvrir sur une gestion durable et un accès plus équitable à l'eau dans les pays et les sociétés du Sud.



Institut de recherche pour le développement

## Comprendre pour prévoir...

**S**i de tous temps les zones arides et semi-arides se révèlent pauvres en eaux, l'activité humaine et les changements climatiques font peser sur ces régions des risques accrus de pénuries de la ressource. « L'équation de la gestion de l'eau doit prendre en compte un développement mal maîtrisé de l'urbanisme, du tourisme et de la démographie, ainsi que des besoins d'irrigation en augmentation dans ces régions particulièrement fragiles et sensibles aux variations climatiques », explique Abdelghani Chehbouni, directeur de recherche à l'IRD et représentant de l'IRD au Moyen-Orient. Fournir aux décideurs des outils afin de les aider à mieux planifier l'utilisation de

l'eau est alors un objectif important des recherches qui sont menées par les équipes de l'IRD dans ces régions. Pour Abdelfettah Sifeddine, paléoclimatologue, « les reconstructions climatiques passées permettent de contraindre les modèles climatiques afin d'améliorer les prévisions pour le futur ». En étudiant les sédiments lacustres et les spéléothèmes (des concrétions calcaires trouvées dans les grottes) de la région semi-aride du Nordeste brésilien, le chercheur documente les variations climatiques naturelles sur des échelles variant de mille à dix mille ans. L'objectif est de compléter les données instrumentales obtenues ces dernières décennies pour décrire les modes d'oscillation du climat à l'aide

d'informations sur les variations naturelles sur des échelles plus longues. Des travaux que ceux qui s'intéressent aux impacts des variations climatiques futurs sur le terrain ne manquent pas de suivre en y trouvant des pistes de recherche à explorer. « Pour prédire le futur, il faut connaître le passé : d'où nous venons et où nous allons ? », résume Abdelghani Chehbouni, pour qui l'étude des contributions des différents facteurs aux régimes des pluies passés donne les moyens de mieux interpréter les observations actuelles et à terme anticiper l'avenir. Alors que les spécialistes de l'eau s'accordent pour dire que mesurer et évaluer la ressource est aujourd'hui techniquement maîtrisé, les difficultés pour prévoir les évolutions en fonction des variations climatiques résident dans la prise en compte des usages de la ressource. Comment quantifier les pompages non autorisés ? Comment prédire les besoins en fonction de scénarios d'occupation du sol ? Comment intégrer

l'évolution du couvert végétal dans des prévisions ? Ces questions s'adressent à différentes disciplines scientifiques, allant de la sociologie à la pédologie, dont les acteurs ne sont pas toujours habitués à travailler ensemble. « Il est indispensable que ces travaux soient menés par des équipes pluridisciplinaires pour aboutir à des résultats pouvant servir aux décideurs », explique Abdelghani Chehbouni, à qui la dimension politique de ces questions n'échappe aucunement. Alors que des modèles et des outils sont déjà opérationnels et disponibles, la difficulté est maintenant de faire accepter les contraintes d'usages que la science préconise par la société et les décideurs.

### Contact

abdel.sifeddine@ird.fr  
UMR LOCEAN (CNRS, IRD, MNHN, UPMC)

ghani.chehbouni@ird.fr  
UMR CESBIO (CNES, CNRS, IRD, Université de Toulouse III)

Source : Sciences au Sud n° 56-2010

## Eaux souterraines menacées

**I**rrigation et eaux souterraines ne font pas toujours bon ménage, particulièrement dans le contexte méditerranéen. « Que les nappes fournissent l'eau agricole ou en reçoivent l'excédent, leur exploitation est trop rarement durable », estime l'hydrogéologue Christian Leduc. Pour développer la production agricole, notamment maraîchère et fruitière, dans cette région peu pourvue en ressources hydriques de surface, on puise abondamment dans les nappes depuis plusieurs décennies. Cette ressource présente bien des avantages, dont celui d'être facilement accessible alors que dans le même temps les eaux de surface sont éloignées ou absentes et que les sécheresses épuisent les volumes stockés dans les barrages. Mais cette ressource souterraine devrait être utilisée avec discernement : ses équilibres sont fragiles et il ne faut pas prélever plus que la capacité naturelle de recharge. « Les exemples de surexploitation des aquifères par l'agriculture ne manquent pas dans le bassin méditerranéen et ils risquent même de se multiplier compte

tenu de la pression anthropique, déplore le spécialiste. Des cas critiques se rencontrent partout, et surtout dans le sud de l'Espagne ou en Tunisie. » Les prélèvements hors de tout contrôle et dépassant largement le renouvellement naturel des réserves souterraines ont fait baisser les niveaux de plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines, de mètres en cinquante ans. Ailleurs, comme dans le sud de la Libye notamment, on a pris le parti d'irriguer avec de l'eau fossile. « Les nappes sollicitées pour faire pousser de la luzerne en plein désert se sont infiltrées au dernier grand épisode pluvial du quaternaire, il y a environ 8 000 ans. Elles ne se renouvellent donc pas du tout et, quand elles seront épuisées, la "grande rivière artificielle" – c'est le nom de ce projet titanesque – s'asséchera et s'en sera fini de ce coûteux prodige technique. » L'irrigation soulève aussi d'autres problèmes, liés à la qualité de l'eau. D'abord parce que toutes les eaux souterraines ne conviennent pas à l'irrigation. Ensuite, parce que le développement de l'irrigation accroît souvent la salinité de

l'eau des nappes. L'usage intensif des engrais et pesticides devrait d'ailleurs être particulièrement raisonné dans les périmètres irrigués, pour préserver les eaux souterraines de toute contamination, ce qui n'est pas toujours le cas, loin s'en faut. « L'irrigation au goutte-à-goutte, promue par les développeurs pour sa sobriété, a aussi un impact sur la qualité des aquifères, révèle le chercheur. En augmentant la salinisation du sol, elle nécessite épisodiquement des opérations de lessivage qui renvoient à la nappe de grandes quantités de sels. » Menace écologique forte, de nombreux forages du sud de l'Espagne sont désormais associés à des stations de dessalement, pour rendre l'eau propre à la culture des agrumes !

### Contact

christian.leduc@ird.fr  
UMR G-EAU (AgroParistech, Irstea, CIRAD, IAMM, IRD, Montpellier SupAgro)

Source : Sciences au Sud n° 59-2011



Irrigation au Maroc

© NASA

© IRD / T. Ruf

## Estimation par satellite

« Suivre la consommation en eau des cultures sans besoin d'une instrumentation intensive sur le terrain, coûteuse en argent et personnel, c'est possible grâce à la télédétection spatiale », se réjouit Mehrez Zribi, chercheur en hydrologie spatiale. L'enjeu est de taille puisqu'en Tunisie, les prélèvements en eau approchent des 88 % des eaux de surface disponibles. Même constat au Maroc, qui serait en passe de rejoindre la Libye ou la Jordanie au nombre des pays en pénurie d'eau d'ici 2025. Face à la raréfaction du précieux liquide, les agriculteurs se doivent de l'utiliser avec parcimonie. « Pour piloter l'irrigation en se situant au plus proche de la demande en eau des plantes, nous nous basons sur des séries temporelles d'images satellitaires », explique Michel Le Page, ingénieur en Système d'Information Géographique à l'IRD. L'équipe du programme Sudmed<sup>1</sup> a ainsi conçu puis développé Samir (*Satellite Monitoring of Irrigation*), un outil informatique d'aide à la gestion de l'irrigation alimenté par la télédétection spatiale. Les expérimentations *in situ* dans les bassins du Tensift (Maroc, depuis 2002) et du Merguelil (Tunisie, depuis 2008) ont permis de relier l'observation spatiale à différentes résolutions et la consommation hydrique des cultures dominantes de la région (oranger, olivier, blé...). « Dans un premier temps, l'eau "transpirée" par les plantes, et qui correspond à l'eau qu'elles ont utilisée, est mesurée exactement sur quelques sites par le biais d'une instrumentation micrométéorologique, décrit le Pr. Saïd Khabba, spécialiste du fonctionnement des cultures irriguées à l'Université de Cadi Ayyad. Mais ce procédé est lourd et onéreux, nous ne pouvons l'étendre à toutes les zones cultivées. » En revanche, les différentes longueurs d'onde des satellites fournissent des informations à large échelle qui seront calibrées et validées localement par la mesure de terrain : état de développement de la végétation, humidité du sol, niveau de stress hydrique... Ces informations permettent grâce à des modèles d'estimer la consommation hydrique des cultures. La télédétection spatiale procure donc une image à un temps « t » de l'état de la culture et l'exercice est répété dans le temps. Samir répond ainsi aux questions cruciales des exploitants agricoles : Où, Quand et Combien irriguer ? Plus largement, cet outil d'aide à la gestion d'irrigation, a été intégré dans un système d'aide à la décision pour la gestion de la nappe phréatique du Haouz (Maroc). Ainsi, il est possible d'explorer des scénarios d'évolution des ressources en eau en termes de politiques publiques, aménagement, reconversion agricole dans une perspective de gestion durable de la nappe. ●

1. CESBIO, Université Cadi Ayyad de Marrakech, Agence de Bassin Hydraulique du Tensift, Office de Mise en Valeur Agricole du Haouz, Direction de la Météorologie Nationale du Maroc, Institut National Agronomique de Tunisie.

### Contact

michel.le-page@ird.fr  
mehrez.zribi@ird.fr

UMR CESBIO (CNES, CNRS, IRD, Université de Toulouse III)

Source : Sciences au Sud n° 59-2011



# Mieux gérer l'eau agricole sahélienne

Burkina Faso

« Il faut améliorer la productivité de l'eau en Afrique subsaharienne, affirme l'hydrologue Jacques Lemoalle. C'est une condition essentielle pour parvenir à la sécurité alimentaire et pour lutter contre la pauvreté rurale. » La productivité de l'eau correspond à la quantité de céréales, de viande d'élevage ou de riz, produite avec un mètre cube du précieux liquide. Au Sahel, elle est dix fois moindre que dans la Beauce, le grenier de la France. Ces enjeux sont au cœur du « Challenge Program Eau et Alimentation », élaboré par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGRAI), et visant à améliorer la gestion de l'eau à l'échelle de grands bassins et à renforcer la disponibilité et l'accès à la nourriture. Pour définir les principales questions de recherche à traiter et trouver des réponses spécifiques, des « Bassin focal projects » ont été mis en place en amont du programme. Les Bassin focal projects « bassin du Niger » et « bassin de la Volta », pilotés par des hydrologues de l'IRD, viennent de rendre leurs rapports finaux. « Une solution consiste à stocker l'eau des précipitations et, à développer les cultures de contre-saison », explique

Jacques Lemoalle, coordonnateur du « Bassin focal project » sur le bassin de la Volta. L'agriculture vivrière, dans ce bassin comme dans celui du Niger qui connaît à peu près les mêmes conditions climatiques, est en effet essentiellement pluviale : elle ne permet de cultiver que durant la saison des pluies. Le reste de l'année, les paysans désœuvrés et sans ressources sont souvent contraints à une émigration saisonnière vers d'autres pôles d'activité sous-régionaux, et les terres demeurent inexploitées pendant des mois. « Pour continuer l'activité en saison sèche, il faut conserver artificiellement l'apport des précipitations dans des petits barrages, et développer l'irrigation à l'échelle locale », recommandent-ils. L'enjeu n'est pas seulement de fixer les agriculteurs sur leurs exploitations, mais surtout d'accroître la production agricole de la région qui connaît encore des difficultés alimentaires épisodiques. « Optimiser la gestion des ressources hydriques est indispensable, confirme son alter ego pour le bassin du Niger, Jean-Charles Clanet. Les perspectives démographiques l'imposent. » La population de la région traversée par le fleuve Niger devrait en effet tripler dans les

quatre prochaines décennies, passant de 94 à 300 millions d'habitants pour le seul bassin et de 300 à 900 millions pour l'ensemble des dix pays concernés. « Le défi n'est pas insurmontable », remarque Jean-Charles Clanet. Au Nigeria, on exploite en effet avantagement les nappes phréatiques de surface, en Côte-d'Ivoire et au Burkina Faso, on commence à organiser la rétention d'eau pluviale en développant des petits barrages. « En revanche, déplore-t-il, les aménagements actuels du delta central du Niger, situé au Mali, restent très insuffisants. Ils n'exploitent qu'une partie seulement des formidables potentialités de cette zone humide, parmi les plus vastes du monde. » Au-delà de la promotion de solutions techniques et hydrologiques, les Bassin focal projects recommandent aussi de développer une gouvernance de l'eau aux échelles locales, régionales, nationales et transnationales, et d'encourager l'émergence de politiques volontaristes. « La mise en place de modalités cohérentes de gestion est déterminante pour tirer le meilleur profit de la ressource, estime Jean-Charles Clanet. Faute de pilotage concerté, les lâchers et les prélèvements d'eau per-

turbent les activités agricoles des usagers du fleuve Niger, par exemple. La tentation de privilégier unilatéralement la production hydroélectrique et l'irrigation porte forcément atteinte aux intérêts du paysan. » À propos de la gestion de la ressource au niveau régional, Jacques Lemoalle est confiant dans la portée des travaux menés par les deux programmes. « La recherche peut contribuer à la concertation, entre pays qui n'ont pas les mêmes contraintes climatiques, pour l'allocation des ressources en eau à l'échelle du bassin versant », explique-t-il, évoquant les situations contrastées des pays du bassin de la Volta – le Burkina Faso, faiblement arrosé, et le Ghana, plus humide et qui abrite la plus vaste retenue artificielle au monde. ●

### Contact

jacques.lemoalle@ird.fr  
jean-charles.clanet@ird.fr  
andrew.ogilvie@ird.fr

UMR G-EAU (AgroParistech, Irstea, CIRAD, IAMM, IRD, Montpellier SupAgro)

Source : Sciences au Sud n° 55-2010

## Irriguer le Sahel nigérien

Comment irriguer le Sahel pour mieux nourrir ses habitants ? Une expertise scientifique sur la région de Tillabéri au Niger, commandée à l'IRD par l'organisme allemand de coopération GTZ<sup>1</sup>, apporte des éléments de réponse concrets sur ce sujet. « La question se pose car cet environnement, en apparence aride, recèle en réalité de considérables ressources en eau, révèle l'hydrogéologue Guillaume Favreau qui a piloté cette étude. Mais elles sont trop peu exploitées pour développer l'agriculture, et

seul 1 % des terres cultivées d'Afrique de l'Ouest est actuellement irrigué, contre 16 % pour le reste du monde. » La zone sahélienne compte en effet de grands systèmes aquifères régionaux (celui du bassin du lac Tchad, du Sénégal, de Taoudenni au Mali, des lullemeden au Niger), avec une multitude de mares naturelles ou des retenues d'eau en surface, le long d'affluents temporaires des grands fleuves, et d'abondantes réserves souterraines. La mobilisation de ces ressources pour développer l'irrigation permettrait de

sécuriser les productions alimentaires dans une région où l'agriculture pluviale reste très prépondérante. À terme, l'objectif des développeurs nigériens et européens qui ont diligemment ce travail est de réduire la vulnérabilité au climat des ménages ruraux. Malgré les atouts naturels de leur environnement, ils sont en effet trop souvent exposés aux incertitudes liées à l'irrégularité spatiotemporelle des précipitations. « Dans un premier temps, nous avons réalisé l'inventaire actualisé et détaillé, au point d'eau près et commune par commune, de toutes les ressources hydriques de la région, explique le chercheur. En rapprochant au moyen de SIG<sup>2</sup> ces données de celles sur les terres effectivement aptes à l'agriculture – car une partie des sols est dégradée –, nous avons évalué précisément les potentiels utilisables pour l'irrigation. » Forts de cette analyse exhaustive, les experts préconisent quelques aménagements et mesures pratiques pour valoriser efficacement l'eau disponible dans le paysage agricole. Ainsi, dans la vallée du fleuve et de ses affluents, où la ressource en eau de surface est abondante mais connaît une grande variabilité saisonnière, ils recommandent de privilégier l'irrigation à partir d'ouvrages de stockage et de régulation sur les cours d'eau. Dans ces mêmes vallées posées sur le socle, où les eaux souterraines sont peu importantes, ils proposent néanmoins de solliciter les

nappes alluviales pour la petite irrigation privée, car elles sont peu profondes et régulièrement renouvelées. Autour des mares permanentes ou semi-permanentes, qui sont très nombreuses mais peuvent s'épuiser rapidement sous l'effet de l'évaporation, ils conseillent de développer des cultures de décreuse, sur les berges des mares, et de forer des puits à proximité pour tirer le meilleur profit de la ressource au cours du temps. Dans les vallées fossiles à l'est du fleuve Niger, ils privilégient l'utilisation des abondantes nappes souterraines, alluviales, phréatiques et artésiennes pour les cultures de contre-saison. S'agissant des captages, pour le pompage des ressources hydriques du sous-sol, ils émettent des recommandations précises pour adapter les techniques et les équipements à l'économie locale et aux caractéristiques des aquifères. Une approche raisonnée, adaptée au contexte géologique, qui pourrait faire des émules dans toute l'Afrique sahélienne. ●

1. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

2. Système d'information géographique

### Contact

guillaume.favreau@ird.fr  
nazoumou@gmail.com

UMR HSM (CNRS, IRD, Universités Montpellier 1 et 2)

Source : Sciences au Sud n° 58-2011



Jardins de fond de vallée en bordure d'un village nigérien, protégé par des haies de tiges de mil, irrigués par des puits villageois à l'eau peu profonde (5-6 m) ; ici en saison sèche.

# Le retour de l'eau ressuscite les anciens réseaux



Entretiens avec les acteurs de la gestion de la khattara.

Des années de sécheresse ont tari les réseaux d'eau anciens du pourtour méditerranéen. « Mais avec le retour de la pluie depuis 5 ans, le patrimoine hydraulique renaît », témoigne Thierry Ruf, agro-économiste à l'IRD. L'eau chante comme les noms des ouvrages dans lesquels elle coule à nouveau : khattaras au Maroc, foggaras en Algérie ou encore qanâts en Iran, « les galeries drainantes souterraines constituent l'exemple le plus caractéristique et le plus original de cette reconquête par les populations locales »<sup>1</sup>. Comme leur nom l'indique, ces galeries permettent de drainer l'eau de la nappe phréatique jusqu'au pied d'un relief (voir schéma). Dans la province du Tafilalet au Maroc – région de Meknès –, où se sont focalisés plus précisément les travaux du chercheur et ses partenaires<sup>2</sup>, 450 khattaras au total ont été recensées. Creusées de la fin du XVIII<sup>e</sup> ou le début du XIX<sup>e</sup> siècle

jusqu'en 1950, ces « mines d'eau » en plein désert ont permis à une oasis de près de 600 000 habitants de se développer dans cette vaste région au pied de l'Atlas, enserrée entre la montagne et le Sahara. Pourtant il y a cinq ans, seules quelques dizaines de galeries étaient encore en activité permanente. « Dès le milieu du siècle dernier, les réseaux hydrauliques modernes sont venus se superposer aux ouvrages traditionnels », raconte le spécialiste de la gestion de l'eau. Puis les grandes sécheresses qui ont sévi dans les années 70 et de 1995 à 2005 sont venues porter le coup de grâce au système des khattaras. « D'où l'abandon d'un grand nombre de conduites. » Mais depuis mai 2006, la tendance s'inverse : la pluie réalimente les nappes en amont des zones de captage de certaines galeries. Les habitants entreprennent alors de les réhabiliter. « En cinq ans, à Jorf, dans l'ouest du

retour de l'eau est-il durable ? Difficile de l'affirmer pour les scientifiques. Mais un pari assumé par les sociétés rurales pour relancer l'action collective, ne voulant plus d'exploitations individuelles des eaux souterraines par des pompes incontrôlables. Leur objectif : établir une nouvelle justice de l'accès à l'eau... en vue justement d'une nouvelle pénurie possible dans les années à venir. ●

retour de l'eau est-il durable ? Difficile de l'affirmer pour les scientifiques. Mais un pari assumé par les sociétés rurales pour relancer l'action collective, ne voulant plus d'exploitations individuelles des eaux souterraines par des pompes incontrôlables. Leur objectif : établir une nouvelle justice de l'accès à l'eau... en vue justement d'une nouvelle pénurie possible dans les années à venir. ●

1. Une demande d'inscription des khattaras au patrimoine matériel et immatériel de l'humanité a été suggérée auprès de l'Unesco fin 2010.
2. Enseignants-chercheurs de l'université Cadi Ayyad de Marrakech et de la faculté des lettres et sciences humaines d'Agadir.

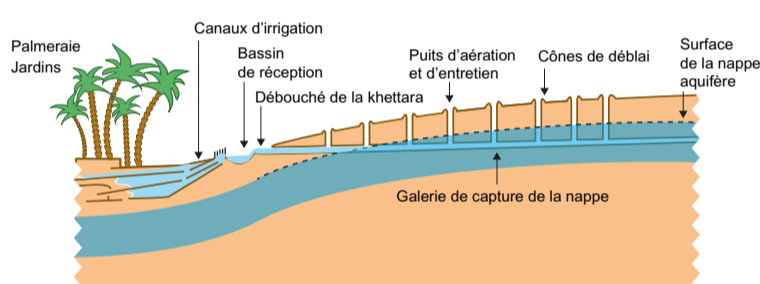
## Contact

thierry.ruf@ird.fr

UMR GRED (IRD, Université Montpellier 3)

Source : Sciences au Sud n° 59-2011

## Fonctionnement d'une khattara



© IRD / L. Corsini d'après M. Janvois

# Impact des aménagements hydro-agricoles

Terrasses, fossés, retenues, murs ou banquettes font partie intégrante des paysages méditerranéens. Ces aménagements hydro-agricoles traditionnels retiennent l'eau et les sédiments et facilitent la production agricole. « Comprendre l'influence de ce type d'aménagements sur les ressources en eau est un des objectifs à long terme », indique Olivier Grünberger, directeur adjoint du Lisah<sup>1</sup>. En Tunisie, après la mise en œuvre des derniers grands barrages au début des années 80, les aménagements hydro-agricoles se multiplient sous la forme de banquettes

antiérosives et de petits lacs de retenues collinaires. Ces derniers sont conçus pour limiter l'afflux de sédiments dans les grands barrages et augmenter le nombre de points d'eaux dans le paysage. Les études menées sur les deux dernières décennies par ce laboratoire et ses partenaires<sup>1</sup> montrent que l'utilisation de l'eau des petits lacs de retenue par les agriculteurs n'est pas aussi fréquente qu'espéré. Ces lacs sont aussi parfois comblés en quelques années par les sédiments si des banquettes antiérosives, sorte de talus construits à flanc de colline selon les courbes de niveau, ne sont pas instal-

lées en amont. « Les effets des différents équipements sont parfois contradictoires », souligne Olivier Grünberger. Par exemple, les banquettes diminuent les apports de sédiments mais également les apports d'eau aux lacs de retenues. À une autre échelle, la multiplication des lacs de retenues collinaires entraîne une diminution de l'alimentation en eau des grands barrages. L'impact des aménagements hydro-agricoles, et plus particulièrement des retenues, sur les eaux souterraines est difficile à évaluer et nécessite la mise en œuvre de modèles de simulation<sup>2</sup> et de traçages géochimiques de l'écoulement de ces eaux<sup>3</sup>. De plus, ces dernières contribuent à l'écoulement des oueds dans une proportion qui dépend de l'échelle. Par exemple, dans le cadre de l'Observatoire de Kamech<sup>4</sup>, des résultats préliminaires du Lisah montrent que pour une surface de 175 ha, les mouvements d'eaux souterraines peuvent contribuer pour 20 % de l'écoulement annuel de l'oued alimentant un lac de retenue collinaire, alors que cette contribution se limite à 4 % pour une surface de 15 ha. Évaluer l'efficacité globale des aménagements

dans les paysages méditerranéens nécessite de combiner les effets observés pour les différentes échelles spatiales en tenant compte des circulations souterraines. Pour relever ce défi, les chercheurs ont entamé un programme de suivi de systèmes hydrologiques emboîtés, dans la région du Cap Bon, comprenant l'Observatoire Omere de Kamech et son bassin versant d'une centaine de km<sup>2</sup>, le Lebna. ●

1. En partenariat avec l'INRGREF, l'INAT, la Direction générale des Aménagements de Conservation des Terres Agricoles du Ministère de l'Agriculture tunisienne.
2. En partenariat avec l'ENIT (Tunisie).
3. En partenariat avec l'ENIS (Tunisie).
4. Observatoire de Recherche sur l'Environnement OMERE.

## Contact

olivier.grunberger@ird.fr

UMR LISAH (INRA, IRD, Montpellier SupAgro)

Source : Sciences au Sud n° 59-2011



Aménagement hydro-agricole traditionnel en demi-lune

## Oueds et pollution

De récentes analyses montrent que le chrome utilisé par les tanneries de la Médina de Fès (Maroc) se retrouve dans les eaux de l'oued qui traverse la ville. En l'absence de stations de traitement des eaux usées, l'utilisation des eaux de l'oued Sebou et de son affluent l'oued Fès pour l'irrigation des cultures maraîchères crée de sérieux problèmes de santé publique à cause des polluants présents dans l'eau. Les oueds sont des rivières intermittentes caractérisées par des périodes de crues entrecoupées de longs mois durant lesquels la rivière est partiellement ou totalement asséchée. Des polluants peuvent alors s'accumuler dans les sédiments du lit asséché qui deviennent de véritables réservoirs susceptibles d'être entraînés par la crue prochaine. Cette caractéristique rend ces milieux très sensibles aux pollutions. Le projet « Rivières Intermittentes » associe la Faculté des Sciences et Techniques de l'université Sidi Ben Abdellah (Fès), l'Agence du Bassin Hydraulique du Sebou et l'IRD. « L'objectif est de quantifier l'impact des activités anthropiques sur l'oued Fès afin d'évaluer leurs conséquences sur la qualité des eaux superficielles, en tant que ressources en eau ou comme vecteur de pollutions vers les milieux aquatiques situés à l'aval », explique Nanée Chahinian (IRD). L'oued Sebou est considéré comme une zone de priorité nationale par le gouvernement marocain puisqu'il représente à lui seul plus de 30 % des ressources en eaux du Maroc et son affluent reçoit les rejets de Fès, troisième ville du pays. La « médina » (vieux ville) de Fès concentre sur son territoire la majeure partie des ateliers artisanaux de la ville (tanneries, dinanderies, ferronnerie, etc.). Les rejets produits dans cette zone, comme sur l'ensemble de l'agglomération de Fès (200 000 m<sup>3</sup>/j), dont 47 % proviennent des seuls rejets domestiques), sont déversés directement dans les cours d'eau situés à proximité, notamment l'oued Fès. Depuis 2008, l'équipe franco-marocaine étudie la relation pluie-débit à l'échelle pluriannuelle. Les données recueillies sont intégrées dans une base de données hydro-météorologiques. Elle permet leur diffusion à tous les partenaires du projet. Parallèlement, la collecte des informations relatives à la qualité des eaux de l'oued Fès est menée. Deux campagnes spatiales ont permis de relever les caractéristiques physico-chimiques de ses principaux affluents. Afin d'établir son impact sur l'oued Sebou, des mesures ont été effectuées en amont et en aval de la confluence des deux rivières. Le suivi régulier de la composition chimique des eaux, notamment des nutriments et des métaux lourds, confirme une importante pollution au chrome utilisé par les tanneries de la Médina. Cependant, les mécanismes de genèse et de transfert de cette pollution et son évolution à moyen et long terme restent encore mal connus et nécessitent des études plus approfondies. Les chercheurs souhaiteraient ainsi obtenir des réponses à des questions sur la dynamique temporelle et spatiale des polluants, sur leur comportement dans l'eau et dans les sédiments de la rivière, sur leurs interactions éventuelles avec d'autres composés présents dans l'environnement, etc. Cela nécessite de réaliser des suivis réguliers sur de longues périodes, en différents points des cours d'eau ainsi que des expériences *in situ*, dans le lit même de la rivière. ●

## Contact

nanee.chahinian@ird.fr

perrin@msem.univ-montp2.fr

UMR HSM (CNRS, IRD, Universités Montpellier 1 et 2)

Source : Sciences au Sud n° 52-2009

## L'eau douce des îlots du Pacifique sous surveillance

Les petites îles du Pacifique sont particulièrement vulnérables aux impacts du réchauffement climatique : montée des eaux, sécheresse, raréfaction de l'eau douce, indispensable au développement végétal, à la vie animale et à l'alimentation des populations humaines. « Sur ces îlots coralliens, explique Jean-Lambert Join, hydrogéologue de l'Université de la Réunion, les réserves d'eau douce sont quasi exclusivement souterraines et ont la forme de lentilles en équilibre avec l'eau de mer sous-jacente. » De façon naturelle, leur renouvellement est assuré par la « recharge » à partir des précipitations. Comprendre le fonctionnement de cette lentille d'eau douce, son évolution, sa capacité et sa vulnérabilité représente donc la seule piste pour envisager la gestion durable de cette ressource. Un chantier sur lequel plusieurs équipes de l'IRD et leurs partenaires se sont engagés<sup>1-2</sup>. Dans cette optique, « nous avons croisé des investigations géologiques, hydrogéologiques et géophysiques pour établir un "état zéro" de la morphologie et de la dynamique de la lentille d'eau douce de l'îlot M'baa, en Nouvelle-Calédonie », précise Guy Cabioch, paléogéologue à l'IRD. Il ressort que l'équilibre entre eau douce et eau salée dans les aquifères côtiers et insulaires reste un phénomène instable, difficile à caractériser. Pour valider les modèles hydrogéologiques, les forages d'observations ponctuels ne suffisent pas. En revanche, l'usage de la tomographie de résistivité électrique comme outil d'investigation s'est avéré concluant pour étudier en haute résolution 2D/3D la configuration et le fonctionnement de la lentille d'eau douce de cet îlot corallien. Le croisement des modèles basés sur les paramètres de résistivité électrique et leur confrontation aux données de salinité mesurées sur le terrain a permis d'apporter des informations pertinentes sur la structure et la géométrie du réservoir, les vitesses d'écoulement, etc. En particulier, sur une île corallienne, la salinité est plus concentrée au centre et dépend fortement du couvert végétal. ●

1. Les équipes CoRéUs, Camélia, Paléotropique de l'IRD, de l'UMR CEREGE et des Universités de la Réunion et d'Avignon. Dans le cadre du projet INTERFACE subventionné par l'ANR (programme Vulnérabilité, Milieux, Climats)

2. Jean-Christophe Comte, Queen's University Belfast et Olivier Banton, Université d'Avignon, Guy Cabioch et Jean-Lambert Join, Université de la Réunion

### Contact

join@univ-reunion.fr  
olivier.banton@univ-avignon.fr

Source : Sciences au Sud n° 57-2010

sciences au sud

sas@ird.fr / www.ird.fr

Directeur de la publication  
Michel Laurent

Directrice de la rédaction  
Marie-Noëlle Favier

Rédacteur en chef  
Manuel Carrard

Graphiste  
Laurent Corsini

Coordonné avec  
Amélie Travers



© IRD / J. Champion

Irrigation en Tunisie

## Paysans boucs émissaires

Les agriculteurs méditerranéens seraient-ils des gaspilleurs d'eau inconséquents, responsables de situations hydrologiques extrêmement tendues, comme on le laisse souvent entendre ? « Cette idée reçue est généralement à la fois fautive et injuste, estime l'hydrogéographe François Molle, spécialiste de la question. L'agriculture ne peut être tenue pour unique coupable des pénuries ou des dégradations sanitaires et environnementales associées qui touchent toute la région. » La sphère Moyen-Orient/Afrique du Nord connaît en effet une surexploitation préoccupante de ses ressources en eau. Selon les chiffres du Plan bleu<sup>1</sup>, 5 pays prélèvent plus de 80 % de leurs eaux renouvelables et 8 autres de 20 à 60 %. Il y a même des cas extrêmes pour certains bassins ou aquifères, dans le Jourdain cette valeur atteint 103 % ! Et ces taux seraient encore

plus alarmants si l'on excluait de leur calcul les ressources inexploitable, comme les crues non-stockables, les eaux salées ou polluées... « Certes, l'agriculture méditerranéenne est à l'origine de 85 % des prélèvements, ce qui est supérieur à la moyenne mondiale de 70 %, reconnaît-il, mais cela tient aux conditions bioclimatiques et aussi au fait que les autres usages, industriels et domestiques, restent relativement limités. » L'extension à outrance de grands projets d'irrigation, souvent motivée par les intérêts financiers ou politiques des gouvernants, contribue également à cet état de fait. D'autant qu'une irrigation privée, basée sur l'exploitation des eaux souterraines, s'est souvent superposée aux périmètres irrigués organisés. Ces initiatives relèvent d'investisseurs urbains, au Maroc et en Égypte notamment, de paysans qui tentent d'intensifier ou de sécuriser une agriculture pluviale très

précaire, ou encore d'agriculteurs cultivant au sein ou à proximité de périmètres irrigués dysfonctionnels. « Pour gaspiller l'eau, il faudrait que les agriculteurs la reçoivent en quantité abondante ou à discrétion, explique-t-il, et ce n'est presque jamais le cas. » Le plus souvent, la priorité est donnée aux usages non-agricoles et les zones irriguées doivent affronter les restrictions et les quotas. Dans ces périmètres, où les cultivateurs savent rarement à l'avance quand et comment ils seront approvisionnés, se développent des investissements forcés, sous forme de puits, de pompes, de conduites et de réservoirs. Ces innovations, qui sécurisent la production, n'incitent guère au gaspillage de la ressource, en particulier quand les coûts de pompages sont conséquents. « S'il y a des pertes dans les systèmes irrigués, il faut davantage les traquer au niveau de leur gestion globale, qu'à celui des usagers », consi-

dère le chercheur. Enfin selon ce dernier, il existe souvent une confusion entre « prélèvement » et « consommation », par incompréhension des mécanismes hydrologiques. Dans les bassins surexploités, l'eau qui retourne au cycle hydrologique après prélèvement (50 % pour l'irrigation et 80 pour les villes) est considérée comme une perte, alors qu'en réalité elle est réutilisée en aval ou dans les puits. « Ainsi, en traquant ces "gaspillages", on ne fait que réalouer l'eau entre usages successifs », conclut-il. ●

1. www.planbleu.org

### Contact

francois.molle@ird.fr

UMR GRED (IRD, Université Montpellier 3)

Source : Sciences au Sud n° 59-2011



© IRD / P. Cecchi

## Prouesses et faiblesses des petits barrages

Instruments incontournables de la panoplie des développeurs depuis plusieurs décennies, les petits barrages sub-sahariens tiennent-ils leurs promesses ? La réponse que suggère l'hydrobiologiste Philippe Cecchi, dans une récente publication consacrée au sujet, est toute en contrastes. Ces dispositifs ne rempliraient pas tous les objectifs qui leur ont été assignés à la construction mais ils ont acquis un rôle irremplaçable dans le quotidien des sociétés rurales africaines, en raison notamment de la multiplicité des usages auxquels ils se prêtent. Le phénomène, il est vrai, a pris une grande ampleur. Ainsi, avec le foisonnement de ces retenues d'eau, le Burkina Faso dispose aujourd'hui d'au moins 4 000 kilomètres de berges artificielles, bien davantage que les littoraux des pays côtiers de la région... « Les barrages sont devenus l'objet d'une demande

permanente des populations, qui s'imposent même dans leur financement. Ils bénéficient à la fois du soutien des décideurs locaux et nationaux et de l'appui des bailleurs de fonds », raconte le chercheur pour expliquer la formidable multiplication des ouvrages qui se comptent désormais par milliers dans la région ouest-africaine. Pourtant, les analyses réalisées sur l'exploitation de ces aménagements plusieurs années après leur mise en eau sont mitigées : ils ne satisfont pas toujours aux attentes de leurs promoteurs, en tout cas pas dans les proportions escomptées. Ainsi, les petits barrages destinés à soutenir l'élevage n'ont pas permis de développer le secteur autant que prévu, et ceux conçus pour la petite irrigation n'ont pas entraîné les gains de productivité agricole attendus. Les freins identifiés relèvent plus de questions de gouvernance locale que de blocages tech-

niques. Malgré ces résultats en demi-teinte, les petits barrages continuent d'avoir le vent en poupe. Il s'en est ainsi construit plusieurs dizaines dans les dix dernières années au Burkina Faso, et la Banque Africaine de Développement prévoit d'en réhabiliter une cinquantaine dans le nord du Ghana d'ici la fin de la décennie. Pour Philippe Cecchi, cet engouement persistant tient aux autres apports de ces aménagements, des « bénéfices collatéraux » qui n'avaient pas été envisagés par les technocrates et qui ne sont pas explicitement évalués dans leurs bilans. « Véritables objets d'aménagement du territoire, ces infrastructures ont bouleversé positivement la vie dans les campagnes, raconte-t-il. Elles procurent à la fois des ressources continues en eau, du poisson grâce à la pêche dans des régions où il y en avait peu et des opportunités bien réelles pour les

Les petits barrages constituent une ressource précieuse ; ici à Kagamzéné, à une trentaine de kilomètres au sud de Ouagadougou.

cultures, même si elles n'atteignent pas les volumes attendus par les concepteurs de projets. » Et au-delà même des performances quantifiables, il existe une valeur immatérielle incontestable. Les petits barrages contribuent par exemple efficacement à lutter contre l'exode des paysans vers les villes, en redynamisant l'économie rurale. « Ils sont devenus un enjeu politique certain, tant au plan local, dans un mouvement de réappropriation de l'espace rural par ses populations, qu'à celui plus vaste des politiques agricoles nationales », affirme-t-il. Se pose aussi la question de la préservation des ressources et des services écosystémiques associés, et en premier lieu celle de la dégradation de l'état de santé de ces écosystèmes (comblement, pollutions...). Pour mesurer ces diverses dimensions, l'hydrobiologiste propose une grille d'analyse de l'impact réel des ouvrages à l'échelle des bassins versants. ●

### Contact

philippe.cecchi@ird.fr

UMR G-EAU (AgroParistech, Irstea, CIRAD, IAMM, IRD, Montpellier SupAgro)

Source : Sciences au Sud n° 61-2011