

# sciences au sud

Spécial 2003  
Année de l'eau douce

Le journal de l'IRD

## Les méandres de l'eau

Editorial

### Les chercheurs, l'eau et le caché

par Anne Coudrain, hydrologue, IRD

L'amplitude et la rapidité des changements récents de notre planète sont sans précédents dans l'histoire. Un défi majeur de la recherche est de produire des éléments de connaissance pour accompagner l'adaptation des sociétés à l'évolution rapide de leur environnement.

Dans le domaine de l'eau douce, des recherches portent sur les évolutions des besoins et de la disponibilité. Ces deux volets nécessitent en effet des recherches approfondies en raison des difficultés à rendre compte de l'interaction entre différents phénomènes qu'ils soient du domaine socio-économique pour le premier ou hydrologique pour le second. À ces approches essentielles, il faut sans doute aussi ajouter un volet plus secret, comme le montrent des travaux sur la gestion du linge domestique<sup>1</sup> : « Les acteurs ont rarement conscience du rôle décisif des habitudes acquises les plus élémentaires. Ils s'imaginent que leur imaginaire dessine l'avenir sinon en toute liberté du moins en confrontation unique avec des contraintes extérieures. Or le cœur de la détermination est en eux-mêmes, dans le capital de manières qui constitue le fonds de leur identité, limite les possibles et parfois secrète subtilement la matière des scénarios du futur. » La substance de cette réflexion sur le couple et son linge n'est-elle pas déclinable sur la société et son eau ? Les règles de bonnes pratiques de l'homme sur son jardin planétaire pourraient intégrer les nouvelles connaissances scientifiques et aussi les fondements du capital identitaire et imaginaire.

Par ses missions, l'IRD a un rôle pivot auprès de ses partenaires du sud comme du nord pour aiguiller des recherches intégrant ces deux volets et dans lesquelles de multiples acteurs ont un rôle attendu.

1. Jean-Claude Kaufmann, *La trame conjugale, analyse du couple par son linge*. Pocket.

## L'eau et les philosophes

par Marcel Conche, philosophe

**La rédaction a demandé au philosophe Marcel Conche l'ouverture de ce travail de réflexion sur l'eau. Face aux enjeux pour l'avenir de la planète, nous ne doutons pas, en effet, qu'il soit de ceux qui peuvent nous aider à renouveler notre vision du monde.**

L'eau est très présente dans les philosophies de la nature, autant dire dans les philosophies grecques<sup>1</sup>. Au Moyen âge, la philosophie est servante de la théologie ; à l'époque moderne, depuis Descartes, les philosophies dominantes ne sont encore que des philosophies théologisées. Chez Descartes, Kant, Hegel, la nature brille par son absence, cela même dans la prétendue Philosophie de la nature de Hegel, qui n'est qu'une épistémologie des sciences de la nature. Encore faut-il remonter à la plus ancienne philosophie grecque, celle d'avant Socrate, alors que la Nature (*Physis*) omnienglobante est l'unique force créatrice et génératrice de tout ce qui est.

Or, si la nature, telle qu'elle se donne à nous, est toujours là, c'est en changeant sans cesse. L'eau est la métaphore de ce changement universel. L'image du fleuve est attachée au nom d'Héraclite, pour qui « on ne peut pas entrer deux fois dans le même fleuve », car le fleuve n'est que de l'eau, mais ce n'est jamais la même eau. Cela signifie

qu'il n'arrive jamais deux fois la même chose. Certes, la nature a ses « saisons » (*horai*), ses habitudes ; elle se répète, car elle aime les rôles qu'elle a déjà joués et les joue toujours à nouveau, mais avec des acteurs différents.

Mais l'eau ne fournit pas seulement la métaphore du changement. Elle vaut aussi comme Source. Thalès en fait le « principe » (*archè*) des choses, c'est-à-dire non seulement l'élément primordial et ce d'où tout vient, mais aussi ce qui remplit tout l'espace et au sein de quoi s'est engendré le monde. Cette doctrine est celle même que l'on retrouve dans les anciens papyrus d'Égypte, où on lit : « au commencement était le Nou, masse liquide primordiale dans les profondeurs infinies de laquelle flottaient, confondus, les germes des choses ». Toutefois, Thalès explique que ces germes eux-mêmes, et les semences des animaux, ont une nature essentiellement aqueuse. Tout provient de l'eau universelle et tout y retourne. Ce à quoi il faut faire appel pour chercher l'explication de tout, ce ne sont pas des êtres mystérieux et



© IRD/A. Laraqe

Rocher de Cocuy dans le haut bassin du Rio Negro.

inconsciables, mais la substance la plus commune, la plus familière et d'ailleurs la plus nécessaire, que l'homme peut observer à loisir et sous tous ses aspects. La réalité est connaissable, du moins si l'on suit une méthode rationnelle qui prenne appui sur l'observation et l'expérience : tel est le rationalisme de Thalès, qui, désormais, appartiendra de plein droit au philosophe autant qu'au savant.

Pour les philosophes de l'époque classique de la Grèce et de l'époque hellénistique, l'eau n'a plus la signification universelle que Thalès lui attribuait. Elle est l'un des quatre éléments primordiaux qu'Empédocle a distingué, à côté du feu, de l'éther et de la terre. L'eau est, pour Aristote, l'objet d'une analyse qualitative, tandis qu'Épicure s'intéresse à la structure atomique de l'eau. Pour Empédocle, la terre et l'eau s'opposent comme le sec et l'humide, tandis que l'air et le feu s'opposent comme le froid et le chaud. Aristote complique cette

analyse. Chaque élément réalise l'union de deux qualités fondamentales : le feu est sec et chaud, l'air chaud et humide, l'eau humide et froide, la terre froide et sèche. Entre deux éléments, il y a toujours au moins une contrariété, ce qui rend possible la transmutation d'un élément dans l'autre, cela grâce au support de tous les éléments, la matière indéterminée, capable de recevoir tout à tour les qualités contraires. Il faut ajouter que les éléments sont doués de mouvements naturels, ceux de l'air et du feu vers le haut – vers la périphérie du monde –, ceux de l'eau et de la terre vers le bas – vers son centre. Ces mouvements naturels des éléments pour rejoindre leur lieu propre provoquent entre eux de perpétuels conflits et d'incessantes transmutations – non sans qu'intervienne une influence périodique : l'alternance des saisons, dépendante des révolutions du Ciel.

(suite p. 8)

## Le défi d'une gestion par bassin

Entretien avec Frank Rijsberman, directeur de l'Institut international de gestion des ressources en eau (IWM)



© IRD/O. Dargouge

décennies, on a compris l'intérêt d'une gestion de l'eau au niveau du bassin versant où l'on rencontre tous les besoins et tous les utilisateurs.

Pour nous, le plus important est de faire la liaison entre les différentes échelles. Par tradition, l'eau est gérée de façon très sectorielle, les gens qui gèrent l'eau pour l'agriculture ne connaissent pas ceux qui s'occupent d'approvisionnement en eau potable et vice-versa.

**Comment faire pour changer cette vision ?**

Il existe plusieurs grandes initiatives internationales auxquelles nous participons. *Dialogue sur l'eau pour l'agriculture et l'environnement* tente de confronter les besoins et les avis des utilisateurs. C'est une initiative conduite par 10 organisations internationales, l'IWMI mais aussi la FAO, l'OMS, l'IUCN, etc.<sup>2</sup> L'action, *Comprehensive assessment of water management in agriculture* cherche à tirer des leçons du passé, à évaluer le potentiel des innovations et à identifier les besoins en recherche. L'IWMI coordonne cette action à laquelle participent tous les centres du CGIAR, ainsi que d'autres organismes partenaires comme la FAO et des représentants de différents utilisateurs. Enfin, nous avons récemment lancé un

programme de recherche dont l'IRD est un partenaire, le *Challenge program* Eau et alimentation.

**Dans quelle mesure, ce dernier représente-t-il une démarche nouvelle ?**

Pour la première fois, tout le système de recherche international sur l'agriculture a mis l'eau au premier rang de ses priorités. Auparavant, le financement était concentré sur les centres et leur mandat : le riz, le maïs, etc. Aujourd'hui, nous avons décidé de cibler quelques grandes questions de sociétés. Il y en aura peut-être quatre ou cinq, les deux premières concernent l'eau et l'alimentation et la « bio-fortification » (amélioration des plantes pour la qualité nutritive). D'un autre côté, nous essayons de coordonner les actions de façon beaucoup plus proche avec les centres de recherche, et de renforcer les liens entre les structures scientifiques des pays du Sud et les institutions du Nord.

**Dans quelle mesure l'approche par bassin versant se heurte-t-elle aux conflits entre les différents pays traversés par un même fleuve ?**

Nous avons clairement vu, en sélectionnant les bassins pour le *Challenge program*, qu'il y avait là une première

approche que notre action pouvait soutenir. Ainsi, par une série de conférences (Nile Conférences), au cours des dix dernières années, les pays du bassin du Nil ont développé une coopération, la Nile Basin initiative, qui comprend un conseil de ministres, un secrétariat technique et un grand programme soutenu par la Banque mondiale et le Pnud. Dans un tel contexte, le *Challenge program* peut avoir un grand impact.

**Pouvez-vous nous citer des faits marquants ces dernières années ?**

En Inde, par exemple, le problème le plus critique est la sur-utilisation de l'eau souterraine. Dans le nord du pays, en une trentaine d'années, le niveau de l'eau souterraine est passé d'une dizaine de mètres à 150 m en dessous de la surface. Parallèlement, on observait un des plus grands succès de l'agriculture indienne, souvent montré en exemple. Mais en une génération, la ressource sur laquelle était fondé ce succès a été épuisée. Aujourd'hui, plus de 50 % des puits sont taris, parce que les paysans, fortement soutenus par les gouvernements, notamment avec des tarifs privilégiés pour l'électricité, pompent l'eau jusqu'à la dernière goutte.

(suite p. 2)



# Le Sénégal n'est pas un long fleuve tranquille

par Luc Descroix, hydrologue, IRD

**En territoire aride et semi-aride, un cours d'eau tel le fleuve Sénégal ne peut manquer d'être une zone de transit et d'échange. Au printemps 1989, près d'un village du fleuve, deux paysans sénégalais sont tués lors d'une dispute sur le passage d'un troupeau provenant de Mauritanie. Des émeutes suivent dans les deux pays, opposant nationaux et ressortissants de l'autre pays qui vivent sur les rives du même fleuve Sénégal.**

Le problème frontalier entre le Sénégal et la Mauritanie est sérieux car il intervient dans un contexte de pénurie à l'échelle sous-régionale. Depuis 1968, la pluviométrie a très sensiblement diminué dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, la bande sahélienne ayant été la plus sévèrement touchée. Les disponibilités en eau ont baissé encore plus fortement<sup>1</sup>. Cependant, l'eau semble n'avoir été qu'un catalyseur à une crise sous-jacente et épisodique.

Dans un climat de relations interethniques très complexes, plusieurs facteurs ont pu être à l'origine de tensions. Dans un contexte de pénurie d'eau, la vallée occupée par un fleuve pérenne, attire les populations. La sécheresse prolongée incite à la constitution de périmètres irrigués. L'aménagement du fleuve, mis en œuvre dans le cadre de programmes internationaux, accélère ces modifications mais dépossède partiellement les acteurs locaux en charge des modifications des régimes fonciers dans les deux pays. La baisse de productivité des pâturages a provoqué une surexploitation de l'espace, qui a exacerbé des tensions ethno-culturelles entre Maures et Peulhs, mauritaniens et sénégalais, éleveurs et

agriculteurs qui avaient tous l'habitude de vivre en intelligence plutôt qu'en concurrence pour l'eau. Le conflit est aussi lié à l'aménagement du fleuve, qui propose une conception technicienne et froide de la gestion de l'eau opposée à une vision plus centrée sur les besoins, la culture et les coutumes des riverains. Les relations diplomatiques entre la Mauritanie et le Sénégal sont globalement bonnes, mais non exemptes de « coups de chaleur » qui tiennent plus de la susceptibilité réciproque des gouvernements et des états que de réels problèmes. En effet, la réalisation des barrages de Diama et Manantali<sup>2</sup> (respectivement en aval et en amont du fleuve Sénégal) dans le cadre de l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal, a apporté à ces deux pays, comme au Mali, une disponibilité accrue des ressources en eau et aussi en électricité. Or, la Mauritanie n'utilise que 5 % et le Sénégal 20 % de l'eau qui leur est attribuée. L'échec relatif du projet de riziculture est visible sur les bords du fleuve où, après 15 ans seulement, un cinquième de la surface initialement prévue en parcelles irriguées a été réalisé. On ne transforme pas des bergers et des producteurs de

mil en riziculteurs chevronnés en une génération.

Dans ce contexte, le projet sénégalais dit des vallées fossiles<sup>3</sup> paraissait être un risque pour le partage de la ressource et semble aujourd'hui abandonné. Celui du canal du Cayor<sup>4</sup> est lui aussi gelé pour éviter une tension diplomatique avec la Mauritanie. Dans ce projet, l'eau accordée au Sénégal dans le cadre de l'OMVS, serait utilisée pour alimenter Dakar et irriguer des surfaces situées plus près des marchés de consommation.

Grâce à la prise de conscience des différents acteurs et utilisateurs, le moment est peut-être venu d'entamer de nouvelles discussions sur le thème de la ressource eau. Source de conflits hier, ne pourrait-elle devenir source de solidarité demain ? Avec l'entrée de deux nouveaux pays, la Guinée et le Mali, dans l'arène du partage de l'eau, le débat s'élargira sans doute.

## En savoir plus

Descroix, L. et Lasserre, F., 2003. *L'eau dans tous ses états : tensions, coopé-*

*rations et géopolitique de l'eau.* L'Harmattan, Paris, 350 p.

## Contact

Luc Descroix  
descroix@mail.lthe.hmg.inpg.fr

1. Pour l'ensemble du bassin du Sénégal, entre les périodes 1951-1970 et 1971-1990, la pluviométrie a baissé de 22 %, les volumes apportés par le fleuve de 54 % (Descroix et Lasserre, 2003).
2. Voir *Sciences au Sud*, n° 9, p. 4 et n° 13, p. 4.
3. Le projet de réhabilitation des vallées fossiles consiste à redonner vie à des cours d'eau par la construction de canaux et de forages. Il a pour objectif d'alimenter Dakar et de permettre un aménagement de régions occupées aujourd'hui uniquement par les Peulhs nomades dont les troupeaux contribuent à la désertification du nord du pays.
4. Le projet consiste en la mise en place d'un canal reliant sur 300 km le lac de Guiers à la ville de Dakar. Ce canal, en plus de résorber le déficit en eau de la capitale sénégalaise, doit permettre aussi le développement d'une agriculture irriguée le long des zones qu'il traverse.

par là, de sa population.

En Tunisie, l'agriculture durable atteint aussi ses limites, car si les puits récupèrent en aval l'eau infiltrée dans les parcelles irriguées à l'amont, toute culture devient impossible vers la partie la plus basse du paysage où l'eau devient trop salée. Au début du xx<sup>e</sup> siècle, l'oasis atteint 100 hectares.

En 1957, au Chili, l'État réorganise le réseau d'irrigation. La quantité d'eau disponible et sa salinité augmentent. Les pertes sont freinées par la cimentation des canaux, mais ce nouveau réseau provoque de profonds changements sociaux. Cet ensemble de disposition altère le lien quasi-charnel qu'entretenait l'Atacama avec sa terre et l'eau, sa vision du monde.

En 1969, l'État tunisien intervient lui aussi dans la gestion du système d'irrigation, suite à la conjonction de l'abandon des *foggaras* par la majorité des propriétaires et de la destruction de systèmes d'irrigation par des pluies diluviennes. Deux puits profonds ont alors été forés en amont de l'oasis pour conserver le système de distribution de l'eau par gravité. L'eau, stockée dans des réservoirs, est distribuée par les *foggaras* où le débit peut alors atteindre 120 litres/s. Le droit de l'eau est assuré par des associations d'intérêts collectifs et le droit familial ne s'applique plus. Le tour d'eau est de 8 à 15 jours et des aguadiers, qui rappellent les juges de l'eau atacama, sont chargés d'ouvrir les vannes de chacune des bornes à la demande. En 1991, l'oasis couvre 500 hectares, mais une parcelle sur 10 est abandonnée. La jeune génération ne veut plus cultiver. À San Pedro d'Atacama, des associations ont décidé de se regrouper afin de planifier, récolter des cotisations et assurer les travaux d'entretien des canaux d'irrigation. Renforcer légalement ces associations et intéresser des personna-

lités d'un certain poids social à s'investir dans le fonctionnement de la régulation sociale de l'irrigation constitue une solution à la survie de ces oasis.

En 2002, un hôtel se construit au milieu de l'oasis d'El Guettar en Tunisie. Il accueillera des touristes qui auront visité la vieille oasis de Tozeur et son plan d'irrigation du xi<sup>e</sup> siècle exposé au musée de la ville. Atacama explore les possibilités pour maîtriser le tourisme culturel, sportif et scientifique et éviter ainsi le tourisme de masse.

## Oasis d'El Guettar, Tunisie.



1. Bernard Lacombe livre dans son ouvrage *Les oasis du désert d'Atacama, Nord Chili*, les conclusions de l'étude *Le désert, l'homme et l'eau dans l'Atacama*, menée conjointement par l'IRD et la Universidad Católica del Norte. Jean-Olivier Job et Jean Albergel ont effectué des études sur les oasis tunisiennes.
2. Moyenne pluviométrique inter-annuelle calculée entre 1970 et 1990.

## Histoire de climat

par Luc Ortlieb, Anne-Marie Hocquenghem et Gabriel Vargas, IRD

**A une échelle globale**, le système couplé El Niño-Oscillation Australe (ENSO) est la première cause de variabilité du climat actuel. Les effets de cette oscillation pluri-annuelle, à périodicité variable, entre une phase « chaude » (El Niño) et une phase « froide » (La Niña), se manifestent par des perturbations météorologiques et océanographiques qui affectent particulièrement certaines régions tropicales telles que le Pérou, l'Équateur ou le Nordeste Brésilien et des régions de moyenne latitude comme le Chili, le Paraguay et l'Argentine. En liaison avec les nombreux travaux qui visent à mieux comprendre le système ENSO et à prévoir plusieurs mois à l'avance les occurrences d'événements El Niño, des chercheurs travaillent sur une reconstruction des événements du passé qui permette d'évaluer les variations de fréquence et d'intensité des « paléo-El Niño ».

Dans un contexte de réchauffement de la planète, et compte tenu de l'occurrence récente des deux événements El Niño de plus forte intensité du xx<sup>e</sup> siècle (1982-83 et 1997-98) qui ont eu des conséquences particulièrement catastrophiques, on peut craindre que de tels événements se succèdent à l'avenir à un rythme accru. Une étude sur les interactions entre variations séculaires du climat telles que le Petit âge glaciaire (xvi<sup>e</sup>-xix<sup>e</sup> siècles) et le régime ENSO s'impose donc. Quelles étaient la fréquence et l'intensité des événements El Niño avant l'ère industrielle ? Plus généralement, quelles sont les marges de variabilité du système ENSO au-delà du dernier siècle et demi, pour lequel on dispose de données météorologiques instrumentales ?

Après l'arrivée des Conquistadores au Pérou en 1532, des textes écrits par des chroniqueurs, autorités ecclésiastiques, judiciaires et administratives, ou des voyageurs, nous renseignent sur des anomalies météorologiques telles qu'inondations, destruction de ponts et bâtiments, famines et sécheresses notables. La compilation de ces informations d'ordre anecdotique constitue un corpus documentaire sur lequel s'appuie une reconstruction de la variabilité des occurrences d'événements El Niño depuis le premier tiers du xvi<sup>e</sup> siècle. L'interprétation de ces données n'est cependant pas simple, et fait l'objet de recherches en cours, notamment au Pérou et au Chili, qui associent climatologues et historiens.

L'un des principaux problèmes rencontrés concerne la validation des informations recueillies en tant qu'indicateurs d'anomalie liée au système ENSO (El Niño ou La Niña). Ne doivent être retenues comme « proxies » de manifestations paleo-ENSO que certaines anomalies paléohydrologiques caractérisées dans des régions déterminées. Ce travail implique donc une analyse fine de calibration sur les conditions météorologiques actuelles. En parallèle, sont développées des comparaisons et intercalibrations entre ces registres documentaires et d'autres types d'enregistrements paléoclimatiques ou paléo-océanographiques à haute résolution temporelle. Parmi ces derniers, citons des séquences de sédiments laminés (lacustres ou marins), des carottes de coraux récifaux de diverses régions du Pacifique, des stalagmites du Brésil et des carottes de glaciers andins.

## Contact

Luc Ortlieb  
Luc.Ortlieb@body.ird.fr

## Histoires d'oasis

par Cédric Duval, journaliste

**Jardin irrigué aux confins des déserts, caractérisé par son endémisme, l'oasis est un milieu agricole développé depuis des millénaires. Là plus qu'ailleurs, l'eau est symbole de vie. Des études menées séparément et sur deux continents<sup>1</sup> montrent que l'évolution dans le temps d'une oasis obéit à des règles générales imposées par les changements du milieu, des techniques et des sociétés.**

Depuis quelque 40 000 ans, au pied du Jebel Orbata en Tunisie méridionale, une source rassemble, sans la fixer, une petite population de chasseurs-cueilleurs moustériens (période du paléolithique). Avec le développement des techniques agricoles, après le 8<sup>e</sup> millénaire, les hommes vont chercher l'eau à l'intérieur de la montagne. Le procédé consiste à creuser dans le sol une galerie dans les profondeurs du piémont (pied du massif montagneux de pente assez forte). L'eau des rares pluies (170 mm par an<sup>2</sup>) s'infiltré dans le piémont, et la galerie sert de drain. La *foggara*, cet ingénieux collecteur, peut atteindre jusqu'à un kilomètre et demi et marque le paysage par les longues traînées de la terre extraites lors de la perforation.

Dans les oasis d'altitude du Nord Chili, cinq siècles avant notre ère, se développe la civilisation atacama. Elle pratique l'agriculture irriguée, l'élevage et l'exploitation extensive du milieu naturel. L'Atacama se compose alors d'un certain nombre d'oasis divisées elles-mêmes en *ayllos* (communautés paysannes familiales). Chaque oasis ayant des potentialités différentes, les communautés rurales s'échangent leurs produits par caravanes de lamas et la chasse leur permet de commercer avec

d'autres groupes humains.

En Tunisie, les *foggaras* bouleversent la donne de l'eau et imposent une organisation sociale. Les familles entretiennent les *foggaras* de l'oasis et possèdent les terres que celles-ci peuvent irriguer, sur une largeur de dix mètres, et sur une longueur libre, tant que la pente permet à l'eau de s'écouler par gravité. En parallèle à cette maîtrise de la ressource en eau, la population croît. Pourtant, à cette époque, les *foggaras* ont un débit limité à 2 litres par seconde.

Au Chili, la période de l'an 800 à 1450 est également marquée par la maîtrise de l'eau et à travers sa régulation la société s'organise : pouvoir, relations sociales et familiales, destins individuels. Les atacamens cherchent à économiser cette ressource avec une protection arborée contre l'évaporation et par son transport plus rationnel par canaux. En hiver, l'eau abonde et on la laisse divaguer, mais dès que les chaleurs arrivent, l'eau ne tarde pas à manquer. Un juge des eaux gère alors la distribution de l'eau, en tenant compte des cultures et de leurs besoins inégaux, afin de maximiser la production. Cependant, les sols sont pauvres, et le climat irrégulier. L'agriculture n'est donc pas orientée vers la productivité individuelle, mais vers la survie simple de l'activité agricole de l'Atacama et,