

Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis

Jean-Yves Jamin¹
Sami Bouarfa²
Jean-Christophe Poussin³
Patrice Garin²

¹ Cirad
UMR G-Eau
73, rue Jean-François Breton
TA C-90/15
34398 Montpellier cedex 5
France
<jamin@cirad.fr>

² Cemagref
UMR G-Eau
365, rue Jean-François Breton
BP 5095
34196 Montpellier
France
<sami.bouarfa@cemagref.fr>
<patrice.garin@cemagref.fr>

³ IRD
UMR G-Eau
361, rue Jean-François Breton
BP 5095
34196 Montpellier cedex 05
France
<jean-christophe.poussin@ird.fr>

Résumé

L'irrigation concerne 18 % des terres cultivées et assure plus de 40 % de l'alimentation mondiale. Si la productivité à l'hectare de l'agriculture irriguée est plus élevée et plus régulière que celle de l'agriculture pluviale, l'irrigation est cependant plus contraignante à bien des égards : investissements élevés, charges de fonctionnement et de maintenance importantes, systèmes de cultures intensifs très dépendants des filières en amont (agrofouritures) et en aval (mise en marché), gestion collective souvent obligatoire, partage de l'eau devant être négocié avec les autres usagers. Ce numéro thématique fait état, de manière non exhaustive, des nouvelles problématiques de l'irrigation, des grandes évolutions en cours, de leurs enjeux et des problèmes qu'elles posent. À partir d'études de situations agraires localisées en Europe, en Asie, au Maghreb et en Afrique subsaharienne, trois grandes problématiques sont abordées : (i) l'innovation technique et l'amélioration des performances de l'agriculture irriguée ; (ii) les nouvelles formes de gestion de l'eau et des terres au sein des périmètres collectifs ; et (iii) les tensions autour de l'irrigation dans les territoires.

Mots clés : approches participatives ; eau ; gestion des ressources ; gouvernance ; innovation ; irrigation ; nappe souterraine ; système d'exploitation agricole.

Thèmes : eau ; économie et développement rural ; ressources naturelles et environnement.

Abstract

Irrigated agriculture facing new challenges

Irrigated agriculture covers 18% of cropped areas and produces 40% of world food. Its productivity per hectare is higher than rain-fed agriculture, but constraints are also more demanding: high investment, important running and maintenance costs, intensive cropping systems tightly dependent upon commercial chains, collective management often necessary, sharing water with other users. This special issue gives a non-exhaustive view of new irrigation problematics, current trends, opportunities, challenges and potential problems. Based on case studies in Europe, Asia, North and Sub-Saharan Africa, three main issues are discussed: (i) technical innovation and improvement of irrigation performance; (ii) new land and water management institutions; and (iii) tensions surrounding irrigation issues inside territories.

Key words: farming systems; governance; groundwater table; innovation; irrigation; participatory approaches; resource management; water.

Subjects: economy and rural development; natural resources and environment; water.

Tirés à part : J.-Y. Jamin

Pour citer cet article : Jamin JY, Bouarfa S, Poussin JC, Garin P, 2011. Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis. *Cah Agric* 20 : 10-5. doi : 10.1684/agr.2011.0477

Les spécificités de l'irrigation

L'irrigation est probablement à l'origine de la structuration de nombreuses sociétés antiques (Weber, 1909 ; Francfort et Lecomte, 2002 ; Mouton, 2004) : la dimension nécessairement collective de la construction des ouvrages de captage et de transfert d'eau (avant la diffusion massive des pompes immergées), l'importance des investissements, mais aussi la concentration dans un espace restreint d'une très forte production, ont justifié un étroit contrôle politique, allant jusqu'au *despotisme oriental* de Wittfogel (1957). Ce contrôle a été relancé aux ^{xix}^e et ^{xx}^e siècles, lorsque des projets d'irrigation de grande ampleur ont mobilisé des fonds publics très importants et ont conduit à adapter les politiques économiques, sociales et foncières (Magasa, 1978 ; Gilmartin, 1994 ; Bernal, 1997 ; Wehr, 2004 ; Molle *et al.*, 2009). L'irrigation concernait environ 10 % des terres cultivées en 1960. Aujourd'hui, 18 % des terres sont irriguées (Siebert *et al.*, 2005) et produisent plus de 40 % de l'alimentation mondiale (OCDE, 2002). Si sa productivité à l'hectare est généralement plus élevée et plus régulière que celle de l'agriculture pluviale, l'agriculture irriguée est aussi plus contraignante à bien des égards.

1. Les infrastructures hydrauliques nécessitent des investissements élevés – 3 000 à 20 000 euros/ha – qui doivent être amortis sur le très long terme (20 à 50 ans) et qui font souvent appel à des fonds publics ;
2. Ces aménagements engendrent des charges de fonctionnement et de maintenance importantes ;
3. Le surcoût global qui en résulte n'est justifié qu'avec des systèmes de cultures plus intensifs, ce qui génère une dépendance accrue aux performances des filières en amont (agro-fournitures) et en aval (transformation et commercialisation des produits) ;
4. La gestion collective est obligatoire pour répartir l'eau et les charges entre bénéficiaires quand il s'agit de périmètres irrigués partagés (Ostrom et Ostrom, 1977 ; Ostrom, 1992) ;
5. Le partage, entre des usages en concurrence, de ce bien commun qu'est l'eau, impose une coordination problématique avec le reste de la société

afin d'éviter la surexploitation de la ressource (Hardin, 1968 ; Ostrom *et al.*, 1999) ; il faut aussi se prémunir des risques de pollution des eaux et des sols.

L'émergence de l'irrigation individuelle

Considérée dans les années 1960 et 1970 comme un des piliers de la révolution verte et placée au centre des politiques agricoles et hydrauliques, l'irrigation a connu une période de désintérêt à partir du milieu des années 1980 et au cours des deux décennies suivantes. États et bailleurs de fonds, déçus par les résultats mitigés fournis par l'agriculture irriguée au regard des importants fonds publics mobilisés, ont fortement réduit leurs investissements pour la création d'infrastructures hydrauliques et l'aménagement de nouvelles terres irrigables (Turrall *et al.*, 2010), que ce soit dans le cadre de grands aménagements ou de périmètres villageois. Ce désengagement a d'ailleurs touché tout le secteur agricole et s'est aussi traduit par une dérégulation économique. Cela a contribué à l'instabilité des prix et à la crise alimentaire de la fin des années 2000, même si celles-ci trouvent aussi des origines dans le fonctionnement des marchés mondiaux (Banque mondiale, 2008 ; Caron, 2008 ; Madramootoo et Fyles, 2010). Mais le recul des investissements publics dans les grands périmètres a été en partie compensé par une très forte expansion de l'irrigation individuelle. Les avancées technologiques sur les performances des pompes immergées offrent en effet aujourd'hui des possibilités inédites d'accès individuel à des eaux souterraines situées à plusieurs dizaines, voire centaines, de mètres de profondeur. L'irrigation individuelle s'est aussi développée au sein même des périmètres collectifs, en exploitant directement rivières et nappes, pour pallier l'absence d'interventions sur des réseaux collectifs défaillants ou inadaptés. Ce développement s'est fait en dérogation aux règles très strictes de gestion des réseaux, mais souvent avec l'autorisation tacite, voire formelle, des pouvoirs publics qui trouvaient là un moyen de contenter le secteur agricole à moins

dres frais. Cette innovation, qualifiée de « *groundwater revolution* » par Giordano et Villholth (2007) ou de « *groundwater economy* » par Shah (2007), est générale et sans précédent dans l'histoire de l'irrigation. Cette irrigation individuelle, devenue majoritaire en France (Gleyses et Rieu, 2004), concerne la moitié des superficies irriguées en Asie du Sud (Giordano et Villholth, 2007), l'une des régions les plus irriguées du monde ; elle est également très importante dans les pays du Maghreb (Kuper *et al.*, 2009).

Des perspectives contradictoires des politiques d'irrigation

À long terme, l'irrigation est soumise à deux évolutions, l'une favorable à son expansion, l'autre pouvant, au contraire, remettre en cause son importance.

D'un côté, la demande sociale vis-à-vis de l'irrigation pourrait s'accroître dans les régions où le changement climatique altérerait significativement les potentialités de l'agriculture pluviale. En effet, une augmentation des températures moyennes et une plus forte demande évaporative conjuguée, dans certaines régions, à un aléa pluviométrique plus important, fragiliseront la production agricole non irriguée. En outre, la croissance démographique, au moins jusqu'en 2050, et ses déséquilibres, généreront une progression constante de la demande de produits alimentaires. Cette croissance a pour conséquence directe l'augmentation de la demande en céréales et tubercules. À cet effet primaire, s'ajoute celui de la hausse du niveau de vie et de la demande en produits d'origine animale ; or, il faut 5 à 7 kg de céréales, soit environ 15 000 litres d'eau, pour produire 1 kg de viande de bœuf (<http://www.waterfootprint.org>). La consommation alimentaire mondiale moyenne journalière passerait ainsi de 3 000 kcal par personne aujourd'hui, à 3 600 kcal par personne en 2050 (Molden *et al.*, 2007 ; Paillard *et al.*, 2010). À la demande d'eau pour satisfaire la

production alimentaire viendront s'ajouter celles des populations urbaines et des activités industrielles en forte croissance dans les pays émergents.

A contrario, des contraintes économiques, sociales et environnementales freinent le développement de l'irrigation. L'expansion de l'irrigation se heurte en particulier aux réticences pour développer de nouveaux ouvrages de stockage, coûteux et perturbants pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Le cadre réglementaire européen et les réflexions écologiques citoyennes se rejoignent pour mettre en débat le niveau des dotations d'eau concédées à l'agriculture irriguée. C'est le cas en France dans le Sud-Ouest (Fernandez, 2009), en Beauce (Bouarfa *et al.*, 2011) ou en Charente (Granjou et Garin, 2005 ; Loubier *et al.*, 2011). Mais aussi dans les pays émergents (mobilisation contre les grands barrages en Chine, en Afrique, au Brésil ou en Inde), où ces préoccupations peuvent être portées par les gouvernements, les bailleurs de fonds, les populations locales ou les ONG, mais rarement avec les mêmes priorités (Caubet, 2002).

Les projections récentes ne prévoient donc qu'une faible extension des superficies irriguées pour atteindre, au plus, 18 à 20 % des terres cultivées à l'horizon 2050 (Turrall *et al.*, 2010 ; Paillard *et al.*, 2010). Les nouveaux aménagements concerneraient principalement l'Afrique subsaharienne où l'irrigation est encore relativement peu développée.

L'esprit de ce numéro thématique des *Cahiers Agricoles* est de faire état, de manière non exhaustive, des nouvelles problématiques de l'irrigation, de dégager les principales lignes de force des évolutions en cours, leurs enjeux mais aussi les problèmes qu'elles posent, à partir d'une palette d'études de cas. Ces exemples concernent différents types de systèmes irrigués, individuels ou collectifs, au sein de petits ou de grands aménagements hydrauliques, modernes ou traditionnels, gravitaires ou sous pression, dans des contextes socio-économiques et institutionnels variés, en Europe, en Asie, au Maghreb et en Afrique subsaharienne. Trois grandes problématiques sont abordées :

– l'innovation technique et l'amélioration des performances de l'agriculture irriguée ;

– les nouvelles formes de gestion de l'eau et des terres au sein des périmètres collectifs ;

– les tensions autour de l'irrigation dans les territoires.

L'innovation technique et l'amélioration des performances de l'agriculture irriguée

Longtemps promoteurs volontaristes du productivisme, les États n'en ont plus aujourd'hui les moyens, ni peut-être l'ambition. Tant au plan des moyens humains que financiers, ils ont de plus en plus de mal à assurer la diffusion des nouvelles techniques et à élaborer des mécanismes d'incitation efficaces. Depuis leur désengagement, les innovations individuelles se multiplient et les systèmes de cultures irrigués se diversifient. C'est particulièrement vrai en Afrique de l'Ouest, où les États ont très peu de moyens (Barbier *et al.*, 2011). Les réseaux socioprofessionnels des agriculteurs ont alors tendance à s'y substituer pour permettre la diffusion des innovations techniques. C'est ce que Bouzidi *et al.* (2011) et Benouniche *et al.* (2011) ont observé au Maghreb pour la diffusion du goutte-à-goutte. Pour intensifier leur production, pour améliorer l'usage de certains facteurs, notamment le travail, les agriculteurs adoptent, adaptent, voire imaginent, de nouvelles techniques ou cultures : ils innoveront. La diversité de pratiques qui en découle met en défaut les méthodes utilisées par les offices étatiques pour évaluer les performances des systèmes irrigués, d'autant que leur connaissance des diverses pratiques paysannes est souvent faible (Barbier *et al.*, 2011). La construction de typologies des pratiques est un moyen de rendre compte de cette diversité tout en la simplifiant (Bouarfa *et al.*, 2011 ; Jourdain *et al.*, 2011a ; Jourdain *et al.*, 2011b ; Le Bars *et al.*, 2011). L'évaluation de performances multicritères requiert de nouveaux indicateurs (Le Grusse *et al.*, 2009).

Les nouvelles formes de gestion de l'eau et du foncier au sein des périmètres irrigués

Les États ont été amenés, plans d'ajustement obligent, à abandonner une partie de leurs prérogatives en matière de gestion des périmètres publics collectifs. Ils ont donc transféré tout ou une partie des fonctions de gestion des infrastructures et de l'eau vers des associations d'usagers de l'eau (*water user associations*). Souvent créées pour l'occasion sur un modèle imposé, ces structures associatives sont peu à peu réappropriées par les agriculteurs et les autres acteurs des filières irriguées, et finalement elles se révèlent très diversifiées, comme cela a été montré tant au Maghreb (Bekkari et Yopez del Castillo, 2011 ; Riaux, 2011 ; Sraïri *et al.*, 2011) que dans des sociétés asiatiques post-collectivistes comme au Vietnam (Jourdain *et al.*, 2011b). Les périmètres publics voient aussi se développer en leur sein les pompes individuelles pour pallier les contraintes des réseaux collectifs. L'usage, faiblement régulé ou de manière informelle, de ces ressources (eau souterraine, eau de drainage) prend souvent le pas sur celui du réseau public. Au Maghreb, Ammar Boudjellal *et al.* (2011) montrent que le secteur irrigué informel est porteur d'innovations techniques même s'il peut aussi engendrer des risques environnementaux et sociaux, tandis que Bchir (2011) met en évidence un comportement coopératif plus élevé chez ces agriculteurs irrigués que ne le laissait présager un test classique en économie expérimentale. La libéralisation de l'accès à l'irrigation touche aussi le statut foncier des aménagements. Souvent, les États contrôlaient étroitement les transactions foncières sur les périmètres pour maîtriser la liste des ayants droit, surveiller le paiement des redevances ou pour imposer des cultures considérées comme stratégiques. On observe aujourd'hui l'émergence, ou la résurgence, de modes de faire-valoir indirect, comme la sous-location de terres irriguées, ou encore l'adaptation/le contournement/l'interprétation des lois pour s'approprier des terres. Mais

cette libéralisation peut menacer l'avenir des agriculteurs les plus pauvres, comme cela a été mis en évidence au Maghreb (Ammar Boudjellal *et al.*, 2011 ; Amichi *et al.*, 2011), en Asie du Sud-Est (Jourdain *et al.*, 2011a) ou en Afrique de l'Ouest (Bélières *et al.*, 2011 ; Brondeau, 2011).

Bien que souvent illicites, ces dynamiques d'accès individuel à l'eau et à la terre sont largement tolérées par les États et leurs représentants locaux. Ils ne sont pas le signe d'un désordre total, puisque d'autres formes d'organisation prennent localement le relais. Elles assurent la nécessaire coordination entre les acteurs qui partagent les mêmes ressources – eau et terre – et qui ont un même besoin de capital, ressource externe au système, pour valoriser les deux premières. Cela a pu être observé aussi bien en Asie (Jourdain *et al.*, 2011b) qu'en Afrique de l'Ouest (Adamczewski *et al.*, 2011 ; Venot et Cecchi, 2011) ou au Maghreb (Amichi *et al.*, 2011). Pour rendre compte de l'existence et du fonctionnement de ces dispositifs informels, voire aider à faire émerger des organisations collectives ou résoudre des conflits, les travaux de recherche font participer les acteurs en utilisant des méthodes fondées sur les jeux (jeux de rôles, simulations, économie expérimentale), comme l'ont fait Queste *et al.* (2011) en Asie, ou Bchir (2011) et Le Bars *et al.* (2011) au Maghreb.

Les tensions autour de l'irrigation dans les territoires

Le besoin vital d'eau domestique, le rôle central de l'eau dans le fonctionnement des écosystèmes, l'importance stratégique de cette ressource pour tous les secteurs d'activités (de l'agriculture irriguée au tourisme en passant par l'industrie, l'énergie hydroélectrique ou nucléaire), tout cela confère à l'eau un statut de bien public qui légitime un dispositif étatique de contrôle pour son accès et d'arbitrage entre ses usagers.

Or, la forte expansion de l'irrigation ces dernières décennies, notamment par les pompes individuels en rivière et dans les nappes, s'est opérée

sans régulation effective ni contrôle de l'adéquation entre ces demandes croissantes et la disponibilité des ressources en eau. Ce constat vaut pour les pays du Sud comme pour les pays du Nord. En France, par exemple, l'obligation de comptage des prélèvements d'eau dans le milieu, inscrite dans la loi sur l'eau de 1992, n'a connu un début d'application qu'en 2007, et il existe encore des zones où les points de prélèvements agricoles ne sont pas tous déclarés. De conjoncturels les années sèches, les déficits entre la ressource disponible et la demande en eau, notamment agricole, sont devenus structurels dans de nombreuses régions (Montginoul, 2011). Les préoccupations environnementales de plus en plus prégnantes, et la répétition des situations problématiques pour satisfaire les besoins en eau domestique, obligent aujourd'hui à une remise en question des volumes importants alloués à l'irrigation. Deux types de réponses émergent. La première consiste à construire des règles collectives de partage de l'eau au sein du monde agricole pour adapter les systèmes de culture à une offre d'eau beaucoup plus restreinte (Bouarfa *et al.*, 2011). Pour la seconde, il s'agit de constituer des réserves pendant les périodes hivernales pluvieuses, qui seront utilisables en été pour l'irrigation, en substitution des prélèvements dans les nappes et cours d'eau. La légitimité du financement public de ces réserves de substitution, leur rentabilité et leur équité sont alors des questions explicitement posées (Loubier *et al.*, 2011).

De fortes tensions apparaissent aussi sur le foncier. Elles sont liées aux enjeux alimentaires mondiaux et à la plus-value accordée aux terres quand elles deviennent irrigables. Les exploitations familiales sont alors en concurrence pour la terre avec des investisseurs privés ou des États étrangers, comme au Mali (Bélières *et al.*, 2011 ; Brondeau, 2011). Le contexte est, de plus, parfois compliqué par une décollectivisation inachevée, comme en Algérie (Amichi *et al.*, 2011).

Quelles agricultures irriguées pour demain ?

Les infrastructures des aménagements créés au xx^e siècle ont été conçues par

des ingénieurs pour un modèle dirigé et centralisé de mise en valeur (Kuper, 2011). La puissance publique y jouait un rôle majeur, tant dans la gestion de l'eau que dans le choix des productions et de leur commercialisation. Aujourd'hui, ce modèle est, pour tout ou partie, devenu obsolète : libéralisation des assolements et des filières, privatisation des usines de transformation, ouverture des marchés, évolutions foncières... La dégradation des réseaux, faute d'entretien (du fait du non-paiement des redevances ou de carences de gestion), et leur conception ancienne, souvent destinée à d'autres cultures (tour d'eau, irrigation gravitaire, planage des parcelles...), font qu'ils ne répondent fréquemment plus aux besoins actuels des agriculteurs. Ces carences sont pour partie palliées par des initiatives locales peu conventionnelles : développement des pompes individuels, location – ou sous-location – des terres, équipement en goutte-à-goutte à partir de matériels d'occasion... Parce qu'actuellement peu encadrées et peu coordonnées, ces initiatives intéressantes sont porteuses de risques, par exemple en termes de surexploitation des ressources ou de déséquilibres sociaux.

Fortement affectés par les spéculations sur les marchés internationaux des produits agricoles, les États souhaitent reconquérir une plus grande souveraineté alimentaire, sans pour autant se lancer dans un encadrement direct de la production comme dans les années 1960-1970. Aujourd'hui, l'enjeu des nouvelles politiques agricoles et hydrauliques est d'encourager, les dynamiques locales portées par les agricultures familiales ou les petites entreprises privées. L'officialisation de ces dynamiques par des dispositions réglementaires adaptées ou des subventions reste en effet délicate, car les États sont peu enclins à renier leurs bases idéologiques et législatives et disposent de peu de moyens incitatifs. En outre, la prédominance actuelle du modèle de partenariat public-privé donne plus d'écoute aux chants des grands investisseurs privés et internationaux à la recherche de terres et d'eau. Ces chants sont dangereux, car cet accaparement foncier (*land grabbing*), dans un contexte où les ressources en terres, notamment celles qui sont irrigables, et en eau, sont déjà très

largement exploitées, ne peut se faire qu'au détriment d'autres formes d'agriculture. Le danger est d'autant plus grand que, dans bon nombre de pays du Sud, les capacités régulatrices de l'État sont aujourd'hui beaucoup plus faibles que par le passé. Mais c'est aussi le cas de pays du Nord, où le souci de garantir la libre entreprise reste, de fait, très présent dans les décisions publiques, malgré des discours très volontaires sur la sécurité alimentaire et la gestion des biens publics mondiaux. Les tensions internationales sur l'eau, la montée des préoccupations environnementales et la remise en cause de la part importante de l'eau que mobilise l'agriculture irriguée, poussent aussi à adopter des systèmes irrigués qui valorisent mieux l'eau. Au-delà du slogan « *more crop per drop* » repris par tous, il convient de s'interroger sur la faisabilité des changements que cela implique : capacité des petits agriculteurs à investir pour passer de l'irrigation gravitaire au goutte-à-goutte, ou possibilité d'opérer des changements de culture radicaux pour économiser l'eau. L'irrigation s'est développée en France avec l'expansion du maïs, parce qu'il y avait une forte demande émanant de l'élevage et de l'industrie. Au Sahel, la riziculture reste dominante dans l'irrigation, parce que le riz est devenu la base de l'alimentation des villes africaines de la région. Changer les assolements pour faire plus de place à des techniques et des cultures moins gourmandes en eau, impose aussi de revoir le financement, l'organisation et les débouchés de la production agricole. Dans ce contexte, il appartient à la recherche de continuer à analyser les innovations multiples qui émergent dans les agricultures irriguées, à évaluer le potentiel mais aussi les risques, au regard des enjeux de société sur le partage des ressources en eau et sur les questions de durabilité. Cela permettra de montrer qu'il existe des alternatives aux modèles de type partenariat public-privé, et surtout de préciser dans quelle mesure elles sont viables sur les plans sociaux, économiques et *environnementaux*. Cela pourra éclairer les arbitrages que devront faire les décideurs entre différentes utilisations possibles d'une eau de plus en plus disputée, mais aussi entre des options de souveraineté alimentaire et des options d'ouverture des marchés. ■

Références

- Adamczewski A, Hertzog T, Dosso M, Jouve P, Jamin JY, 2011. L'irrigation peut-elle se substituer aux cultures de décrue ? La dépression du lac Horo (Nord Mali). *Cah Agric* 20 : 97-104. doi: 10.1684/agr.2011.0469.
- Amichi H, Bazin G, Chehat F, Ducourtieux O, Fusillier JL, Hartani T, *et al.*, 2011. Enjeux de la reconstitution des exploitations agricoles collectives des grands périmètres irrigués en Algérie : le cas du Bas-Cheliff. *Cah Agric* 20 : 150-6. doi: 10.1684/agr.2010.0459.
- Ammar Boudjellal A, Bekkar Y, Kuper M, Errahj M, Hammani A, Hartani T, 2011. Analyse des arrangements informels pour l'accès à l'eau souterraine sur les périmètres irrigués de la Mitidja (Algérie) et du Tadla (Maroc). *Cah Agric* 20 : 85-91. doi: 10.1684/agr.2010.0458.
- Banque mondiale, 2008. *Rapport sur le développement dans le monde. L'agriculture au service du développement*. Washington (DC) : Banque mondiale.
- Barbier B, Ouedraogo H, Dembélé Y, Yacouba H, Barry B, Jamin JY, 2011. L'agriculture irriguée dans le Sahel ouest africain. Diversité des pratiques et des performances. *Cah Agric* 20 : 24-33. doi: 10.1684/agr.2011.0475.
- Bchir MA, 2011. Quel comportement coopératif chez les irrigants ? L'économie expérimentale à l'épreuve du terrain. *Cah Agric* 20 : 92-6. doi: 10.1684/agr.2011.0468.
- Bekkari L, Yopez del Castillo I, 2011. L'appropriation du modèle d'association d'usagers de l'eau par une communauté villageoise du Moyen Atlas au Maroc. *Cah Agric* 20 : 73-7. doi: 10.1684/agr.2011.0474.
- Bélières JF, Hilhorst T, Kébé D, Keita MS, Keita S, Sanogo O, 2011. Irrigation et pauvreté : le cas de l'Office du Niger au Mali. *Cah Agric* 20 : 144-9. doi: 10.1684/agr.2011.0473.
- Benouniche M, Kuper M, Poncet J, Hartani T, Hammani A, 2011. Quand les petites exploitations adoptent le goutte-à-goutte : initiatives locales et programmes étatiques dans le Gharb au Maroc. *Cah Agric* 20 : 40-7. doi: 10.1684/agr.2011.0476.
- Bernal V, 1997. Colonial moral economy and the discipline of development: the Gezira scheme and "modern" Sudan. *Cult Anthropol* 12 : 447-79.
- Bouarfa S, Brunel L, Granier J, Mailhol JC, Morardet S, Ruelle P, 2011. Évaluation en partenariat des stratégies d'irrigation en cas de restriction des prélèvements dans la nappe de Beauce (France). *Cah Agric* 20 : 124-9. doi: 10.1684/agr.2010.0461.
- Bouzidi Z, Abdellaoui EH, Faysse N, Billaud JP, Kuper M, Errahj M, 2011. Dévoiler les réseaux locaux d'innovation dans les grands périmètres irrigués. Le développement des agrumes dans la plaine du Gharb au Maroc. *Cah Agric* 20 : 34-9. doi: 10.1684/agr.2011.0471.
- Brondeau F, 2011. L'agrobusiness à l'assaut des terres irriguées de l'Office du Niger (Mali). *Cah Agric* 20 : 136-43. doi: 10.1684/agr.2011.0472.
- Caron P, 2008. La crise alimentaire n'en cache pas une autre, agricole... Mais repenser l'agriculture devient plus que jamais une priorité ! *Cah Agric* 17 : 423-5.
- Caubet CG, 2002. L'impact des grands barrages. *Ecol Polit* 25 : 77-86.
- Fernandez S, 2009. *Si la Garonne avait voulu... Étude de l'étiologie déployée dans la gestion de l'eau de la Garonne, en explorant l'herméneutique sociale qui a déterminé sa construction*. Thèse AgroParisTech. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00466462/fr/>.
- Francfort HP, Lecomte O, 2002. Irrigation et société en Asie centrale des origines à l'époque achéménide. *Ann HSS* 3 : 625-63.
- Gilmartin D, 1994. Scientific empire and imperial science: colonialism and irrigation technology in the Indus basin. *J Asian Stud* 53 : 1127-49.
- Giordano M, Villholth KG, eds., 2007. *The Agricultural groundwater revolution: Opportunities and threats to development*. Wallingford (UK) ; Colombo (Sri Lanka) : CABI ; IWMI.
- Gleyses G, Rieu T, 2004. *L'irrigation en France. État des lieux 2000 et évolution*. Antony : Cemagref éditions.
- Granjou C, Garin P, 2005. Organiser la proximité entre usagers de l'eau : le cas de la gestion volumétrique dans le bassin de la Charente. *Développement durable et territoires*, dossier 7. <http://developpementdurable.revues.org/document.html?id=2694>.
- Hardin G, 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162 : 1243-8.
- Jourdain D, Quang DD, Cuong TPV, Jamin JY, 2011. Différenciation des exploitations agricoles dans les montagnes du Nord du Vietnam : le rôle clé de l'accès à l'eau ? *Cah Agric* 20 : 48-59. doi: 10.1684/agr.2011.0470.
- Jourdain D, Rakotofringa A, Quang DD, Valony MJ, Vidal R, Jamin JY, 2011. Gestion de l'irrigation dans les montagnes du Nord du Vietnam : vers une autonomie accrue des irrigants ? *Cah Agric* 20 : 78-84. doi: 10.1684/agr.2010.0464.
- Kuper M, 2011. Des destins croisés : regards sur 30 ans de recherches en grande hydraulique. *Cah Agric* 20 : 16-23. doi: 10.1684/agr.2011.0467.
- Kuper M, Bouarfa S, Errahj M, Faysse N, Hammani A, Hartani T, *et al.*, 2009. A crop needs more than a drop: towards a new praxis in irrigation management in North Africa. *Irrig Drain* 58 : S231-9.
- Le Bars M, Le Grusse P, Albouchi L, Poussin JC, 2011. Un jeu de simulation pour préparer une gouvernance de l'eau : une expérience en Tunisie centrale. *Cah Agric* 20 : 105-11. doi: 10.1684/agr.2010.0463.
- Le Grusse P, Mailhol J, Bouaziz A, Zairi A, Raki M, Chabaca M, *et al.*, 2009. Indicators and framework for analysing the technical and economic performance of irrigation systems at farm level. *Irrig Drain* 58 : S307-19.
- Loubier S, Poussin JC, Gleyses G, Le Mat O, Garin P, 2011. Faut-il subventionner la création de réserves d'eau pour l'irrigation ? Une approche par la modélisation microéconomique. *Cah Agric* 20 : 157-64. doi: 10.1684/agr.2011.0484.
- Madramootoo CA, Fyles H, 2010. Irrigation in the context of today's global food crisis. *Irrig Drain* 59 : 40-52.
- Magasa A, 1978. *Papa commandant a jeté un grand filet devant nous. Les exploités des rives du Niger, 1902-1962*. Paris : Maspéro.
- Molden D, Frenken K, Barker R, de Fraiture C, Mati B, Svendsen M, Sadoff C, Finlayson CM, 2007.

Trends in water and agricultural development in water for food, water for life. London ; Colombo : Earthscan : IWMI. <http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/>.

Molle F, Mollinga PP, Wester P, 2009. Hydraulic bureaucracies and the hydraulic mission: flows of water, flows of power. *Water Altern* 2 : 328-49.

Montginoul M, 2011. Des accords entre parties prenantes pour gérer l'impact des prélèvements agricoles individuels dans les nappes phréatiques ? Les enseignements de trois cas de gestion des pollutions diffuses. *Cah Agric* 20 : 130-5. doi: 10.1684/agr.2010.0466.

Mouton M, 2004. Irrigation et formation de la société antique dans les basses-terres du Yémen : un essai de modèle. *Syria* 81 : 81-104.

OCDE, 2002. *Transition to full-cost pricing of irrigation water for agriculture in OECD countries.* Paris : Organization for Economic Co-operation and Development. [http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocument/?doclanguage=en&cote=com/env/epoc/agr/ca\(2001\)62/final](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocument/?doclanguage=en&cote=com/env/epoc/agr/ca(2001)62/final).

Ostrom E, 1992. *Crafting institutions for self-governing irrigation systems.* Oakland (USA) : ICS Press.

Ostrom E, Burger J, Field CB, Norgaard RB, Policansky D, 1999. Revisiting the commons: local lessons, global challenges. *Science* 284 : 278-82.

Ostrom V, Ostrom E, 1977. Public goods and public choices. In : Savas ES, ed. *Alternatives for delivering public services: toward improved performance.* Boulder (USA) : Westview Press.

Paillard S, Treyer S, Dorin B, eds., 2010. *Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050.* Versailles : éditions Quae.

Queste J, Bousquet F, Gurung TR, Trébuil G, 2011. Jeux de rôles comme objets frontières dans un conflit de partage de l'eau d'irrigation au Bhoutan. *Cah Agric* 20 : 118-23. doi: 10.1684/agr.2010.0460.

Riaux J, 2011. Faut-il formaliser les règles de gestion de l'eau ? Une expérience dans le Haut Atlas. *Cah Agric* 20 : 67-72. doi: 10.1684/agr.2010.0465.

Shah T, 2007. The groundwater economy of South-Asia: An assessment of size, significance and socio-ecological impacts. In : Giordano M, Villholth KG, eds. *The agricultural groundwater revolution: Opportunities and threats to development.* Wallingford (UK) ; Colombo (Sri Lanka) : CABI ; IWMI.

Siebert S, Döll P, Hoogeveen J, Faures JM, Frenken K, Feick S, 2005. Development and validation of the global map of irrigation areas. *Hydrol Earth Syst Sci* 9 : 535-47.

Sraïri MT, Kuper M, Le Gal PY, 2011. Accompagnement d'exploitations laitières pour mieux valoriser l'eau d'irrigation dans la plaine du Tadla au Maroc. *Cah Agric* 20 : 60-6. doi: 10.1684/agr.2010.0462.

Turrall H, Svendsen M, Faures JM, 2010. Investing in irrigation: reviewing the past and looking to the future. *Agric Water Manage* 97 : 551-60.

Venot JP, Cecchi P, 2011. Valeurs d'usage ou performances techniques : comment apprécier le rôle des petits barrages en Afrique subsaharienne ? *Cah Agric* 20 : 112-7. doi: 10.1684/agr.2010.0457.

Weber M, 1909. *Économie et société dans l'antiquité.* Paris : La Découverte (traduction de 1998).

Wehr K, 2004. *America's fight over water: the environmental and political effects of large scale water systems.* New York : Routledge.

Wittfogel KA, 1957. *Le despotisme oriental : étude comparative du pouvoir total.* Paris : éditions de Minuit (traduction de 1977).