

Quelles agricultures irriguées demain ?

Répondre aux enjeux de sécurité alimentaire et du développement durable

S. Bouarfa, F. Brelle et C. Coulon, coord.

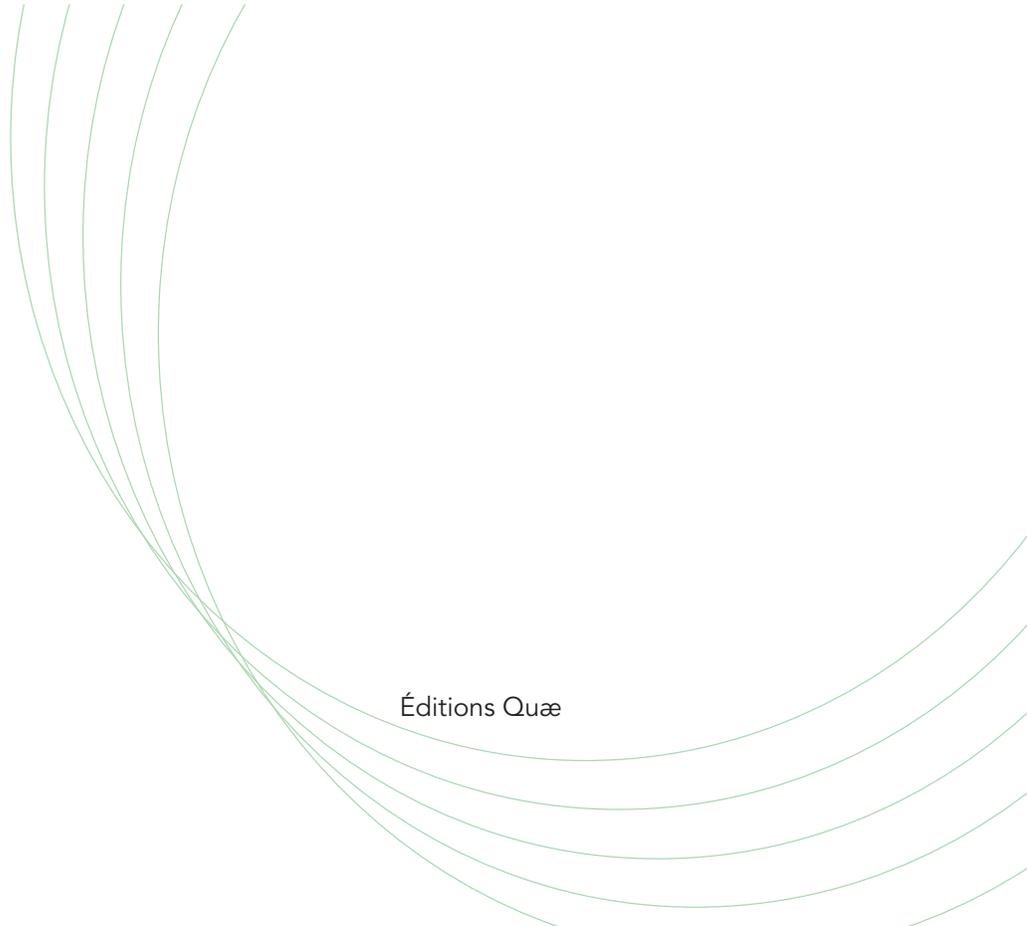


Quelles agricultures irriguées demain ?

Répondre aux enjeux
de la sécurité alimentaire
et du développement durable

Sami Bouarfa, François Brelle et Caroline Coulon,
coordinateurs

Éditions Quæ

The page features several thin, light green curved lines that originate from the left side and sweep across the bottom of the page, creating a sense of movement and flow.

Collection Matière à débattre et décider

Sols artificialisés – Déterminants, impacts et leviers d'action
Maylis Desrousseaux, Béatrice Béchet, Yves Le Bissonnais,
Anne Ruas, Bertrand Schmitt, coord.
2019, 182 p.

Strategic management of agricultural and life science research organisations
Interface, processes and contents
Bettina Heimann, Lance O'Brien, coord. (ePub) 2019

Impacts et services issus des élevages européens
Bertrand Dumont, Pierre Dupraz, Catherine Donnars, coord.
2019, 182 p.

Agroécologie : des recherches pour la transition des filières et des territoires
Thierry Caquet, Chantal Gascuel, Michèle Tixier-Boichard, coord.
2020, 104 p.

Pour citer cet ouvrage :

Bouarfa S., Brelle F., Coulon C. (coord.), 2020. Quelles agricultures irriguées demain ? Répondre aux enjeux de la sécurité alimentaire et du développement durable. Éditions Quæ, Versailles, 212 pages.

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex, France

www.quae.com – www.quae-open.cm

© Éditions Quæ, 2020

ISBN (papier) : 978-2-7592-3132-4 x-ISBN (ePub) : 978-2-7592-3134-8

e-ISBN (pdf) : 978-2-7592-3133-1 ISSN : 2115-1229

Préface

C'est dans les années 1970, à la suite des grandes sécheresses dans le Sahel, que les projets d'irrigation sont apparus dans les interventions de l'agence française de Développement (AFD) pour accompagner les politiques agricoles promues par les États africains. La réhabilitation des infrastructures hydrauliques et des aménagements a structuré les premières interventions de l'AFD dans l'irrigation, autour des objectifs de mise en exploitation et de valorisation du patrimoine hydroagricole, d'accroissement de la production agricole et d'autosuffisance alimentaire, notamment en riz, que la plupart des pays s'étaient fixés. Depuis, les objectifs des interventions de l'agence ont été étendus à la création d'infrastructures et d'aménagements nouveaux, la gestion de la ressource en eau, la gestion du foncier irrigué et la sécurisation des terres aménagées, l'exploitation et la maintenance des infrastructures, la mise en valeur agricole ou le développement des territoires ruraux en Afrique mais également dans d'autres géographies. Les projets d'irrigation conçus ces dernières années intègrent étroitement les enjeux environnementaux et le défi climatique.

Pendant près de cinquante ans, des générations d'ingénieurs, d'agronomes, de sociologues, d'économistes, de techniciens et d'acteurs et opérateurs du monde rural du Nord et du Sud, ont ainsi conjugué leurs expériences au rythme des projets d'irrigation successifs. Confrontés aux enjeux multiples soulevés par ces projets, ils en ont interrogé le sens et la finalité, en quête de solutions à la fois techniques, agronomiques, sociales et économiques. Leur objectif ? Accompagner efficacement les pouvoirs publics et les sociétés rurales dans leurs pratiques d'agriculture irriguée avec maîtrise de l'eau en imaginant des formes adaptées d'organisation des hommes et des institutions, des services et des outils d'accompagnement ainsi que des règles d'accès, de gestion et de durabilité des ressources en eau, des aménagements et des terres mobilisées.

Ce long cheminement entre tous les acteurs concernés (décideurs nationaux, collectivités locales, institutions et sociétés d'aménagement et de développement, associations et organisations socio-professionnelles du monde rural, banques agricoles, prestataires de services, chercheurs, ingénieurs, opérateurs, institutions) a contribué à maintenir un dialogue permanent autour de l'irrigation. Ce dialogue a permis de s'interroger sur la place de l'agriculture dans le développement économique d'un pays, le rôle de l'irrigation dans l'essor des territoires ruraux, l'accès et l'usage des ressources foncières irrigables, la gestion de l'eau et la prise en considération des impacts environnementaux et climatiques, ou encore les effets de l'irrigation sur l'emploi des jeunes ruraux ou la migration.

Parallèlement, l'agriculture irriguée a fait l'objet de vives critiques dans le débat international et a été souvent stigmatisée au motif qu'elle mettrait en péril la durabilité des ressources en eau de surface ou souterraines et qu'elle nécessiterait des investissements non rentables et socialement néfastes. Jusqu'à la crise financière et économique de 2008, les financements publics accordés au secteur agricole, de même que l'aide apportée par

les agences de développement, avaient en conséquence significativement baissé, en particulier en Afrique subsaharienne. C'est au début des années 2010 que de nouvelles initiatives en faveur de l'irrigation sont apparues dans les pays sahéliens confrontés à la fois à des enjeux de sécurité alimentaire et nutritionnelle, aux défis du changement climatique et à des crises politiques.

Dans ce contexte, les États et leurs partenaires techniques et financiers ont été amenés à s'interroger sur les résultats économiques, sociaux, environnementaux, des politiques qui avaient prévalu en matière d'irrigation à l'aune d'une exigence renouvelée de durabilité. À cette occasion, l'AFD s'est engagée dans un processus d'évaluation externe particulièrement approfondie, de 35 ans de projets d'irrigation, qui a été achevée en 2019. Ce contexte a également conduit à la création d'une plateforme de dialogue sur les questions soulevées par l'irrigation, élargie, au-delà des membres historiques de l'association française pour l'Eau, l'Irrigation et le Drainage (AFEID) (chercheurs, sociétés d'aménagement, acteurs institutionnels, experts du Nord), aux collègues, partenaires et acteurs des pays du Sud, notamment d'Afrique de l'Ouest, du Maghreb et d'Asie du Sud-Est, trois régions du monde dans lesquelles l'AFD avait concentré ses efforts en matière d'irrigation.

C'est ainsi qu'est né, en 2013, le COSTEA, en tant que comité scientifique et technique de l'Eau agricole regroupant autour du socle de l'AFEID, des représentants des partenaires et des maîtres d'ouvrage du Sud, des organisations paysannes et d'ONG mobilisées par l'eau agricole. Avec une double ambition : d'une part, établir et animer un réseau d'acteurs concernés par les enjeux d'irrigation et, d'autre part, produire et mettre en commun la connaissance acquise dans le cadre opérationnel ou de programmes de recherche, afin d'améliorer la performance et l'impact des politiques poursuivies.

Ce livre blanc sur l'irrigation peut être considéré comme le premier lieu de rassemblement des acteurs de l'irrigation membres de la même plateforme de dialogue et de partage. Il fait l'état des lieux des connaissances, met en lumière les convergences, tente si possible de dépasser les controverses liées aux finalités politiques de l'irrigation et aux questionnements opérationnels que les différents acteurs ont fait émerger au fil de la vie et de la réalité des projets. Pour nous, AFD et pays partenaires, cet ouvrage représente une étape de la construction d'une position partagée par le plus grand nombre, élaborée à partir d'une expérience acquise en commun et qui a vocation à être nourrie et précisée dans le cadre du COSTEA. Si les auteurs ayant contribué à ce premier exercice proviennent pour l'essentiel des milieux de la recherche, de l'université et de l'expertise opérationnelle française, nous formons le vœu d'accueillir, pour les prochaines éditions, le point de vue et l'expérience vécue des pays partenaires et des acteurs des projets d'irrigation et du développement des territoires ruraux, pour construire un patrimoine commun de connaissances relatives aux vastes enjeux de l'irrigation.

Rémy Rioux, Directeur général de l'AFD,
Ali Bety, Haut-Commissaire à l'initiative « Les Nigériens nourrissent les Nigériens » au Niger
et Président du comité de pilotage du COSTEA

Sommaire

Préface	3
Remerciements	8
Introduction	9
1. Aménager pour l'irrigation : une simple affaire de canaux ?	
Le système irrigué, un espace physique, social et économique	15
Intégrer toutes les dimensions d'un système irrigué dans la conception des projets	17
Une complexification progressive des projets d'irrigation	19
Conclusion : maintenir une vision dynamique de l'irrigation	29
2. Y-a-t-il de bonnes politiques publiques en matière d'irrigation ?	
Les politiques publiques de l'irrigation et leur contexte	31
Cohérence des politiques d'irrigation	35
L'irrigation et la ressource en eau	42
Conclusion	44
3. L'irrigation : un outil pour la sécurité alimentaire et le développement économique des territoires	
Contexte et enjeux	47
Les déterminants de la compétitivité d'un projet d'irrigation	51
Vers une prise en compte croissante des externalités de la mise en valeur d'un périmètre irrigué	57
4. Quelles répartitions de la terre et de l'eau promouvoir pour l'agriculture irriguée de demain ?	
Les « partenariats gagnant-gagnant » : favoriser les synergies entre agricultures familiales locales et agro-investisseurs	61
Des projets de grande ampleur, peu adaptés aux réalités locales, générateurs d'inégalités et en proie à de nombreuses dérives	66
Des initiatives paysannes proposant des alternatives pour l'irrigation	71
Conclusions	74
5. Les projets d'irrigation doivent-ils être rentables ? Les analyses économiques sont-elles utiles ?	
Un rappel de la pratique de l'analyse économique	79
L'évaluation économique sert-elle encore à quelque chose ?	81

Les analyses économiques comme outil de conception des projets	81
Et l'analyse financière ?	83
Les investissements pour l'irrigation doivent-ils être rentables ?	85
En conclusion	88

6. La maîtrise de l'eau : l'ingénierie a-t-elle oublié l'exploitation, la maintenance et les irrigants ?

Bilan des grands aménagements du xx ^e siècle	91
La sécurisation de la ressource : les barrages restent la solution	94
Le prélèvement de l'eau : les prises en rivière, des ouvrages-clés	96
Le transport de l'eau : un maître mot, la performance	96
La distribution de l'eau : en bonne quantité au bon moment	100
Exploitation et maintenance : idées reçues et prérequis	102
Conclusion	105

7. L'irrigation peut-elle être plus économe en eau ?

De la gestion de l'offre à la gestion de la demande en eau	107
Un engagement fort des États pour moderniser les périmètres irrigués, l'exemple des pays méditerranéens	109
La micro-irrigation permet-elle d'économiser de l'eau ?	111
Efficience et productivité de l'eau d'irrigation, de quoi parle-t-on ?	114
Les outils économiques pour économiser l'eau	117
Finalement, quelle technique d'irrigation pour « économiser » l'eau ?	118
Conclusion	120

8. Les sociétés publiques d'aménagement et de gestion de l'irrigation : un modèle à bout de souffle ou à réinventer ?

Histoire et état des lieux : les sociétés d'aménagement ouest-africaines	122
Perspectives	128

9. Délégation de la gestion des systèmes d'irrigation aux irrigants : peut-on éviter de reproduire les échecs du passé ?

Un modèle international unique fondé sur l'implication des irrigants	137
Des résistances au changement et une persistance de la mainmise de la bureaucratie hydraulique	139
Des résultats décevants liés aux finalités poursuivies et aux processus mis en œuvre	143
Vers une délégation effective de la gestion des périmètres irrigués publics	145
Pour un processus d'apprentissage permettant le façonnage de nouvelles règles	149
La contractualisation, outil pour la coconstruction de communs administrés	150

10. Le développement agricole par l'irrigation intègre-t-il les spécificités des pratiques foncières ?

Des questions spécifiques posées par la gestion du foncier irrigué	155
Des pratiques foncières informelles à l'œuvre dans les zones irriguées	158
Les modes de régulation du foncier dans les zones irriguées sont-ils sécurisants pour tous ?	161
Intégrer la portée spatiale et les temporalités de l'irrigation et de la gestion des ressources	164

11. La valorisation agricole des eaux usées et des boues de vidange est-elle une composante essentielle de l'économie circulaire ?

Les eaux usées et les boues de vidange : un gisement de ressources avec des avantages pour les sociétés et l'environnement	169
Potentiel et situation du traitement et de la réutilisation des eaux usées et des boues de vidange	172
Les avantages de la réutilisation agricole des eaux usées et des boues de vidange et les risques associés	173
Défis et opportunités de la réutilisation des eaux usées traitées et des boues de vidange	175
Passer de l'utilisation agricole non planifiée à la réutilisation agricole planifiée	176
Aspects économiques et financiers de la réutilisation des eaux usées traitées	184
Conclusion	186

12. Agroécologie et irrigation font-elles bon ménage ?

Des aménagements hydro-agricoles pour produire plus, régulièrement, avec sécurité	190
La transition agroécologique	191
Les pistes de progrès	192
Les transitions agroécologiques en milieu irrigué : une option pertinente à suivre et à documenter	198
Bibliographie	201
Liste des auteurs	209

Remerciements

L'équipe de coordination de cet ouvrage collectif remercie tous les membres du COSTEA, ingénieur(e)s et chercheur(e)s, qui ont activement participé aux nombreuses réunions et séances de travail qui ont donné le jour à ce livre, permis d'en définir les objectifs et le contenu, et contribué à son élaboration et à la publication de cet ouvrage.

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement aux auteur(e)s dont la liste est mentionnée en fin d'ouvrage, ainsi qu'aux relecteurs et relectrices, qui ont contribué à la stabilisation des manuscrits, notamment, Frédéric Appolin (AVSF), Amandine Adamczewski-Hertzog (Cirad), Quentin Ballin (AFD), Mathieu Boche (AFD), Ehssan Elmeknassi (IAV Hassan II Rabat), Benoît Faivre-Dupaigre (AFD), Bruno Grawitz (SCP), Clément Ouedraogo (CILSS Ouagadougou), Dominique Rollin (CGAER), ainsi que Sidy Seck (UGB, St Louis).

Nous sommes également reconnaissants à l'ensemble de l'équipe irrigation de la division Agriculture, Développement rural et Biodiversité de l'agence française de Développement de leur mobilisation pour la réalisation de ce livre.

Nos remerciements vont également aux auteur(e)s des photographies, qui en ont gracieusement cédé les droits, et aux Éditions Quæ, tout particulièrement à Claire Jourdan-Ruf et à Gaston Boussou, pour la mise en forme finale de cet ouvrage. Ils vont enfin à l'agence française de Développement qui a mis en place le financement du COSTEA dans le cadre duquel ce livre a pu être réalisé, et à l'AFEID, maître d'ouvrage du COSTEA.

Introduction

Sami Bouarfa, François Brelle et Caroline Coulon

L'HORIZON 2050 MOBILISE LES ÉTUDES PROSPECTIVES et la recherche en agriculture par les interrogations que cette échéance suscite quant à la capacité qu'aura le monde à se nourrir. Des incertitudes persistent sur le moment d'atteinte du pic de population mondiale, sur les modes d'alimentation qui seront alors les nôtres, et sur notre capacité à produire notre alimentation. Cette capacité est en effet menacée par les effets du changement climatique, par la dégradation des ressources en sol et en eau, par la concurrence de l'utilisation non alimentaire de produits agricoles, par la faible productivité de certaines agricultures et par le plafonnement des rendements des principales productions céréalières. Dès à présent, ces menaces font peser des risques alimentaires majeurs sur les pays, les régions et les populations les plus pauvres. Cette situation est particulièrement préoccupante lorsque l'on considère que la pauvreté mondiale et la sous-alimentation persistent – bien qu'elles diminuent en proportion – et se concentrent paradoxalement surtout dans les zones rurales, au sein des populations d'agriculteurs les plus fragiles, en Afrique et en Asie du Sud principalement.

Si le développement agricole n'est pas la seule réponse à cette question systémique, il en constitue un des outils majeurs, et la maîtrise de l'eau en est une des composantes essentielles. L'agriculture irriguée permet en effet d'atteindre une meilleure productivité des terres mises en valeur ; elle occupe moins de 20% des terres agricoles et produit plus de 40% de la production agricole mondiale. Selon la FAO (2018), ce dernier pourcentage devrait demeurer constant, voire légèrement augmenter d'ici à 2050, quels que soient les scénarios d'évolution envisagés. L'agriculture irriguée permet également de sécuriser l'alimentation, de maintenir une population importante en zone rurale (plus de 1000 hab./km²) et de favoriser l'émergence de systèmes agricoles intégrés (systèmes associant rizières, pisciculture, jardins et élevage).

La maîtrise de l'eau pour l'agriculture est une pratique très ancienne, datant de la période antique. Elle s'est développée dans de nombreuses régions du monde de façon différenciée selon les milieux, les climats et les sociétés. Cette maîtrise a notamment permis de sécuriser, *via* l'irrigation, l'agriculture de régions soumises à des risques de déficits en eau ponctuels ou permanents, comme de valoriser, *via* l'endiguement et le drainage, des régions marécageuses représentant un danger pour la santé humaine ou des territoires exposés à des risques récurrents d'inondation ou de submersion.

Si l'agriculteur a été le premier acteur de ces aménagements, l'ensemble de la population en est souvent bénéficiaire. Historiquement, le développement de ces aménagements s'est souvent inscrit dans le cadre d'une mobilisation collective depuis le niveau local de la communauté ou du village, jusqu'au niveau plus englobant d'un État impliquant le pouvoir central et ses relais locaux. Ces mobilisations collectives, quelle qu'en soit

Qu'est-ce que le COSTEA ?

Le comité scientifique et technique de l'Eau agricole, le COSTEA, est né à l'initiative de la division Agriculture, Développement rural et Biodiversité (ARB) de l'agence française de Développement (AFD), qui en finance le fonctionnement et les productions sur le programme 209 dit de «Solidarité à l'égard des pays en développement», qui matérialise l'engagement de la France à lutter contre la pauvreté, à réduire les vulnérabilités et les inégalités et à protéger la planète.

La mise en œuvre du COSTEA s'inscrit dans un contexte marqué depuis la fin des années 2000 par un regain d'intérêt et une relance des investissements dans le secteur de l'irrigation. L'AFD, historiquement très présente dans les domaines du développement agricole et de l'irrigation, soutient et accompagne les pays partenaires dans cette nouvelle dynamique, par des prêts et dons octroyés dans le cadre de projets qui mobilisent pour leur mise en œuvre des compétences nationales et internationales, en particulier françaises, au niveau des instituts de recherche, des bureaux d'études-ingénieurs conseils, des ONG, etc.

Au regard des enjeux actuels de préservation des ressources en eau et en sol, d'autodétermination alimentaire des pays du Sud et de durabilité sociale, technique, économique et environnementale, la réalisation de cette nouvelle génération d'investissements nécessite une consolidation des acquis, un resserrement des liens entre les acteurs et une capitalisation des expériences dans le domaine de l'agriculture irriguée, afin d'alimenter les références et les orientations politiques des acteurs de l'irrigation des pays partenaires.

Le COSTEA rassemble ainsi depuis 2013, sur une base volontaire, des acteurs de l'irrigation en France et dans les pays partenaires historiques de l'AFD (Afrique de l'Ouest, pays méditerranéens, Asie du Sud-Est) dans le but de partager et de capitaliser et de produire des connaissances à l'échelle de ces trois régions du monde. La maîtrise d'ouvrage du COSTEA est assurée par l'association française pour l'Eau, l'Irrigation et le Drainage (AFEID). Son comité de pilotage, composé de personnalités du secteur dans les pays partenaires, est présidé par Monsieur Ali Béty, Haut-Commissaire à l'initiative «Les Nigériens Nourrissent les Nigériens» auprès du Président de la république du Niger.

Le COSTEA est ouvert à toutes celles et tous ceux qui peuvent contribuer à l'atteinte de ses objectifs. Une première phase s'est déroulée de 2013 à 2017, une seconde est en cours jusqu'en 2022. Les informations sur sa constitution, sa gouvernance et ses règles de fonctionnement, ainsi que ses productions sont en ligne sur le site www.comite-costea.fr.

la forme, avaient et ont toujours comme caractéristiques de nécessiter des ressources financières, technologiques et organisationnelles multiples, qui varient selon les types de travaux à accomplir, les caractéristiques des territoires concernés et les modes de pensée et d'organisation politique des sociétés considérées. Marqueur de l'interaction entre milieu et société par la création de paysages singuliers, la maîtrise de l'eau pour l'agriculture est influencée par l'histoire des sociétés humaines, dont les dynamiques induisent en permanence la recomposition des institutions qui la régissent.

Plus proche de nous, dans la logique des politiques de planification qui prévalait – et prévaut encore – dans de nombreux pays du monde, l'irrigation a été longtemps portée par la puissance publique, que ce soit pendant la période coloniale ou après les indépendances avec les premières « révolutions vertes », à des fins d'autosuffisance alimentaire puis d'intensification agricole. Elle s'est alors organisée et structurée de manière administrative à l'échelle nationale, régionale ou de grands périmètres irrigués. Mais à partir des années 1990, ce modèle a fait l'objet de nombreuses critiques. La mise en valeur des terres irriguées et leur productivité restaient insuffisantes au regard des ambitions, des coûts d'investissement et des charges de gestion des infrastructures. Celles-ci s'étaient rapidement dégradées, leurs performances en avaient fortement souffert, et avec elles le service de l'eau auquel ont accès les irrigants.

Ce constat, combiné aux politiques libérales promues par les institutions financières internationales, a conduit à une baisse des financements. Les années 1990 ont alors marqué un temps de repli des États, qui ne pouvaient supporter seuls les coûts liés aux grandes infrastructures hydro-agricoles et ont eu plus de mal à trouver l'appui des bailleurs de fonds. Ce repli a pris la forme d'une réduction du mandat des structures publiques au profit d'autres acteurs, avec en particulier un transfert de gestion à des organisations d'usagers qui font, elles aussi, face à de nombreuses difficultés financières et organisationnelles.

Dans le même temps, de nouvelles formes et techniques d'irrigation, comme la technique du goutte-à-goutte « réputée » économe en eau, se sont diffusées. Par ailleurs, on a assisté à la promotion de l'investissement privé à petite ou grande échelle et de la délégation de gestion. La révolution de l'accès à l'eau par les forages individuels a ouvert de nouveaux espaces irrigués, dont la surface est estimée à un tiers des surfaces irriguées dans le monde en 2018.

Après la crise alimentaire de 2008, qui a remis l'agriculture au rang des secteurs dans lesquels il faut réinvestir, les États et les bailleurs de fonds se sont engagés dans des projets ambitieux, comme le plan Maroc Vert ou l'Initiative pour l'Irrigation au Sahel lancée par la Déclaration de Dakar signée en octobre 2013 par les chefs d'État des six pays du Sahel. Mais si tout le monde s'accorde à ne pas vouloir reproduire les modèles anciens, les solutions à mettre en œuvre restent pour beaucoup à confirmer, voire à inventer car les défis d'une agriculture irriguée durable sont multiples :

- gouvernance de l'eau et institutions adaptées pour la bonne gestion des ressources au profit, d'une part, de tous les besoins anthropiques (boisson, hygiène et autres usages domestiques, industrie, agriculture) et, d'autre part, de ceux des milieux naturels ;

- équité sociale dans l'allocation des terres et de l'eau ;
- viabilité économique et équilibre financier des systèmes irrigués ;
- mise en valeur agricole ;
- ingénierie et performance hydraulique ;
- économie d'eau et valorisation des effluents ;
- pratiques agroécologiques pour concilier productivité et environnement.

Autant de dimensions dont il est nécessaire de tenir compte, *a fortiori* avec les effets du changement climatique.

Cet ouvrage, écrit par un collectif d'auteurs engagés dans le projet Costea, apporte des éclairages sur ces différents sujets à partir des retours d'expériences issus de plusieurs décennies d'actions de développement international de l'agriculture irriguée. Il a vocation à étayer l'affirmation selon laquelle la gestion de l'eau reste un levier clé du développement agricole, et donc du développement tout court, mais que l'irrigation de demain ne sera pas celle d'hier. Notre ouvrage propose une large revue des options politiques et stratégiques qui s'offrent en matière de développement agricole par la maîtrise de l'eau et particulièrement par l'irrigation, face aux enjeux de la sécurité alimentaire dans les pays du Sud, de leur développement et du climat. Cette revue est construite à partir des leçons tirées des politiques, des programmes et des actions passées. Elle vise à porter un regard équilibré et élargi sur le sujet par la mobilisation d'auteurs d'origines diverses (financeurs, ingénieurs et chercheurs) investis dans ce secteur. Enfin, la nature à la fois technique, juridique, économique et sociale de la gestion de l'eau conduit à en proposer une lecture pluridisciplinaire et à revenir sur les différentes composantes à aborder lorsque l'on souhaite intervenir dans ce domaine.

Le premier chapitre s'attache à montrer la multiplicité des dimensions et des enjeux de l'irrigation. En effet, le développement de l'agriculture du milieu du xx^e siècle a consisté très majoritairement en d'importants programmes d'hydraulique agricole. À elle seule, cette terminologie témoigne d'une prise en compte insuffisante des autres dimensions de l'irrigation, physiques, sociales et économiques, à laquelle il faut sans doute attribuer une part de la responsabilité des résultats décevants observés.

Le chapitre 2 tente d'explicitier ce que pourraient contenir des politiques publiques d'irrigation voulant relever les défis de la sécurité alimentaire et du développement, avec l'obligation de bien gérer des ressources naturelles finies pour la satisfaction équitable des besoins des différents usages, y compris ceux de la nature, dans le contexte des changements climatiques qui vont fortement en altérer la disponibilité.

Le chapitre 3 traite de la question de la pertinence de l'irrigation comme outil pour la sécurité alimentaire et le développement rural. Il identifie les déterminants de la mise en valeur, c'est-à-dire tout ce qui est utile à la production irriguée et aux filières permettant de la valoriser. Ce chapitre passe en revue les principaux éléments de politique qui entrent en ligne de compte pour développer la production agricole, en particulier la riziculture, dans des conditions de compétitivité convenables.

Les deux ressources principales que valorise l'irrigation sont l'eau et la terre. Comment les politiques de développement de l'irrigation articulent-elles l'attribution de ces deux ressources, et en particulier du foncier, aux agriculteurs existants ou potentiels, familiaux, patronaux ou capitalistiques? Le chapitre 4 aborde le sujet de la régulation de l'accès à la terre en fonction des formes d'agriculture et des modèles de développement que veulent promouvoir les décideurs.

Les projets d'irrigation sont-ils économiquement viables? Le chapitre 5 montre comment l'analyse économique doit d'abord être un outil de structuration des projets (puis de leur suivi-évaluation), avant d'être un outil de décision ou, comme c'est souvent le cas, de simple justification de décisions prises sur d'autres critères. Il aborde également la question de la rentabilité des infrastructures d'irrigation et de la couverture des coûts. Ce chapitre propose de caractériser un modèle économique de gestion des systèmes irrigués qui puisse en garantir la durabilité.

Maîtriser l'eau a été le principe fondateur des grands aménagements agricoles réalisés au ^{xx}e siècle, mais beaucoup de ces infrastructures n'assurent plus le niveau de service que leurs promoteurs attendaient d'elles. Le chapitre 6 rappelle les fondamentaux technico-économiques de la maîtrise de l'eau en insistant sur l'utilité d'intégrer l'exploitation, la maintenance et les usagers-irrigants dans l'ingénierie de ces aménagements pour en améliorer la durabilité.

On a longtemps privilégié des politiques d'offre en réalisant de grandes infrastructures de prélèvement, de stockage et de transport, au détriment d'une gestion de la demande qui apparaît aujourd'hui indispensable. Après avoir tenté de préciser ce que sont l'efficacité et la productivité de l'eau d'irrigation, le chapitre 7 traite de la contribution des outils économiques et de l'innovation technique à la maîtrise et à la satisfaction de la demande.

Pour mettre en œuvre leurs politiques de développement agricole par l'irrigation, de nombreux gouvernements ont mis en place une maîtrise d'ouvrage publique spécialisée en créant des structures dédiées, offices ou sociétés d'aménagement. Le chapitre 8 rappelle les défis auxquels ces sociétés ont dû faire face en raison de leur rôle pivot d'interface entre tous les acteurs (usagers et leurs associations, autorités locales, opérateurs économiques privés et ministères de tutelle). Sur cette base et au vu des dynamiques actuelles de l'irrigation, il propose des pistes de réflexions pour repenser les fonctions et la place de ces opérateurs publics dans un socio-environnement en mutation constante.

Les choix de maîtrise d'ouvrage ont eu leur pendant en matière de gestion. Les structures dédiées créées par les États ont cumulé – et cumulent encore souvent – les deux missions. Les réformes des années 1990 ont favorisé la prise de responsabilités des irrigants constitués en associations. Le chapitre 9 propose, pour dépasser les notions souvent convenues de « gestion participative de l'irrigation » et de « transfert de gestion », que soit reconnu un réel partage des responsabilités, dépendant à la fois des forces en présence et de la diversité des types de systèmes considérés, en considérant donc les multiples modalités d'articulation qu'il peut y avoir entre les agriculteurs, les États et leurs représentations opérationnelles et les acteurs tiers.

Le développement de l'irrigation induit des recompositions fortes et irréversibles dans les modes d'accès aux ressources en terre et en eau et de leurs usages. Le chapitre 10 est consacré à la question de la prise en compte des réalités socio-économiques et des spécificités locales, nationales et régionales en matière de pratiques foncières, pour favoriser un usage durable de ces ressources communes et permettre leur allocation optimale en fonction des objectifs de développement. Ces objectifs sont la création de richesses et d'emplois, la sécurité alimentaire, l'équité ou la préservation des équilibres écologiques.

Malgré la mise en place de politiques de gestion de la demande, la pression sur les ressources en eau naturelles reste forte. Cela a conduit à reconsidérer les possibilités d'améliorer l'offre, en particulier en valorisant des ressources en eau autrefois délaissées en raison de leur qualité. Le chapitre 11 montre comment la valorisation agricole des eaux usées traitées et des boues de vidange peut significativement accroître la ressource en eau disponible pour l'irrigation et constituer une composante essentielle de l'économie circulaire.

Le douzième et dernier chapitre est un plaidoyer pour le développement d'itinéraires techniques agroécologiques dans les périmètres irrigués. Alors que des systèmes agroécologiques ont été testés et documentés en cultures pluviales, l'absence de documentation spécifique sur ce sujet en système irrigué rend difficile la démonstration objective des impacts attendus de ces approches. Pour autant, il apparaît utile de s'inspirer des recherches scientifiques actuelles sur les systèmes de production agroécologiques en systèmes pluviaux, en arboriculture fruitière ou en systèmes maraîchers intensifs (et en permaculture) pour proposer des pistes pour les systèmes irrigués.

1. Aménager pour l'irrigation : une simple affaire de canaux ?

Florence Deram Malerbe

Le système irrigué, un espace physique, social et économique

LA CRÉATION D'INFRASTRUCTURES HYDRO-AGRIQUES modifie en profondeur l'espace rural, au point que l'on peut considérer que se crée alors un territoire particulier correspondant à ce que l'on va appeler le système irrigué. Ce territoire se caractérise, d'une part, par des éléments physiques (topographie, sol, climat, etc. et infrastructure) et, d'autre part, par des construits sociaux et économiques.

Pour Elinor Ostrom (1992), le système irrigué « *comprend la structure physique, les usagers, les organisations chargées de sa gestion et les règles dont les usagers et d'autres intervenants se servent pour gérer le système* »¹.

La structure physique, ou infrastructure hydro-agricole, est un ensemble d'ouvrages et de canaux ou de canalisations enterrées d'usage collectif qui permet de gérer l'eau (distribution et drainage) sur un espace donné. Cet espace et l'infrastructure qui le parcourt constituent le périmètre irrigué, la dimension physique du système irrigué. L'infrastructure ainsi définie est par nature collective, par opposition à des secteurs d'irrigation individuelle où chaque producteur dispose de son propre équipement qui lui permet de prélever directement dans la ressource (souterraine ou superficielle) et d'utiliser l'eau dans son exploitation, sans dépendre d'une organisation collective.

Les usagers du système irrigué sont les agriculteurs utilisant l'infrastructure hydro-agricole à des fins d'irrigation et/ou de drainage pour la mise en valeur agricole du périmètre. Ils constituent une communauté reliée par l'usage partagé d'une ressource et d'un aménagement. Il faut également considérer d'autres usagers directs (éleveurs, usagers domestiques, etc.) ou indirects (ceux utilisant les retours vers les drains ou la nappe), et des acteurs associés (gestionnaires, filières d'intrants ou de produits, personnes impliquées dans la création de règles, écosystèmes associés, ...) qui sont aussi concernés par le système.

Le caractère collectif des infrastructures hydro-agricoles dont il est question ici requiert la mise en place d'organisations pour prendre en charge la gestion de l'infrastructure au bénéfice de la communauté qui l'utilise. Ces organisations peuvent prendre différentes formes : associations d'usagers, sociétés publiques, administrations, sociétés privées,

1. Traduction par Philippe Lavigne Delville (1997).

Photo 1.1. Repiquage du riz dans la région de Tillabéri, Niger
© Florence Deram Malerbe.



structures *ad hoc*, etc. La structure de gestion du périmètre peut s'articuler entre plusieurs organisations (par exemple, cogestion par une entité publique et une association d'irrigants) ou reposer sur une entité unique. Elle s'appuie également sur un ensemble de règles formelles ou informelles qui définissent la gestion (exploitation et maintenance des infrastructures) et les modalités d'utilisation du système par les usagers. La structure de gestion est responsable de l'application des règles et de leur respect par les usagers. Les règles peuvent avoir été déterminées par le collectif d'usagers du périmètre, provenir d'un cadre réglementaire supérieur (loi, décret, etc.) ou d'un contrat passé entre la structure de gestion et les usagers. La dimension sociale du système irrigué est constituée par les usagers, les organisations et les règles de gestion.

La définition d'Elinor Ostrom doit également être complétée par une dimension économique. En effet, le système irrigué a pour objet la création de richesse par la mise en valeur du territoire. Il se caractérise donc également par les activités économiques qui s'y réalisent : la production (végétale et animale), les moyens de production (y compris les exploitations agricoles dans leur diversité et le foncier) et toutes les activités en amont et en aval de cette production (filières).

Enfin, le système irrigué s'inscrit dans un environnement plus large. Les relations du système avec cet environnement sont déterminantes pour son fonctionnement et en particulier :

- l'accès du système à la ressource en eau dépend à la fois des caractéristiques physiques de cette ressource (aquifère souterrain, lac, cours d'eau, etc.) et de ses règles d'allocation et de gestion définies par une autorité qui dépasse en général le système ;
- les impacts du périmètre irrigué sur l'environnement (eau, sol, biodiversité) vont au-delà des limites du périmètre ;
- la structure foncière et sa stabilité reposent sur un cadre légal national et des pratiques locales ;
- la production agricole du système dépend de filières amont pour les intrants et de filières aval pour sa valorisation (stockage, transport, transformation, commercialisation, etc.) ;
- le bassin d'emploi est souvent plus étendu que le périmètre ;
- les règles de gestion et la nature des organisations qui peuvent se mettre en place dépendent d'un cadre institutionnel et réglementaire de niveau national, voire international.

Cette liste non exhaustive de relations montre que, tout en constituant une entité à part entière, le système irrigué ne peut être considéré ni caractérisé indépendamment de cet environnement, dans toutes ses dimensions physiques, sociales, économiques, institutionnelles, politiques et environnementales.

Il existe ainsi une très grande diversité de périmètres et de systèmes irrigués en termes de caractéristiques physiques et techniques (superficie, origine de la ressource, nature des ouvrages, etc.), institutionnelles (nature des organisations, cadre légal et réglementaire, institutions nationales, etc.), sociales (organisation de la société, structures des ménages, etc.), foncières (statuts, partage du foncier) et économiques (types de productions, filières, structure des exploitations agricoles, etc.).

Intégrer toutes les dimensions d'un système irrigué dans la conception des projets

LES PROJETS D'IRRIGATION ONT POUR OBJET DE CONSTRUIRE, restructurer ou moderniser un périmètre irrigué et d'apporter un appui au système irrigué correspondant, étant entendu que les grands objectifs des projets peuvent être divers : sécurité alimentaire régionale ou nationale, production de devises par des cultures d'exportation, développement rural, sédentarisation ou stabilisation des populations, etc. Ces projets incorporent souvent des objectifs plus politiques comme une légitimation de l'État, la création ou l'entretien de bases électorales, voire un outil d'intégration dans le territoire national de zones périphériques et/ou ethniquement diverses, par exemple en Turquie ou au Sri Lanka (Molle, 2008).

Ces projets impliquent, au côté des exploitants agricoles usagers, un ensemble d'acteurs publics et privés assurant différents rôles (maîtrise d'ouvrage, financement, études, maîtrise d'œuvre, travaux, appui technique, etc.) à différentes étapes (identification, conception, décision, mise en œuvre des actions, évaluation).

En miroir de la complexité des systèmes irrigués, on peut caractériser les projets d'irrigation par plusieurs éléments qui les distinguent des autres projets de développement agricole. Ces éléments sont déterminants dans la conception et la réussite de ces projets :

- la création d'infrastructures individuelles ou collectives potentiellement coûteuses et dont la construction, l'amortissement et la mise en valeur se réalisent sur le temps long ;
- la nécessité d'une « organisation » de forme variable, qui exploite et maintient l'infrastructure pour en assurer la durabilité, et de règles de partage de l'eau entre les usagers du système ;
- l'obligation de financer sur le long terme l'exploitation et la maintenance de l'infrastructure ;
- l'utilisation d'une ressource naturelle partagée avec d'autres prélèvements (eau domestique, industrie, hydro-électricité, etc.) ou d'autres usages (navigation, loisirs, etc.), nécessitant des règles d'allocation acceptées par tous ;
- l'empilement de différents niveaux de gouvernance (pour les ressources et les infrastructures) avec différents acteurs (l'État par ses différents ministères ou agences, le gestionnaire de l'infrastructure – public, associatif ou privé –, les associations d'irrigants et les agriculteurs-irrigants) ;
- une modification structurelle d'un territoire, notamment dans ses dimensions foncière et écologique (discontinuité physique provoquée par les ouvrages, fermeture d'espaces à des usages et à des usagers antérieurs, etc.) ;
- une modification importante (progressive ou non) des systèmes de production et des pratiques agricoles (cultures, itinéraires techniques, coûts de production, etc.), ainsi que des filières amont et aval ;
- une durée de réalisation d'autant plus longue que les travaux, les bouleversements des territoires et des systèmes de production sont importants.

Pour prendre en compte toutes ces contraintes, la conception des projets d'irrigation se devrait d'intégrer les différentes dimensions suivantes :

- dimension physique : conception et construction d'une infrastructure qui capte, transporte, distribue et draine les débits et volumes d'eau nécessaires aux endroits et aux moments prévus ;
- dimension organisationnelle : définition et mise en place d'une organisation (qui peut être multi-acteurs) qui assure l'exploitation et la maintenance de l'infrastructure dans le cadre d'un ensemble de règles établies et dispose des moyens (techniques, humains, financiers) pour le faire ;
- dimension agronomique : choix par les agriculteurs de cultures et de systèmes culturaux adaptés, en fonction du potentiel agronomique, des moyens de production (itinéraires techniques, y compris pratiques d'irrigation) et des marchés ; mise en place de l'accompagnement nécessaire (vulgarisation agricole, formation, accès aux intrants et au crédit, etc.) ;
- dimension institutionnelle : construction et mise en œuvre de règles d'allocation et de gestion de la ressource en eau à l'échelle du territoire ; organisation des acteurs entre eux au sein du système irrigué pour que celui-ci soit mis en place, fonctionne, produise et se maintienne, dans le cadre d'un corpus juridique et réglementaire adapté et appliqué ;

- dimension sociale : appui à la mise en place de relations entre les acteurs dans le système irrigué et son environnement ; prise en compte des impacts du système irrigué sur l'organisation sociale antérieure, la culture locale et l'histoire ;
- dimension foncière : mise en place d'une situation foncière stable et adaptée ; prise en compte des droits et usages fonciers antérieurs ; évaluation des impacts à moyen et long termes de l'aménagement sur la structure foncière (patrimoine) et sur la terre comme moyen de production ;
- dimension économique : structuration des activités économiques autour et dans le système (filières amont et aval, production agricole, services aux acteurs, etc.) générant des flux entre les acteurs et la création de valeur ; prise en compte des impacts sur les activités économiques antérieures au projet ;
- dimension environnementale : prise en compte de l'état des ressources en eau (cycle hydrologique) et de celles du sol ; évaluation et prise en considération des impacts de l'infrastructure hydro-agricole et des activités sur les ressources, les écosystèmes et la biodiversité ; mise en place de mesures adaptées pour éviter ou réduire les impacts négatifs, voire favoriser les externalités positives (soutien d'étiage, zones humides artificielles).

Une complexification progressive des projets d'irrigation

AU COURS DES DERNIÈRES DÉCENNIES, LES PROJETS D'IRRIGATION n'ont pas toujours considéré le système irrigué dans toutes ses dimensions. Il y a eu différentes étapes de prise de conscience.

Si l'on considère les projets développés depuis les années 1960 sur financement de bailleurs internationaux, parmi lesquels l'agence française de Développement (AFD), les étapes de prise de conscience ont varié selon les géographies et les contextes socio-politiques locaux. La prise en compte d'une dimension donnée s'est donc faite à des moments différents selon les pays et selon des modalités variables. Pour autant, la plupart de ces étapes se retrouvent partout et s'expliquent majoritairement par les mêmes déterminants que nous allons tenter d'explicitier et d'illustrer ci-après.

Afin de simplifier le propos, nous nous limiterons à la description de trois grandes étapes dans l'évolution de la perception et de la conception des projets d'irrigation (Molden, 2007). La réalité est plus complexe : ces étapes se superposent et l'évolution des projets se fait dans un continuum où les ruptures se diluent.

I Des projets principalement centrés sur l'infrastructure

Dans les années 1960 et 1970, à la suite des indépendances, l'agriculture dans les pays du Sud est raisonnée comme un outil de développement économique national. Les politiques agricoles volontaristes qui en résultent visent l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire (riz principalement) ou la production de devises par le développement de cultures d'exportation (cotonnier, canne à sucre, fruits). Elles se traduisent par des projets d'irrigation dont

l'objet principal est la construction, la réhabilitation ou la modernisation d'infrastructures hydro-agricoles. La priorité est donnée à la conception du système hydraulique et aux travaux, mais les infrastructures de drainage sont souvent négligées. D'une manière générale, les grandes infrastructures ont la faveur des politiques et des bailleurs.

La dimension agronomique présente dans ces projets repose sur des programmes nationaux de recherche souvent approfondis, bien que limités à quelques cultures principales. L'approche agronomique est cependant peu diversifiée, dans la mesure où les projets s'inscrivent en général dans une agriculture encore planifiée (souvent en monoculture) qui met tous les producteurs dans la même situation et suppose qu'ils travailleront tous de la même manière. On attend de l'agriculteur usager qu'il s'adapte aux ouvrages plutôt que l'inverse.

Lorsque l'aménagement modifie le statut des terres (principalement en Afrique sahélienne), la dimension foncière se limite en général à la définition de lots standards d'une surface fixe par exploitant. La taille est déterminée à la fois par des impératifs de fonctionnement hydraulique et par les objectifs de production et de revenus. Dans de nombreux pays cependant, la structure foncière n'est pas directement affectée par l'aménagement (Asie, Europe), sauf lorsque celui-ci s'accompagne d'un remembrement ou s'il est associé à une réforme agraire (coopératives de réforme agraire au Maroc, par exemple). Le découpage parcellaire est alors calé sur la trame hydraulique.

Les projets des années 1960 et 1970 privilégient donc les grandes infrastructures à fort investissement public souvent alimentées par des grands barrages à usages multiples (constitution de réserves, production agricole et hydroélectrique), ce qui explique en grande partie leur coût très élevé. La gestion de ces systèmes irrigués est confiée à des structures publiques (Office du Niger au Mali, SAED au Sénégal, Offices au Maroc et en Tunisie, Autorité de la vallée du Bandama en Côte d'Ivoire, etc.) dont l'origine date souvent de la période coloniale. La création ou le maintien de ces grandes institutions traduit la nécessité pour les États de disposer d'institutions auxquelles déléguer la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre des investissements publics, ainsi que l'encadrement technique des agriculteurs et la maîtrise publique des débouchés agricoles. À cette époque, les structures publiques de gestion des périmètres cumulent toutes les responsabilités pour la mise en valeur des systèmes : exploitation et maintenance des infrastructures, mise en valeur agricole et parfois collecte et commercialisation des productions. Les agriculteurs sont totalement pris en charge par ces structures représentatives d'un « État providence » dont l'autoritarisme est alors justifié par les impératifs du développement économique. Dans certains cas, les agriculteurs semblent considérés comme de la simple main-d'œuvre, notamment dans les zones où sont installées des populations originaires d'autres régions, déplacées pour servir à la mise en valeur des périmètres. Dans toutes ces situations, tant pour la production agricole que pour l'utilisation des infrastructures, les usagers des périmètres sont tenus de respecter les règles établies sans pouvoir intervenir dans la définition de ces règles ou même contribuer au fonctionnement des ouvrages.

Les années 1960 et 1970 constituent également l'époque du développement de grandes institutions publiques d'appui aux principales filières agricoles, notamment pour le coton avec la CMDT² au Mali, la Sodecoton au Cameroun ou encore la CIDT en Côte d'Ivoire.

Pendant cette période, les engagements financiers des principaux bailleurs de fonds du secteur agricole représentent une part importante de leurs engagements totaux. La part la plus importante de ces montants est investie dans les infrastructures d'irrigation.

Cette vision à la fois très techniciste, standardisée et étatique prévaut un peu partout jusqu'au milieu des années 1980 environ. À cette période, le constat d'échec économique de la plupart de ces grands systèmes devient évident. Les niveaux de production et de rentabilité attendus ne sont pas au rendez-vous. Parallèlement, les structures de gestion ne parviennent pas à équilibrer leurs charges et sont confrontées à des difficultés d'exploitation et de maintenance. Les difficultés financières des États, très endettés par ces grands programmes, se renforcent et conduisent à l'intervention des principaux pays bailleurs qui remettent en question les principes de l'aide. Décidé par le G7³ en 1979, les programmes d'ajustement structurel mis progressivement en œuvre dans la décennie suivante conditionnent l'aide aux pays en voie de développement à une libéralisation de leur économie (notamment par la privatisation du secteur public économique) et à l'adoption de politiques d'austérité (avec réduction des dépenses publiques).

I D'une gestion étatique à une gestion associative, voire privée

La fin des années 1980 et le début des années 1990 voient donc le début de la réduction des investissements dans les infrastructures d'irrigation et dans le développement rural au sens large. Cette réduction va s'accélérer jusqu'à la fin de la décennie 2000, allant jusqu'à la disparition de ce type de projets chez certains bailleurs et dans certaines régions. Les engagements dans le secteur rural se trouvent progressivement dilués dans un volume global d'aide qui augmente fortement. Par exemple, la part des engagements dans le secteur agricole de la Banque mondiale passe de 13 % dans les années 1970 à 3 % dans les années 1990, puis à 2 % dans les années 2000 (World Bank, 2006). Très élevés dans les années 1980, les investissements financés par la Banque mondiale baissent en volume à partir des années 1990 : diminution de 10 % entre les décennies 1980 et 1990, puis de 25 % entre les années 1990 et 2000 (World Bank, 2018).

2. CMDT – Compagnie malienne de développement des textiles. Sodecoton – Société de développement du coton du Cameroun. CIDT – Compagnie ivoirienne de développement des textiles.

3. Le G7 ou « groupe des Sept » est un groupe de discussion et de partenariat économique de sept pays réputés en 1975 pour être les plus grandes puissances avancées du monde qui détiennent environ les 2/3 de la richesse nette mondiale puis 45 % en 2019 : Allemagne, Canada, États-Unis, France, Italie, Japon et Royaume-Uni.

Les constats et la réorientation des bailleurs

Cette réduction des investissements s'explique par différents facteurs intervenus successivement et qui se sont cumulés en défaveur des projets d'infrastructures hydro-agricoles :

- l'incapacité technique et financière des États à enrayer la dégradation continue des infrastructures ;
- le manque de productivité des grandes infrastructures, alors que les investissements et les coûts d'exploitation et de maintenance sont lourds ;
- l'importance de la dépense publique dans des structures étatiques dont l'efficacité est fortement remise en question ;
- l'achèvement de l'aménagement des terres les plus favorables (accès, ressources en sol ou en eau) et le coût à l'hectare croissant des projets ;
- la fin de la Guerre froide et des situations de crises agraires politiquement sensibles, ainsi qu'une baisse tendancielle des prix des denrées alimentaires, autant d'éléments qui justifiaient ces investissements en dehors de toute considération d'efficacité et de rentabilité ;
- la concurrence d'autres secteurs aux forts enjeux du fait de la croissance démographique et de l'essor des villes (projets d'aménagements urbains, eau potable) ;
- une rentabilité globalement faible de l'irrigation par rapport à d'autres secteurs, comme les transports ou l'énergie, pour les pays et également pour les bailleurs internationaux ;
- la réduction des budgets de l'aide pour les pays les plus endettés. L'AFD, par exemple, n'intervient plus que pour des subventions dans le secteur agricole des pays les moins avancés (PMA) de 1990 (Sommet de La Baule) jusqu'aux années 2000 ;
- la diffusion à la fin des années 1990 de l'idée que l'agriculture « gaspille » l'eau de manière générale et plus particulièrement dans des systèmes d'irrigation non efficaces et non efficaces.

Non seulement les grands projets d'irrigation se terminent, les plus « facilement réalisables » ayant été faits, mais les grandes institutions publiques de l'irrigation semblent « condamnées ». Ces institutions apparaissent en contradiction avec toutes les conditions posées par l'ajustement structurel : coûteuses (budgets très lourds et effectifs souvent pléthoriques) et peu efficaces. Ces structures publiques sont concernées par les objectifs de privatisation du secteur public, et ce d'autant plus facilement que leurs activités sont de nature économique. Les ministères voient également leurs moyens humains et financiers fortement réduits. La plupart des grandes institutions publiques des filières agricoles en Afrique de l'Ouest disparaissent. Au Maroc, les Offices sont maintenus dans toutes leurs prérogatives malgré les demandes des bailleurs internationaux ; la réforme des Offices sera relancée par le plan Maroc Vert (2007), elle est toujours en cours.

Une part importante des budgets d'aide et des projets alloués à l'irrigation est orientée vers la réforme des sociétés de gestion qui ne sont pas démantelées. C'est le cas de l'Office du Niger et de la SAED dont les interventions sont progressivement recentrées sur les infrastructures (construction et gestion), les dimensions de mise en valeur agricole et de filières étant reprises par d'autres administrations, ou affectées à des organisations de producteurs naissantes ou privatisées. Les projets d'infrastructures (création ou réhabilitation) se centrent plutôt sur des périmètres de tailles petite et moyenne.

L'objectif commun du développement durable

À la même époque, les grandes conférences internationales, particulièrement la conférence internationale sur l'eau et l'environnement de Dublin (1992), soulignent la rareté et l'importance de l'eau. Elles mettent en avant la nécessité d'impliquer usagers, planificateurs et décideurs dans sa gestion et sa mise en valeur. Le Sommet de la Terre à Rio fait du développement durable l'objectif commun. L'agriculture devient un élément fondamental de ce développement durable, lui-même centré sur le développement territorial intégré pour l'amélioration des conditions de vie des populations rurales.

Au cours de cette période, les projets d'irrigation cherchent progressivement à associer les agriculteurs et ce, avec un double objectif.

D'une part, avec la fin de l'agriculture planifiée dans les années 1980, les agriculteurs deviennent les acteurs principaux de la mise en valeur des aménagements réalisés. Émerge alors l'idée qu'il faut adapter les systèmes aux producteurs et valoriser leur savoir-faire, à l'inverse de ce qui prévalait auparavant. Cette prise de conscience induit celle de la nécessité de programmes d'accompagnement de cette mise en valeur avec l'introduction de volets spécifiques à la gestion des infrastructures, aux techniques d'irrigation et aux cultures irriguées, ainsi que de programmes d'appui aux filières de l'amont et de l'aval. Contrairement aux dispositifs antérieurs, portés par des institutions publiques centralisées et intervenant sur un nombre limité de cultures (riz, cultures d'exportation), les nouveaux programmes incluent les productions vivrières et s'intéressent à la diversification des cultures.

D'autre part, à partir de la fin des années 1980 et principalement pendant la décennie suivante, avec le désengagement technique et financier des États de la gestion des infrastructures d'irrigation, les agriculteurs se voient attribuer un rôle dans la gestion des périmètres. Censées améliorer la durabilité des infrastructures tout en réduisant la dépense publique, les politiques dites « de transfert » des périmètres aux agriculteurs et à leurs organisations sont fortement appuyées par toutes les grandes institutions financières multilatérales et bilatérales. Ces politiques s'étendent progressivement dans la plupart des pays bénéficiaires de l'aide. Le « transfert » aux usagers-agriculteurs prend des formes diverses (transfert complet, délégation de tout ou partie de la gestion, attribution de tâches sous pilotage centralisé, etc.⁴) avec un degré d'autonomisation des organisations d'usagers également très variable.

Dans ces deux dimensions (mise en valeur et gestion des infrastructures), la place réelle de l'agriculteur dans la mise en œuvre des projets reste cependant bien en deçà de ce qui est professé.

En termes de mise en valeur, les projets restent principalement orientés par une vision techniciste, laissant peu de place à une évaluation des attentes des agriculteurs, qui sont

4. Pour des raisons qui peuvent être techniques (complexité des ouvrages, de leur exploitation et de leur maintenance), financières (coût) et politiques dans des pays où le développement de la société civile et de pouvoirs locaux n'est pas encouragé, voire interdit.

très peu impliqués dans les étapes de conception et de réalisation des projets. L'idée que « l'agriculteur s'adaptera aux ouvrages » continue de prévaloir. Les programmes d'accompagnement restent régulièrement insuffisants, en durée et en moyens. Cependant, la « bonne gestion foncière » est présentée comme un moyen d'améliorer à la fois la production et la durabilité des aménagements. Il s'agit de mieux sécuriser les agriculteurs sur leurs terres, en particulier en Afrique subsaharienne. Mais ces projets ne s'intéressent pas encore suffisamment à l'évaluation de la taille des lots en fonction des objectifs d'augmentation des revenus des agriculteurs.

En termes de transfert de gestion, les résultats sont également mitigés. Constituées en général selon des schémas imposés par les États (et/ou les projets) et dans le cadre de programmes où la participation effective des usagers reste mal considérée ou difficilement mise en œuvre, les associations d'irrigants ont du mal à émerger et le transfert de responsabilités reste alors théorique. Ces associations sont souvent peu dotées en moyens et souffrent d'un manque de légitimité aux yeux des organismes publics qui leur accordent peu de marge de manœuvre pour remplir leurs fonctions. Leurs faibles performances réduisent leurs possibilités d'appropriation par les usagers. Elles restent sous tutelle de l'État dans de nombreux pays.

Photo 1.2. Franchissement d'une ravine par un aqueduc fabriqué localement dans les petits périmètres irrigués de la région de Saint-Marc, Haïti

© Florence Deram Malerbe.



Par ailleurs, tous les pays ne mettent pas en place une politique de transfert. Quand c'est le cas, celle-ci est souvent peu opérationnelle ou simplement de façade. La plupart des pays conservent leurs institutions centralisées (sociétés d'aménagement, offices, etc.) tout en mettant en place, à des degrés très variables, une forme de cogestion avec des organisations d'usagers (unions hydrauliques avec la SAED au Sénégal, AUEA et Offices au Maroc, dans une moindre mesure). Même dans les pays comme le Mexique ou la Turquie, crédités de réformes plus abouties, les administrations hydrauliques gardent leur pouvoir.

À partir de la fin des années 1980 et principalement pendant la décennie suivante, la mise en place des politiques de transfert des infrastructures hydro-agricoles aux agriculteurs-irrigants peut sembler résulter surtout du constat de l'échec technique et financier de la gestion publique centralisée. Elle ne provient pas d'une réelle prise de conscience de la légitimité des agriculteurs à contribuer – voire à s'approprier – à la gestion des ouvrages qu'ils utilisent et valorisent. Certaines politiques de transfert répondent ainsi d'abord à la volonté de réduire la dépense publique et non à une vision sociale partagée de l'irrigation, laquelle ne sera mise en avant que plus tard, notamment à partir du travail d'Elinor Ostrom sur le « façonnage des institutions d'irrigation » (1992). La recherche avait cependant travaillé sur la dimension sociale de l'irrigation bien avant, dès les années 1950, mais avec une application très réduite au niveau des institutions de l'aide au développement.

Partenariats publics privés, outils économiques

La Conférence internationale de Dublin, dans la mouvance néolibérale, identifie l'eau comme un « bien économique » et met en avant que « le marché et les entreprises privées doivent être sollicités pour la gérer » (Ruf, 2011). L'accent mis sur les outils économiques débouchera à partir de 1993 sur une décennie de promotion intensive de la tarification comme outil de gestion de l'eau (aux résultats peu probants). Ensuite, la Banque mondiale changera de priorité et proposera d'appliquer à l'irrigation les partenariats public-privé (PPP)⁵ déjà développés dans d'autres secteurs comme l'énergie, le transport et l'eau potable en particulier.

Cette proposition cherche à engager le secteur privé dans l'irrigation initialement avec deux objectifs :

- favoriser l'investissement privé dans les infrastructures, en remplacement des fonds publics dont la disponibilité ne cesse de baisser ;
- transférer l'exploitation et la maintenance des infrastructures à des entreprises privées, en partant du double postulat que le secteur privé est par nature plus efficace et efficient que le secteur public et que les entreprises sont mieux à même de gérer et maintenir les ouvrages que les associations d'usagers.

5. La notion de partenariat public-privé (PPP) en irrigation ne renvoie pas à un schéma unique. Elle couvre au contraire une grande diversité de types de contrat allant de la concession au contrat de gestion des infrastructures, en fonction du partage des missions et des risques entre le partenaire public et le partenaire privé. Cependant, certains pays se sont dotés d'une législation spécifique au partenariat public-privé, le distinguant ainsi des autres types de contrats.

La proposition de partenariat public-privé apparaît là encore à la suite d'un nouveau constat d'échec de la plupart des politiques de transfert de la gestion des périmètres aux usagers, sans pour autant reposer sur un réel diagnostic des causes de cet échec.

Si le secteur privé est d'abord sollicité pour les infrastructures (comme en Éthiopie, au Maroc ou au Brésil), l'agrobusiness est également attendu pour la mise en valeur agricole et la valorisation des productions. Cette voie conduit aujourd'hui à la promotion des « agropoles » ou « pôles de croissance », avec l'appui de la Banque mondiale notamment. Ce sont des ensembles intégrés comprenant le périmètre, les entreprises de mise en valeur et les filières d'amont (intrants et services) et d'aval (infrastructures et activités de stockage, conditionnement, transformation, transport, etc.). On cherche alors à garantir un niveau minimum de rentabilité de la gestion des infrastructures en prenant également en main la mise en valeur agricole (par des entreprises agricoles, réputées plus performantes que des exploitations familiales) et la transformation des productions de manière à dégager plus de valeur afin d'assurer la couverture du coût du service de l'eau et de favoriser ainsi la durabilité des infrastructures hydro-agricoles. Pour la seule Afrique de l'Ouest, des projets sont en cours au Bénin, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Mali, au Niger et au Sénégal.

Près de vingt ans après le début de la promotion des partenariats public-privé en irrigation et les premières mises en œuvre (Chili, Maroc et Pérou), les résultats ne sont pas à la hauteur des attentes. Les questions de pertinence et d'efficacité du modèle, comme celles des conditions de réalisation des infrastructures et du coût pour la collectivité, restent posées. Malgré des parts de financement public qui restent très importantes, les projets de partenariats public-privé trouvent difficilement preneurs, compte tenu des conditions de rentabilité difficiles à réunir.

En réponse aux risques liés à l'essor de l'agrobusiness et des partenariats public-privé, – notamment les risques de privatisation de la ressource et d'accaparement des terres –, une alternative se développe dans le courant des années 2010 avec des projets d'irrigation destinés à favoriser la diversification des modèles agricoles, de l'exploitation familiale à l'entreprise, en passant par le petit entrepreneur agricole local, notamment par la définition de plusieurs tailles de lots fonciers. Dans ces projets, à partir d'une certaine taille d'exploitation, l'agro-entrepreneur est également mis à contribution dans l'investissement et la mise en place de certaines infrastructures.

Enfin, en plus de ces évolutions concernant les politiques, les périmètres irrigués subissent des modifications structurelles et de gestion liées à des changements sur la ressource en eau. La conception initiale de la distribution de l'eau, le plus souvent par des canaux de surface, fait place à des situations d'usages multiples (*conjunctive use*) où les usagers répondent individuellement à la pénurie ou aux besoins d'apports flexibilisés en pompant directement l'eau dans les canaux, drains, nappes ou réservoirs individuels, complexifiant singulièrement la gestion globale des systèmes.

I De l'artificialisation du milieu à l'intégration durable du système irrigué dans le milieu

En parallèle des évolutions politiques et techniques précédentes, émergent des préoccupations environnementales et sociales. Il s'agit :

- de la nécessité d'une gestion de la ressource en eau à une échelle dépassant le périmètre ;
- de l'évaluation et des contrôles des impacts des projets sur les milieux ;
- de l'intégration du système irrigué dans le tissu social, avec la prise en considération à la fois de l'histoire des territoires et des populations qui l'habitent.

Ces nouvelles préoccupations s'expriment lors du Sommet de la terre à Rio (1992), mais la question environnementale prend son importance plus tard et entre très progressivement dans les politiques d'aide au développement. En 2000, lors du Sommet du Millénaire à New York, sont énoncés les huit Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), et le principe « selon lequel l'être humain doit être mis au centre de tous les programmes pour aider, dans le monde entier, des hommes, des femmes et des enfants à vivre mieux ». Aucun des OMD ne fait directement référence à l'agriculture, mais l'irrigation s'inscrit principalement dans deux objectifs : le premier (« Éliminer l'extrême pauvreté et la faim ») et le septième (« Préserver l'environnement »).

En 2015, les Objectifs de développement Durable (ODD) succèdent aux OMD. De la même manière, l'agriculture s'inscrit naturellement dans l'objectif 2 (« Faim Zéro »), sans qu'il y ait de référence spécifique à l'irrigation. La question de l'utilisation de l'eau devient en revanche explicite dans l'ODD 6 (« Eau propre et assainissement ») qui vise, dans sa cible 4, à améliorer « l'utilisation rationnelle de l'eau ».

La gestion de la ressource en eau

La gestion de la ressource en eau est tout d'abord considérée en termes de quantité et de partage entre les différents usages et entre les territoires d'un bassin versant. À partir des années 1990, les projets d'aménagement intègrent progressivement la dimension de gestion amont-aval, les analyses d'adéquation besoins-ressources, les différents usages jusqu'au développement de projet de gestion intégrée des ressources en eau. Cette dimension des projets part aussi du constat de tensions de plus en plus importantes dans certaines régions et de l'importance croissante des conflits entre usages et entre pays.

À la suite de ces préoccupations quantitatives, la question des impacts sur la qualité des ressources en eau (pollutions) et sur celle des sols (salinisation) et les inquiétudes globales sur la biodiversité et l'équilibre des écosystèmes s'inscrivent dans les projets avec la généralisation des études d'impacts environnementaux. Il faut toutefois admettre que dans la majorité des cas, ces études sont insuffisantes, confidentielles, voire effectuées après les travaux. Elles se bornent à donner des pistes pour atténuer (*mitigation*) les impacts négatifs éventuellement identifiés, cautionnant ainsi les projets, plutôt que de filtrer ceux dont les impacts négatifs seraient trop importants.

Les limites des technologies développées

L'intégration successive dans les projets de toutes ces dimensions technique, sociale, économique et environnementale illustre la prise de conscience progressive des limites de l'homme et des technologies mises en œuvre pour la gestion de l'environnement et des ressources. Elle découle aussi du constat des impacts négatifs qui n'avaient pas été anticipés ou tout au moins mal considérés à l'origine des projets d'infrastructures. Les rapports successifs du Giec confirment et documentent par ailleurs l'aggravation par le changement climatique en cours des risques sur la disponibilité de la ressource en eau et sa répartition, à la fois géographiques et temporelles, ainsi que sur sa qualité.

Dans de nombreux contextes géographiques, la question de la maîtrise de l'eau (l'irrigation comme le drainage et le contrôle des inondations) devient centrale pour le maintien de l'agriculture. L'irrigation est identifiée comme une des principales mesures d'atténuation des effets du changement climatique sur l'agriculture, la sécurité alimentaire des États et le développement rural en général. La crise des prix des denrées alimentaires de 2009 et les « émeutes de la faim » qui l'ont accompagnée contribuent à remettre l'irrigation à l'agenda des bailleurs internationaux. L'agriculture irriguée revient dans les politiques d'aide comme un outil pour l'amélioration de la résilience des sociétés rurales et comme un moyen de sécurisation de la production agricole mondiale devant une augmentation démographique qui se poursuit.

Sur la même période, la question du genre émerge dans les projets de développement en général. La Conférence de Dublin en 1992 identifie le rôle primordial des femmes dans la gestion de l'eau, même s'il est plus spécifiquement question de l'eau domestique. L'objectif du Millénaire 1 (« Éliminer l'extrême pauvreté et la faim ») fait du plein emploi, y compris pour les femmes et les jeunes (autre population identifiée comme fragilisée), une cible qui va se traduire par l'attente d'actions spécifiques en faveur des femmes et des jeunes dans les projets de développement en général. Les ODD énoncent les attentes en la matière, visant notamment à une intégration pleine des femmes dans la vie économique et leur droit aux ressources économiques et naturelles. Le projet d'irrigation prend donc une autre dimension sociale en cherchant à être facteur d'intégration des populations plus vulnérables que peuvent être les femmes et les jeunes du fait de l'organisation sociale et économique du site (pays) du projet. Le projet se doit alors d'être un facteur de développement économique équitable entre les différents types de bénéficiaires. Dans le même temps, il est demandé aux projets d'identifier (puis éventuellement d'atténuer) les impacts du système irrigué sur l'organisation sociale locale.

Les préoccupations sociales et environnementales

Ces évolutions traduisent des préoccupations croissantes à l'égard des milieux (milieu naturel et social en particulier) dans lesquels s'inscrivent les projets, et d'une volonté d'inscrire les systèmes irrigués dans ces milieux plutôt que l'inverse. Pour autant ces évolutions restent difficilement mises en œuvre, les études d'impact n'aboutissent pas souvent à des mesures opérationnelles et efficaces pour éviter ou limiter les effets négatifs des

infrastructures. La réalité des projets reste encore très fortement centrée sur les enjeux techniques et sur une rentabilité financière qui, bien que souvent mal évaluée et peu pertinente, prévaut le plus souvent sur les questions sociales ou environnementales.

Conclusion : maintenir une vision dynamique de l'irrigation

CE BREF RETOUR HISTORIQUE SUR LES POLITIQUES D'AIDE À L'IRRIGATION sur les cinquante dernières années a tenté à la fois d'identifier les principales dimensions de l'irrigation, de la technique aux aspects environnementaux, et d'illustrer l'évolution des perceptions et des principes mis en œuvre. Quelques déterminants de ces évolutions ont été cités, mais la description présentée ici reste simpliste pour décrire des processus complexes et souvent lents, où se mêlent dans un continuum enjeux locaux et politique internationale. Ainsi, les approches des systèmes hydro-agricoles et la conception des projets d'irrigation ont évolué dans le temps. On peut imaginer que d'autres dimensions émergent à l'avenir et que ces dimensions se réorganisent entre elles. Il semble donc primordial de maintenir une vision dynamique de l'agriculture irriguée, ouverte aux influences et aux changements.

2. Y-a-t-il de bonnes politiques publiques en matière d'irrigation ?

François Molle

EN RAISON DE LA MULTIPLICITÉ DES ENJEUX ET DES DIMENSIONS DE L'IRRIGATION, les politiques publiques pour le développement agricole par l'irrigation doivent relever de nombreux défis, dans des conditions rendues encore plus difficiles par le changement climatique. Une politique d'irrigation repose sur une vision de développement agricole durable dans un contexte de disponibilité de l'eau physiquement et économiquement de plus en plus contrainte, et de terres irrigables de plus en plus rares et convoitées. Cette vision doit intégrer les enjeux des développements rural et urbain, de la conservation de la ressource en terres et de son juste partage, ainsi que de la satisfaction équitable des besoins des différents usages de l'eau. Une attention particulière est donnée à la santé humaine, à la préservation des milieux naturels et de la biodiversité.

Les politiques publiques de l'irrigation et leur contexte

I Préambule sur le processus d'élaboration des politiques publiques

L'élaboration de « bonnes politiques publiques » en matière d'irrigation, comme pour d'autres politiques sectorielles, suggère implicitement qu'il doit être possible, par une démarche rationnelle et bien informée, de définir un ensemble de mesures et de décisions permettant d'atteindre des objectifs considérés comme correspondant au bien commun. Depuis longtemps, les sciences politiques ont montré le caractère très limité, voire illusoire, d'une telle conception rationalisante. On a ainsi introduit le concept de rationalité limitée (*bounded rationality*) pour souligner l'impossibilité pour les décideurs de réunir des informations suffisantes, de se représenter la complexité du système ou de prendre des décisions qui ne soient pas influencées par les émotions, les idéologies ou les intérêts. Les chercheurs ont également démontré, entre autres : l'importance des contextes économiques, sociaux et politiques ; la prégnance des logiques de reproduction bureaucratique et de luttes intestines ; la dépendance au sentier généré par les décisions antérieures ; l'importance des coalitions et des réseaux se tissant entre des décideurs en situation de pouvoir et ceux qui cherchent à les influencer, etc.

Les politiques publiques induisent une tension inévitable entre la nécessité d'une stratégie lisible et la complexité du réel. En d'autres termes, une politique publique nationale

est fatalement, ou nécessairement, normée et assez largement uniforme. Elle peut distinguer des situations différentes et énoncer des exceptions, mais ne peut les multiplier sous peine de brouiller le dispositif, d'en complexifier la mise en place par l'administration et de susciter d'interminables plaintes et demandes d'exception. D'un autre côté, plus la politique publique est uniforme et basée sur une vision simplifiée et simplificatrice du monde (*seeing like a state*), plus elle risque de générer des situations incohérentes, injustes ou inefficaces et de réduire l'efficacité de la politique recherchée. Par exemple, un barrage collinaire peut être un atout ici, alors qu'il sera contreproductif là, bien que justifié par une même politique générale. Cette tension entre complexité du réel et nécessité de simplification politique et bureaucratique peut être vue comme indépassable, mais il est nécessaire de la garder à l'esprit pour tenter d'atteindre un certain équilibre entre deux extrêmes.

Au lieu de postuler l'existence *a priori* de politiques publiques optimales, il nous faut, de manière plus réaliste, reconnaître les tensions existant, d'une part, entre les intérêts privés, politiques, bureaucratiques et les intérêts collectifs et, d'autre part, entre rationalité et intérêts ou idéologies. Il faut également considérer l'idée de l'intérêt général comme étant largement contingente et socialement construite. Ceci milite pour une politique sectorielle qui ne soit pas seulement décrétée, quelles que soient les bonnes intentions qui la motivent. Elle doit être construite à travers un processus qui intègre autant que possible les différents acteurs concernés, ainsi que les visions et les intérêts qu'ils portent.

I Des politiques publiques dans des contextes socio-économique et politique instables

Les politiques publiques ne se construisent pas dans le vide ; elles sont souvent fortement influencées, voire surdéterminées, par des réalités sociales, des objectifs politiques ou des choix de modèles de développement. La faiblesse des politiques publiques concernant la surexploitation des eaux souterraines, par exemple, s'explique en grande partie par le fait que l'accès à l'eau souterraine n'est pas seulement une option compensatoire pour les agriculteurs des systèmes publics qui ne reçoivent pas leurs dotations (par exemple, en Algérie ou au Maroc). C'est aussi une « soupape d'échappement » car cela permet d'accroître les revenus ruraux et de réduire la pauvreté sans investissement public majeur (Kuper *et al.*, 2016). Dans le contexte post-Printemps arabe volatile de la région Afrique du Nord-Moyen Orient, les contrôles des puits illégaux ou d'autres violations, comme l'empiètement urbain sur les terres agricoles ou les vols d'eau, sont devenus extrêmement problématiques.

Le contexte politique influence aussi les politiques publiques de certains acteurs, comme de grands investisseurs qui ont investi ou veulent investir dans l'agriculture exportatrice à haute valeur ajoutée (par exemple au Brésil, en Turquie, en Égypte, en Jordanie ou au Maroc) ou plus généralement du « lobby agricole ». Le poids de ce dernier reste important dans de nombreux pays (France, Espagne, ...), mais il peut diminuer quand l'importance économique, sociale ou stratégique de l'agriculture (irriguée) s'estompe (par exemple, en

Jordanie ou en Israël). Une illustration récente est le projet du « 1,5 million de feddans » du Président Sisi qui cherche à étendre l'irrigation dans les déserts égyptiens. Sa promotion renvoie aux incarnations antérieures, peu probantes, de la même idée depuis l'époque de Nasser (Sim, 2015). Le projet associe les intérêts de l'armée et de grands investisseurs à des objectifs sociaux et politiques de distribution de terre à de petits agriculteurs.

Enfin, les caractéristiques et les évolutions internes aux gouvernements en place (changements d'interlocuteurs ou de configurations ministérielles, captage de rente, cultures bureaucratiques, etc.) dessinent un contexte très fluctuant qui rend difficile la poursuite d'une politique cohérente de longue haleine. Dans certains cas, l'appui du politique (par exemple, ministres ou président) peut donner un coup de pouce et accélérer les choses, tandis que dans d'autres, l'absence de vision partagée empêchera tout progrès significatif.

I Modèle de développement et place de l'irrigation

Le débat sur l'intérêt ou la priorité d'investir dans l'irrigation est lié au débat plus large sur les objectifs et les modalités du développement économique, et en particulier à la place que l'on souhaite donner à l'agriculture. Certains mettent en avant l'importance de l'irrigation dans la dynamisation et la productivité de l'agriculture, en tant qu'accélérateur de croissance rurale et vecteur d'investissements publics et privés, etc. La question n'est cependant pas forcément « ce que fait » l'irrigation, mais à quel coût et comment l'on peut comparer l'impact des investissements dans ce secteur à celui qu'on obtiendrait en les reportant sur d'autres secteurs (transports, industrie, éducation, santé). Les outils économiques permettant de faire de telles comparaisons peinent à offrir des conclusions robustes. Dans le domaine de l'irrigation, le débat a porté par exemple sur la manière dont les bénéfices et les coûts sont pris en compte. Certains ont proposé des méthodes considérant les multiplicateurs d'entrées-sorties (*input and output multipliers*) qui essaient de comptabiliser les impacts indirects en amont et en aval de la production proprement dite, tandis que d'autres préconisent de ne considérer que les impacts directs. Les évaluations des impacts environnementaux ou des besoins de maintenance non satisfaits (*delayed maintenance*), de l'impact de l'échelle de temps considérée ou de facteurs exogènes comme les prix des marchés, font que l'on ne sait guère, ni *ex ante* ni *ex post*, ce que sera ou a été la rentabilité des investissements (voir chapitres 7 et 9). Ces incertitudes s'étendent, par exemple, aux débats sur les mérites respectifs de la « grande irrigation » (étatique) et de la « petite irrigation » (villageoise ou individuelle) (Merrey et Sally, 2017). Elles laissent donc une grande latitude pour opérer des choix selon des critères plus politiques.

L'irrigation n'est pas un objectif désirable en soi qu'il s'agirait de poursuivre en dehors de toute autre logique ou de contraintes spécifiques. C'est pourtant le principe qui a présidé à l'essor de l'irrigation publique à l'époque coloniale. Puis dans la deuxième moitié du xx^e siècle, de puissantes bureaucraties ont poursuivi ce qu'il est convenu d'appeler une « mission hydraulique » consistant à mettre en valeur les ressources en eau à travers de grands barrages (pour l'alimentation en eau potable, la production d'électricité ou

l'agriculture) et des infrastructures d'irrigation à grande échelle. Dans des pays comme l'Espagne, le Maroc, la Tunisie, l'Égypte, la Turquie, l'Iran, l'Inde, le Mexique, la Thaïlande, la Chine ou le Vietnam, ces « hydrocraties » ont reçu des budgets considérables pour étendre ces infrastructures hydrauliques pendant des décennies. Cette politique répondait en partie à un contexte de crise agraire, de besoin d'une production alimentaire accrue et stabilisée, et de lutte contre la pauvreté, même si s'y mêlaient aussi des objectifs de légitimation politique et de construction des États (Molle *et al.*, 2009). Ces nécessités ou ces justifications ont longtemps relégué la rationalité économique au second plan.

Avec les différentes crises budgétaires ou les ajustements structurels à partir des années 1980, la mise en valeur de la plupart des zones favorables (à l'exception de l'Afrique), la montée des pénuries en eau et la baisse tendancielle du prix relatif des denrées alimentaires⁶, ces investissements publics ont été questionnés et se sont ralentis. Ils ont laissé en partie la place à des investissements privés qui exploitent les niches de haute valeur ajoutée dans la production fruitière ou maraîchère grâce à leur capital et à leur technicité. C'est le cas au Soudan, en Égypte, au Pérou, au Mexique et au Brésil. Les politiques publiques (mais aussi les documents de la Banque mondiale) tendent à valoriser discursivement et à légitimer une irrigation privée entrepreneuriale (produisant plus de valeur ajoutée, plus efficiente, etc.) comme modèle alternatif à l'investissement public dans le secteur de l'irrigation.

Pour de nombreux pays qui ont largement (sur)développé leur irrigation et surexploité leurs ressources en eau, la poursuite d'investissements à l'hectare de plus en plus coûteux interpelle et révèle des logiques de reproduction bureaucratique⁷. En Turquie, l'État affiche des objectifs ambitieux d'expansion de l'irrigation à l'horizon 2023. Ces objectifs sont présentés comme une politique nationale indiscutable, malgré le fait qu'un tiers des infrastructures d'irrigation existant est actuellement inutilisé (Özerol *et al.*, 2012). La Thaïlande maintient des objectifs d'expansion de l'irrigation et de mobilisation de l'eau malgré des coûts d'investissement (à l'hectare ou au mètre cube d'eau) économiquement absurdes. D'autres pays, notamment africains, conservent un potentiel important de développement de l'irrigation. Mais, quel modèle faut-il proposer ? Pour qui ? Comment et avec quels financements ? Ce sont là des questions centrales des politiques de l'irrigation.

L'agriculture irriguée doit mettre en valeur les ressources de chaque territoire. Si elle a pu générer de nombreux bénéfices en termes d'emploi, de sécurité alimentaire ou de revenu rural, les trajectoires économiques des pays montrent qu'elle ne peut constituer – à terme – le moyen privilégié d'absorption du croît démographique ou de production de richesse.

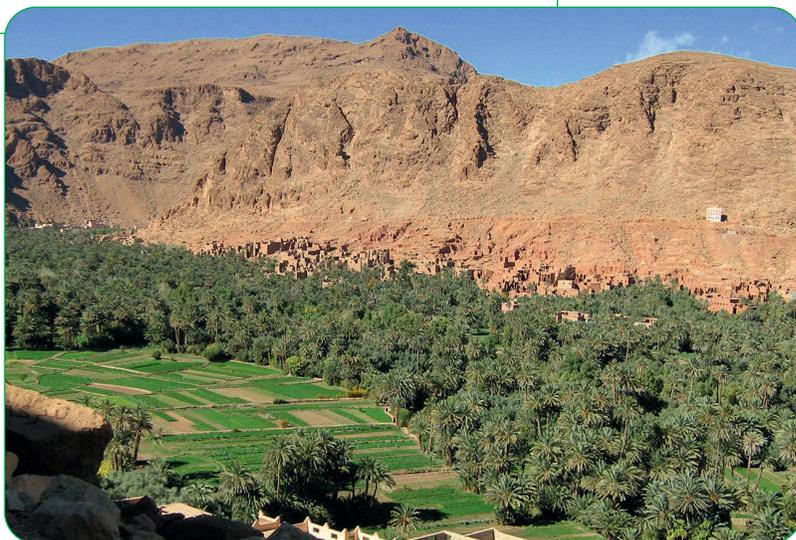
6. Le prix relatif des denrées alimentaires a été divisé approximativement par deux entre 1960 et 2000, un succès au niveau global auquel a contribué l'essor de l'irrigation.

7. Les objectifs politiques n'invalident pas forcément la justesse ou la légitimité d'une volonté politique de développer ou de moderniser l'irrigation. La sécurisation (*securitizing*) du débat est un procédé consistant à clore le débat en imposant, au nom de grands principes indiscutables, la sécurité nationale, la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté, etc. C'est une stratégie déjà définie politiquement. Elle se traduit néanmoins par une imposition autoritaire qui ignore toute nuance ou alternative, à l'opposé d'un processus plus ouvert et inclusif laissant le temps aux idées de mûrir et aux acteurs de s'approprier la politique en gestation.

En outre, dans certains pays où l'illettrisme est encore important, le sous-investissement historique dans la santé ou l'éducation obère les possibilités de développement économique, alors que le secteur agricole ne peut à lui seul absorber le croît de main-d'œuvre découlant d'une natalité encore élevée.

Photo 2.1. Oasis dans la basse vallée du Todgha, Maroc

© Sylvain Lanau, IRC.



Cohérence des politiques d'irrigation

UNE POLITIQUE PUBLIQUE DE L'IRRIGATION peut recouvrir des objectifs assez différents. Dans ce chapitre l'accent est mis sur les politiques d'expansion ou de modernisation de l'irrigation.

I Quelles sont les institutions des politiques publiques de l'eau et de l'irrigation ?

Une « bonne » politique de l'irrigation est-elle facilitée par une configuration institutionnelle particulière, en particulier par une certaine organisation ministérielle ? Faut-il que chacun de ces secteurs (eau, agriculture, environnement, énergie, pour se limiter aux plus importants) soit porté par un ministère à part entière ou faut-il plutôt intégrer certains d'entre eux dans un même ministère ou encore en subordonner certains à d'autres ? Les pays anglo-saxons promeuvent souvent un système où l'environnement est intégré à une fonction de régulateur qui définit les grandes lignes de la gestion environnementale

auxquelles devraient se subordonner les autres ministères. En Europe, le modèle le plus courant (mais récent) est celui d'une fusion entre les domaines de l'eau et de l'environnement dans un même ministère, comme en France, en Italie ou aux Pays-Bas.

Il est difficile de tirer, *a priori*, des conclusions de ces compositions administratives diverses. Le domaine de l'environnement, comme c'est le plus souvent le cas, risque d'être marginalisé, qu'il soit un ministère autonome (par exemple, la Tunisie, l'Égypte et la Thaïlande) ou intégré à un plus gros ministère avec d'autres domaines (le Maroc ou la Turquie). Ce n'est pas tant l'organigramme sur le papier qui définit l'équilibre des pouvoirs et des objectifs correspondants que le poids politique réel de chaque administration, ainsi que les mécanismes en place, quand il y en a, pour gérer les interfaces et les arbitrages. L'exemple de la France montre qu'environnement et aménagement peuvent être placés dans le même ministère. Cependant, transformer les contradictions en compromis demande des mécanismes d'arbitrage internes *ad hoc* (Lascombes, 2014).

En bref, la configuration formelle varie et ne préjuge pas forcément de la nature de la régulation du secteur irrigué, ni du degré de soutien qu'il – et plus généralement l'agriculture – reçoit. En dehors de certains pays du Nord et à des degrés divers, il est toutefois rare que la régulation de l'exploitation de l'eau rationalise ou soit un frein au développement de l'irrigation. Ce sont plutôt l'oubli des réalités hydrologiques et la priorité au court terme sur le long terme, notamment en ce qui concerne l'exploitation des eaux souterraines, qui prédominent.

I Cohérence interne des politiques d'irrigation

Les choix de mise en valeur ou de modernisation de l'irrigation à grande échelle ont des implications sur le secteur agricole dans son ensemble, tant en ce qui concerne la nécessité d'assurer les conditions du succès de ces investissements que les impacts qu'ils auront en retour sur ce secteur et sur d'autres. On doit s'assurer que les divers éléments de la politique agricole sont en cohérence avec les projets envisagés, en particulier que les facteurs de production et de valorisation sont disponibles à des prix compatibles avec le montage économique des projets.

Certes, il s'agit là de conditions évidentes de la construction des projets de développement et de l'élaboration de politiques publiques, mais le soin apporté à ces divers éléments conditionne leur succès.

Les problèmes fonciers. Le développement de l'irrigation pose des problèmes fonciers quel que soit le type d'irrigation envisagé : périmètres publics avec des bénéficiaires installés ; baux pour des grandes compagnies ; flexibilisation des structures foncières comme au Maroc ; conflits avec les éleveurs ou les nomades, comme au Moyen Orient ou en Afrique de l'Ouest ; dépossession des populations locales, comme en Éthiopie ou au Laos (voir chapitre 4). La sécurisation foncière doit faire l'objet de réflexions détaillées : quels sont les droits de transmission ou de cession à des tiers ? Comment les formaliser ? Quels sont les risques d'éviction ? etc.

L'accès au capital et en particulier au crédit de campagne est souvent problématique. Dans de nombreux pays en effet, on demande des garanties que les paysans ne peuvent apporter, en particulier dans les cas où le foncier n'est pas formalisé ou le paysan est locataire de la terre.

La main-d'œuvre. L'irrigation peut absorber la main-d'œuvre locale éventuellement excédentaire. Mais, il y a des cas inverses où l'agriculture est déjà dépendante d'une main-d'œuvre migrante temporaire (par exemple, les Laotiens vont récolter le riz dans le nord-est de la Thaïlande).

Besoin de connaissances techniques. L'irrigation induit des changements techniques, des cultures nouvelles et une gestion de l'eau qui ne font souvent pas partie des pratiques locales. Ils nécessitent donc un apprentissage et une production locale de connaissance.

La commercialisation est souvent un aspect problématique quand l'accroissement de la production déstabilise potentiellement les filières en place (surproduction, chute des prix). C'est le cas lorsque la qualité des produits n'est pas celle demandée par le marché, ou quand les possibilités de stockage, de séchage, de réfrigération, de transport ou de transformation sont insuffisantes.

La pérennité des infrastructures est un point crucial qui oblige à définir les modalités d'exploitation et de maintenance du système : qui fait quoi ? Qui paye quoi ? Qui est responsable ? Qui décide ? Dans le cas (fréquent) où le type d'irrigation envisagé nécessite une organisation collective de la gestion de l'eau, il faut explorer le contexte sociologique local, analyser les relations entre l'administration et les irrigants, et tenter d'établir des relations équilibrées avec des obligations réciproques (*accountability*). La mise en place de l'organisation d'irrigants autonomes est souvent un point d'achoppement avec l'administration (voir chapitre 9).

Le cadre institutionnel. Plus généralement, la mise en œuvre d'une politique d'irrigation ou sa construction par briques successives ne peuvent se passer de l'existence ou de la création d'un cadre institutionnel couvrant les différents rôles et responsabilités. Ces rôles et responsabilités sont répartis entre acteurs institutionnels (État, administrations déconcentrées, instances décentralisées de décision – territoriales ou disposant de légitimité électorale –, sociétés d'aménagement, etc.) et ceux émanant de la société (organisations socioprofessionnelles, associations d'usagers, prestataires de services, opérateurs et fournisseurs, interprofessions filières, organisations paysannes, coopératives, ...).

La ressource en eau doit être assurée. Si cela va de soi, cette condition n'est cependant pas triviale parce que la nature stochastique de l'hydrologie (avec des événements extrêmes rendus plus intenses et plus fréquents par le changement climatique), des connaissances limitées (en particulier sur les eaux souterraines et sur les flux entre eaux souterraines et eaux superficielles), une gestion nécessairement politique du risque (par exemple, la gestion d'un barrage qui est à la fois écrêteur de crues, producteur d'électricité, et stockage pour la saison sèche), voire les obligations internationales – pour prendre seulement quelques exemples – font qu'il n'y a pas une réponse unique à cette question.

I Des politiques sectorielles souvent antagonistes

Parce qu'elles croisent plusieurs systèmes sociaux et naturels complexes, les politiques d'irrigation influencent et sont influencées par les autres politiques sectorielles. Il convient donc d'explorer les compatibilités et les contradictions possibles entre ce qui va être décidé et ce qui l'a déjà été dans d'autres secteurs, ou même plus largement dans le secteur agricole.

Les contradictions et les conflits entre les administrations en charge de l'agriculture et celles en charge de l'eau sont fréquents. Les administrations en charge de l'agriculture se préoccupent d'augmenter les surfaces irriguées et la production, tandis que les administrations en charge de l'eau sont concernées par la ressource et les pénuries récurrentes. Au Maroc par exemple, le plan Maroc Vert, impulsé avec force par le ministère de l'Agriculture, favorise l'expansion et l'intensification de l'agriculture irriguée, même dans les zones où les nappes phréatiques baissent déjà d'un mètre par an en raison d'une surexploitation. En Égypte, le ministère des Ressources en eau et de l'Irrigation (MWRI) et le ministère de l'Agriculture ont des différends portant sur diverses questions, notamment sur le potentiel d'une modernisation de l'agriculture. En effet, le ministère de l'Agriculture promet de passer à la micro-irrigation pour économiser 12 milliards m³ d'eau, bien que le ministère des Ressources en eau et de l'Irrigation ait montré qu'un tel objectif était illusoire, voire absurde.

Les contradictions entre les politiques publiques apparaissent également en ce qui concerne les politiques économiques, dont les subventions favorisent parfois certaines cultures qui augmentent la consommation d'eau. Cela a été le cas, par exemple, avec les subventions de l'Union européenne à la culture du maïs (en France et en Espagne), une plante aux forts besoins en eau, bien que les subventions soient découplées actuellement des décisions de production des agriculteurs.

L'intégration entre l'irrigation et les aspects environnementaux est également très limitée dans la plupart des pays (Jordan et Lenschow, 2010). On accroît les installations et la consommation d'eau pour l'irrigation malgré leur impact sur les débits d'étiage (par exemple, en Espagne ou en Tunisie), les sources et les zones humides (oasis d'Azraq en Jordanie, palmeraie de Marrakech, lac d'Ichkeul en Tunisie, lac de Konya en Turquie, etc.), la biodiversité associée aux milieux aquatiques, les sols (salinisation, engorgement), les zones côtières (intrusions salines dans la plupart des pays) et les aquifères de manière générale (nitrates et surexploitation). Dans la plupart des cas, on néglige ces impacts dans un premier temps pour essayer de les atténuer par la suite.

Enfin, le développement de l'irrigation a souvent des implications en termes de consommation d'énergie. Parce que l'eau doit fréquemment être pompée ou mise sous pression (réseaux de canalisations ou micro-irrigation), de nombreux aménagements hydro-agricoles présentent des besoins énergétiques importants. Lorsque l'eau doit d'abord être traitée voire dessalée, ces besoins énergétiques – et les coûts connexes – peuvent exploser. Cela s'applique également aux transferts entre bassins et à leurs coûts de pompage (par exemple en Algérie, en Chine et en Tunisie), qui sont également l'un des principaux obstacles au

transfert Nord-Sud prévu au Maroc. Ces coûts n'invalident pas bien sûr l'intérêt de l'irrigation, mais il faut mieux les prendre en compte. Par exemple, la Tunisie et la Turquie ont cherché à autonomiser des groupements d'irrigants dépendants d'un même puits collectif, mais ces groupements ont beaucoup de mal à trouver un équilibre financier.

Ces coûts énergétiques sont souvent réduits par des subventions publiques pour l'essence, le gaz ou l'électricité, avec le cas extrême de certains États indiens où l'électricité pour le pompage est gratuite. Mais cela tend à encourager l'usage de l'eau là où elle est déjà en quantité insuffisante. Ces coûts ont aussi généré un engouement récent pour l'utilisation de panneaux solaires afin de réduire les frais de pompage pour les eaux souterraines. Des pays comme le Maroc et l'Égypte ou certaines régions espagnoles encouragent et même subventionnent cette option. Quant à la Jordanie, elle semble avoir anticipé le risque à juste titre, le ministère de l'Eau ayant jusqu'ici écarté cette idée. Le récent rapport de la FAO (2018) sur « Les avantages et les risques de l'irrigation avec l'énergie solaire » souligne d'ailleurs que « si cette option n'est pas adéquatement gérée et réglementée, elle comporte le risque de promouvoir une utilisation non durable de l'eau ». Mais elle l'encourage néanmoins dans des contextes où la réglementation est pourtant notoirement problématique.

Les politiques de modernisation par l'introduction de la micro-irrigation fournissent une bonne illustration de la difficulté de penser des politiques ou des réformes en considérant leurs interrelations avec d'autres secteurs. Elles ont les allures d'une bonne politique, mais ont souvent des conséquences systémiques complexes et parfois inattendues, par exemple sur la circulation et l'allocation de l'eau, le marché du travail, l'équité, les besoins en énergie ou les prix du marché (voir chapitre 3).

■ Le processus d'élaboration des politiques

On parle de politique publique « lorsqu'une autorité politique locale ou nationale tente, au moyen d'un programme d'action coordonné, de modifier l'environnement culturel, social ou économique d'acteurs sociaux saisis en général dans une logique sectorielle » (Jacquemain et Frère, 2008). L'autorité en charge de son élaboration propose une représentation de la réalité sur laquelle elle entend intervenir. Cette réalité est soumise à différentes influences reflétant les intérêts et les idéologies des parties prenantes et leurs pouvoirs respectifs. Comprendre le processus en cours et les acteurs peut permettre de trouver les bons leviers pour orienter les politiques.

La surdétermination des décisions correspondant à des impératifs ou à des choix éminemment politiques a été évoquée plus haut. La rationalité des études techniques, qu'elles soient internes ou confiées à des bureaux d'étude, peut alors être affaiblie par la nature même de la demande du commanditaire. Le bureau d'étude incorpore implicitement la volonté de l'État de réaliser le projet ou de lancer un programme donné. Il se limite le plus souvent à indiquer des risques ou des impacts potentiels négatifs qui seront alors atténués (*mitigated*). Ceci explique que, sauf (très) rare exception, les études de faisabilité concluent invariablement à la faisabilité du projet ou de la stratégie.

Photo 2.2. Canal principal du périmètre du lac Alaotra, Madagascar
© Jean-Yves Jamin, Cirad.



L'élaboration des politiques publiques est également influencée par les idées façonnées au niveau des communautés épistémiques globales, des forums mondiaux, divers événements sur le sujet de l'eau, notamment le séminaire annuel à Stockholm « *water week* », et d'autres rendez-vous des professionnels de l'eau. Ces idées donnent lieu à des transferts de concepts et de politique publique au niveau international (Dumoulin et Saurugger, 2010). Elles sont en général articulées autour de modèles et de concepts tels que gestion intégrée des ressources en eau (*integrated water resources management*), gouvernance adaptative, sécurité hydrique, liens eau-énergie-alimentation et partenariats public-privé souvent présentés comme apolitiques et promouvant une vision techno-managériale des problèmes de l'eau.

Le rôle des bailleurs de fonds, notamment de la Banque mondiale, dans la définition des politiques publiques est capital. Les bailleurs sont des forces de proposition, mais ils sont également et fréquemment porteurs d'idéologies propres et de modèles. Engagés dans la coconstruction de stratégies, de politiques ou de projets, ils cherchent à instiller une rationalité économique et institutionnelle garante d'une meilleure efficacité en termes d'impact socio-économique et de durabilité des investissements. Un dialogue constructif permet un meilleur alignement des logiques. Par exemple, l'agence française de Développement (AFD) a régulièrement tenté d'intégrer dans ses objectifs le financement d'infrastructures, des volets institutionnels dédiés au renforcement des capacités des acteurs et de leurs organisations, ainsi que l'élaboration de politiques publiques sectorielles. Mais, des actions raisonnées et construites, qui nécessitent du temps et de la concertation, sont de plus en plus difficiles à mettre en place.

L'expérience du Cambodge montre que dans un contexte politique contraint, la cohérence de l'action est largement pragmatique. Elle se construit au fil du temps et de façon adaptative pour répondre à des situations et à des besoins empiriques, plutôt qu'à partir d'une vision qui aurait été définie *a priori* (encadré 2.1).

La réalité du terrain impose donc une approche qualitative, incrémentale, qui amène à une réévaluation périodique des fins et des moyens, à l'image du *muddling through*⁸, ou comme une forme partielle de gestion intégrée de la ressource en eau (*light*), préconisée par Moriarty *et al.* (2004) et basée sur des réalités locales particulières plutôt que sur des analyses plus englobantes.

Encadré 2.1. Politiques de l'irrigation et contexte mouvant : le Cambodge.

L'agence française de Développement (AFD) accompagne le Cambodge dans la réflexion sur ses politiques de l'irrigation depuis 1995. Un investissement particulièrement important a été concentré sur les périmètres de Stung Chinit et Prey Nup destinés à servir de modèles à l'organisation des irrigants en associations d'usagers de l'eau, *Farmer Water User Community* (FWUC). L'AFD a en particulier suscité et soutenu l'établissement d'un fonds de maintenance, la création d'une ONG de soutien à ces associations d'irrigants, le renforcement des capacités de ces organisations et des services des ministères. Il a aussi tenté de promouvoir la création d'une association de ces usagers en se basant sur une analyse de leurs besoins plutôt que sur une approche descendante et uniforme.

Ces efforts cohérents ont toutefois rencontré un succès mitigé à cause d'un contexte bureaucratique et politique complexe et mouvant : stratégies individuelles au sein de l'administration, culture bureaucratique du contrôle, compétitions interministérielles, captage de la rente liée à l'intervention de nombreux pays et organismes de coopération en compétition, évolutions politiques, changements internes à l'AFD (retrait entre 2009 et 2013) et alliances fluctuantes avec d'autres bailleurs de fonds. Ce contexte a nécessité une adaptation constante de la stratégie guidée par l'objectif général adopté. Cela a généré une trajectoire en zig-zag avec un fonctionnement largement en vase clos, face à une réalité sur laquelle l'AFD n'avait pas forcément beaucoup de prise (Fontenelle et Venot, 2017).

Enfin, il faut noter que les bailleurs de fonds sont, eux aussi, soumis à des contraintes structurelles qui traduisent une financiarisation croissante de leur activité : incitations internes (intervenants évalués voire payés sur la base des prêts mis en place, mise en concurrence des différents secteurs de prêt, préférence pour de gros projets qui réduisent les coûts de gestion, etc.) ou externes (prêts à risque faible ou nul, sollicitations des États clients ou partenaires). Ces incitations reflètent en définitive la finalité première d'une banque.

8. L'incrémentalisme stipule que les politiques publiques évoluent le plus souvent de façon graduelle et à petits pas (Lindblom, 1959).

Les bailleurs sont soumis au même problème lié à une organisation « en silo » que les administrations. Par exemple, les départements Eau, Agriculture et Environnement de la Banque mondiale communiquent peu. Les bailleurs sont également soumis aux problèmes de coordination, ce qui les conduit souvent à organiser des instances de discussion entre eux. Le contexte international tend à induire un fonctionnement comptable et financier, ainsi qu'une politique du chiffre. En conséquence, les banques de développement sont de plus en plus en compétition en répondant par exemple à des appels à cofinancement de l'Union européenne. Elles sont maintenant supplantées par des pays offrant des prêts ou des projets clé en main sans conditionnalités (Chine, États du Golfe, etc.), voire des investisseurs privés passant directement des accords avec les États. Ces évolutions ont un impact conséquent sur la formation des politiques publiques et la définition de projets.

L'irrigation et la ressource en eau

L'IRRIGATION REPRÉSENTE PRÈS DE 90 % DES CONSOMMATIONS MONDIALES en eau (Döll et Siebert, 2002). Dans un contexte de tension accrue sur la ressource, il est clair qu'il convient de raisonner son développement au niveau national, mais aussi au niveau de chaque nappe et bassin.

Dans de nombreux bassins, l'expansion de l'irrigation pendant la deuxième moitié du ^{xx}e siècle a engendré une demande qui dépasse fréquemment les ressources disponibles, précarisant cette activité d'un point de vue économique. En parallèle, la demande domestique et industrielle a également augmenté. Dans tous les pays, la priorité est donnée à cette dernière, que cela soit par la loi ou *de facto*. La variabilité hydrologique est donc largement transférée au secteur agricole et à l'environnement. La demande environnementale (débits réservés dans les rivières), bien que souvent reconnue de façon assez vague, est prise en compte de manière croissante dans un certain nombre de pays. De plus, la vulnérabilité de la demande totale se trouve maintenant accrue par l'augmentation de la variabilité climatique et, souvent, un déclin plus ou moins important des moyennes de précipitations annuelles. En conséquence, la demande en eau du secteur irrigué se trouve tendanciellement face à un double effet ciseau (*double squeeze*) qui reflète à la fois une baisse fréquentielle de l'offre et la croissance des autres demandes prioritaires. Elle engendre une situation où la demande de l'agriculture ne peut être satisfaite (figure 2.1). Le déficit se traduit à court terme par une réduction des rendements ou des superficies irriguées et/ou un déstockage des nappes. En termes de politiques publiques, il se traduit par un examen comparé des politiques d'offre et de la demande. Sur le long terme, il faut remarquer l'existence de deux facteurs compensatoires :

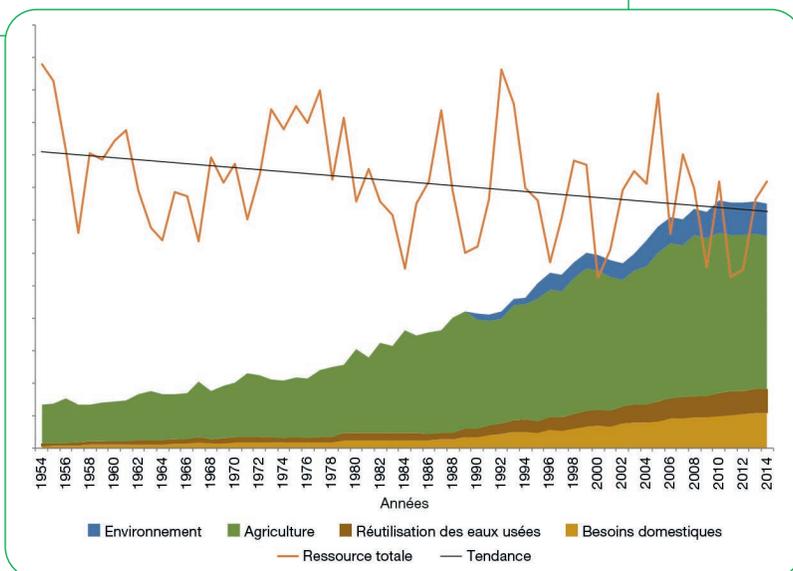
- la disparition de zones irriguées à cause de l'expansion urbaine ;
- l'augmentation de la demande en eau prioritaire des villes. Néanmoins, celles-ci restituent près de 80% de leurs prélèvements qui peuvent être alors réutilisés, traités ou pas, par l'agriculture. En Israël, ces volumes constituent maintenant 60 % de la ressource utilisée en agriculture.

Les politiques publiques d'irrigation, notamment celles qui concernent l'expansion de périmètres publics et le contrôle de l'exploitation des eaux souterraines, doivent être raisonnées en fonction de la disponibilité en eau et des politiques plus générales déterminant son offre et sa demande. Dans des situations, de plus en plus rares, où les ressources en terre et en eau sont suffisantes, les réflexions sur l'irrigation seront principalement d'ordre économique.

Dans un contexte où la ressource en eau est insuffisante, c'est-à-dire qu'elle induit une incertitude et une variabilité des volumes disponibles pour l'activité agricole, on cherche en général à améliorer l'adéquation entre la demande agricole et la ressource disponible par des politiques de l'offre ou de la demande. En termes très généraux, les premières consistent à augmenter la quantité d'eau disponible, tandis que les secondes cherchent à réduire les besoins ou la demande.

En termes politiques et au-delà de leurs rationalités technique ou économique respectives, l'augmentation de l'offre est en général l'option préférée par les décideurs, sauf dans les cas où elle rencontre une opposition particulière pour des raisons sociales ou environnementales. En effet, il s'agit pour l'État de trouver du capital pour mobiliser davantage de ressources – nouveaux barrages, transfert interbassins, usines de retraitement ou de dessalement – et donc d'en répartir la charge financière sur l'ensemble des citoyens (ou des générations futures) de manière largement invisible et indolore à court terme.

Figure 2.1. L'agriculture irriguée et le « double ciseau » (cas et unités hypothétiques) (Molle et Ibor Sanchez, 2019a).



Ces options intensives en capital confortent également les intérêts convergents des bureaucraties responsables de la gestion hydraulique, des politiciens, des consultants, des entreprises de construction et des banques de développement. Ces banques sont implicitement intéressées par la poursuite de tels investissements. On comprend ainsi la priorité souvent accordée aux politiques de l'offre.

Par ailleurs, les politiques de gestion de la demande, quand elles ne consistent pas à réduire les pertes par des investissements dans la modernisation des réseaux, impliquent d'induire une réduction, volontaire ou pas, des prélèvements réels des usagers (par la tarification par exemple), voire de réallouer la ressource de certains usagers à d'autres. En règle générale, ces alternatives sont beaucoup plus compliquées en termes sociaux et plus coûteuses en termes politiques. Cela explique pourquoi elles ne sont employées qu'en dernier recours, quand elles le sont.

Le potentiel de la gestion de la demande est bien plus limité qu'on ne le croit. Impopulaire, cette option est souvent introduite bien après que la pénurie d'eau soit devenue structurelle. Cela veut dire que le bassin est déjà en grande partie fermé, que les aquifères sont en déstockage progressif et que les retours d'usage (*return flows*), même pollués, sont depuis longtemps (ré)utilisés, grâce en particulier à des technologies de pompage de plus en plus abordables. Cette réalité hydrologique proche d'un jeu à somme nulle, voire négative en cas de déstockage massif des nappes, signifie que, au niveau du bassin ou de la nappe, les gains qui peuvent provenir de mesures réduisant les quantités d'eau appliquées sont souvent minimes.

Conclusion

L'IRRIGATION SE TROUVE À L'INTERSECTION DE DEUX MONDES systémiques ramifiés à travers de multiples échelles spatio-temporelles et institutionnelles : l'agriculture – et ses dimensions techniques, économiques, sociales, écologiques, etc. – et l'eau – avec toute la complexité des interactions entre eau et société à travers des échelles emboîtées. Les politiques de développement agricole par l'irrigation doivent être raisonnées sur la base de leurs implications environnementales et économiques. Du point de vue de la ressource en eau, il convient d'assurer la compatibilité entre une consommation accrue par l'agriculture et une ressource convoitée par les autres secteurs, y compris l'environnement, et souvent tendanciellement menacée par le changement climatique. D'un point de vue économique et sociétal, il s'agit de se donner les moyens d'une transition vers une économie où la part de l'agriculture irriguée est compatible avec la ressource en eau. À terme, cela implique d'être en mesure d'absorber le croît démographique dans les autres secteurs économiques.

Les intérêts sectoriels, qu'ils soient ceux de leurs acteurs économiques ou des administrations correspondantes, poussent souvent au cloisonnement et à la poursuite de politiques élaborées au détriment des autres ou en contradiction avec elles. Les mécanismes

d'arbitrage ou d'harmonisation doivent être réfléchis et mis en place. Les interconnexions de l'agriculture irriguée avec le secteur de l'eau dans son ensemble, ses différents usagers et ses fonctions environnementales, ainsi qu'avec les marchés de la terre, du travail, de l'énergie ou des intrants et des produits agricoles font que décisions et politiques publiques ont des ramifications particulièrement complexes à prendre en compte.

Il n'est pas toujours possible à la fois de représenter et d'anticiper cette complexité. On devra donc souvent se contenter d'une approche exploratoire ou adaptative où les fins et les moyens sont périodiquement reconsidérés en fonction des contingences et réalités politiques locales. Toutefois, ce *muddling through* et cette gestion intégrée des ressources en eau « *light* » imposés n'interdisent pas une cohérence d'ensemble sur le temps long fondée sur des principes généraux tels que la définition claire des rôles et des responsabilités, la recherche d'une certaine autonomie des associations d'usagers, une gouvernance plus intégrative, une attention aux aspects fonciers et aux filières concernées. Une bonne politique demande essentiellement une vision intersectorielle large, un engagement et une réflexion sur le temps long, un appui politique durable et une coconstruction vertueuse. Ces conditions ne sont pas forcément faciles à réunir dans un monde où le temps de la finance ou du politique s'accélère.

3. L'irrigation : un outil pour la sécurité alimentaire et le développement économique des territoires

Alexia Hofmann et Vatché Papazian

UNE DÉCISION D'INVESTISSEMENT PUBLIC DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA RIZICULTURE irriguée se trouve au croisement de plusieurs politiques publiques relatives à la ressource en eau (prélèvement ou mobilisation des eaux de surface, collecte, stockage, transfert, pompage, distribution), mais également au foncier rural (mobilisation, accès, sécurisation, affectation, concession), à l'agriculture (intrants, production, destination de la production), à l'environnement et au climat (prise en compte des obligations internationales et des règles nationales en matière d'environnement et de climat).

Ce contexte d'enchevêtrement complexe se traduit par des situations très diversifiées selon les pays ou les régions du monde. Il rend d'autant plus nécessaire de questionner, pour une agence de développement comme l'agence française de Développement (AFD), les déterminants de l'environnement politique et institutionnel pour éclairer les choix d'investissements opérés par les États, partenaires privilégiés de l'AFD, et veiller à ce que ces choix contribuent à des objectifs de sécurité alimentaire, de sécurisation foncière et d'équité sociale. Ce chapitre passe en revue les principaux éléments de politique qui entrent en ligne de compte pour la mise en valeur agricole des surfaces irriguées. Il s'intéressera plus particulièrement au riz irrigué, dont la production est le principal objectif des investissements publics réalisés pour des infrastructures hydro-agricoles en Afrique de l'Ouest et en Asie du Sud-Est.

Contexte et enjeux

I L'irrigation pourquoi ?

Le développement de l'irrigation est un enjeu crucial, pour augmenter les productions et diminuer les dépendances alimentaires⁹ des États africains en valorisant l'important potentiel

9. Ce potentiel des terres irrigables atteint plus de 50 % dans la majorité des pays africains.

de terres irrigables. Aujourd'hui, moins de 20% de ce potentiel est exploité¹⁰, les systèmes de production sans maîtrise de l'eau prédominent. L'irrigation permettra aussi d'intensifier de façon durable la production agricole dans les pays d'Asie du Sud-Est grâce à une bonne maîtrise de l'eau et permettra de faire face à une réduction des surfaces cultivables dans les deltas des fleuves due à la montée des eaux. Les rendements sont encore médiocres faute de maîtrise de l'eau dans la plupart des pays, excepté en Chine et au Vietnam.

En 2017, la FAO a calculé que le nombre de personnes sous-alimentées avait augmenté pour la première fois en l'espace d'une décennie, avec 815 millions de personnes souffrant de la faim chaque jour. Les prévisions sont qu'à l'avenir la sécurité alimentaire sera de plus en plus précaire avec une baisse des rendements des cultures pluviales des produits agricoles de base, une croissance de la demande portée par la croissance démographique – principalement dans les régions arides et semi-arides qui sont aussi les plus dépendantes des importations alimentaires¹¹ – et une diminution du disponible exportable. Cette diminution concerne notamment le riz, deuxième céréale consommée dans le monde et exporté à partir de l'Asie du Sud-Est. Selon le Groupe d'experts inter-gouvernemental sur l'évolution du climat (Giec), le changement climatique pourrait accroître de 20% les risques d'accentuation de la faim et de malnutrition d'ici 2050.

Le riz irrigué, par ses rendements, ses qualités nutritionnelles supérieures aux autres spéculations¹² et sa faible sensibilité au changement climatique, représente un facteur central de résilience face aux sécheresses plus longues et aux aléas pluviométriques qu'entraînera le changement climatique.

■ La riziculture justifie-t-elle les investissements hydro-agricoles menés par les États ?

L'économie mondiale du riz est caractérisée par un faible volume d'échanges internationaux (6% de la production), principalement en provenance d'un petit nombre de pays asiatiques excédentaires et à destination notamment de la Chine et de l'Afrique de l'Ouest. La production mondiale augmente de 1,2% par an, au rythme de la population. Tandis qu'elle stagne ou régresse depuis quelques années chez certains grands producteurs

10. Le potentiel irrigable de l'Afrique subsaharienne est largement sous-exploité par rapport aux autres régions du monde avec seulement 7 millions d'hectares de terres irriguées sur 183 millions d'hectares cultivés; soit un ratio terres irriguées/terres cultivées de 4% contre 20% dans le monde et 38% en Asie. Les prélèvements d'eau pour l'agriculture représentent moins de 2% du total des ressources renouvelables. En Afrique, on recense seulement 4 millions d'hectares de périmètres irrigués créés en 40 ans contre 25 millions d'hectares en Chine et 32 millions d'hectares en Inde. Cette tendance risque de se poursuivre (FAO, 2008).

11. Au xx^e siècle, la population des zones arides et semi-arides s'est en effet accrue presque deux fois plus vite que celles des zones humides : de 373 millions d'habitants en 1950 et 1187 millions en 2000, elle est projetée à 1792 millions en 2025.

12. Bénéficiant d'un ratio cal/ha élevé, le riz fournit un quart des calories consommées par l'homme sur terre. Il se prête bien à la fortification en micronutriments. Le riz se conserve facilement et permet de constituer des stocks. Enfin, il engendre moins de pertes post-récolte que d'autres productions, comme les tubercules et les productions maraîchères.

Photo 3.1. Rizière dans un périmètre de la SAED, Sénégal
© François Brelle.



asiatiques, à cause du coût croissant de la main-d'œuvre dans ces régions, elle continue à augmenter dans d'autres pays ayant un coût de la main-d'œuvre encore peu élevé. C'est notamment le cas en Inde (jusqu'à récemment), au Cambodge, en Birmanie et en Afrique de l'Ouest. Dans cette dernière région, la croissance de la production, quoique réelle sur la dernière décennie, reste insuffisante pour satisfaire une demande, essentiellement urbaine, en forte croissance. Ce déséquilibre engendre une dépendance grandissante aux importations en provenance de pays asiatiques.

En 2019, l'AFD a mené une analyse de la rentabilité de la riziculture irriguée avec une équipe d'experts. Cette analyse montre que, pour un riz de qualité courante, la rémunération associée à cette culture (autour de 12 €/j) reste intéressante pour la main-d'œuvre familiale en Afrique de l'Ouest, mais beaucoup moins dans les pays d'Asie du Sud-Est où les salaires ont tendance à augmenter régulièrement. Cela explique l'engouement observé dans cette région pour du riz de niche exporté vers les marchés à haut revenu (riz de qualité 'Jasmine' par exemple), qui rémunère nettement mieux le producteur (20 €/j).

Pour être économiquement rentable, un investissement dans des infrastructures hydro-agricoles doit permettre d'atteindre certains niveaux de rendement (5,5 à 6 t/ha en Afrique de l'ouest et 5 t/ha au Cambodge pour du riz courant, 2 t/ha pour du riz de niche) et d'intensité culturale (1,5¹³ en Afrique de l'Ouest). Ces conditions correspondent

13. La moitié des superficies est cultivée deux fois, l'autre moitié une seule fois dans l'année.

aux performances actuelles sur les périmètres considérés comme bien entretenus et exploités. Cependant, ce type de périmètres ne représente qu'une faible proportion des aménagements existant en Afrique de l'Ouest.

En Afrique de l'Ouest, l'analyse confirme l'intérêt de la riziculture irriguée par rapport aux autres systèmes de production actuellement dominants (riz de bas-fonds et riz pluvial), tant du point de vue économique que de celui du revenu du producteur. Elle confirme aussi la nécessité de développer l'irrigation pour répondre au défi de la souveraineté alimentaire. En Asie du Sud-Est, l'analyse montre l'intérêt de l'irrigation en maîtrise totale, plus rémunératrice pour le producteur que la riziculture inondée traditionnelle, et l'intérêt économique qu'il y a à s'orienter vers des riz de spécialité ou l'introduction de cultures à haute valeur ajoutée sur les périmètres.

Dans ce contexte, la problématique économique de développement de l'irrigation se pose en termes différents selon les géographies.

En Asie du Sud-Est, il s'agit :

- pour les pays à coûts élevés de main-d'œuvre, de poursuivre les gains de productivité par une meilleure maîtrise de l'irrigation et de diversifier (politique menée en Chine, au Vietnam et en Thaïlande) ;
- pour les pays à faibles coûts de main-d'œuvre et nouveaux sur les marchés d'exportation (comme le Cambodge ou la Birmanie), de poursuivre les gains de productivité et d'améliorer la logistique d'exportation afin de la rendre aussi performante que chez les grands pays exportateurs, et de s'orienter vers des qualités à haute valeur ajoutée, mieux valorisées sur le marché d'exportation.

En Afrique de l'Ouest, il s'agit d'abord d'accroître la production de riz pour faire face à la demande régionale, dans des conditions de compétitivité par rapport aux importations asiatiques, et de produire un riz correspondant aux attentes de qualité du marché.

I Depuis l'aménagement hydro-agricole jusqu'au projet de mise en valeur agricole

Pour atteindre les conditions de compétitivité, l'enjeu, pour un État qui investit ou pour un bailleur de fonds comme l'AFD, ne sera pas seulement de financer des aménagements rizicoles, mais aussi de veiller à la cohérence des politiques agricoles – pratiques culturelles, politiques de crédit, fiscales ou douanières, politiques de commercialisation – et de tout élément de politique relatif à la gouvernance des ressources, des terres et des territoires ruraux.

Une instruction de projet d'irrigation destiné à une filière se doit de :

- réunir la connaissance sur l'environnement politique et institutionnel des pays concernés ;
- vérifier la cohérence et analyser les éléments de politique publique et de réglementation qui convergent vers l'intérêt de l'irrigation (ressources en eau, foncier, politique agricole, financement du secteur et crédit, taxation, prix, subventions, etc.) ;

- répondre à la mise en cohérence des objectifs des États et des bailleurs en termes de justification économique et d'équité dans la répartition de la valeur ajoutée produite par une filière.

Cette démarche permet de :

- éviter des manquements aux attentes et aux obligations de conformité à des engagements nationaux ou internationaux dans les domaines sociaux, environnementaux ou climatiques ;
- intégrer dans les projets proposés l'ensemble des préoccupations pouvant en assurer la durabilité et en minimiser les risques tant liés aux compétences des institutions et des acteurs impliqués qu'aux aspects techniques, sociaux, économiques ou financiers environnant le projet.

Ainsi, les questions posées pourront être les suivantes sur :

- la sécurisation foncière. Qui affecte les terres ? Avec quel statut foncier ? Quels sont les droits de transmission ou de cession à des tiers ? Comment les matérialiser et les formaliser ? Quels sont les risques d'éviction ?
- la sécurisation de l'investissement éventuel. Quelle est la part contributive des bénéficiaires aux investissements, au cofinancement d'équipement, à la formalisation contractuelle et au système de dédommagement en cas de rupture de contrat ?
- la gestion de l'eau, des aménagements/infrastructures, l'exploitation du périmètre et la maintenance. Qui fait quoi ? Qui paye quoi ? Qui est responsable ?
- le système de mise en valeur. Quelles sont spéculations envisagées ? Quels sont les besoins en eau ? Quels sont les cycles de culture et les calendriers culturels prévus ? Quels sont les accès aux intrants, au crédit à l'équipement ou à la mécanisation, la force de travail ?
- le système de commercialisation. Quels sont les moyens de collecte, de séchage, de stockage, de transport, de transformation éventuelle et de commercialisation ?

La plupart de ces questions, lorsqu'elles sont posées dans le cadre d'un projet d'irrigation public, ne trouvent pas toujours de réponses toutes faites. Elles permettent toutefois d'interroger la volonté des États à s'engager dans des réformes utiles, à établir et à approfondir le dialogue sectoriel, à faire évoluer, construire ou appliquer des politiques d'irrigation cohérentes, et à respecter (ou non) leurs engagements vis-à-vis de leurs partenaires et des sociétés (pays voisins, acteurs nationaux et locaux, producteurs usagers, organisations et associations socio-professionnelles).

Les déterminants de la compétitivité d'un projet d'irrigation

SANS REVENIR SUR LES QUESTIONS DE POLITIQUES, d'institutions, de règles de gestion autour de l'irrigation et des techniques traitées par ailleurs (chapitres 2, 3, 5, 6 et 8), la section suivante traite des déterminants de la mise en valeur. Elle est consacrée à tout ce qui est utile à la production irriguée comme la structure de l'exploitation, le conseil

agricole et l'accompagnement qui mobilisent la recherche et les services de vulgarisation, à l'organisation au sein des filières, et aux services d'accompagnement à l'aval de la filière (contractualisation, commercialisation, accès au crédit).

I La structure de l'exploitation : focus sur la taille des parcelles mises en valeur

Le processus de répartition du foncier est déterminant de la réussite d'un projet d'irrigation. L'effort d'investissement public affecté à des aménagements hydro-agricoles est important. De ce fait, il limite les superficies aménagées pour la riziculture irriguée. Par ailleurs, les aménagements se matérialisent le plus souvent sur le domaine foncier de l'État, des collectivités ou des particuliers (selon les législations en vigueur), selon un mode de répartition des terres aménagées (Qui décide ? Qui attribue ? Qui sécurise ?), par la taille des parcelles irrigables (dans la plupart des situations elle est inférieure à 2 hectares) et par le choix des bénéficiaires (ayants droit, anciens usagers, propriétaires, entrepreneurs ruraux, privés, agro-industriels). Ces caractéristiques déterminent des résultats d'un projet rizicole.

Encadré 3.1. L'évolution de la répartition des terres dans les périmètres irrigués ouest-africains.

Pendant des décennies, le modèle d'une répartition socialement équitable a été considéré comme le plus juste et le moins problématique/source de conflits. Son application dans les grands périmètres comme dans les périmètres villageois s'est traduite par la répartition des terres aménagées entre le plus grand nombre d'ayants droit ou de bénéficiaires potentiels. Ce processus a abouti à un morcellement des terres, lequel a été accentué par la croissance démographique, la transmission générationnelle ou les réformes agraires (dans le bloc soviétique), aboutissant à la réduction de la taille des lots attribués et allant jusqu'à contribuer à une paupérisation des populations et aux migrations, rendant nécessaire l'agrandissement des exploitations agricoles familiales pour atteindre les objectifs de sécurité alimentaire, d'emploi rural, de maintien des agriculteurs dans les territoires ruraux ou dans une logique de satisfaction de leurs besoins élémentaires. C'est selon ces principes et pour valider l'hypothèse d'une riziculture économiquement rentable, portée par des exploitations familiales et des entrepreneurs ruraux, que des modèles d'exploitations rizicoles de plus grande taille (5 à 50 hectares) ont été explorés par certains projets de l'agence française de Développement, tant au Sénégal (Programme de promotion du partenariat rizicole dans le delta du fleuve Sénégal/3PRD) qu'au Mali (Padon dans l'Office du Niger où finalement la taille de 3 hectares a été adoptée pour répondre à une demande importante, avec plus ou moins de réussite). Si ces projets ont permis d'accompagner quelques entrepreneurs ruraux, la question de l'extension de ce modèle d'exploitation rizicole irriguée de 5 hectares minimum au plus grand nombre reste encore entière.

Encadré 3.2 - Le projet 3PRD : l'expérimentation d'un modèle de partenariat public-privé en faveur d'un entrepreneuriat familial dans la vallée du fleuve Sénégal.

Ibrahima Niane, Vatché Papazian et Alexia Hofmann

Pendant plusieurs décennies, les projets publics d'irrigation en Afrique subsaharienne se sont fondés sur le principe d'une répartition des rares terres aménagées au plus grand nombre de familles d'agriculteurs, par les institutions en charge de la gouvernance foncière des terres du domaine national (État, commune, société de développement, office). Ce modèle, appliqué le long des fleuves Niger, Sénégal ou des trois Voltas où l'irrigation est indispensable pour assurer la sécurité alimentaire, s'est traduit le plus souvent par l'affectation de très petites superficies irrigables à chaque famille, de 3 hectares dans les années 1980, progressivement ramenés à 1 hectare, voire moins, pour tenter de satisfaire les demandes croissantes. Ces projets ont permis d'atteindre des objectifs sociaux et imposés par l'urgence sans pour autant modifier la situation économique des agriculteurs, les niveaux de production agricole ou les seuils de pauvreté dans les zones potentiellement irrigables. À partir des années 2000, deux voies ont été explorées par les États et leurs partenaires pour dénouer la triple contrainte de développement de l'irrigation : financement des aménagements, augmentation des superficies irriguées, mise en place de politiques de maintenance.

La première misait en priorité sur le secteur privé pour investir dans les réseaux d'irrigation et assurer la modernisation de l'agriculture à travers des pôles de croissance en échange de facilités offertes par les États. Cette première voie et les difficultés rencontrées sont illustrées par les encadrés 4.1 (Principes du pôle de croissance de Bagré au Burkina Faso, PPCB) et 4.2 (Programme pour le développement inclusif et durable de l'agrobusiness au Sénégal, PDIDAS). La seconde portait de l'analyse des contraintes du modèle social et explorait les possibilités d'émergence d'exploitations économiquement viables par un desserrement de la contrainte foncière, par exemple, pour le riz irrigué la viabilité économique a été estimée à une surface de 5 hectares. C'est le cas dans le projet de Promotion d'un Partenariat rizicole dans le delta du fleuve Sénégal (3PRD) ou du projet d'Appui au Développement de la zone Office du Niger au Mali (PRADON).

Le projet 3PRD, aujourd'hui terminé, a permis d'explorer un modèle alternatif d'aménagement public, dans des zones où les conditions sociales et économiques justifient l'évolution du modèle social égalitaire de distribution de petites superficies à tous les ayants droit. Un des facteurs de réussite de ce projet est l'association, dès sa conception, d'une diversité d'acteurs nécessaires à l'émergence d'une agriculture familiale entrepreneuriale : les communes (qui octroient le droit d'usage foncier), la Banque agricole – ex-CNCAS – (qui, disposant d'une ligne de crédit pour accompagner le projet, finance la contribution à l'investissement des attributaires), les centres de gestion associatifs (qui apportent, grâce à un appui dans la gestion comptable, administrative et financière de leurs adhérents – agriculteurs, GIE, unions hydrauliques –, une transparence nécessaire à toute transaction) et enfin,

Encadré 3.2. Suite.

la SAED qui définit les règles hydrauliques et appuie l'organisation et la gestion du périmètre 3PRD. Le modèle expérimenté a permis d'installer 155 attributaires sur les 2 225 hectares aménagés : une bonne part des riziculteurs provenant des périmètres voisins et disposant d'équipements et de force de travail suffisante pour cultiver les lots de 5 et 10 hectares, ainsi que des entrepreneurs ruraux – prestataires de travaux agricoles, rizières – et des exploitations familiales de grande taille fortement représentés dans les lots de 50 hectares et surtout de 25 hectares.

Le processus de sélection des attributaires ainsi que les taux de subventionnement peuvent certainement être améliorés. Mais d'ores et déjà, le projet est jugé comme une réussite tant par les pouvoirs publics qui y voient une manière innovante, en faveur d'une certaine catégorie d'exploitations familiales, de mettre en place des partenariats publics-privés, que par les acteurs de la vallée du fleuve Sénégal, au regard des résultats satisfaisants en termes de mise en culture des superficies aménagées, de production, de rendements moyens, d'intensité culturale, d'entretien du périmètre, d'organisation pour la gestion, de commercialisation du paddy produit, de contractualisation avec les unités industrielles installées dans le delta, de mise en application de la charte du domaine irrigué par les communes. Ces premiers résultats très positifs incitent à en assurer le suivi et l'évaluation dans la durée afin de confirmer la pertinence du modèle sur le temps long.

La qualité du service de l'eau, un déterminant pour les rendements du riz

L'existence – ou la volonté de mise en place – d'une politique, de règles et d'outils pour assurer la maintenance du système d'irrigation doit être questionnée pour documenter les objectifs de durabilité, notamment :

- la répartition des rôles et des responsabilités, les règles ;
- la mise en place d'institutions de terrain pour la gestion des aménagements.

Toute politique applicable à l'irrigation ou à une filière, quel que soit son degré de formalisation, doit comporter pour sa mise en œuvre des cadres organisationnel et institutionnel. Pour l'irrigation, deux niveaux d'institutions de terrain (public et associatif) s'avèrent indispensables :

- en Asie, ce sont des services techniques déconcentrés¹⁴ et, en Afrique, des sociétés d'aménagement publiques représentant l'État¹⁵ (voir chapitre 8) ;

14. Sociétés d'irrigation provinciales au Vietnam, Antennes provinciales du ministère des Ressources en Eau et de la Météorologie (MREM) du Cambodge.

15. Sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation ouest-africaines comme la SAED au Sénégal, la Sodagri, les Offices maliens comme l'Office du Niger, Riz Ségou, Riz Mopti ; Bagré, Autorité de Mise en valeur de la vallée du Sourou (AMVS) au Burkina Faso, Sonader en Mauritanie.

- les différentes formes d'organisations de producteurs ou d'associations d'usagers partagent certaines responsabilités hydrauliques et/ou financières avec les services publics¹⁶ (voir chapitre 9).

Ces deux niveaux peuvent, selon des cadres contractuels et des règles agréées de partage des responsabilités avec l'État, assurer les différentes fonctions essentielles à la qualité du service d'irrigation : programmation, réalisation ou réhabilitation d'infrastructures et d'aménagements hydro-agricoles, gestion de l'eau, gestion/exploitation des aménagements et équipements, maintenance, recouvrement de la redevance, appels d'offres et contrôle des travaux d'investissement ou de maintenance, suivi/gestion des fonds de maintenance et du périmètre. *A contrario*, lorsqu'aucune institution n'est commise pour s'en occuper ou lorsque ce n'est pas considéré comme un sujet, les infrastructures sont soumises à une lente érosion. Alors, le service de l'eau se dégrade et les résultats du riz suivent la tendance.

Le degré de responsabilisation des acteurs de l'eau et de libéralisation des relations contractuelles avec des acteurs et des opérateurs de la filière riz¹⁷ constituent des déterminants forts de l'amélioration de l'environnement d'une filière, ainsi que de ses résultats.

I Des services pour l'accompagnement de la filière

Une diversité d'acteurs est impliquée dans les fonctions amont et aval d'accompagnement d'une filière : conseil technique, conseil de gestion, formations, recherche, crédit, accès aux intrants, commercialisation, organisation des producteurs/usagers, etc.

Encadré 3.3. Les documents cadres contractuels.

Les Contrats plans État-producteurs de l'Office du Niger signés pour cinq ans au Mali entre l'État, l'Office du Niger et les exploitants agricoles, les lettres de mission trisannuelles de la SAED au Sénégal qui lui signifient ses six mandats et allouent les budgets mis à disposition par l'État, ou les accords signés entre le ministère des Ressources en eau et les associations d'usagers des périmètres réhabilités au Cambodge sont des documents cadres contractuels qui engagent les signataires et servent de fil conducteur aux évolutions des relations entre institutions et acteurs. Ils précisent ce qui est du ressort de l'État, des communes, des unions et des associations d'irrigants en matière de gestion de l'eau, d'exploitation et d'entretien des aménagements terminaux. Ces documents précisent particulièrement les responsabilités en matière de collecte et d'utilisation des redevances hydrauliques destinées à la maintenance.

16. Farmer Water User Community (FWUC) au Cambodge, Unions hydrauliques au Sénégal, Exploitants de l'Office du Niger.

17. Banques de développement et opérateurs financiers, prestataires de services, entreprises de travaux agricoles, fournisseurs d'intrants et d'équipement, acteurs économiques pour la commercialisation et les fonctions aval, riziers.

Lors de l'instruction d'un projet rizicole, il est donc déterminant de questionner et d'apprécier les connaissances, les compétences et les capacités de l'ensemble de ces acteurs, ainsi que la pertinence des mécanismes et des outils à disposition de chacun. Cela permet de s'assurer de la mise en œuvre efficace du mandat qui lui est confié ou de son engagement contractuel autour d'une fonction particulière dans le cadre organisationnel de la filière.

Des appuis peuvent s'avérer nécessaires pour favoriser :

- l'émergence et/ou la consolidation d'instances *ad hoc* nécessaires au bon fonctionnement (fourniture de services, commercialisation) des filières (organisations de producteurs, coopératives, interprofessions, centres de gestion, transformateurs) ;
- la mise à niveau des outils et des compétences utiles aux acteurs concernés (formation, organisation, système d'information, outils financiers, outils de gestion foncière, méthodes d'analyse des potentialités et ressources des territoires, outils de comptabilité et de gestion, etc.) ;
- l'approfondissement du dialogue et des relations contractuelles entre ces acteurs (fixation des prix, offre de crédit adaptée, intermédiation, etc.) ;
- la création d'un environnement favorable dépendant de mesures gouvernementales multiples (régulation, protection, financement, normes de qualité, promotion de filières, mise en place d'un système de péréquation et de régulation des prix, etc.) ;
- la réalisation d'infrastructures de marché et de stockage pour limiter les coûts de transaction, améliorer les conditions sanitaires des produits échangés, mais aussi limiter les pertes.

L'amélioration du financement des acteurs des filières est également un élément important dans la compétitivité. Cela engendre un meilleur partage de la valeur ajoutée au profit des producteurs en les libérant des taux usuraires des crédits traditionnels, des transactions plus fluides et plus transparentes et favorise des investissements nécessaires à la modernisation des filières.

L'accès au crédit est une contrainte centrale pour le développement des filières. Par exemple, les riziculteurs ont besoin de différents types de crédits : crédit de campagne pour le financement des intrants et des travaux agricoles ; crédit d'équipement à moyen terme pour l'achat de matériel agricole, d'exhaure ou de post-récolte ; crédit d'aménagement à long terme, par exemple pour l'aménagement ou la réhabilitation de parcelles irriguées dans le cas d'aménagements privés. Dans le cas d'une double culture, les riziculteurs ont besoin d'enchaîner le financement des deux campagnes successives ; ce type de financement est essentiel pour la rentabilité de la riziculture au Sénégal, par exemple. Lorsque des organisations de riziculteurs assurent des fonctions de commercialisation, elles ont un besoin de crédit de commercialisation et de stockage couvrant l'achat de la récolte des producteurs membres jusqu'à la période de vente.

Plusieurs acteurs interviennent dans l'offre de crédit à court terme à la culture agricole selon les pays et l'importance des zones aménagées : les banques de développement agricole (souvent majoritairement à capitaux publics), les banques commerciales, les institutions de microfinance, les fournisseurs d'intrants et les industriels. Néanmoins, les offres de crédit à moyen et long termes sont rares.

Ces institutions financières interviennent différemment selon les pays et de façon complémentaires. Au Vietnam, les crédits de campagne sont assurés par une banque d'État. Au Sénégal, la Banque agricole d'État (antérieurement CNCAS) abonde les crédits de campagnes et les équipements, ainsi que certains aménagements avec la garantie de l'État. Au Mali, les crédits de campagnes sont à la fois assurés par la BNDA et un réseau d'instituts de microfinance. En Côte d'Ivoire, certaines mutuelles (Coopec, Caisse d'épargne) ont repris le financement de la riziculture depuis la fin des événements et suite à l'abandon de l'implication des multinationales dans secteur rizicole. Au Ghana, la banque d'État ADB n'intervient plus dans le secteur agricole. Au Cambodge, la BDR a fortement limité ses activités dans la riziculture mais elle devrait être recapitalisée; une bonne partie du financement de la riziculture est maintenant assurée par les intervenants en aval de la filière tels que les rizeries et les acheteurs locaux et étrangers qui fournissent les intrants à crédit. Au Niger, un organisme d'État distribue des intrants à crédit pour 20% des besoins.

Vers une prise en compte croissante des externalités de la mise en valeur d'un périmètre irrigué

AU-DELÀ DE LA COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE ET DE LA RENTABILITÉ FINANCIÈRE d'une filière irriguée et outre les objectifs de sécurité alimentaire, d'autres facteurs ou éléments de stratégie peuvent justifier qu'un État s'engage ou non dans une politique d'aménagements hydro-agricoles.

Photo 3.2. Canaux et rizières au Cambodge
© Jean-Philippe Venot.



Les stratégies d'adaptation au changement climatique pour l'amélioration de la sécurité alimentaire et la lutte contre la malnutrition nécessiteront des investissements importants dans des aménagements hydro-agricoles, notamment pour le développement de la riziculture irriguée. En effet, d'après les prévisions, le changement climatique induira une forte baisse des rendements des productions pluviales en Afrique de l'Ouest et une diminution des capacités d'exportation d'Asie vers l'Afrique. Le but est d'intensifier les productions en Asie du Sud-Est où la montée des eaux dans les deltas (Mékong) réduira les surfaces rizicoles. En Afrique de l'Ouest, le but est d'augmenter les productions pour répondre au défi alimentaire.

Néanmoins, la riziculture irriguée est décrite comme l'une des cultures les plus émissives en gaz à effet de serre (Coulon, 2016). La lutte contre le changement climatique interpelle donc la recherche et l'ingénierie, à la fois sur des questions de mesures, d'estimations, d'aménagements et de pratiques agricoles concourant à l'atténuation des émissions (voir chapitre 12).

D'autres objectifs que la compétitivité de la filière relatifs à l'emploi rural, à la stabilisation des populations et au développement des territoires ruraux pourraient également être pris en considération pour justifier de la pertinence et de la réalisation d'un aménagement hydro-agricole.

4. Quelles répartitions de la terre et de l'eau promouvoir pour l'agriculture irriguée de demain ?

Samir El Ouamari et Annabelle Houdret

FORTEMENT IMPACTÉ DANS LES ANNÉES 1990 PAR LES PLANS D'AJUSTEMENT STRUCTUREL, la réduction des dépenses publiques et la libéralisation du secteur agricole, l'accroissement des surfaces irriguées en Afrique subsaharienne et dans les pays d'Afrique du Nord connaît un nouvel élan à partir des années 2000. Cette dynamique repose en grande partie sur des modèles portés par les grandes institutions financières internationales et certaines agences de développement. Ces institutions appellent à une participation croissante du « secteur privé » dans l'aménagement, la mise en valeur et la gestion des infrastructures au sein des espaces irrigués afin de limiter les dépenses publiques dans ces opérations (Mandri-Perrott et Bisbey, 2016). Ces modèles réservent une place variable aux différentes formes d'agriculture (familiale, patronale et capitaliste¹⁸) et transforment de ce fait les structures agraires des régions concernées par l'irrigation. En effet, ils reposent sur des modes spécifiques d'allocation de la terre et de l'eau d'irrigation qu'accompagnent d'autres composantes des politiques publiques (subventions et crédits à l'équipement et aux intrants, régulation des marchés agricoles, etc.) favorisant l'une ou l'autre de ces différentes formes d'agriculture.

Actuellement, deux grandes tendances semblent traverser la conception des projets mis en œuvre par les États avec l'appui des institutions financières internationales ou de la coopération bilatérale :

- la promotion de partenariats dits « gagnant-gagnant » entre de très grandes entreprises agricoles et les exploitations familiales ;
- le dépassement du dualisme entre une agriculture « moderne » et une agriculture « traditionnelle » par la consolidation d'exploitations familiales locales considérées « viables ».

18. Nous considérons ici comme familiale toute exploitation agricole dans laquelle l'essentiel de la force de travail nécessaire à la réalisation des différentes opérations est fourni par des individus appartenant à un même noyau familial. Ce dernier est propriétaire également d'une partie importante des ressources nécessaires au processus productif (terre, équipements, etc.). Dans les exploitations patronales, une bonne partie de la force de travail est extérieure et salariée, une partie des actifs pouvant être familiale. Dans les exploitations agricoles capitalistes, la totalité de la force de travail est salariée, les détenteurs des terres et/ou du capital d'exploitation ne contribuant pas avec leur travail au processus de production.

Selon les contextes, la mise en œuvre de ces projets peut comporter l'attribution de parcelles aménagées – sur des terres relevant du domaine public ou privé de l'État, ou d'anciennes terres collectives dont le statut a été requalifié – aussi bien à des agriculteurs locaux qu'à des agents économiques extérieurs, et/ou faciliter l'agrandissement d'exploitations déjà existantes par une augmentation de la disponibilité en eau d'irrigation.

Dans ce chapitre, à partir de quelques exemples concrets localisés au Sénégal, au Burkina Faso et au Maroc, nous décrivons d'abord les principales caractéristiques qui président à la formulation de ces projets. Nous discutons dans un deuxième temps les difficultés dans leur mise en œuvre, les présupposés concernant les différentes formes d'agriculture sur lesquels leur conception repose, et les effets qu'ils sont susceptibles d'induire en matière de pression sur les ressources et de concentration et donc d'exclusion. Enfin, si les organisations paysannes n'ont bien souvent qu'une faible emprise sur l'orientation de la mise en place de l'irrigation dans les régions affectées par ces projets, nous verrons que les agriculteurs peuvent être porteurs d'alternatives. Reposant sur une gestion concertée des ressources foncières et hydrauliques, celles-ci peuvent s'accompagner d'un accroissement et d'une meilleure répartition de la richesse dans la durée.

Encadré 4.1. Les principes du Pôle de croissance de Bagré au Burkina Faso (PPCB).

William's Daré et Jean-Philippe Venot

Le PPCB, financé par la Banque mondiale, a été initié en 2012. Il prévoyait à l'horizon 2018 le développement de l'irrigation sur 16 000 hectares qui devaient s'ajouter aux 3 380 hectares aménagés depuis la mise en barrage du Nakambé en 1993. Le projet prévoyait l'installation d'agriculteurs familiaux et d'entrepreneurs agricoles selon deux procédures différentes. Une surface d'environ 6 000 hectares était réservée aux premiers, notamment des « personnes affectées par le projet » qui ont été expropriées pour la réalisation des travaux d'aménagement et/ou exploitaient des terres pluviales se trouvant dans la zone prévue pour les nouveaux périmètres aménagés. Ces personnes ont reçu 0,25 hectare aménagé pour chaque hectare pluvial qui leur a été retiré et reçoivent un titre de jouissance sur la surface qui leur est allouée (chaque ménage des personnes affectées par le projet recevant un minimum d'un hectare). Les surfaces allouées par ménage restent faibles et font craindre une accentuation de la vulnérabilité de ces derniers.

La surface réservée aux entrepreneurs agricoles est d'environ 10 000 hectares. Bagrépôle, société d'économie mixte chargée de mettre en place le PPCB, détient une compétence exclusive en ce qui concerne l'affectation des nouvelles parcelles irrigables. Si l'allocation des terres aux personnes affectées par le projet se fait de façon « automatique » à titre de compensation des pertes encourues du fait du projet, les « entrepreneurs agricoles » intéressés doivent soumettre une demande à Bagrépôle qui la transmet à une commission d'arbitrage composée des agents de Bagrépôle, des autorités régionales et des autorités coutumières. Les candidatures sont sélectionnées en référence à un cahier des charges. Lorsque leur

Encadré 4.1. Suite.

demande est acceptée, les entrepreneurs accèdent, au terme des trois premières années d'exploitation, à un bail de 18 à 99 ans sur les surfaces qui leur ont été octroyées (les demandes reçues par Bagrépôle portaient sur des superficies de 5 à plus de 500 hectares). En cas de non-valorisation, il est prévu que la terre fasse l'objet d'une nouvelle allocation.

Malgré un discours volontariste, dans les faits, la recherche d'entrepreneurs capables d'investir dans la construction des infrastructures d'irrigation secondaires se révèle difficile (la majeure partie des demandes ont été le fait d'entrepreneurs Burkinabè prévoyant de planter du riz ou du maïs sur des superficies de moins de 50 hectares et ayant peu conscience des niveaux d'investissements nécessaires pour exploiter les superficies qu'ils demandaient). Six ans après le début du projet, l'effet levier des investissements privés se fait toujours attendre alors que les populations locales ont été déplacées suite à la mise en défens de futures zones irriguées dont l'aménagement a pris beaucoup de retard.

Les « partenariats gagnant-gagnant » : favoriser les synergies entre agricultures familiales locales et agro-investisseurs

L'ÉTABLISSEMENT DE « PARTENARIATS GAGNANT-GAGNANT » entre les agricultures familiales locales et les entreprises de l'agrobusiness constitue la clé de voûte de la mise en œuvre des « pôles de croissance » dans les zones irriguées en Afrique subsaharienne. Par la mise en place d'infrastructures et d'un cadre institutionnel favorable, ces pôles de croissance sont censés attirer les investissements privés – dont des entreprises agricoles à haut niveau de capital – permettant ainsi de réduire les dépenses publiques et d'engendrer des effets d'entraînement sur l'économie régionale et nationale. Selon les promoteurs de ce modèle, l'installation de grandes unités de production agricole est favorisée par leurs complémentarités avec les exploitations familiales locales. Les premières fournissent des emplois, financent des infrastructures – hydrauliques et/ou sociales – et facilitent le développement de débouchés intéressants pour les productions agricoles des secondes. À leur tour, les exploitations familiales pourvoient les entreprises agricoles installées en force de travail et en services et, surtout, leur facilitent un accès sécurisé à la terre, notamment dans les pays où la gestion du foncier est décentralisée.

Les modalités d'installation et d'allocation de surfaces irrigables à des entreprises agricoles sont variables d'un projet à un autre. Les encadrés 4.1 et 4.2 présentent les principales caractéristiques de deux projets reposant sur ces principes au Burkina Faso – le « Projet pôle de croissance de Bagré » (PPCB) – et au Sénégal – le « Programme pour le développement inclusif et durable de l'agrobusiness » (PDIDAS). Nous verrons que le second repose sur la négociation directe entre les agriculteurs locaux – disposant des droits d'usage et de gestion sur le foncier (voir chapitre 10) – et les entrepreneurs extérieurs

souhaitant s’installer. La question des rapports de force qui président à ce type de négociations est discutée dans la section « Des initiatives paysannes proposant des alternatives pour l’irrigation ».

Encadré 4.2. Le Programme pour le Développement Inclusif et Durable de l’Agrobusiness au Sénégal (PDIDAS).⁽¹⁾

Samir El Ouaamari

Le programme pour le Développement inclusif et durable de l’Agrobusiness au Sénégal (PDIDAS), projet dont la faisabilité a été initiée en 2013 avec un financement de la Banque mondiale (prêt de 80 millions de dollars), prévoit l’aménagement de 10 000 hectares dans le delta du fleuve Sénégal à Ngalam et sur les rives du lac de Guiers. Répondant à des critères similaires à ceux d’autres projets financés par la Banque mondiale en Zambie (Irrigation Development and Support Project) et au Burkina Faso (pôle de croissance de Bagré), ce projet s’inspire du « modèle d’agrobusiness inclusif » de la société West Africa Farms, installée à Yamane dans la zone du lac de Guiers. À la différence des schémas proposés par le Programme pour le développement des marchés agricoles au Sénégal (PDMAS) (encadré 4.3), il ne s’agit pas tant de consolider des exploitations de taille moyenne, mais de travailler sur les complémentarités et la négociation entre des petits agriculteurs familiaux et des opérateurs de l’agrobusiness – tous bénéficiant de la caution de la collectivité territoriale qui assure la gestion décentralisée du foncier rural. Les petits agriculteurs familiaux, détenteurs de droits d’usage sur l’espace prévu pour l’aménagement, doivent alors être prêts à céder une partie de ce foncier aux investisseurs extérieurs lesquels, en retour, s’engagent à financer des infrastructures hydrauliques pour augmenter les surfaces irrigables pour les exploitations familiales, à assurer la maintenance des aménagements, à créer des emplois et à proposer des débouchés commerciaux aux producteurs locaux.

Afin de sécuriser les investisseurs ciblés par le projet, celui-ci prévoit de revoir les modalités d’accès au foncier inscrites dans la loi sur le Domaine national, qui reposent actuellement sur l’affectation de droits d’usage sur les terres par les collectivités locales. Le schéma foncier du PDIDAS proposerait plutôt une immatriculation des terres, aujourd’hui sous la responsabilité des communes, dans le domaine de l’État et l’attribution ultérieure de baux à ces communes rurales, pour qu’elles puissent elles-mêmes ensuite signer des sous-baux en faveur des investisseurs, conférant à ceux-ci des droits d’exploitation sur une durée assez longue pour leur permettre un retour sur investissement. Ce schéma passerait par des changements de la loi sur le Domaine national qui ne sont pas pour l’instant prévus dans les options possibles de réforme foncière et soulève de nombreuses interrogations quant à l’avenir de ce projet. La question clé de la répartition des superficies aménagées entre les entreprises d’agrobusiness et les exploitations familiales est également au cœur des préoccupations des organisations paysannes sénégalaises (encadré 4.6).

(1). (Issu des études qui ont conduit à la note de synthèse n° 23 « Enjeux fonciers et modèles de développement sur les périmètres irrigués en Afrique de l’Ouest » copubliée par le CTFD, le Pôle foncier de Montpellier et le COSTEA - CTFD, 2017).

I Dépasser le dualisme de l'agriculture en consolidant des exploitations familiales viables ?

Sans s'écarter notablement de l'idée des « partenariats gagnant-gagnant », d'autres projets d'irrigation visent surtout à consolider et à soutenir des processus d'accumulation au niveau des exploitations familiales ou familiales-patronales émergentes. Ceci n'exclut pas la possibilité de faciliter l'installation d'agro-investisseurs extérieurs, dont il est également attendu qu'ils créent des « synergies » avec les agriculteurs locaux. Néanmoins,

Encadré 4.3. Le programme pour le Développement des marchés agricoles au Sénégal (PDMAS).⁽¹⁾

Samir El Ouamari

Le programme pour le Développement des marchés agricoles au Sénégal (PDMAS) se décline en plusieurs projets mis en œuvre dans différentes régions sénégalaises. Dans le delta du fleuve Sénégal, la SAED (Société nationale d'aménagement des terres du delta et des vallées des fleuve Sénégal et Falémé) a été chargée de développer l'irrigation sur 2 500 hectares pour une mise en valeur en maraîchage à haute valeur ajoutée. Des infrastructures hydrauliques importantes ont été créées pour augmenter la capacité d'un canal adducteur et pour construire les chenaux qui amènent l'eau dans les sept périmètres prévus dans le cadre du projet. L'allocation des surfaces irriguées est caractérisée par l'attribution de parcelles de taille variable selon trois grands types d'exploitation : exploitations familiales, PME (petites et moyennes entreprises) et entrepreneurs agro-industriels (tableau 4.1). Si la totalité des aménagements structurants (adducteurs, chenaux) est réalisée grâce à des fonds publics, les attributaires doivent en revanche financer partiellement les aménagements terminaux pour amener l'eau sur les parcelles. La part de la contribution croît avec la taille de la surface attribuée, allant de 50 % à 100 % du coût des aménagements terminaux (tableau 4.1). Par ailleurs, les attributaires doivent respecter un cahier des charges précis et la Charte du domaine irrigué qui définit les conditions de mise en valeur des terres aménagées.

Tableau 4.1. Les différentes catégories d'attributaires dans le cadre du Programme pour le Développement des Marchés agricoles au Sénégal.

Catégorie	Surface réservée (ha)	Taille de l'attribution (ha)	Participation financière aux aménagements terminaux (%)
Exploitation familiale	1 600	2-4	50
PME	600	10-20	80
Entreprise agro-industrielle	500	20-100	100

(1). (Issu des études qui ont conduit à la note de synthèse n° 23 « Enjeux fonciers et modèles de développement sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest » copubliée par le CTFD, le Pôle foncier de Montpellier et le COSTEA - CTFD, 2017).

l'objectif principal ici est de favoriser le développement d'exploitations de taille « optimale », ou d'un ensemble « optimal » d'exploitations de taille hétérogène ; c'est-à-dire dans la mesure où la rentabilité financière et les capacités de mise en valeur des exploitations ciblées seraient bien vérifiées. Dans ce choix, il y a implicitement une remise en question du principe qui avait animé, dans certains contextes, la distribution des terres agricoles aménagées et/ou celle de l'eau d'irrigation notamment avant les processus d'ajustement structurel : celui d'en faire bénéficier le plus grand nombre, et donc de partager ces ressources de la manière la plus égalitaire possible, au risque parfois d'aboutir à des surfaces irriguées insuffisantes pour assurer la pérennité des exploitations¹⁹.

Aujourd'hui, dans l'esprit des projets mis en œuvre, il s'agit plutôt de raisonner les modalités d'attribution des terres et des dotations en eau, de manière à cibler des exploitations considérées viables, ce qui s'accompagne d'un processus plus sélectif dans le choix des bénéficiaires, comportant des cahiers de charges conséquents et une participation financière des soumissionnaires aux investissements. Parmi les projets d'irrigation qui répondent à ces critères, on peut inclure le programme pour le Développement des marchés agricoles au Sénégal, mis en œuvre récemment dans le delta du fleuve Sénégal (encadré 4.3), mais également le partenariat public-privé El Guerdane au Maroc orienté vers la consolidation de la dotation en eau d'irrigation des exploitations spécialisées dans la production d'agrumes (encadré 4.4).

Photo 4.1. Cultures maraîchères et papayers à Diourbel, Sénégal
© Caroline Coulon.



19. Notons que dans les cas où ce principe pouvait exister sur le papier, la répartition n'a pas toujours été complètement égalitaire, avec des dérives plus ou moins fortes en faveur de certaines catégories sociales, notamment, les élites politiques, économiques ou religieuses.

Encadré 4.4. Un partenariat public-privé en irrigation « pionnier » : le projet « El Guerdane » dans la vallée du Souss, Maroc.

Annabelle Houdret

Le projet El Guerdane, opérationnel depuis 2009, est considéré comme le premier partenariat public-privé en irrigation dans lequel le partenaire privé participe non seulement au financement et à la construction, mais aussi à l'exploitation et à la maintenance du système. Dans la vallée du Souss au sud du Maroc, la surexploitation de la nappe phréatique, notamment pour des cultures fortement consommatrices en eau et destinées à l'exportation, a conduit à l'abandon de vastes superficies agricoles. Dès 1995, les autorités marocaines ont lancé le projet El Guerdane pour sauvegarder la production agrumicole dans cette région qui contribue à hauteur de 55-75 % aux exportations marocaines d'agrumes.

Un complexe de deux barrages situés en amont alimente un canal d'irrigation de 90 km pour acheminer 45 Mm³ d'eau/an vers le réseau de distribution de 300 km qui compose le périmètre El Guerdane. Le projet est conçu pour alimenter 597 exploitations agrumicoles de ce périmètre, pour une superficie de 9 600 hectares sur les 30 000 hectares irrigables à El Guerdane. La mise en place du projet a été accompagnée par le conseil technique, financier et juridique de la Société financière internationale (SFI), branche de la Banque mondiale qui finance le secteur privé. Les 80 millions de dollars nécessaires à l'investissement du projet ont été apportés par L'État marocain (48 %), la Société nationale d'investissement (SNI, auparavant DNA – Omnium Nord-africain) qui a remporté l'appel d'offres (44 %) et les agriculteurs impliqués (8 %). La plus grande partie des fonds publics a été mobilisée par le Fonds Hassan II. La participation de ces différents acteurs fait du projet El Guerdane le premier partenariat public-privé en irrigation dans lequel le partenaire privé principal participe non seulement au financement et à la construction, mais aussi à l'exploitation et à la maintenance du système. Précisons que les investisseurs privés en charge de la construction, de l'exploitation et de la maintenance des aménagements ne sont pas parties prenantes de la mise en valeur agricole.

Les contributions financières que doivent apporter les agriculteurs membres du projet concernent la connexion au réseau d'irrigation, l'équipement en irrigation localisée (obligatoire, aujourd'hui entièrement subventionné mais ce n'était pas le cas au moment de la mise en œuvre du projet), l'eau (environ la moitié des besoins est fournie par le projet, l'autre moitié devant être mobilisée par le pompage souvent individuel d'eaux souterraines) et, éventuellement, les coûts liés au renouvellement de l'arboriculture (cultures agrumicoles obligatoires).

Généralement tournées vers le secteur « compétitif » ou agro-exportateur de l'agriculture des pays où ils sont mis en œuvre, ces approches peuvent coexister avec des projets plutôt orientés vers les secteurs les plus défavorisés du milieu rural. Ainsi, le plan Maroc Vert (PMV) structure la politique marocaine en matière de développement agricole et mise tout particulièrement sur l'irrigation. Il a deux objectifs :

- consolider et développer une agriculture performante et adaptée aux règles du marché grâce à une nouvelle vague d'investissements privés (pilier i) ;

- l'accompagnement solidaire et la modernisation de la petite et moyenne agriculture localisée dans les régions les plus marginalisées (pilier II).

En ce sens, si la conception du projet El Guerdane s'inscrit dans l'esprit de la première composante du plan Maroc Vert²⁰, d'autres projets relèvent du second pilier et cherchent davantage à améliorer le revenu des agriculteurs des régions les plus reculées comme celles situées dans les zones de moyenne montagne (encadré 4.5).

Des projets de grande ampleur, peu adaptés aux réalités locales, générateurs d'inégalités et en proie à de nombreuses dérives

LES GRANDS PROJETS MENTIONNÉS, AINSI QUE D'AUTRES RELEVANT DE MODÈLES SIMILAIRES, ont été confrontés à de nombreuses difficultés compromettant l'atteinte des objectifs auxquels ils sont censés contribuer. Les retards dans la mise en œuvre ont été fréquents, des dysfonctionnements dans une seule des composantes de ces projets complexes pouvant compromettre l'ensemble des résultats attendus. Ces insuffisances sont d'autant moins maîtrisables que les projets répondant à ces modèles sont de très grande ampleur.

Ainsi, des failles dans le système de crédit – qui devait permettre aux attributaires du PDMAS de financer leur contribution aux aménagements terminaux –, ont provoqué le retrait de nombreux demandeurs parmi les « exploitations familiales ». Dans ce même projet, les exploitants furent confrontés également à des problèmes de défauts dans le matériel d'irrigation prescrit dans le cahier des charges des attributaires (goutte-à-goutte et micro-aspersion).

Par ailleurs, il n'est pas rare que la construction des aménagements structurants accumule des retards considérables. C'est le cas à Bagré où ces retards ont empêché les attributaires de s'installer sur leurs parcelles pendant de nombreuses années, y compris les personnes affectées par le projet, alors que la recherche d'entrepreneurs capables de supporter les investissements nécessaires au développement des infrastructures d'irrigation (comme cela était prévu par le projet) est bien plus complexe que prévu (Daré *et al.*, 2019).

I Standardisation, renforcement du dualisme de l'agriculture et inégalités

Mais c'est aussi la conception des projets elle-même et du modèle qui la sous-tend qui interroge. Parmi les problèmes majeurs, il y a celui de l'utilisation de catégories peu adaptées pour identifier les différents types d'exploitants agricoles concernés par la mise en œuvre des projets. Ainsi, observe-t-on fréquemment des présupposés et des simplifications relatifs aux agricultures familiales et à leurs besoins de dotation en terres ou en eau :

20. Notons que la région de Souss-Massa-Drâa où est localisé El Guerdane est responsable de près de la moitié des exportations agricoles du pays (Houdret et Bonnet, 2016). La conception du projet El Guerdane est antérieure à la mise en œuvre du PMV, mais il constitue une source d'inspiration dans les modalités concrètes de mise en œuvre du PMV.

Encadré 4.5. Le développement de l'arboriculture irriguée à Laanoceur (Moyen-Atlas), amplifié par le pilier II du plan Maroc Vert.
Olivier Ducourtieux

La région de Laanoceur est une cuvette karstique de 30 000 hectares située à 1 400 mètres d'altitude. Elle débouche au nord sur le versant du Moyen-Atlas marocain, avec Séfrou et Fès en contrebas. Les versants sud et ouest, maigrement boisés, sont occupés par une forêt domaniale qui domine de 200 mètres un plateau tabulaire rocheux, avec une maigre steppe d'altitude. La circulation d'eau est souterraine, jusqu'aux exurgences torrentielles sur les versants du massif calcaire vers la plaine du Sais.

Le sol superficiel et l'aridité de surface du plateau limitent la mise en culture aux quelques dolines, laissant l'essentiel de la steppe non labourée. Lors de la colonisation, la sédentarisation des tribus berbères locales dans les douars (villages) a conduit à une segmentation du finage : le plateau pâturé et les versants en contrebas, partiellement cultivés. Le plateau est un saltus partagé en propriétés collectives pour la pâture au printemps et à l'automne des ovins. La collecte de leurs déjections lors du parage nocturne permet la fertilisation des champs (blé, orge, pois chiche, fève), des oliveraies et des jardins maraîchers sur les rives des torrents en aval des exurgences. Les captages et les aménagements villageois sur ces cours d'eau permettent l'irrigation gravitaire des cultures. Le plateau, ressource commune, procure ainsi eau et matière organique pour les champs cultivés en contrebas. Derrière la combinaison d'une gestion collective de l'eau et d'une propriété privée des terres cultivées, se retrouvent une forte différenciation économique et une hiérarchie sociale, avec plus du tiers de la population n'ayant pas accès à l'eau et aux terres irriguées et tirant l'essentiel des revenus de l'élevage ovin.

Au début des années 1990, des entrepreneurs urbains commencent à investir dans l'arboriculture sur le plateau, avec des forages et des plantations de pommiers, suivant l'exemple déjà ancien de la région voisine d'Ifrane. L'ampleur est limitée à quelques dizaines d'hectares, dans les points bas (dolines) où s'accumulent les éléments fins formant un sol moins squelettique et où la nappe phréatique est proche. L'extension impliquait la mobilisation trop coûteuse d'engins lourds pour dérocher les parcelles. Ces quelques plantations patronales coexistent sur le plateau avec les communs villageois.

Les plantations arboricoles prennent de l'ampleur avec le plan Maroc Vert à partir de 2008, dont le pilier II permet un financement largement public de l'investissement (100 % du dérochage et des plants, 80 % du forage). Aujourd'hui, les plantations couvrent près d'un tiers du plateau, là où la nappe phréatique est aisément accessible. Le paysage a drastiquement changé : murets de pierre de dérochement, cabanes des forages et filets antigels sur les pommiers irrigués au goutte-à-goutte ont remplacé la squelettique steppe pierreuse. Avec 60 000 à 120 000 €/ha d'investissement initial, la valeur ajoutée annuelle passe de 750 à 5 000 €/ha.

- l'exploitation agricole est souvent réduite à une parcelle irriguée, parfois en monoculture, en excluant les autres activités pratiquées par les exploitants sur ces mêmes parcelles ou sur d'autres espaces (agriculture pluviale, élevage, pêche, chasse, cueillette, etc.). Or, toutes ces activités contribuent au fonctionnement des unités de production du fait notamment des complémentarités qu'elles permettent d'exprimer au niveau des calendriers de travail ou de l'utilisation des différentes unités agroécologiques et, donc, à la formation du revenu agricole familial ;
- les attributions sont effectuées à des individus ou à des « ménages » standardisés. Or, la logique des systèmes de production familiaux s'inscrit très souvent dans d'autres échelles, par exemple celle de la famille élargie, avec des membres de la famille ayant émigré parfois de manière temporaire, mais continuant à participer au fonctionnement de l'exploitation (envois d'argent, retours saisonniers lors des pointes de travail, etc.).
- l'agriculture familiale est réduite à une « agriculture de subsistance » et représente le volet « social » des projets, alors que l'agriculture entrepreneuriale est associée aux qualités de solvabilité, de rentabilité, d'intégration aux marchés, etc. Les appuis techniques fournis aux différentes catégories d'exploitants sont souvent orientés par ces considérations et diminuent de fait les possibilités pour les exploitations familiales de bénéficier de toutes les retombées du projet (appui-conseil, accès à de nouveaux débouchés, etc.).

De ces approximations, il résulte une incompréhension des structures et des dynamiques sur lesquelles le projet intervient. Celle-ci se traduit par une perte de la maîtrise des effets du projet. En premier lieu de ces approximations, nous retrouvons la définition – toujours problématique – des conditions de viabilité économique des exploitations et notamment l'établissement d'une surface minimale viable. L'utilisation d'hypothèses de rendements agricoles irrigués « avec projet » surestimés conduit souvent à une définition de la surface minimale attribuée qui se situe en deçà des besoins des demandeurs et ne prend pas en compte les dynamiques démographiques. Le ratio de compensation établi dans le cadre du PPCB (encadré 4.1) en témoigne. En effet, il vise principalement à maintenir les exploitations familiales dans le même niveau économique qu'avant l'aménagement, plutôt qu'à leur offrir une perspective d'amélioration. Parfois, au contraire, la surface minimale des attributions est fixée à un niveau trop élevé pour être accessible à de nombreux exploitants familiaux, compte tenu de leurs capacités d'investissement et de mise en valeur limitées, en décalage avec les exigences des projets en termes de contribution financière au coût des aménagements. Fixée en fonction d'une définition rigide des pratiques et des itinéraires techniques, la notion de « viabilité » est source d'exclusion. Elle n'intègre ni les écarts existants dans le rythme d'accumulation des différents types d'exploitants agricoles, ni leurs capacités de financement. Dans le cadre du PDMAS par exemple, malgré la prise en charge par le projet de l'essentiel des coûts d'aménagements terminaux et d'équipement pour les exploitants familiaux (subvention portée jusqu'à 80 % des coûts), le capital nécessaire à la couverture des frais d'aménagement restants demeure élevé pour les familles : près de de 1 200 €/ha, équivalent pour nombre d'exploitations du Bas Delta à l'ensemble des revenus dégagés par un actif agricole familial durant un voire deux ans (Garambois *et al.*, 2018).

En ce sens, ces approximations tendent à favoriser une certaine « institutionnalisation », plus ou moins affichée par les politiques publiques, du dualisme de l'agriculture entre les exploitations familiales et les exploitations agro-entrepreneuriales fondé sur des approches erronées des performances techniques et économiques des unes et des autres. Ainsi, en distribuant des terres irrigables ou de l'eau d'irrigation à partir du critère de solvabilité financière, les projets ne ciblent pas toujours de manière optimale les exploitations les plus à même de créer le plus de richesse et d'emplois. C'est ce que démontre l'analyse économique des systèmes de production dans la zone du PDMAS. En ciblant de manière préférentielle les agents économiques *a priori* les plus solvables, ces interventions favorisent l'instauration d'une course inégale pour accéder à des terres potentiellement irrigables. Ceci peut exclure d'emblée certaines exploitations malgré leur efficacité en termes de création de valeur ajoutée et d'emploi, et menace les réserves foncières et les ressources en eau nécessaires aux générations futures (Garambois *et al.*, 2018).

Dans le même sens, l'analyse détaillée des bénéficiaires du projet El Guerdane révèle que le projet a contribué à creuser les inégalités entre agriculture familiale et agro-investisseurs (Houdret, 2012). En effet, les ressources nécessaires pour la participation au projet sont de nature à marginaliser les petites exploitations : les coûts d'investissement (encadré 4.4), le type de culture ciblé (agrumes), les exigences de qualité pour l'exportation et le choix politique de restreindre initialement l'appel d'offre à des agriculteurs présélectionnés ont été des facteurs de marginalisation de l'agriculture familiale. Ainsi, les exploitants en zone de projet disposent de superficies de 16 hectares en moyenne – plus de cinq fois la superficie cultivée en moyenne par les agriculteurs dans la région de Taroudant où est situé le projet. Au final, le projet ne dessert en eau qu'une partie minimale des agriculteurs de la région : 597 exploitations représentant environ 11% du nombre total d'exploitations dans les sept districts affectés.

Bien que présenté fort logiquement comme un succès du plan Maroc Vert, le développement de l'arboriculture irriguée à Laanoceur (encadré 4.5) s'est traduit également par une inégale répartition de la richesse créée avec la mise en œuvre du projet. La création de valeur ajoutée par hectare a été multipliée par sept, la productivité du travail par douze. Cependant, la plupart des plantations arboricoles sont le fait d'entrepreneurs d'origine urbaine, mobilisant leur épargne issue d'activités libérales (commerçants, médecins, garagistes, etc.). Seuls les notables les plus aisés des douars locaux ont réussi à « prendre le train du progrès », tandis que la plupart des villageois est restée avec les pratiques agricoles antérieures (90% des exploitations du plateau). Pourtant, les investissements requis sont couverts quasi intégralement par les subventions publiques du pilier II du plan Maroc Vert, visant à « la lutte contre la pauvreté en augmentant significativement le revenu agricole des exploitants les plus fragiles ».

Ainsi, une intervention publique du pilier II permet d'atteindre les objectifs du pilier I, mais elle manque à ses propres objectifs. Ce paradoxe résulte principalement de trois facteurs :

- l'obtention des subventions est conditionnée à l'immatriculation des terres privées, démarche complexe (11 étapes administratives) et coûteuse, hors de portée pour le commun des villageois, illettrés et sans appuis bien placés ;

- les bénéficiaires doivent disposer d'une trésorerie solide car ils doivent pouvoir préfinancer une partie de l'opération du fait des retards très fréquents dans l'obtention des subventions et du défaut d'accès à des crédits relais ;
- les arrangements entre les entrepreneurs privés investissant dans la région et les notables (caïds) des douars ont favorisé la privatisation, par les premiers de la fraction la plus attractive (sol, accès à l'eau souterraine) du commun villageois (Bourdon, 2015 ; Elouardi, 2015 ; Ducourtieux, 2016).

I Une évaluation insuffisante des effets indirects des projets

Notons enfin que bien souvent, les effets indirects des projets sont mal évalués, indépendamment des formes d'agriculture que ces derniers cherchent à cibler. Ceci est la conséquence, en particulier, de la définition trop étroite qui est donnée de l'aire géographique concernée par la mise en œuvre des projets. En effet, celle-ci est excessivement centrée autour de la surface strictement occupée par les infrastructures hydrauliques et les parcelles irriguées, alors que la réallocation des ressources foncières et en eau induite par le projet peut perturber fortement le fonctionnement des exploitations agricoles dans un espace bien plus large (voir chapitre 10).

Ainsi, dans la vallée du Souss, le projet a provoqué des impacts négatifs directs sur les exploitations concernées par l'expropriation et la destruction de plantations liées aux travaux d'aménagement, ainsi que par le prélèvement d'eaux par le barrage, ressources auparavant utilisées pour irriguer en zone amont. L'aménagement a également eu des effets négatifs indirects car le pompage d'eaux souterraines requis pour l'irrigation d'agrumes en zone de projet a renforcé la baisse déjà considérable de la nappe phréatique. Cette accentuation de la pénurie affecte de manière disproportionnée les petites exploitations dont les propriétaires n'ont ni les mêmes ressources financières ou techniques, ni les réseaux politiques facilitant une adaptation, par exemple pour obtenir un permis de forage ou l'extension des superficies irriguées (Houdret, 2012).

Le cas de Laanoceur montre également les conséquences de la faible attention apportée par les projets aux effets indirects sur le fonctionnement des systèmes de production. En effet, l'expansion de ces plantations, très profitables par le captage de subventions publiques associées, a des effets négatifs sur les exploitations agricoles situées en contrebas du plateau (encadré 4.5). Avec la conversion de la steppe, le saltus commun se réduit, entraînant la réduction des troupeaux ovins. Les villageois les plus pauvres, dont le revenu se limite au gardiennage des moutons, migrent alors vers les centres urbains (Fès, Meknès, Casablanca, etc.) à la recherche des petits boulots les moins rémunérateurs. Quant aux villageois cultivant les terres irriguées par gravité, ils sont handicapés par la réduction, d'une part, des débits des exurgences du fait des prélèvements des forages sur le plateau en amont et, d'autre part, des transferts de fertilité depuis ce même plateau faute d'ovins en nombre suffisant. Ces effets sociaux et économiques sont extérieurs à la zone définie pour le soutien public à l'arboriculture irriguée. L'évaluation d'impact de tout projet se doit pourtant de prendre en compte ces effets indirects en aval pour aboutir

à une mesure nette du différentiel entre la situation qui résulte de la mise en œuvre du projet et le scénario contrefactuel. Dans le cas de Laanoceur, ce dernier correspondrait à une situation où les agriculteurs en aval auraient eu accès à plus d'eau et de matière organique ; ce qui leur aurait permis d'assurer des rendements supérieurs à ceux observés aujourd'hui (Bourdon, 2015 ; Elouardi, 2015 ; Ducourtieux, 2016).

Des initiatives paysannes proposant des alternatives pour l'irrigation

LES PARTIES OU LES AGENTS QUI PARTICIPENT AU DÉVELOPPEMENT de l'agriculture par l'irrigation peuvent être très divers. Cette diversité va bien au-delà du clivage entre « public » et « privé » ou entre « agriculteurs familiaux » et « agrobusiness » : agriculteurs dans leur diversité, journaliers, agro-investisseurs, employés des administrations ou des agences de développement, membres d'organisations non gouvernementales ou d'organisations paysannes, agents en amont et en aval des filières agricoles, etc. Si ce développement

Photo 4.2. Réservoir et système de distribution d'une grande ferme de la région du Souss, Maroc
© LISODE.



est le résultat, toujours provisoire, d'un « bricolage »²¹ mis en œuvre par ces différentes parties (plus que d'une volonté centralisée), il n'en demeure pas moins que celles-ci sont, le plus souvent, investies de capacités d'action très inégales. Ainsi, les modèles de développement présentés jusqu'ici sont sous-tendus par une structure de pouvoir dans laquelle certains agents, les agriculteurs aux revenus les plus modestes notamment, ne peuvent que très faiblement influencer la rationalité des choix effectués. Pourtant, ces choix peuvent s'avérer, comme nous l'avons vu, discriminatoires et inadaptés à leurs besoins. La répartition des ressources souvent inégale et irréversible, arbitrée au travers de ces choix peut enclencher, dans certaines conditions, le mécontentement des populations rurales concernées. Cela peut conduire à redéfinir les projets de manière plus concertée.

Encadré 4.6. La veille des organisations paysannes face aux incertitudes posées par le Programme pour le développement inclusif et durable de l'agrobusiness au Sénégal (PDIDAS).⁽¹⁾ Babacar Diop

Les organisations paysannes (OP) regroupées au sein du Cadre national de concertation des ruraux (CNCR) ont eu un rôle clé dans le suivi et la gouvernance du projet PDIDAS. Initialement exclues du comité de pilotage de ce projet, les OP ont réussi à l'intégrer. Ce nouveau rôle des OP dans la gouvernance du PDIDAS est, par ailleurs renforcé par le fait que, sous leur pression, les collectivités territoriales (9 communes de la zone du projet) ont été également invitées à devenir membres du comité de pilotage. Cependant, les défis posés par le PDIDAS sont toujours nombreux :

- les propriétaires et les exploitants locaux ont signé des documents de concession de leurs terres au PDIDAS sans que les contreparties soient clairement définies, celles-ci devant être négociées directement entre les populations locales et les investisseurs ;
- la répartition des terres aménagées entre les exploitations familiales reste aussi incertaine et laissée à la négociation avec les investisseurs ;
- le projet ne s'accompagne pas d'engagements précis par rapport au respect des plans d'occupation et d'affectation des sols – POAS (voir chapitre 10). Cela pourrait se traduire par une faible prise en compte des impacts négatifs du projet sur les populations d'éleveurs.

Malgré la mobilisation importante des organisations paysannes et leur vigilance sur la mise en œuvre du projet, les organisations de la société civile indiquent que leur poids dans les négociations ne devrait pas être surestimé, compte tenu du rapport toujours déséquilibré entre, d'une part, décideurs, bailleurs et investisseurs et, d'autre part, des populations confrontées à la pauvreté et aux urgences du quotidien.

(1). Issu des études qui ont conduit à la note de synthèse n° 23 « Enjeux fonciers et modèles de développement sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest » copublée par le CTFD, le Pôle foncier de Montpellier et le COSTEA - CTFD, 2017).

21. Nous nous inspirons ici des notions de « bricolage institutionnel » définie par Frances Cleaver (2001) et « d'assemblage » développée par Tania Murray Li (2007).

C'est le cas à Bagré où les agriculteurs ont pu récemment proposer d'introduire une diversification des cultures dans le périmètre (jusqu'à présent dédié à la riziculture) ou, antérieurement, de modifier la répartition du foncier entre agro-investisseurs et exploitations familiales. Une partie des terres initialement dédiées aux agro-investisseurs a été ainsi reversée dans les terres à attribuer aux exploitants familiaux suite à des manifestations (Daré *et al.*, 2019). C'est également le cas au Sénégal où les organisations paysannes se sont mobilisées face aux fortes incertitudes posées par le PDIDAS, bien que la portée de leur démarche soit restée pour le moment limitée (encadré 4.6).

Mais la résistance de la paysannerie aux modèles de développement dominants ne s'exprime pas uniquement sous la forme de mobilisations contre des projets qui risquent de dégrader davantage une situation souvent déjà précaire et dans des pays où l'engagement des personnes de ces organisations peut être risqué. En effet, dans des conditions bien spécifiques, les paysans parviennent à inverser le rôle qui leur est habituellement assigné dans les projets d'irrigation et deviennent moteurs de celui-ci (El Ouaamari *et al.*, 2019). Ainsi, depuis quelques années, dans le delta du fleuve Sénégal, des stratégies alternatives de développement de l'irrigation et de gestion concertée du foncier villageois émergent parallèlement aux projets présentés précédemment. C'est le cas à Thilène où, depuis le début des années 2000, le développement de l'irrigation repose sur la mise en réserve du foncier villageois au nom de tous ses habitants et sur la réalisation par ces derniers d'un effort collectif d'investissement et de mise en valeur par l'irrigation (encadré 4.7).

Encadré 4.7. Gestion concertée des ressources et développement paysan de l'irrigation à Thilène, Sénégal.
Samir El Ouaamari

Comme ailleurs dans le delta du fleuve Sénégal, à la fin des années 1970, les terres inondables du village de Thilène furent aménagées par la SAED en casiers rizicoles distribués individuellement aux agriculteurs locaux en fonction de la taille de leur famille (El Ouaamari *et al.*, 2019). Néanmoins, dans un contexte de croissance démographique et de déclin des investissements publics en matière d'hydraulique agricole, les surfaces irriguées devinrent très rapidement insuffisantes pour générer des revenus agricoles satisfaisants ou pour permettre l'installation des jeunes agriculteurs. Regroupés en coopérative, les habitants de Thilène se sont alors impliqués dans l'extension des surfaces irrigables tout en veillant à favoriser des modalités d'investissement et de distribution des parcelles adaptées à cet environnement contraignant.

Dès le début des années 2000, les familles plutôt aisées ont, dans un contexte de pression accrue sur les ressources, formalisé leurs droits fonciers en se faisant affecter des terres par la communauté rurale (voir chapitre 10), sur des surfaces relativement importantes. Elles ont par la suite, reversé ces terres à la coopérative afin d'y développer collectivement l'irrigation – ce à quoi elles n'auraient pas pu parvenir individuellement. Par étapes successives et en contribuant à l'effort collectif en fonction des moyens dont ils disposent (terres, capitaux, force de travail), ces agriculteurs ont aménagé environ 400 hectares de parcelles destinées aux cultures

Encadré 4.7. Suite.

maraîchères. Plus récemment, ils ont mobilisé des ressources financières complémentaires en établissant des partenariats avec la SAED, des ONG, des services de crédit ou des investisseurs locaux, et accéléré ainsi le rythme d'aménagement, sans pour autant renoncer aux principes de distribution des parcelles progressivement aménagées. À ce titre, si les agriculteurs ayant apporté des terres ou des capitaux ont reçu des surfaces généralement plus importantes que ceux qui avaient uniquement contribué avec leur force de travail, les inégalités ont été atténuées en plafonnant les attributions à 5 hectares et en assurant une dotation foncière à certaines catégories sociales jugées prioritaires : femmes, jeunes et agriculteurs les moins pourvus en terres jusque-là. Ni parfaitement égalitaires, ni totalement exceptionnelles, ces modalités de distribution des parcelles irriguées divergent néanmoins de celles observées dans le cadre des projets décrits précédemment où la solvabilité financière des demandeurs est au premier rang des critères d'attribution retenus. Par ailleurs, elles vont à contre-courant des situations observées dans certains villages du delta dans lesquels de très importantes surfaces ont été attribuées à des investisseurs extérieurs, dans des conditions de transparence médiocres et au détriment de la disponibilité de terres aménageables pour les générations futures.

Conclusions

EN DÉFINISSANT DE NOUVELLES MODALITÉS D'ACCÈS AUX RESSOURCES NATURELLES (terre et eau) là où ils interviennent, les projets de développement agricole par l'irrigation sont le lieu d'une sélection de certaines formes d'agriculture par rapport à d'autres. Dans la conception des grands projets d'irrigation d'aujourd'hui, ces choix, sous-tendus par le besoin de gérer des ressources financières publiques limitées, sont souvent justifiés en invoquant les performances économiques, sociales et environnementales espérées de chacune de ces différentes formes d'agriculture (familiale, patronale, capitaliste), ou de leurs possibles synergies lorsqu'elles coexistent. Dans ce chapitre, au travers de différents exemples localisés en Afrique du Nord et au Sahel, nous avons porté un regard à la fois sur les dispositifs en termes d'allocation de la terre et de l'eau d'irrigation qui traversent ces grands projets, et sur les dynamiques dans lesquelles ils interviennent.

Qu'ils visent l'établissement de « partenariats gagnant-gagnant » entre petits agriculteurs familiaux et agro-investisseurs ou plutôt la consolidation d'« exploitations familiales émergentes », les approches mobilisées par ces projets reposent bien souvent sur l'utilisation de catégories abstraites et excessivement réductrices pour définir les différents types d'exploitations agricoles ciblées, ainsi que leurs logiques respectives de fonctionnement. Ainsi en est-il particulièrement des exploitations locales de petite taille et reposant sur du travail familial qui risquent d'être particulièrement fragilisées par ces processus comme nous l'avons vu. En effet, pour adhérer aux projets mentionnés – et bénéficier ainsi de parcelles irriguées ou de dotations en eau d'irrigation supplémentaires – il est attendu de

ces exploitations qu'elles y contribuent en finançant une partie des investissements et/ou mettent des terres villageoises à disposition pour la construction des aménagements hydrauliques ou pour l'installation d'agro-investisseurs. Dans le premier cas, bien que la part de financement demandée soit en général proportionnellement plus réduite que celle réclamée à d'autres types d'exploitations, l'exigence de solvabilité – à laquelle est réduite l'analyse de la viabilité des unités de production – exclut une bonne partie des agriculteurs, faute de prendre la mesure de leurs capacités d'accumulation limitées. En ce qui concerne le deuxième type de contribution – mise à disposition de terres villageoises – il présuppose que lors des discussions qui portent sur la nature des contreparties pour les populations cédantes, les rapports entre celles-ci, les promoteurs des projets et les agro-investisseurs, seraient d'égal à égal. Or, de manière générale, les agriculteurs – notamment ceux ayant des plus faibles revenus – occupent une position subalterne dans la structure de pouvoir qui oriente les choix réalisés dans le cadre de ces projets, et ce en dépit des moyens non négligeables parfois mobilisés par les projets pour essayer d'aboutir à des solutions concertées. Par ailleurs, si les initiatives villageoises comme celles de Thilène représentent l'expression d'une manière alternative d'allouer le foncier et l'eau d'irrigation combinant, à la fois, efficacité économique (création nette de richesse et d'emplois), affranchissement des contraintes de financement, contribution à la sécurité alimentaire et atténuation des inégalités en milieu rural, elles revêtent néanmoins un caractère fortement contingent. Cette éventualité découle d'une combinaison complexe de conditions très particulières, relevant souvent de l'échelle micro-locale, parmi lesquelles celles qui concernent l'environnement physique et économique des agriculteurs, mais également celles ayant trait à l'évolution des rapports sociaux et de pouvoir avec, en particulier, la place occupée dans l'histoire par les organisations paysannes. Si ces démarches micro-locales sont, en conséquence, non réductibles à un ou plusieurs modèles de développement de l'irrigation, il n'en demeure pas moins qu'elles démontrent la possibilité d'une gouvernance des ressources allouées à l'agriculture irriguée (foncier, eau, capitaux) marquée par des rapports plus équilibrés entre les différents agents impliqués que dans les autres projets présentés dans ce chapitre. Souvent émergentes, fragiles et donc difficilement repérables, ces initiatives appellent à être mieux documentées afin de comprendre dans quelles conditions elles émergent, quels résultats peut-on attendre de leur développement et comment mettre en place des politiques publiques orientées à les renforcer.

Note des coordinateurs

Certaines parties de ce chapitre sont tirées de la note de synthèse n° 23 « Enjeux fonciers et modèles de développement sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest » co-publiée par le Comité technique Foncier et développement (CTFD) qui traite de ces questions, le Pôle Foncier de Montpellier et le COSTEA en juin 2017. Néanmoins, le point de vue qui y est présenté est celui de ses auteurs et n'engage pas l'ensemble du CTFD. Différents exemples de projets sont présentés dans ce chapitre afin de réfléchir sur les modèles de développement de l'agriculture irriguée. Un autre exemple utile à cette réflexion est présenté dans l'encadré 3.2 du chapitre précédent.

5. Les projets d'irrigation doivent-ils être rentables ? Les analyses économiques sont-elles utiles ?

Florence Deram Malerbe et Pierre Strosser

L'IMPLICATION DES POUVOIRS PUBLICS ET DES BAILLEURS DE FONDS pour accompagner (ou assurer) le développement de l'irrigation varie fortement selon les régions et les périodes. Quelles que soient les situations, des considérations économiques interviennent dans la décision de financer le développement de l'agriculture irriguée. Leur nature varie selon les objectifs politiques visés :

- aménager, c'est-à-dire contribuer à l'aménagement d'un territoire par l'accès à une ressource en eau, afin de renforcer son attractivité et stabiliser sa population ;
- produire, c'est-à-dire favoriser l'autonomie alimentaire du territoire ou du pays par le développement et la sécurisation de l'agriculture grâce à l'irrigation ;
- développer, c'est-à-dire permettre l'augmentation des revenus des populations rurales et des investissements, comme leviers du développement territorial voire national (augmentation des exportations et rentrée de devises).

L'objet des projets d'irrigation et donc des investissements peut prendre diverses formes, non exclusives les unes des autres : investir dans des infrastructures publiques collectives, accompagner les agriculteurs, les aider à améliorer leurs performances, appuyer la structuration de filières et promouvoir l'entrepreneuriat en soutenant des acteurs privés dans leurs investissements pour améliorer les revenus tirés de l'agriculture.

Des éclairages économiques peuvent alors être apportés pour vérifier le bien-fondé de l'investissement quand des ressources financières publiques sont en jeu.

L'objectif déclaré de ces éclairages économiques, principalement issus d'analyses coûts-bénéfices (analyse économique) et coûts-revenus (analyse financière), est de vérifier que l'argent public est utilisé à bon escient :

- dans le bon secteur, par rapport à des investissements qui pourraient se faire dans d'autres secteurs (coût d'opportunité du capital) ;
- de la bonne manière, c'est-à-dire pour que les bénéfices attendus soient supérieurs aux coûts qu'occasionnent les projets de développement de l'irrigation ;
- avec un minimum d'assurance concernant le financement du service d'irrigation à moyen et long termes, en particulier la capacité des activités agricoles bénéficiant du

service d'irrigation à amortir tout ou partie des coûts d'investissement et de fonctionnement des infrastructures et des services mis en place.

Très demandées par les bailleurs de fonds et faisant l'objet de moyens significatifs jusqu'aux années 1990, les analyses économiques ne semblent plus aujourd'hui revêtir la même importance. Les États les ont progressivement rejetées au profit d'autres moteurs de décision faisant une part plus importante aux dimensions politiques et sociales. Certains bailleurs n'en font plus un élément de décision. Le niveau d'attente vis-à-vis de ces analyses baissant, et par voie de conséquence les moyens qui leur sont alloués, la qualité des pratiques et des analyses économiques s'est fortement dégradée jusqu'à interroger aujourd'hui sur leur rôle et leur pertinence. Comment sont-elles appliquées ? Servent-elles à quelque chose ? Sont-elles utilisées à bon escient ? Ne faut-il pas repenser le rôle des analyses économiques dans les projets de développement et dans les relations entre États et bailleurs ? Comment traiter les questions de l'amortissement des investissements et de la couverture des coûts récurrents ? D'ailleurs, Les infrastructures d'irrigation doivent-elles être rentables ?

Photo 5.1. Submersion des rizières dans le périmètre de Bagré, Burkina Faso
© Jean-Philippe Venot, IRD.



Un rappel de la pratique de l'analyse économique

LES DISCUSSIONS CONCERNANT L'APPLICATION ET LE RÔLE DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE

dans les choix d'investissements publics, y compris dans le domaine de l'irrigation, font souvent référence à leur rôle d'aide à la décision. De telles évaluations seraient demandées, notamment par les bailleurs de fonds internationaux, et feraient partie de la palette d'outils et d'analyses qui sont appliqués pour évaluer la faisabilité d'un projet et décider s'il faut investir dans un domaine particulier. La réalité est un peu différente.

Les pratiques actuelles varient selon les pays et les bailleurs. Les analyses économiques restent une pratique relativement courante pour les grandes infrastructures (transport, énergie) et dans les pays anglo-saxons, même si leurs résultats n'influent pas toujours les décisions. Dans le secteur rural, et en irrigation notamment, certains bailleurs limitent leur analyse financière à l'évaluation d'un « risque pays », c'est-à-dire de la capacité de l'État à rembourser les prêts qui lui seront consentis, sans lien direct avec les projets financés. Ainsi, d'une manière générale, le rôle des analyses économiques dans la décision d'investissement semble révolu. Lorsqu'elles sont conduites, elles servent avant tout à argumenter *a posteriori* des décisions d'investissement prises sur d'autres critères de choix.

Il existe pourtant des méthodes d'analyse largement développées dans des guides méthodologiques cadrés. La théorie voudrait ainsi que les projets d'irrigation, comme d'autres projets de développement, soient évalués à partir de deux types d'analyses :

- une analyse économique globale comparant les coûts et les bénéfices du projet considéré. Elle prend potentiellement en compte des impacts sociaux (sur la santé et l'emploi par exemple) et environnementaux traduits en valeurs monétaires. Pour des projets de grande taille, des impacts économiques indirects (par exemple, les impacts sur les filières en amont et en aval) sont pris en compte ;
- une analyse financière par acteur. Elle compare les coûts financiers (investissement, exploitation et maintenance, fourniture de services associés, coûts financiers, etc.) et les revenus (subventions publiques, prêts, tarification de l'eau et d'autres services associés) de l'acteur considéré. De telles analyses sont en général menées à l'échelle du projet (un périmètre irrigué par exemple) et à l'échelle de l'exploitation agricole qui bénéficierait – bénéficierait – du nouveau service d'irrigation (ou de sa réhabilitation).

Aujourd'hui, les analyses économiques restent souvent sommaires et les méthodes sont mal maîtrisées. Le relatif désintérêt des décideurs pour les résultats de ces analyses, conséquence probable de leurs limites, les conduisent à y allouer des moyens très insuffisants. Les données de base manquent et les économistes ne disposent pas du temps et des financements qui seraient nécessaires pour construire des bases de données pertinentes. Les analyses reposent alors sur un très grand nombre d'hypothèses relatives à « ce qui se passera/ait une fois le projet mis en œuvre », en particulier concernant le développement d'activités agricoles (assolements, rendements et production) qui résulteraient de la mise en place de nouveaux aménagements et services, et ce sans

réelle analyse critique de ces hypothèses. La fréquente absence de capitalisation sur les résultats économiques des projets d'irrigation prive les économistes de références adaptées. Comme effet de cette évolution des pratiques, les compétences économiques opérationnelles continuent de se dégrader.

Encadré 5.1. Le groupe Économie du projet Costea 1.
Florence Deram Malerbe et Pierre Strosser

Au fil des ateliers, les membres du groupe Économie du Costea*, professionnels d'horizons différents, ont confronté leurs expériences et points de vue sur l'analyse économique dans les projets d'irrigation : spécificités, pratiques et limites. La synthèse de cette réflexion a fait l'objet d'une publication sous le titre «Éclairages sur l'analyse économique des projets d'irrigation» (Deram Malerbe et Strosser, 2019).

Le résultat ne constitue en aucun cas un guide pour l'analyse économique des projets d'irrigation, de tels guides existant par ailleurs. Plus modestement, il entend partager des questionnements et des propositions sur la prise en compte des spécificités des projets d'irrigation et de l'agriculture irriguée dans la conduite des analyses économiques. Il s'agit d'un document de travail qui présente les contributions variées et parfois contradictoires des membres du groupe. Il doit être considéré comme un point d'étape dans une réflexion collective qui se poursuit.

Les remarques et propositions sont structurées autour de sept questions principales :

- Q1. De quelle manière doit-on définir l'aménagement hydro-agricole étudié et le périmètre géographique de l'analyse ?
- Q2. Comment caractériser le scénario de référence ?
- Q3. Quels systèmes de production l'aménagement vise-t-il à mettre en place ?
 - Q3a. Comment anticiper les assolements et les pratiques culturales qui seront mises en œuvre ?
 - Q3b. Quelle(s) taille(s) de lots proposer pour atteindre les objectifs de économiques fixés ?
 - Q3c. Comment appréhender et expliciter la capacité et l'intérêt (ou le désintérêt) des agriculteurs à saisir les opportunités que le projet d'irrigation apporte ?
- Q4. Comment assurer l'équilibre (financier) du (futur) gestionnaire ?
- Q5. Comment évaluer les externalités/les effets induits des projets d'irrigation ?
 - Q5a. Quels seraient (seront) les impacts du projet sur l'économie du territoire ?
 - Q5b. Comment donner une place aux externalités environnementales et sanitaires dans les analyses économiques ?
 - Q5c. Comment aborder la question foncière dans l'évaluation économique ?
- Q6. Quels risques et «variabilités» pour les bénéficiaires faut-il appréhender dans le cadre d'analyses économiques ?
- Q7. Quelle(s) dimension(s) temporelle(s) du projet intégrer dans l'analyse économique ?

* Comité scientifique et technique eau agricole.

Enfin, les analyses économiques sont surtout réalisées à la fin des études de faisabilité ou de conception de projet, et de manière déconnectée des autres volets techniques, institutionnels et sociaux. Elles se limitent en général à l'estimation du taux de rentabilité interne (TRI) des projets et de leur valeur actuelle nette. Le plus souvent, seul le TRI est pris en considération alors que sa signification dans l'absolu est réduite, voire nulle.

Les analyses financières par type d'acteurs souffrent également de nombreuses limites, notamment en termes de données disponibles, de capitalisation et de moyens alloués. Mais elles sont plus simples à réaliser. Elles ne sont cependant pertinentes que dans la mesure où elles sont effectivement faites par type d'acteurs et avec des méthodes adaptées, *a minima* pour la structure de gestion des infrastructures et pour les différents types d'exploitations agricoles. Trop souvent, les projets font l'objet d'une analyse dite financière qui ne distingue pas les acteurs, les cumulant en une entité unique théorique loin de la réalité complexe des systèmes irrigués. Elle aboutit alors à une sorte d'analyse globale qui n'est ni économique, car elle n'intègre que peu d'impacts du projet, ni financière car elle gomme les flux entre acteurs et ne s'intéresse pas à leurs équilibres respectifs.

L'évaluation économique sert-elle encore à quelque chose ?

PEU D'ÉCRITS ABORDENT LA RÉALITÉ DE LA MISE EN ŒUVRE des évaluations économiques, les difficultés rencontrées et l'utilisation de leurs résultats. Cependant, deux éléments conduisent à s'interroger sur le rôle effectif des évaluations économiques telles qu'elles sont pratiquées aujourd'hui.

D'une part, leurs limites rapidement exposées ci-dessus les rendent assez facilement contestables si les résultats obtenus ne correspondent pas aux attentes *a priori*. Pour les mêmes raisons, elles peuvent aussi être modulées pour aboutir à des résultats plus en ligne avec ces attentes. D'autre part, la prévalence des options politiques initiales fait que rares sont les évaluations économiques de projets d'irrigation qui conduisent à rejeter le projet au motif que celui-ci n'est pas économiquement et financièrement viable. Or, on peut difficilement imaginer que les projets d'irrigation élaborés seraient tous économiquement viables. On peut donc conclure à l'absence de relation réelle entre les résultats des évaluations économiques et les décisions de « faire » et donc de « financer ».

Les analyses économiques comme outil de conception des projets

S'IL EST BIEN ENTENDU JUSTIFIÉ QUE LA DÉCISION D'INVESTIR dans un projet d'irrigation repose sur d'autres critères, il paraît difficilement admissible qu'aucune analyse économique et/ou financière ne soit faite au cours de la construction du projet. Ceci est d'autant moins acceptable qu'un projet d'irrigation relève de l'activité économique du territoire concerné et peut avoir des impacts considérables sur la dynamique économique locale.

En évaluant les impacts du projet à la bonne échelle, l'analyse économique globale permet d'estimer la pertinence du projet pour le territoire : les impacts potentiels sont-ils, en nature et en importance, ceux recherchés et souhaitables ? Comment se positionnent les acteurs entre eux et comment se partagent-ils la valeur créée ?

Les analyses financières par acteur permettent pour leur part d'évaluer l'efficacité et la durabilité du projet : les infrastructures d'irrigation projetées et les services apportés donneront-ils les résultats attendus pour les agriculteurs ? Le système irrigué produira-t-il la valeur nécessaire pour couvrir ses coûts dans le schéma institutionnel prévu ?

L'analyse économique, bien conduite, est un outil puissant d'intégration de toutes les dimensions d'un projet d'irrigation. En effet, les principales méthodes d'analyses économiques permettent d'évaluer un projet dans sa globalité. S'agissant spécifiquement d'un projet d'irrigation, l'analyse économique prendra en compte :

- les investissements dans les infrastructures, donc leurs principes de conception et leur dimensionnement, c'est-à-dire la dimension physique du système irrigué ;
- la gestion de ces infrastructures, notamment l'exploitation-maintenance et les redevances du service de l'eau (dimension organisationnelle et financière) ;
- les productions agricoles (dimension agronomique) ;
- l'investissement dans les mesures d'accompagnement à la production (dimensions agronomique et sociale) ;
- la gestion de la ressource en eau (dimension institutionnelle) ;
- les relations et flux entre acteurs (dimension sociale) ;
- l'accès au foncier dans des conditions données (dimension foncière) ;
- les activités économiques autour et dans le système irrigué (dimension économique) ;
- les impacts environnementaux et l'investissement dans les mesures d'atténuation et de compensation de ces impacts (dimension environnementale).

L'analyse économique se doit – et donc permet – de prendre également en compte la dimension temporelle des projets d'irrigation, qui s'inscrivent dans un temps d'autant plus long que les infrastructures sont étendues et complexes, les investissements lourds et le bouleversement des pratiques agricoles et des filières important. Il est donc aussi fondamental de s'interroger sur la dimension temporelle du projet et de ses composantes pour en déduire la période pertinente pour mener une évaluation économique *ex ante*. En effet, si la période choisie pour l'analyse n'est pas cohérente avec les dynamiques temporelles liées au projet, celle-ci peut conduire à maximiser ou minimiser, voire omettre, certains bénéfices ou coûts, conduisant ainsi à des résultats non représentatifs de l'ensemble des impacts (positifs et négatifs) potentiels.

Toute modification de l'une de ces dimensions est susceptible de modifier les résultats de l'analyse économique. La mise en place d'un processus itératif entre choix de conception du projet et analyse économique permet ainsi d'évaluer les conséquences des choix et de favoriser la construction progressive d'un projet pertinent et viable. Il permet aussi d'identifier les risques associés à chaque choix et de préciser les conditions de faisabilité du projet dans une conception donnée. S'agissant de projets d'irrigation, il n'est

pas inutile de pointer l'importance des choix relatifs à l'exploitation et à la maintenance des infrastructures, et à la couverture des coûts, lesquels s'expriment à la fois dans les dimensions techniques, organisationnelles, institutionnelles et financières.

Le processus itératif dans lequel devraient s'inscrire les analyses économiques ne repose pas nécessairement sur une modélisation économique complexe. Il s'agit avant tout de construire, *via* l'analyse économique, une bonne compréhension du projet (composantes et résultats intermédiaires, résultats finaux, interactions entre les différentes dimensions et les acteurs) et de partager cette compréhension entre acteurs et porteurs du projet. L'objet est donc de comprendre le « fonctionnement socio-économique du territoire sans et avec projet » sur le temps long, d'évaluer la robustesse des paramètres de conception, d'identifier les facteurs clés qui vont renforcer cette robustesse (par exemple en jouant sur la résilience) et de favoriser l'implication des acteurs afin d'assurer les bases de la réussite du projet. Il faut notamment que :

- l'agriculteur irrigant vienne et qu'il reste, quels que soient le contexte et sa variabilité ;
- le dimensionnement des infrastructures hydrauliques corresponde à ce qu'en feront les agriculteurs (productions, assolement, demande en eau des cultures et leur temporalité) et à la gestion qui sera mise en place ;
- les clients (agriculteurs) puissent payer, y compris en années variables, les charges qui leur reviennent dans un schéma organisationnel donné afin d'assurer l'équilibre de la gestion ou la rentabilité financière du service/gestionnaire ;
- les conditions pour que cela se réalise soient mises en place (instruments économiques/ tarification, organisation des filières, partage de valeur ajoutée, etc.).

Pour mettre en place ce type d'analyse, il faut envisager de développer des méthodes reposant sur des processus de concertation et de prospective. Ces processus doivent permettre à la fois de compenser (jusqu'à un certain point) le manque de données et de références et de favoriser le dialogue entre acteurs et la coconstruction des projets. L'analyse économique peut ainsi servir de fil directeur pour le processus global de conception participative du projet.

Il paraît également essentiel de développer les retours d'expérience sur la conduite et les résultats des projets d'irrigation, ainsi que la capitalisation de ces expériences, là encore sur le temps long, pour favoriser une meilleure approche des modèles économiques adaptés aux différents contextes et enjeux en matière de systèmes irrigués durablement efficaces et efficaces.

Ainsi conduite et alimentée par une réelle capitalisation, l'analyse économique peut également devenir un remarquable outil de discussion entre États et bailleurs sur le bien-fondé et le contenu des projets d'irrigation à promouvoir.

Et l'analyse financière ?

DANS LE PROCESSUS PROPOSÉ CI-DESSUS, L'ANALYSE FINANCIÈRE peut être considérée comme un des éléments de l'analyse économique parce qu'elle va lui apporter des

éléments. Mais il ne faut pas pour autant sous-estimer son importance. Elle a également une utilité propre, en particulier pour évaluer l'intérêt d'un acteur donné au projet et identifier certaines conditions de faisabilité du projet pour cet acteur.

En irrigation en particulier, l'analyse financière est fondamentale pour évaluer l'équilibre de la gestion technique et commerciale des infrastructures et du service de l'eau, au cœur de l'efficacité et de la durabilité des systèmes d'irrigation. Sans parler de rentabilité des infrastructures d'irrigation (voir ci-après), il reste essentiel dans tout projet d'irrigation de préciser comment les coûts d'exploitation-maintenance et de renouvellement de l'infrastructure seront couverts. Ce doit être l'objet de l'analyse financière de la structure de gestion, analyse qui sera différente selon le schéma organisationnel et institutionnel envisagé.

D'une manière générale, l'analyse par acteur diffère selon des méthodes adaptées à l'acteur qui ne seront pas les mêmes, par exemple pour l'agriculture familiale et pour des entreprises agricoles, ou pour des sociétés publiques de gestion et des opérateurs privés.

Photo 5.2. Marché de Koudougou, Burkina Faso
© Mathilde Jegoux, Voyager en photos.



Elle permet d'évaluer, par composante et par acteur du système, la contribution potentielle de chacun au projet et les impacts qu'il peut en attendre et *in fine* son intérêt à y contribuer. On peut ainsi vérifier dans quelles conditions un acteur donné pourra s'investir et profiter du projet. S'agissant des exploitants agricoles, ces conditions seront notamment à la base de la définition des volets d'accompagnement : appui à la production agricole, aux filières et à la gestion des ouvrages, etc.

Les investissements pour l'irrigation doivent-ils être rentables ?

IL EST COMMUN D'ATTRIBUER AU MANQUE DE MOYENS FINANCIERS la dégradation physique des infrastructures de nombreux périmètres d'irrigation et la faible efficacité de leur service de l'eau. Même si les autres chapitres de ce livre montrent que cette problématique est loin d'être uniquement financière, il n'est pas inutile de s'y intéresser et de poser la très classique question, lorsqu'il s'agit de développement économique et de la « rentabilité » du projet.

Par rentabilité, on entend souvent en premier lieu, voire uniquement, le retour sur investissement. Et si l'on s'intéresse à la rentabilité financière d'un projet d'aménagement, c'est parce que le projet, pour être faisable et pérenne, doit, d'une manière ou d'une autre, mobiliser les fonds qui permettront de couvrir ses investissements et ses coûts récurrents. La mobilisation de ces fonds sur la durée est aussi une des conditions de sa durabilité.

Or, la rentabilité d'un projet hydro-agricole est multiple, son appréciation doit se faire à différents niveaux et de différentes manières, pour la collectivité (rentabilité économique) et au niveau des principaux acteurs concernés (rentabilité financière de chaque type d'acteur). Elle s'apprécie donc *a minima*, dans un projet d'aménagement hydro-agricole, au niveau des exploitants agricoles valorisant l'aménagement et au niveau du gestionnaire de cet aménagement. Ces deux types d'acteurs sont très étroitement liés. Leurs rentabilités propres sont interdépendantes si l'on se situe dans un schéma où les agriculteurs irrigants sont parmi les principaux contributeurs (financiers, techniques et/ou de gouvernance) de la gestion de l'aménagement. On s'intéresse cependant ici plus spécifiquement à l'équilibre financier de la gestion des infrastructures mises en place.

Autant il semble évident que l'agriculture irriguée doit contribuer à la rentabilité des exploitations agricoles, autant la recherche de rentabilité directe du capital investi n'est pas nécessairement l'objectif de la gestion du périmètre. Si dans tous les cas, son équilibre financier doit être assuré, le type d'équilibre recherché dépendra de la nature de l'institution gestionnaire, de l'étendue de ses missions, des charges qui lui sont imputées et de ses objectifs propres. Un gestionnaire public ou une association d'usagers devra équilibrer ses charges, alors qu'un gestionnaire privé cherchera le niveau de rentabilité financière permettant de rémunérer ses actionnaires. La question de la rentabilité de la gestion se posera alors de manière différente et déterminera les conditions d'attractivité d'un projet d'irrigation pour un éventuel partenaire privé.

Encadré 5.2. Les objectifs des partenariats publics-privés et leurs conditions d'attractivité pour le secteur privé
Benjamin Vennat

L'implication du secteur privé dans les projets d'irrigation est parfois envisagée comme l'une des réponses possibles à la volonté des États de moderniser le secteur de l'irrigation dans un contexte de contraintes budgétaires de plus en plus marquées. Cette implication peut se concrétiser sous la forme d'une grande diversité de partenariats publics privés (PPP) et notamment à travers ceux visant à développer et/ou exploiter les infrastructures d'irrigation.

Les objectifs visés par la mise en place de PPP «irrigation» varient selon les acteurs :

- pour les pouvoirs publics, il s'agit de financer les infrastructures d'irrigation avec la contribution de capitaux privés et optimiser les délais de réalisation, améliorer la qualité du service de l'eau par l'intervention d'un opérateur privé professionnel engagé contractuellement sur des objectifs de service ;
- pour les exploitants agricoles, l'objectif est d'accéder à un service de l'eau d'irrigation et de drainage fiable et performant ;
- pour le secteur privé, l'objectif est d'obtenir un retour sur des fonds propres investis, en dégagant une marge commerciale sur le service d'irrigation ou pour d'autres usages de l'eau, la réalisation des travaux, la fourniture d'équipement ou l'approvisionnement des filières aval (cas d'entreprises du secteur agro-industriel).

Les objectifs des différents acteurs sont *a priori* contradictoires entre eux, notamment ceux du secteur privé et les attentes des usagers, pour qui l'accès au service de l'eau à un coût limité est primordial. Cette réalité peut toutefois être compensée par des efforts de structuration du projet d'irrigation et les objectifs doivent être soigneusement retranscrits dans des termes contractuels liant les acteurs, en privilégiant une bonne répartition des bénéfices techniques et financiers entre les acteurs.

Les principaux éléments de structuration pouvant favoriser l'attractivité du modèle PPP pour le secteur privé sont :

- renforcer la solvabilité des usagers de l'eau par la promotion de modèles d'exploitations agricoles rentables, optimisant l'utilisation des terres et valorisant au mieux la ressource en eau. Pour cela, les conditions préalables suivantes doivent être réunies : chaînes de valeurs organisées, ressource en eau disponible et de qualité suffisante, services agricoles adaptés et efficaces. La performance des exploitations réduit le risque commercial pour l'opérateur et lui garantit une certaine autonomie financière qui répond aux attentes du secteur public ;
- maintenir à la charge de l'État une part des investissements. L'expérience internationale montre que pour maintenir un coût du service de l'eau acceptable par les irrigants tout en restant attractif pour le secteur privé, la part des investissements prise en charge par la puissance publique est la plupart du temps supérieure à 50 %, voire à 80 %, du coût d'investissement (Maroc, Pérou). Le PPP en irrigation vise donc avant tout à faire porter au secteur privé les charges d'exploitation (petit équilibre), voire les provisions et amortissements pour renouvellement (coût durable). Mais, il ne permet pas de couvrir le coût complet (coût durable + investissement et charges financières associées) ;

Encadré 5.2. Suite.

- promouvoir des infrastructures multi-usages, qui permettent d'étendre le service de l'eau à d'autres usages que l'irrigation (en particulier la production d'hydro-électricité, par exemple sur les PPP au Pérou), plus solvables. Cela permet de contrebalancer ainsi les aléas de la demande en eau et de la solvabilité des usagers qui fragilisent l'équilibre financier du contrat ;
- inclure la réalisation des travaux du périmètre dans le contrat (concession, délé-gation de service public) afin d'améliorer la rentabilité globale du partenaire privé et sécuriser son implication dans la gestion des infrastructures d'irrigation sur le long terme (PPP au Maroc) ;
- impliquer dans le PPP des entreprises agro-industrielles (ou plus largement des filières aval) intéressées par les productions du périmètre, afin de favoriser des tarifs d'irrigation abordables pour les exploitations tout en assurant une rentabi-lité suffisante aux privés par le développement de leurs autres activités (projets de PPP au Brésil) ;
- associer les usagers et les porteurs de projet à la mise au point et à la mise en œuvre des contrats de service de l'eau, en particulier sur la tarification et les conditions de paiement du service de l'eau afin de sécuriser à la fois les usagers et le gestionnaire.

L'équilibre de la gestion des infrastructures peut être de différents types :

- la couverture des charges d'exploitation (auxquelles on ajoute parfois une partie de la maintenance corrective, c'est-à-dire l'entretien les petites réparations) communément appelées le « petit équilibre » ;
- la couverture du coût complet (exploitation, maintenance de tout niveau, renouvellement et investissement initial après déduction d'éventuelles subventions publiques) correspondant au « grand équilibre » ;
- le coût durable, identifié comme tel car il assurerait la durabilité de l'infrastructure, correspondant au coût complet sans l'investissement (Tardieu et Préfol, 2002).

Le niveau d'équilibre recherché doit correspondre aux responsabilités données au gestionnaire (et les charges correspondantes), mais également aux recettes qu'il peut mobiliser.

Ces recettes peuvent être de différentes natures, mais le plus souvent seules les redevances du service de l'eau demandées aux agriculteurs sont considérées. La situation la plus simple et peut-être la plus durable serait que les utilisateurs directs soient en mesure de couvrir seuls l'ensemble des coûts de leur aménagement. Mais l'expérience montre, dans le cas de périmètres irrigués, *a fortiori* lorsqu'ils sont de grande taille et dépendent de grandes infrastructures de stockage et de transport, que la contribution que peuvent apporter les seuls agriculteurs utilisateurs des ouvrages est en général insuffisante pour atteindre le petit équilibre. Dans le schéma de gestion, il importe donc de :

- définir la part des charges devant être supportée par les agriculteurs-utilisateurs et de vérifier qu'ils en ont effectivement la capacité ;
- identifier comment et par qui les autres coûts sont pris en charge.

Le schéma organisationnel et financier de gestion n'est complet que lorsque tous les coûts sont identifiés, objectivement évalués et considérés, et que l'on a déterminé comment ils sont couverts. Trop souvent, les analyses économiques ne traitent pas correctement des charges de la gestion (exploitation-maintenance et renouvellement), considérant qu'il s'agit de flux internes au système car en totalité couverts par les redevances des usagers. Quand elles le sont, les charges sont mal évaluées, et la capacité des usagers de payer les redevances ainsi calculées est rarement vérifiée. L'analyse économique passe alors à côté d'un aspect fondamental de la faisabilité et de la structuration du projet.

Si l'on considère que la gestion de l'aménagement doit être durablement équilibrée plutôt que rentable, la réussite financière du projet à l'échelle de l'aménagement devrait donc plutôt s'apprécier par la mise en place d'un schéma de financement pérenne. Le schéma de financement est alors entendu comme un accord des parties prenantes sur une définition consensuelle de « Qui paie quoi ? De quelle manière et quand ? » et sa formalisation contractuelle. Il ne porte alors pas seulement sur les investissements initiaux, mais il inclut également les coûts de fonctionnement, d'entretien, de maintenance et de renouvellement et ce, sur la durée de vie de l'aménagement.

Plutôt que rentables au sens classique du terme, les aménagements hydro-agricoles doivent être bien financés sur la durée afin de répondre à leurs objectifs sur le long terme.

Par ailleurs, rien n'empêche *a priori* d'envisager pour l'eau agricole des tarifs « sociaux », c'est-à-dire ajustés aux usagers et aux bénéficiaires qu'ils en retirent plutôt que directement liés aux coûts du service, comme cela se fait pour l'eau potable. Cela revient à subventionner le service par la puissance publique. Ce choix est justifié dans le cas où l'aménagement hydro-agricole poursuit un but qui n'est pas uniquement économique, en particulier lorsqu'il s'agit d'adapter les systèmes agricoles au changement climatique ou de permettre à des populations de bénéficier d'un meilleur niveau de vie sans avoir à migrer. Cette possibilité doit également être considérée de manière transitoire pendant les phases de démarrage, de nombreux projets ne pouvant trouver leur équilibre qu'à moyen ou long termes.

En conclusion

LES RÉFLEXIONS PROPOSÉES ICI NE SONT POUR L'ESSENTIEL pas propres aux projets d'irrigation. Elles relèvent peut-être plus de l'économie politique et de l'analyse des institutions que de l'évaluation économique *stricto sensu* et de ses résultats.

L'enjeu est tout autant l'utilité même des analyses menées que la place de l'économie dans le processus d'élaboration et de conduite des projets, jusqu'à la possibilité (voire la nécessité) de les adapter en cours de route. Il paraît donc fondamental de faire émerger une « culture de l'évaluation économique », non plus uniquement comme un outil d'aide à la décision, mais comme un outil de conception, de mise en œuvre, de suivi et d'évaluation *ex post* des projets. Et il est tout aussi fondamental, on l'a vu, de favoriser la

capitalisation des expériences pour renforcer les pratiques, mais aussi pour identifier les modèles économiques favorables et les facteurs clés de réussite pour le développement de l'agriculture irriguée dans les différents contextes.

Il importe également de s'interroger sur la rentabilité des investissements dans l'irrigation et sur la responsabilité de la puissance publique dans la prise en charge de certains coûts. L'expérience de certains grands aménagements a montré le bien-fondé à long terme des subventions publiques dans l'investissement, mais aussi dans le fonctionnement.

6. La maîtrise de l'eau : l'ingénierie a-t-elle oublié l'exploitation, la maintenance et les irrigants ?

François Brelle

QUE CE SOIT POUR LA PRÉLEVER ET LA CONDUIRE JUSQU'À LA PARCELLE ou pour l'évacuer quand elle est excédentaire, maîtriser l'eau est un formidable moyen pour sécuriser et améliorer la production agricole, et donc le revenu des populations rurales. C'est encore plus vrai avec le changement climatique, auquel l'irrigation offre un moyen d'adaptation. La base de la maîtrise de l'eau est l'aménagement hydraulique, depuis la mobilisation de la ressource jusqu'à l'utilisation de l'eau à la parcelle, en passant par le transport et la distribution, sans négliger le rejet des excédents au milieu naturel ou pour leur réutilisation.

Bilan des grands aménagements du xx^e siècle

MAÎTRISER L'EAU A ÉTÉ LE PRINCIPE FONDATEUR DES GRANDS AMÉNAGEMENTS agricoles réalisés dès le début du xx^e siècle, pendant l'époque coloniale, et dont le développement a été une des volontés fortes des pays après leur accession à l'indépendance.

Toutefois, comme l'ont souligné les chapitres précédents, les politiques d'aménagement des années 1960 à 1980 ont montré leurs limites, le constat largement partagé étant le suivant : les infrastructures construites au cours de cette période ont, pour beaucoup d'entre elles, rapidement perdu en performance, et n'assurent plus, quelques décennies seulement après leur construction, le niveau de service attendu par leurs promoteurs. Les raisons invoquées sont diverses : décalage technologique entre ces aménagements et le contexte social, économique et technique de leur mise en œuvre ; mise en œuvre jugée excessivement techno-bureaucratique, négligeant en particulier les usagers qui doivent en être les bénéficiaires ; fréquemment pointé, le manque d'efficacité opérationnelle des structures publiques créées pour gérer ces aménagements. De fait, ces politiques ont négligé les dimensions multiples d'un système d'irrigation, qui ont été présentées au premier chapitre.

À cela se sont ajoutées les difficultés économiques de certains pays, dont le niveau de développement n'a pas été à la hauteur des attentes de ceux qui avaient conclu à la faisabilité économique des lourds investissements consentis – pour autant que celle-ci ait été

convenablement démontrée. Au début des années 1990, face à ce constat, la communauté internationale et ses institutions financières ont jugé indispensable de réduire fortement les dépenses d'investissement et de fonctionnement. Les grandes infrastructures hydrauliques étaient jugées coûteuses à réaliser, et leur gestion dans la durée s'avérait difficile et onéreuse. Les effectifs des structures publiques chargées de leur gestion, jugés surdimensionnés, furent drastiquement réduits. Parallèlement, le courant libéral fit la promotion de la performance technico-financière des opérateurs privés, à leurs yeux plus capables que les institutions publiques de réaliser et d'exploiter les aménagements au meilleur coût.

Les grands projets d'aménagement ont alors fait place à des actions plus modestes en taille, avec la création de périmètres de dimensions petites et moyennes privilégiant des approches sociales et s'inspirant de pratiques plus traditionnelles de gestion de l'eau. Parallèlement, les projets en partenariat public-privé ont été encouragés par les bailleurs internationaux pour les grands investissements. Dans ces deux cas, le résultat est mitigé.

La technique, et en particulier l'hydraulique, est presque devenue secondaire, sinon accessoire, et les projets n'étaient jugés faisables que s'ils n'impliquaient pas la mise en œuvre de technologies élaborées. D'ailleurs, force est de constater que l'innovation au service de la performance du transport et de la distribution de l'eau, si prolifique dans les années 1960-1980, a fortement marqué le pas, et que les ingénieurs-conseils proposent encore aujourd'hui les solutions datant de cette période.

Pourtant, plusieurs résultats sont incontestables : le Maroc, par exemple, a su valoriser les grands aménagements hydro-agricoles réalisés à cette époque ; la maîtrise des flux permet la gestion raisonnée de l'usage de l'eau ; la mise en place des moyens pour que l'agriculteur puisse irriguer au bon moment en quantité voulue est la condition de l'efficacité de l'irrigation, et donc de l'intensification de sa production.

Plus que l'aménagement physique lui-même, la mise en cause des modèles de développement excessivement centrés sur la conception et la réalisation d'infrastructures émane de la prise de conscience de plusieurs obligations :

- prendre en considération les aspects sociaux et environnementaux et compenser les impacts négatifs des projets ;
- gérer durablement les ressources naturelles, en l'occurrence l'eau mais aussi le sol ;
- impliquer les irrigants usagers dans cette gestion, dès le choix des partis d'aménagement, en tenant compte de leurs objectifs et de leurs contraintes ;
- garantir la durabilité des systèmes par la mise en cohérence sur la durée des choix techniques et des contraintes financières ;
- satisfaire les besoins d'apprentissage et d'innovation par une gestion dynamique des connaissances.

En effet, les projets sont longtemps restés l'affaire exclusive des administrations, des bureaux d'études et des entreprises de travaux, et se sont le plus souvent concentrés sur les phases de conception et de réalisation, au détriment de la vie des projets après leur mise en service, et donc de la gestion des ouvrages et de l'eau qu'ils prélèvent, stockent et distribuent pour l'irrigation. Et, alors que les « normes » d'études ont aujourd'hui

significativement évolué pour mieux prendre en compte les impacts des projets aux plans social et environnemental, elles n'ont en revanche guère progressé pour mieux intégrer l'exploitabilité et la maintenance des ouvrages dans la durée, dans des conditions techniques et financières acceptables par tous les acteurs et qui puissent s'adapter aux évolutions, tant technologiques que sociales. L'absence de progrès dans ces domaines est imputable, au moins pour partie, à la réticence de beaucoup d'États à investir – donc à s'endetter – dans des actions d'une part, au profit des compétences, des méthodes et de l'organisation des acteurs de l'exploitation et de la maintenance, des structures de maîtrise d'ouvrage et de gestion des infrastructures hydro-agricoles, et d'autre part, au profit des irrigants. Cette réticence a probablement diverses origines telles que l'influence sur les politiques des acteurs économiques ayant des intérêts dans les projets d'aménagement, la prise de conscience insuffisante des décideurs de l'importance d'investir dans ces domaines, etc.

Et pourtant, s'agissant des maîtres d'ouvrage gestionnaires publics, cet investissement dans le « *soft* » (c'est-à-dire des méthodes « adaptées et réfléchies avec les acteurs ») est d'autant plus nécessaire que les réductions d'effectifs évoquées plus haut ont souvent excessivement affaibli leurs services techniques, au détriment de leur aptitude à bien conduire les projets en tant que maîtres d'ouvrage et de leur capacité à bien gérer les infrastructures après l'achèvement des travaux. Quant aux irrigants, l'expérience montre qu'il est toujours possible de trouver ceux qui sauront contribuer aux choix techniques,

Photo 6.1. Curage mécanique d'un canal du périmètre du Lampsar, Sénégal
© Jean-Yves Jamin, Cirad.



puis à l'exploitation et à la maintenance, pour autant qu'un effort suffisant soit fait pour leur expliquer comment fonctionnent les systèmes, les ouvrages et les équipements, et pour assurer leur formation. Et l'indispensable confiance mutuelle entre ces deux catégories d'acteurs est très dépendante d'une part de la crédibilité et de la légitimité des premiers, et, de l'autre, du consentement des seconds à respecter les règles et à payer leur part du coût du service dès lors que celui-ci est assuré conformément à ce qui est convenu.

La sécurisation de la ressource : les barrages restent la solution

LE PRÉLÈVEMENT DANS LA RESSOURCE EN EAU, AINSI QUE LA SÉCURISATION de celle-ci, constituent les fonctions du premier maillon de l'aménagement hydro-agricole, constitué d'ouvrages de taille, de complexité, de difficulté de réalisation et de contraintes de gestion très divers.

■ Adéquation de la ressource aux besoins

La première question que se pose le concepteur d'un système irrigué est celle de l'adéquation de la ressource en eau au besoin. Le besoin en eau est variable, sur une année et selon les saisons, en fonction des calendriers culturels et des cultures. La ressource est parfois disponible en permanence, par exemple lorsqu'il s'agit d'une nappe phréatique, mais elle est souvent variable dans le temps dès lors qu'il s'agit d'une ressource de surface, tributaire des précipitations ou de la fonte des neiges. Cette variabilité est exacerbée par l'incertitude des prévisions climatiques, la multiplication et l'amplitude des événements extrêmes, et la dégradation des bassins versants par la diminution de leur couvert végétal, leur érosion ou leur imperméabilisation.

■ Stocker l'eau pour sécuriser la ressource

Fréquemment, les moments où le besoin est maximal ne sont pas ceux où la ressource est la plus abondante. Il est donc souvent nécessaire de constituer un stock capable d'amortir les variations respectives, et souvent antagonistes, des besoins et de la ressource : la constitution de tels stocks de régularisation devient encore plus indispensable avec l'augmentation de l'irrégularité des précipitations et de l'amplitude des écarts entre les extrêmes résultant des changements du climat. Ce stock peut être constitué à des échelles diverses : une exploitation agricole, quelques exploitations regroupées, une association d'irrigants, un périmètre irrigué, un territoire étendu dévolu à plusieurs usages de l'eau.

Constituer un stock d'eau, qu'il s'agisse de retenues collinaires ou de barrages, représente un coût d'investissement élevé. Mais leur acceptabilité se juge en rapportant les coûts au volume d'eau (mètre cube) régularisé. En voici des exemples :

- pour une retenue collinaire de 50 000 m³ d'eau, coûtant 1,5 million €, qui régularise 100 000 m³ d'eau chaque année, exploitée pendant cinquante ans avec, tous les dix ans un coût de 150 000 € de grosse maintenance (remplacement de la membrane d'étanchéité

par exemple), le coût est de $0,42 \text{ €/m}^3$ rapporté à chaque mètre cube mobilisé à l'aval. C'est un coût significatif, dont la justification dépendra de la valeur que cet aménagement permettra de créer, en particulier du fait de la sécurisation de la ressource qu'il assurera ;

- l'effet d'échelle est important. Pour un barrage de 10 millions m^3 d'eau, coûtant 200 millions €, qui régularise chaque année 20 millions m^3 , si sa durée de vie n'est pas limitée par l'envasement, rapporté au mètre cube disponible à l'aval, le coût final n'est que de $0,20 \text{ €/m}^3$ au bout de cinquante ans. Ce coût n'intègre pas les charges de gestion. Celles-ci, s'agissant de barrages, sont faibles quand on les rapporte à l'investissement initial. Soulignons toutefois que les grands barrages nécessitent pour leur exploitation une organisation, des compétences, des moyens et des budgets à la hauteur des enjeux, notamment en matière de sécurité publique.

I Utilité et impacts des barrages

Si l'effet d'échelle est le plus souvent en faveur des grands barrages, ceux-ci ont des impacts négatifs importants : bassin amont submergé, populations déplacées, milieu naturel modifié, continuité écologique et transports solides naturels entravés, etc. Leur faisabilité est donc conditionnée à la mise en œuvre de mesures de compensation souvent coûteuses. Mais, outre leur utilité de régulation de la ressource au profit de l'irrigation, ils ont également d'autres rôles essentiels, comme le soutien d'étiage et la protection contre les inondations. Ce sont en outre, le plus souvent, des ouvrages potentiellement multi-usages, l'un d'eux étant la production d'électricité renouvelable, capable d'amortir à elle seule une part importante de l'investissement et des coûts de gestion, sinon leur totalité. S'opposer aux barrages par principe n'est pas plus pertinent politiquement que de vouloir les réaliser sans prendre la mesure de leurs impacts et des compensations nécessaires.

I Cas des ressources souterraines

Lorsque la ressource est souterraine, elle requiert peu d'aménagements physiques, sauf peut-être pour la recharge de nappes phréatiques, qui fait appel à la mobilisation de ressources de surface par des barrages à partir desquels des lâchures permettent de recharger les nappes d'accompagnement des cours d'eau concernés. En revanche, l'utilisation durable de ressource souterraine impose la mise en place de dispositifs institutionnels et organisationnels, mais aussi des techniques de gestion pour la mesure des flux : contrôle des forages, comptage des volumes pompés, réglementation et organisation de suivi et de police.

Or, l'expérience témoigne de l'extrême difficulté à mettre en place de tels dispositifs qui soient véritablement opérationnels. Il en résulte très souvent un renoncement politique conduisant inéluctablement à une dégradation, souvent forte et parfois irréversible, de ces ressources souterraines. L'échec n'est alors pas imputable à l'investissement, relativement faible au plan collectif, néanmoins élevé au plan individuel (achat et maintenance de pompes, énergie), mais à la difficulté de l'évaluation de la ressource disponible et surtout à des insuffisances, en matière institutionnelle et organisationnelle, dans la bonne gestion du bien commun qu'elle constitue.

Le prélèvement de l'eau : les prises en rivière, des ouvrages-clés

LORSQUE L'ON CONSTRUIT UN BARRAGE dans le lit d'un cours d'eau, celui-ci assure les deux fonctions de prélèvement et de stockage. Mais s'il est en dérivation, il doit être alimenté par un ouvrage spécifique de prélèvement, également nécessaire quand le système d'irrigation est alimenté au fil de l'eau. Cette fonction de dérivation nécessite le plus souvent un ouvrage conséquent, parfois complexe. Il faut généralement barrer le lit de la rivière par un seuil et créer un ouvrage ou pertuis de prise proprement dit. Bien que sans fonction de stockage, et dans le cas d'un système gravitaire, ce seuil doit être assez haut pour alimenter les ouvrages principaux qui vont alimenter le périmètre et doit donc le dominer.

L'ensemble est donc fréquemment coûteux : le seuil doit supporter sans dommage les crues du cours d'eau, potentiellement violentes ; l'ouvrage de prise doit être équipé de vannes de réglage, d'un dispositif permettant d'évacuer les sédiments et d'éviter qu'ils ne s'introduisent dans le réseau d'irrigation, et d'un déversoir de sécurité pour protéger ce même réseau. Ce coût, plus fortement déterminé par la taille et l'hydraulicité du cours d'eau que par la taille du périmètre à alimenter, est souvent jugé prohibitif. À un ouvrage en dur, pérenne mais coûteux, on préfère alors un ouvrage moins durable, souvent fusible en cas de crue du cours d'eau, et donc dans ce cas à reconstruire partiellement ou totalement après chaque crue ; la faisabilité de l'aménagement sera plus facile à démontrer. Mais la démonstration est moins aisée si les charges récurrentes correspondant à cette reconstruction régulière sont prises en compte à leur juste valeur.

En outre, il ne faut pas oublier que l'ouvrage de prise est un ouvrage-clé : s'il ne fonctionne pas correctement, le périmètre n'a plus d'eau ou pas forcément au meilleur moment. Négliger la mesure du risque, le coût de la maintenance et les contraintes d'exploitation conduit à minimiser l'investissement. Mais, cette impasse peut avoir de graves conséquences sur la durabilité de l'aménagement, en particulier le non-fonctionnement du périmètre ou d'une partie de celui-ci et les pertes de production agricole qui en résultent. La répétition des incidents, ou des accidents, peut conduire à une dégradation rapide du périmètre, voire à terme à la quasi-inutilité des infrastructures réalisées, rendant vain l'effort financier initial, aussi limité qu'il ait été. Plus grave, la perte de confiance des irrigants qui peut en résulter peut mettre à mal l'ensemble d'une politique de développement par l'irrigation, dont les promoteurs et ceux qui l'ont mise en œuvre sont jugés sur un échec.

Le transport de l'eau : un maître mot, la performance

DÈS LORS QUE L'EAU EST PRÉLEVÉE, il faut en assurer l'acheminement vers les lieux d'utilisation :

- sans trop de fuites ;
- sans écarts entre ce qui est prélevé et ce qui est utilisé, excédents qui seraient perdus ou déficits qui dégraderaient le service ;

- sans consommation excessive d'énergie (dénivellation si le système est gravitaire, électricité ou carburant fossile s'il y a pompage).

Il faut donc des ouvrages de transport (canaux, canalisations) hydrauliquement efficaces, des dispositifs techniques et organisationnels de régulation (vannes, logiciels, services d'exploitation) opérationnels, et si nécessaire des installations de pompage performantes. C'est la combinaison de ces éléments, constitutifs d'un système hydraulique de transport, qu'il faut optimiser du point de vue de l'investissement et du fonctionnement.

I Canaux à surface libre ou canalisations sous pression ?

Choisir entre un canal à surface libre et une canalisation sous pression est souvent une alternative. Le canal apparaît fréquemment comme la solution *a priori* pour un ouvrage primaire, mais la canalisation présente de nombreux avantages, notamment en termes de longueur, puisqu'elle permet de s'affranchir du relief ou de l'évaporation. Elle permet surtout de conserver l'énergie hydraulique jusqu'à des points de desserte situés à une altitude inférieure à celle de la source (ou du point de prélèvement). Mais les comparer n'a de sens que dans le contexte du projet. Là encore, les contraintes d'exploitation et de maintenance sont aussi déterminantes que l'équation hydraulique à résoudre. Un canal permet de voir l'écoulement, ce qui est utile à la compréhension du phénomène physique. Et, il est également plus pratique pour l'entretien, par exemple quand l'eau est chargée de sédiments. En revanche, son principal inconvénient est qu'il peut déborder, au contraire de la canalisation. Le canal n'est adapté aux variations de la demande en eau qu'au prix d'une régulation performante ou de réservoirs tampons de grande capacité et donc coûteux. Dans le cas d'une canalisation, des vannes et des protections *ad hoc* contre les suppressions sont nécessaires.

Dans le cas des canaux, il faut choisir leur degré d'élaboration. Des canaux en terre rudimentaires peuvent apparaître plus adaptés même s'ils ne sont pas étanches car ils sont plus rustiques et moins coûteux à construire. Mais ils requièrent un entretien et une maintenance corrective contraignants et coûteux. Des canaux revêtus, hydrauliquement plus performants, pourront être de taille plus réduite. Ils coûteront moins en entretien courant. À long terme, en revanche, leur maintenance requiert plus de technicité.

I Mode de régulation des canaux : complexité de l'usage des vannes

Les canaux primaires de nombreux périmètres aménagés depuis les années 1970 sont équipés des vannes automatiques mises au point par la société Neyrpic. Aujourd'hui dans le domaine public, elles sont fabriquées dans de nombreux pays, au Maroc et au Brésil en particulier. Ces vannes permettent de régler automatiquement, sans aucune énergie, le niveau dans un bief de canal, et donc d'adapter son débit à la demande. Malheureusement, l'expérience montre à peu près partout qu'en réalité, des infrastructures dimensionnées pour les besoins maximaux fonctionnent mal quand la demande en eau est plus faible.

Encadré 6.1. La régulation dynamique du canal de Rocade de l'ORMVA du Haouz à Marrakech, Maroc.

Fathallah Sghir, Yassine Darfaoui et Jean-Luc Deltour

Le canal de Rocade est exploité par l'Office régional de mise en valeur agricole du Haouz (ORMVAH) basé à Marrakech, Maroc. D'une longueur de 118 km, il a été construit dans les années 1980 et assure le transport de l'eau pour l'irrigation des 31000 hectares des secteurs aménagés du Haouz central et N'fis, ainsi que l'alimentation en eau potable des villes de Marrakech et d'El Klaa des Sraghna. Son débit de dimensionnement en tête est de 20 m³/s et transite en année normale un volume de 300 Mm³. L'efficacité du canal de Rocade, calculée chaque année par le Centre général de télé-contrôle (CGTC) de l'ORMVAH, est proche de 95 %. L'obtention et le maintien de ce niveau de performance sont liés à la prise en compte des besoins de régulation dès l'origine du projet et, ensuite, à l'affectation de moyens d'exploitation et de maintenance adaptés.

Le système de régulation a été choisi pour répondre à une demande variable au niveau de la distribution en tenant compte des possibilités d'aménagement de l'adducteur principal. Après une «tête morte» de 19 km sans réserve de stockage, la partie aval est plus propice à la construction d'ouvrages de régulation et à un stockage en ligne sur le canal.

Une première tranche de travaux a été mise en service à la fin des années 1980. En complément des vannes du barrage, trois ouvrages situés dans la zone de stockage sont commandés à distance depuis le CGTC, et quatre autres régulateurs statiques assurant le maintien des niveaux. Au CGTC, deux serveurs informatiques sont équipés d'un logiciel de supervision et d'un logiciel de régulation automatique. Le logiciel de régulation (régulation dynamique) calcule tous les quarts d'heure les commandes à transmettre aux ouvrages en fonction de la prévision des consommations aux prises et des mesures de niveau sur le canal. Après 15 ans d'exploitation, une extension et une rénovation partielle ont été réalisées avec la mise en service d'une deuxième tranche de réseaux : trois autres régulateurs ont été équipés pour leur pilotage à distance. Toutefois, l'évolution des réseaux a créé de nouvelles contraintes qui n'ont pas permis de maintenir une exploitation totalement automatisée par la régulation dynamique. Le canal de Rocade et le canal du N'Fis qui le prolonge ne sont plus exploités qu'en utilisant le logiciel de supervision.

La section exploitation du CGTC (un technicien et un agent d'exploitation) pilote à distance le canal en s'appuyant sur un poste de quart externalisé. Elle supervise également 26 gardes-vannes présents sur les ouvrages pour assurer la sécurité et manœuvrer les vannes des canaux secondaires.

Elle est complétée par la section maintenance (un technicien, un magasinier et un chauffeur). En charge de la maintenance des équipements hydromécaniques, électriques, informatiques et électroniques, elle s'appuie sur des marchés cadre et sur des bons de commande. Le chef du centre supervise et coordonne les activités des deux sections regroupant l'ensemble des agents. Cette organisation a permis de maintenir le système opérationnel malgré des problèmes liés au vieillissement, au vandalisme et au vol d'équipements de télégestion.

Encadré 6.1. Suite.

La conversion en cours d'une partie des réseaux à l'irrigation localisée sera accompagnée du deuxième programme de rénovation de ce système, opérationnel depuis plus de 30 ans. Ce programme permettra de rétablir un fonctionnement optimal et de rétablir le fonctionnement automatisé s'appuyant sur la régulation dynamique. Malgré les difficultés, le Centre général de télé-contrôle du canal de Rocade et du canal N'fis a pu, depuis les années 1980, maintenir opérationnel le système de régulation, en s'adaptant aux différentes contraintes survenues au fil du temps.



Photo 6.2. Ouvrage de régulation sur le Canal de Rocade, Office régional de Mise en Valeur du Haouz, Maroc
© François Molle, IRD.

À la difficulté de compréhension des phénomènes hydrauliques, s'ajoute l'absence de discipline et de surveillance (ou de police de l'eau) efficaces. En résultent des dysfonctionnements, à la fois causes et effets de la dégradation des ouvrages et des équipements, et *in fine* des gaspillages et des inégalités de répartition de l'eau sur le périmètre. Tout ceci contribue à la défiance des irrigants vis-à-vis du système hydraulique et des responsables de sa gestion. Pourtant, malgré ce constat très fréquent, les ingénieurs-conseils continuent de proposer ces solutions sans aucune disposition ou aucun dispositif permettant de véritablement et durablement remédier à ces dysfonctionnements sans compliquer la tâche des techniciens d'exploitation. Résoudre ce problème suppose avant tout de remédier à la méconnaissance par les irrigants de l'interdépendance des différents organes de réglage, du rôle de chacun de ces équipements et de leur importance pour un bon fonctionnement de l'ensemble du système hydraulique dans l'intérêt général, et de la place de leur intérêt particulier dans l'intérêt général.

Il peut être pertinent de choisir des vannes manuelles, mais là encore, on constate souvent des dégradations censées donner plus d'eau à leurs auteurs. La mobilisation des usagers dès la conception du système, leur organisation, les moyens, la formation et l'aide technique qu'on leur apporte sur le temps long sont indispensables quel que soit le niveau technique des équipements. D'où la nécessité d'intégrer, dans l'ingénierie de la maîtrise de l'eau, la dimension transversale de la gestion des connaissances d'exploitation et de maintenance.

À l'inverse, des techniques de régulation élaborées, comme la régulation dynamique (encadré 6.1), paraissent onéreuses et difficiles à exploiter. Mais elles peuvent réduire significativement les dimensions des infrastructures et donc leur coût. Leur exploitation et leur maintenance ne seraient peut-être pas si difficiles à assurer dans des pays en développement, où les technologies de l'information et de la communication sont très répandues.

Il vaut donc mieux ne pas éliminer certaines options techniques *a priori* et par principe, mais plutôt évaluer une performance globale en incluant les coûts du maintien à moyen et long termes du niveau de performance du système hydraulique à mettre en œuvre. La diversité des options technologiques doit être appréhendée par les ingénieurs pour stimuler la concurrence entre les solutions, et par voie de conséquence rationaliser les coûts d'investissement et de gestion à long terme. La compétence et les moyens humains et matériels de ceux qui sont chargés de la gestion de l'eau et des ouvrages (sociétés publiques, opérateurs privés et irrigants) en représentent la part primordiale, sinon la plus importante en coût. Et la vraie question est celle de l'adhésion des protagonistes au parti technique d'aménagement, au service de la convergence des intérêts collectifs et individuels.

La distribution de l'eau : en bonne quantité au bon moment

ALORS QUE L'EFFICIENCE DOIT CARACTÉRISER LE TRANSPORT DE L'EAU, la principale qualité de la distribution est la précision. Souvenons-nous en effet que bien irriguer, c'est apporter aux plantes l'eau en quantité voulue au bon moment. C'est là que les systèmes de canaux de surface sont souvent moins performants que les réseaux de canalisations sous pression. Dans les premiers, il faut une organisation rigoureuse de la distribution de l'eau, le plus souvent avec des tours d'eau, alors que les seconds peuvent être conçus et dimensionnés pour fonctionner à la demande. Mais les canalisations sont mal adaptées au cas fréquent d'une eau brute chargée en sédiments, et requièrent de l'énergie pour y vaincre les pertes de charge, sauf dans le cas de systèmes gravitaires bénéficiant d'une ressource prélevée en altitude et dont l'énergie potentielle est encore disponible au niveau du périmètre.

Les réseaux de canaux à surface libre sont encore les plus répandus dans les pays du Sud. Sur ces réseaux, les ouvrages de réglage des débits en tête des canaux secondaires et tertiaires, les vannes permettant d'effectuer les rotations (tours d'eau), entre tertiaires, entre quaternaires ou à l'entrée des parcelles, sont des équipements déterminants.

Pour le réglage des débits, les matériels inspirés de la marque Neyrpic (puis Neyrtec et enfin Alstom) restent largement répandus. Tout aussi performants que les vannes automatiques des grands canaux du strict point de vue hydraulique, ils sont aussi l'objet de détériorations visant à dégrader leur fonction de limitation du débit. À la parcelle, les vannettes en acier restent la solution la plus courante, quand bien même il est de notoriété publique que ces petites plaques en tôle sont tellement utiles pour d'autres usages qu'il n'en subsiste plus guère sur un périmètre quelques semaines après la mise en service.

Comme pour les canaux principaux, la question se pose de savoir si les canaux secondaires et les canaux tertiaires doivent être revêtus. La réponse doit résulter d'une analyse exhaustive des contraintes d'exploitation et de maintenance correspondant aux deux solutions. Cette réponse, à contrainte économique égale, varie selon la perception du maître d'ouvrage. En Haïti par exemple, le canal revêtu en maçonnerie, économe en section et facile à réparer, est souvent préféré au canal en terre. De plus, il ne faut pas que les difficultés de mesure des flux, donc *in fine* de comptage et de facturation, croissent avec la rusticité des ouvrages.

Le coût direct initial de l'ouvrage à réaliser est proportionné à sa complexité, mais il ne constitue qu'une partie du coût complet qui doit déterminer la faisabilité de l'aménagement. Dans le cas extrême du programme de promotion du partenariat rizicole dans le delta du fleuve Sénégal (3PRD), la décision a été prise de ne pas réaliser les canaux tertiaires pour en économiser le coût et de les laisser construire par les attributaires des plus petites parcelles du périmètre. Néanmoins, il est probable que ces canaux tertiaires soient de moindre qualité et qu'en résultent, pour les irrigants, des charges d'exploitation qui pénalisent la mise en valeur des terres irriguées.

Encadré 6.2. L'aménagement de la deuxième phase de 2100 hectares du périmètre de Bagré, en rive gauche du Nakambé, Burkina Faso.
Mamadou Cellou Diallo et Pierre Savey

L'aménagement hydro-agricole de Bagré se situe en aval du barrage de Bagré d'une capacité de 1700 hm³, construit sur le fleuve Nakambé (ex. Volta blanche) en 1991, au Burkina Faso. Il s'inscrit dans le cadre d'un projet de pôle de croissance, dont une des caractéristiques est de s'adresser à deux catégories de bénéficiaires : le petit paysannat et les agro-industriels.

Le principe retenu sur le projet d'aménagement en rive gauche, destiné à alimenter plus de 2200 hectares, a consisté à prendre en compte la capacité à payer des usagers dans l'affectation des parcelles, en tirant parti de la configuration topographique.

Plus précisément, les zones destinées au paysannat ont été privilégiées sur les terrains dominés par les canaux principaux, alors que les zones destinées à l'agri-business ont plutôt été affectées aux zones hautes nécessitant un pompage. Ainsi, le petit paysannat bénéficie d'une charge hydraulique naturelle, grâce à la dénivellée entre le canal principal cheminant sur une ligne de niveau et les parcelles en contrebas. De son côté, l'agro-industriel aura des charges d'énergie à intégrer dans son compte d'exploitation, mais aura une meilleure capacité à payer.

Encadré 6.2. Suite.

Dans les deux cas, le type de distribution choisi est «à la demande» : soit par mise en route/arrêt de pompage dans le canal principal (agro-industriels), soit par ouverture de bornes sur le réseau gravitaire de conduites enterrées basse pression (paysannat).

Pour l'agro-industriel, il s'agira de décider, quand il le souhaite, le démarrage et l'arrêt de son installation de pompage, *via* une chambre d'eau alimentée manuellement depuis le canal conçu en commande par l'aval (il est muni de vannes à niveau aval constant).

Pour le paysannat, le point clé sera lié au bon fonctionnement des associations d'usagers de l'eau agricole. Ce sont ces dernières qui organiseront le tour d'eau au sein d'un quartier hydraulique alimenté par un réseau tertiaire. Toutefois, comme pour l'agro-industriel, il constituera une entité de décision agissant «à la demande» sur le réseau primaire et secondaire.

La technique retenue pour le réglage du débit prélevé dans les canaux tertiaires a consisté à munir chaque borne desservie par le réseau basse pression d'une chambre d'eau, communiquant avec le canal tertiaire *via* un seuil fin triangulaire. L'avantage de ce type de seuil est qu'il permet de caler l'ouverture de la vanne en amont de façon visuelle, en mesurant la lame d'eau déversante sur le seuil de telle manière qu'elle coïncide avec la consigne relative au calage du débit ciblé. En général, il s'agit de la main d'eau. De plus, la forme triangulaire du seuil offre la possibilité théorique d'opter occasionnellement pour des mains d'eau réduites avec une bonne précision.

En ce qui concerne le réseau basse pression, il a été conçu en PVC. Ce matériau présente un bon compromis entre le coût et la durée de vie, s'il reste enterré et si sa mise en œuvre a été suffisamment soignée, notamment au niveau du lit de pose et du remblaiement. Dans le cas de Bagré, une attention particulière a dû être portée à certains tronçons de conduite situés à forte profondeur, en raison de l'irrégularité topographique.

Enfin, un autre avantage de ce type de réseau réside dans la minimisation des pertes en eau par évaporation/infiltration, et dans des moyens d'entretien modestes.

Exploitation et maintenance : idées reçues et prérequis

LES CONTRAINTES D'EXPLOITATION DES OUVRAGES ne doivent donc pas être négligées par les concepteurs et les décideurs. Évaluer le plus objectivement possible les coûts d'un aménagement durable conduira sans doute à renchérir l'aménagement : ouvrages plus solides, plus de vannes et d'appareillages, meilleures accessibilité et manœuvrabilité. En revanche, ne pas prendre en compte les contraintes conduira à des incidents d'exploitation très dommageables, résultant par exemple en une longue indisponibilité de l'ouvrage ou en son mauvais fonctionnement.

I Les compétences des personnels et l'organisation

Les techniques à mettre en œuvre, qui requièrent une compétence particulière et donc la mobilisation de professionnels, sont à la portée des cadres et des techniciens des pays du Sud. Les dysfonctionnements rencontrés ne sont pas imputables à l'incompétence des personnels, mais plutôt à une organisation inadaptée, à des capacités managériales insuffisantes et, depuis les années 1990, à la réduction des moyens résultant des politiques d'ajustement structurel. Pour répondre à un besoin de rationalisation des organisations dont le personnel pouvait être globalement pléthorique, on a en effet souvent indistinctement réduit les effectifs dans toutes les fonctions et dans tous les métiers. On constate également que la présence d'appareils automatiques, par exemple dans le domaine de la régulation, a conduit à un dimensionnement au plus juste des effectifs de techniciens d'exploitation. Or, on oublie que leur rôle est au moins autant la surveillance – voire la police – que la manœuvre des équipements.

I Des choix techniques soumis à des arguments économiques non adéquats

Les choix techniques se fondent, dans le meilleur des cas, sur une évaluation des coûts et des bénéfices, le plus souvent selon des critères technico-financiers, et trop rarement dans une logique véritablement économique. Ces choix souffrent souvent de l'absence d'une analyse de criticité permettant de faire les arbitrages financiers en connaissance de cause, en particulier après avoir mesuré les conséquences des défaillances des ouvrages. Cette criticité croît avec la superficie dominée par l'ouvrage considéré, et donc quand on se rapproche de l'origine du système hydraulique. Il importe de la quantifier en intégrant en particulier les pertes de production agricole consécutives à l'indisponibilité de l'eau après la rupture d'un ouvrage jusqu'à sa reconstruction. Cette indisponibilité peut être longue si les moyens manquent pour effectuer les réparations nécessaires. Une infrastructure rudimentaire peut alors se révéler *in fine* potentiellement plus coûteuse qu'un ouvrage plus élaboré. L'optimisation des coûts d'investissement par rapport aux coûts de fonctionnement est illusoire si elle repose, comme c'est souvent le cas, sur une évaluation erronée des seconds, calculés par souci de simplification à partir de ratios appliqués aux premiers. Or cette proportionnalité n'existe pas. Reprenons l'exemple de l'alternative entre canal en terre et canal en béton. L'entretien d'un canal en terre représente une proportion de son coût de construction (5 à 10 %) bien plus élevée que dans le cas d'un canal revêtu en béton (1 %). La digue-barrage fusible doit être reconstruite à 25 % après chaque crue si la crue est annuelle, ce qui représente le quart du coût de construction, sans prendre en compte la perte éventuelle de production consécutive à l'indisponibilité de l'ouvrage, et donc de l'irrigation, le temps de la reconstruction. L'approche analytique est le plus souvent absente, alors qu'elle devrait toujours constituer le fondement de cette démarche d'optimisation. Ainsi, une évaluation des charges de maintenance proportionnée au coût d'investissement risque de les sous-estimer fortement si l'ouvrage est rudimentaire.

I Le lien avec le territoire

Un autre critère de choix technique sinon technologique est la capacité du territoire où est réalisé l'aménagement à proposer les services nécessaires à la maintenance des ouvrages et de leurs équipements. Les palliatifs consistant à doter les organismes de gestion des infrastructures des moyens techniques d'entreprises de travaux publics ont tous été des échecs avec, au mieux, une utilisation de ces moyens au profit de personnalités localement influentes et, au pire, à la constitution en quelques années de cimetières de pelles mécaniques, de niveleuses et de camions rouillés.

Cette question de la maintenance des systèmes d'irrigation collectifs concourt à attribuer l'échec de certains projets d'irrigation à une approche excessivement sectorielle et à l'absence d'intégration du projet dans une vision – et un projet – de développement de territoire intégrant les services de proximité, la logistique et les transports, les filières bien sûr et, enfin et surtout, l'éducation et la santé.

Cette approche territoriale, relativement récente, est en outre utile à l'identification et à la mobilisation des acteurs sans lesquels les résultats attendus du projet d'irrigation ne pourront pas être atteints. Au premier rang de ces acteurs, se trouvent bien sûr les agriculteurs, souvent sans tradition d'irrigation. En effet, c'est à eux que vont incomber les responsabilités de valoriser l'eau d'irrigation et d'assurer une partie de la gestion du système. La connaissance des systèmes de production et des itinéraires techniques antérieurs à la réalisation de l'aménagement est indispensable au concepteur et au maître d'ouvrage pour que le projet se fonde, tant pour les solutions techniques qu'il comporte que pour ce qui concerne les mesures d'accompagnement à mettre en œuvre, sur l'appréciation la plus juste possible du chemin à parcourir pour une transformation réussie du territoire par l'aménagement hydro-agricole.

Encadré 6.3. Les limites d'une stratégie extensive d'aménagement à bas coût de plaines inondables rizicoles au Nord-Ghana.

Jean-Louis Fusillier et Bruno Lidon

Quand trop de standardisation des ouvrages et de compression des coûts d'investissement compromettent la maîtrise de l'eau et l'intensification des cultures.

La zone soudanienne du Nord-Ghana dispose de vastes étendues de plaines inondées temporairement en saison des pluies qui présentent des potentialités de production intéressantes pour une riziculture sous submersion. Depuis les années 1990, le gouvernement du Ghana a mené une constante politique de promotion de la production de riz dans cette région avec un double objectif :

- l'approvisionnement du marché national en riz en forte croissance, en substituant une production nationale aux importations ;
- le développement régional et l'inclusion sociale en fournissant, avec la riziculture, une nouvelle opportunité économique aux populations rurales des régions du nord, les plus défavorisées du pays.

Encadré 6.3. Suite.

L'aménagement des plaines par des diguettes en courbes de niveau a constitué une composante importante de cette politique rizicole. Après deux projets pilotes de tests de ces nouveaux aménagements et techniques rizicoles intensives associées (Lowland rice development project – LRDP, puis Food security and rice producers organizations project – FSRPOP), une diffusion à très grande échelle a été mise en œuvre avec le Rice sector support project (RSSP 2008-2016). Ce projet a opté pour une stratégie extensive d'aménagement exprimée par :

- un objectif ambitieux de 6 000 hectares aménagés couvrant les quatre régions Nord et Est du Ghana ;
- le choix d'ouvrages rudimentaires (diguettes en terre en courbes de niveau pour freiner le ruissellement et favoriser le maintien d'une lame d'eau dans les parcelles) à bas coût d'investissement (moins de 900 €/ha), selon des normes de construction quasi standardisées pour l'ensemble des sites et régions, avec une réalisation rapide recourant à des entrepreneurs de travaux mécanisés sans participation des bénéficiaires.

Alors que les projets pilotes avaient obtenu des résultats satisfaisants, le changement d'échelle selon cette stratégie du RSSP, orientée vers des économies drastiques dans la conception et construction des ouvrages combinés à une large couverture géographique, s'est avéré défaillant. En fin de projet, soit après huit années d'intervention, le taux de mise en culture des plaines aménagées n'était que de 50 %. Le rendement moyen s'établissait à 2,3t/ha de paddy, contre un objectif de 4t/ha. Ces performances sont médiocres, malgré un début d'adoption de techniques rizicoles améliorées (semences sélectionnées, engrais) avec des gains modestes de rendement (Lidon *et al.*, 2017). Ce résultat mitigé résulte principalement de la défaillance de fonctionnement des ouvrages hydrauliques : rupture des diguettes, mauvaise répartition de l'eau par absence de nivellement et érosion des canaux de drainage. En effet, 76 % des sites aménagés sont confrontés à des défauts de conception ou de réalisation des ouvrages qui entravent la maîtrise minimale de l'eau (RSSP, 2017). Il apparaît que la stratégie implicite à l'œuvre dans le RSSP a été d'utiliser les aménagements comme vecteurs pour inscrire des interventions de diffusion de paquets techniques dans les territoires, étendre les surfaces rizicoles et structurer les producteurs bénéficiaires, plutôt que d'apporter aux producteurs une véritable maîtrise de l'eau.

Conclusion

LES POLITIQUES DOIVENT DONC ÉLARGIR LEUR RÉFLEXION PRÉALABLE aux prises de décision. Les projets ne peuvent pas se limiter aux infrastructures à construire ; ils doivent intégrer la constitution de l'environnement technique et humain qui permettra que l'aménagement assure durablement sa fonction de prélèvement, peut-être de stockage, de transport et de distribution de l'eau au profit d'une agriculture plus productive et mieux sécurisée grâce à l'irrigation.

Les maîtres d'ouvrage, pour ce qui les concerne, ont la responsabilité d'identifier et de mobiliser les acteurs du territoire, en particulier les irrigants bénéficiaires du projet, pour qu'ils soient en mesure d'apporter leur contribution aux différents stades de celui-ci, que ce soit pour décider du parti d'aménagement, pour participer au choix des solutions techniques et aux phases de conception et enfin pour prendre possession des ouvrages ou portions d'ouvrage dont l'exploitation et la maintenance leur sont confiées. C'est également aux maîtres d'ouvrage que reviennent les choix technico-économiques, qu'ils doivent fonder sur une juste appréciation des coûts globaux à long terme, rarement optimaux dans le cas d'infrastructures rudimentaires, et fortement dépendants de la capacité du territoire à accueillir l'aménagement. Apparaît alors la nécessité d'une véritable analyse économique à cette échelle géographique et à long terme.

Quant aux ingénieurs-conseils, leurs compétences et les missions qui leur sont confiées doivent couvrir non seulement la topographie, l'hydraulique, la mécanique des sols et des structures, mais aussi la conception de l'organisation de la gestion de l'eau et de la maintenance des ouvrages. Ils doivent également être à même de proposer les formations correspondantes, sur la base d'une analyse sérieuse de l'existant et du contexte social et technico-économique du projet. Cela les conduira à associer, dans leurs études, celles et ceux qui seront parties prenantes de l'exploitation et de la maintenance, c'est-à-dire les organismes publics ou privés qui en auront la charge et, bien entendu, les irrigants avec lesquels ils la partageront.

7. L'irrigation peut-elle être plus économe en eau ?

Sami Bouarfa et François Molle

À L'ÉCHELLE MONDIALE, L'IRRIGATION EST RESPONSABLE DE PRÈS DE 70% DES PRÉLÈVEMENTS d'eau douce. Il est souvent considéré que cette proportion est excessive et qu'elle pénalise les autres usages de l'eau, en premier lieu l'eau potable, et de plus en plus, l'eau nécessaire à la vie aquatique. Il s'agit donc de mieux gérer la demande en eau, de la valoriser d'un point de vue agronomique ou économique, d'augmenter l'efficacité de l'irrigation *via* la modernisation des techniques. Ce chapitre précise l'origine et la portée de ces mots d'ordre, voire leurs contradictions. Il se fonde en grande partie sur des exemples des pays du pourtour méditerranéen au travers de leurs politiques de modernisation mises en œuvre depuis deux décennies.

De la gestion de l'offre à la gestion de la demande en eau

L'AMÉNAGEMENT DE GRANDS PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS a constitué le modèle d'action principal du développement de l'irrigation au cours du xx^e siècle.

I Les fondements des grands périmètres

Souvent opposé à l'irrigation communautaire ou villageoise, la « grande irrigation » a reposé sur un modèle d'aménagement planifié et centralisateur, caractérisé par des équipements hydrauliques modernes, avec l'objectif de garantir un service régulier de l'eau à des périmètres irrigués de grande taille, jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'hectares irrigués à partir d'une seule source d'eau. Cette politique d'offre en eau a été l'un des principaux leviers du développement agricole de la période de la Révolution verte (des années 1960 aux années 1980) mobilisant d'importants investissements publics nationaux et soutenus par les bailleurs de fonds internationaux et une intense coopération internationale. Elle a reposé sur un modèle de développement fortement piloté par les États : cultures planifiées, filières étatiques, administrations centralisées de l'agriculture et de la gestion de l'eau. Des offices de gestion de l'eau et de développement agricole ont vu le jour sur les périmètres, constituant une forme de bureaucratie hydraulique laissant peu d'initiative aux agriculteurs qu'il fallait « encadrer » (Molle *et al.*, 2009a et 2009b). Elle s'est traduite par la construction d'infrastructures importantes, par exemple, des grands barrages (parfois de plusieurs milliards de mètres cubes de capacité) pour alimenter en eau des grands périmètres irrigués (de plusieurs dizaines de milliers d'hectares d'un seul tenant).

I Des performances hydrauliques insuffisantes

Les premiers doutes sur l'efficacité de cette forme d'agriculture irriguée sont apparus dès le début des années 1980 après plusieurs décennies d'investissements publics dans les infrastructures hydrauliques (Coward, 1980). Les premières évaluations des périmètres irrigués ont montré des performances hydrauliques insuffisantes, mettant en lumière un faible niveau de maintenance et de qualité de service, une surconsommation d'eau conduisant à la remontée des nappes souterraines et à la salinisation des terres, et une insuffisante valorisation agronomique de l'eau. L'avènement de l'ère néolibérale, remettant fondamentalement en cause la pertinence du modèle d'agriculture planifiée et de la prééminence du rôle de l'État, a conforté ce discours critique sur la politique de l'offre et a entraîné une baisse drastique des investissements publics dans la création de nouveaux périmètres irrigués. La concurrence accrue sur la ressource en eau liée à l'augmentation des besoins urbains et industriels, l'occurrence de sécheresses et l'incapacité physique ou financière de mobiliser davantage et à grande échelle l'eau de surface dans des barrages ont également contribué à réduire les projets de grands périmètres irrigués. À cela se sont ajoutés des facteurs économiques tels que la baisse des prix alimentaires – conséquence de l'ouverture accrue à l'international des économies nationales qui pénalise la rentabilité des investissements –, l'accroissement de l'endettement des pays bénéficiaires des aides publiques au développement, ainsi que des facteurs sociaux tels que des contestations croissantes autour de la réalisation des barrages.

I Gestion de la demande en eau

Peu à peu, le principe d'une gestion de la demande en eau a émergé, cherchant l'amélioration de la valorisation de l'eau popularisée par le slogan « *more crop per drop* » soit « plus de production agricole par goutte d'eau », promu par l'Institut international de l'irrigation (IWMI) dans les années 1990 (Rijsberman, 2006). La gestion de la demande en eau consiste principalement à mobiliser plusieurs leviers d'action et à les articuler :

- l'amélioration des techniques d'irrigation pour réduire les pertes en eau au cours de son transport et de son application à la parcelle ;
- la baisse de la demande en eau d'irrigation, voire sa meilleure valorisation économique, par l'adoption du principe d'une tarification de l'eau d'irrigation adaptée à la qualité du service de l'eau et à la capacité à payer des agriculteurs et les incitant à en faire un usage économe ;
- une plus grande responsabilisation des agriculteurs pour gérer l'eau *via* des institutions décentralisées, telles que les associations d'irrigants, en misant sur une meilleure gestion locale porteuse de gains d'efficacité.

I L'irrigation individuelle en plein essor

La réduction de la politique de l'offre et de la création de grands périmètres n'a cependant pas affecté le développement de l'irrigation. Celui-ci s'est en effet poursuivi, mais

cette fois-ci essentiellement *via* l'initiative privée et hors aménagement, essentiellement sous la forme de l'irrigation individuelle. La révolution des motopompes a notamment donné la possibilité à des millions d'agriculteurs à travers le monde de se libérer partiellement ou totalement du contrôle de l'administration ou, dans certains cas, des règles de répartition coutumière de l'eau, par l'accès direct et autonome à la ressource en eau, en particulier souterraine (y compris dans les grands périmètres d'irrigation), brouillant la frontière entre grande et petite irrigation. Les surfaces irriguées ainsi atteignent aujourd'hui plus de 330 millions d'hectares, soit un peu moins de 20% des terres cultivées, dont plus de 100 millions d'hectares à partir des eaux souterraines (Siebert *et al.*, 2010). Bien que la dissémination élargie des pompes date des années 1960, celle-ci a pris des proportions spectaculaires à partir des années 1990, notamment dans le sous-continent indien, en Chine, dans les pays du pourtour méditerranéen et les régions arides d'Amérique latine.

Un engagement fort des États pour moderniser les périmètres irrigués, l'exemple des pays méditerranéens

LES PAYS DU POURTOUR MÉDITERRANÉEN ET EN PARTICULIER SUR SA RIVE SUD, où le caractère semi-aride du climat et le caractère aléatoire des pluies se conjuguent avec une forte concurrence entre le foncier agricole et le foncier urbain, ont mis en œuvre des politiques de modernisation des systèmes d'irrigation dès les années 1980.

I Amélioration des techniques : aspersion, revêtement des canaux et régulation de l'eau

Les innovations techniques ont tout d'abord essentiellement été tournées vers l'amélioration de l'efficacité des périmètres à différentes échelles, *via* l'amélioration des techniques d'irrigation à la parcelle et du transport de l'eau dans les canaux. En termes de techniques, la priorité a été donnée, dans un premier temps, à la reconversion des systèmes traditionnels d'irrigation de surface vers les systèmes à aspersion, et au revêtement et à la régulation des canaux de transport de l'eau des barrages aux champs. L'orientation essentiellement technique de ces politiques de modernisation n'a cependant pas entièrement donné satisfaction. Principalement concentrés sur les grands périmètres irrigués selon le mode d'intervention classique de l'État aménageur, les choix techniques opérés vers les systèmes d'irrigation par aspersion se sont avérés gourmands sur le plan énergétique et nécessitant un apprentissage long à acquérir de la part des agriculteurs. De même, la modernisation des canaux a beaucoup reposé sur la régulation et l'automatisation par des systèmes de vannes censés apporter rigueur et souplesse dans la distribution de l'eau, mais d'un niveau technique exigeant. Ces principes de modernisation ont été souvent inadaptés aux réelles capacités des gestionnaires à maintenir et à exploiter les ouvrages, et ont souvent été mal reçus par les irrigants eux-mêmes qui, insuffisamment impliqués dans les processus

de modernisation, ont parfois rejeté des changements perçus comme imposés par le haut, et ce malgré la volonté politique de mise en place des associations d'irrigants qui a démarré au début des années 1990.

I Le passage à l'irrigation individuelle, la micro-irrigation

L'individualisation progressive de l'accès à la ressource en eau a en outre fortement incité la diffusion des techniques d'irrigation localisée, autrement appelée goutte-à-goutte ou micro-irrigation (terme utilisé dans la suite de ce texte). Cette dernière a été présentée par les constructeurs, les chercheurs et les ingénieurs, et de nombreuses organisations internationales comme la plus économe en eau (plus de 90% de l'eau arrivant à la parcelle serait consommée par la plante avec des pertes minimales) et moins exigeante en énergie que toutes les autres techniques. La reconversion de l'irrigation de surface souvent considérée comme traditionnelle, ou de l'aspersion consommant beaucoup d'énergie, vers la micro-irrigation est ainsi devenue l'un des instruments principaux de la dimension technique de la gestion de la demande en eau.

Cependant, du point de vue des agriculteurs, la micro-irrigation offre surtout l'avantage d'une pratique moins contraignante de l'irrigation, en termes de pénibilité et de temps de travail, notamment par rapport aux techniques d'irrigation de surface. Son adoption est donc souvent principalement liée à cette moindre pénibilité du travail plutôt que guidée par des considérations d'économie d'eau (Venot *et al.*, 2017).

Subventionner l'adoption de la micro-irrigation (ou de systèmes d'asperseurs) à la place de l'irrigation gravitaire a donc toutes les allures d'une bonne politique : elle fournit aux décideurs une solution technologique apparente à la pénurie d'eau, elle développe une filière industrielle, avec ses dérivées artisanales (Benouniche *et al.*, 2014), elle permet en général une meilleure maîtrise de la fertilisation et de l'irrigation et donc de meilleurs rendements (encadré 7.1), elle réduit les besoins en main-d'œuvre et la pénibilité du travail, et diminue les pertes en azote et la pollution des nappes. Enfin, elle améliore le contrôle de l'homogénéité des produits en termes d'apparence et de calibre et répond ainsi aux exigences des filières d'exportation et d'approvisionnement des supermarchés. Efficience, productivité et économies sont des mots à consonance positive et valorisables en termes d'affichage politique. Mais ils sont à l'origine de nombreuses confusions sémantiques et, dans un monde complexe, une telle transformation technique a des implications systémiques qui peuvent contrebalancer, voire même annuler, les bénéfices escomptés.

L'Espagne et le Maroc ont, en particulier, lancé des programmes de plusieurs milliards d'euros pour moderniser leur irrigation et économiser de l'eau : 1,16 milliard m³ d'eau à un coût estimé à 7,3 milliards € pour l'Espagne et 0,8 milliard m³ d'eau à un coût de 3,9 milliards € pour le Maroc. Tandis qu'en Égypte, le ministère de l'Agriculture a publié en 2007 une stratégie pour 2030 proposant un changement technologique à grande échelle pour un budget de 120 milliards US\$. En Turquie, en Tunisie, en Algérie, en Italie ou au Maroc, les subventions à la micro-irrigation couvrent entre 60 et 100% des coûts d'investissement (Molle *et al.*, 2019b).

Photo 7.1. Irrigation au goutte-à-goutte, Maroc
© LISODE.



La micro-irrigation permet-elle d'économiser de l'eau ?

LES IMPACTS SYSTÉMIQUES D'UN PASSAGE À LA MICRO-IRRIGATION ont fait l'objet de nombreux débats depuis les années 2000, notamment en Californie, en Chine, en Espagne, au Maroc ou en Australie. Premièrement, il a été remarqué que les agriculteurs (relevant de l'agriculture familiale comme de l'agro-industrie) ne réduisaient pas toujours les quantités d'eau appliquées à la parcelle, en particulier lorsqu'une irrigation plus fréquente et mieux contrôlée accroît la transpiration des cultures (Perry et Steduto, 2017). Le passage à la micro-irrigation est également souvent accompagné d'une orientation vers des cultures plus consommatrices en eau, d'une densification des plantations d'arbres et d'une extension des superficies cultivées rendue possible par les économies réalisées à la parcelle, ce qui est qualifié d'effet rebond (Ward et Pulido-Velazquez, 2008 ; Playán et Mateos, 2006 ; Willardson *et al.*, 1994).

Il apparaît ainsi que si la micro-irrigation permet d'augmenter la productivité agricole, de mieux valoriser l'eau, et de réduire les besoins en main-d'œuvre, souvent de manière spectaculaire justifiant ainsi son introduction (encadré 7.1), en revanche, elle ne diminue généralement pas la consommation en eau. Par ailleurs, l'intensification agricole qui va

de pair avec l'introduction ou le passage à la micro-irrigation n'est possible que si la ressource en eau est sécurisée, accessible à la demande. C'est donc souvent à partir de forages individuels dans les eaux souterraines que les agriculteurs bénéficient d'un accès sécurisé à l'eau d'irrigation. Ceci engendre donc des coûts énergétiques supplémentaires de pompage dans la nappe, voire des coûts de repompage à partir de réservoirs intermédiaires pour alimenter les réseaux sous pression. La promotion des productions horticoles associée à celle de la micro-irrigation pose aussi des questions en termes d'intégration au marché et d'équilibre entre l'offre et la demande. Les gouvernements ont souvent cherché à créer de la valeur ajoutée sans réflexion suffisante sur l'évolution des prix des productions, occasionnant parfois des saturations du marché ayant pour conséquence des baisses de prix en dessous des coûts de récolte.

En résumé, on voit que les politiques de modernisation de l'agriculture peuvent avoir un ensemble de conséquences systémiques complexes et parfois inattendues avec, par exemple, des impacts sur la circulation et l'allocation de l'eau, le marché du travail, l'équité, les besoins en énergie ou les prix du marché, et donc des conséquences pour tous les autres producteurs. S'il est légitime pour les États de rechercher un accroissement de la productivité, il ne faudrait pas que l'attrait d'une solution « de haute technologie » ou de la vision d'une agriculture à haute valeur ajoutée, voire les intérêts de certains acteurs du secteur, conduisent à minimiser les contraintes sur certains facteurs de production, tout particulièrement l'eau, ou à négliger les dimensions sociales associées.

Encadré 7.1. Le Programme national d'économie d'eau en irrigation en Tunisie.
Florence Pintus

En 2015, dans le cadre du programme d'Appui aux politiques publiques de gestion des ressources en eau pour le développement rural et agricole (PAPS-Eau) financé par la Commission européenne, le ministère tunisien de l'Agriculture a procédé à l'évaluation du programme national d'Économie d'eau en Irrigation (PNEEI) conduit de 1995 à 2014. L'équipement pour l'irrigation localisée représente la grande majorité des aides apportées par ce programme. Le montant total des subventions octroyées pour les économies d'eau en irrigation sur la période 1995-2014 s'élève à 553 millions DT (dinars tunisiens) (environ 16 millions €) pour un montant d'investissements de 1,1 milliard DT.

En vingt ans, les superficies totales équipées pour l'économie d'eau ont quasiment été multipliées par trois. Elles sont passées de 127 000 hectares début 1995 à 375 000 hectares à la fin juin 2014. L'irrigation localisée s'est progressivement substituée aux autres équipements pour représenter aujourd'hui 45 % des surfaces équipées, contre 8 % en 1995. L'irrigation par aspersion est passée sur la même période de 47 % à 31 % et l'irrigation gravitaire améliorée de 45 % à 24 %. Les résultats du PNEEI sont remarquables en termes d'augmentation de la production agricole et de la richesse créée sur les exploitations. On relève en effet une

Encadré 7.1. Suite.

augmentation générale des rendements allant de 30 % en arboriculture à plus de 60 % en maraîchage et en céréales. Le bénéfice additionnel brut moyen, toutes spéculations confondues, est évalué à près de 2 000 DT/ha. C'est en arboriculture (+ 189 %) et pour les céréales (+ 145 %) que l'augmentation est la plus marquée.

La valorisation économique de l'eau d'irrigation a au minimum doublé dans toutes les spéculations. C'est en arboriculture qu'elle a le plus augmenté pour atteindre en moyenne 1 DT/m³, un niveau équivalent à celle du maraîchage. Les meilleures valorisations de l'eau sont obtenues pour les fourrages, 1,8 DT/m³, et pour la vigne de table, le pommier, le pêcher et l'amandier qui procurent actuellement les valorisations les plus élevées, supérieures à 2 DT/m³. Enfin, ce programme a engendré une augmentation spectaculaire de la productivité agronomique de l'eau qui a plus que doublé en vingt ans pour les fourrages (11 kg/m³), le maraîchage (5 kg/m³) et l'arboriculture (2 kg/m³), en particulier pour l'orge en vert, le piment, la vigne et le pommier.

Le changement technique a aussi permis une meilleure maîtrise de la fertigation et une économie de main-d'œuvre grâce à un gain de temps et une moindre pénibilité du travail. La part des charges d'eau dans les charges totales a également diminué sauf en maraîchage. La part du coût de l'eau demeure cependant non négligeable et se situe aujourd'hui en moyenne autour de 14-15 % des charges totales, et jusqu'à 20 % pour les céréales, malgré les avantages tarifaires.

Depuis la mise en place du programme, l'introduction des équipements d'économie d'eau s'est également traduite par une baisse moyenne des prélèvements en eau à l'hectare de l'ordre de 16 % avec une valeur moyenne de 5 200 m³/ha/an aujourd'hui. Cette réduction des apports est particulièrement marquée en arboriculture. En revanche, la quantification des changements induits en matière de réduction des consommations nettes n'a pas été réalisée et les changements observés à une échelle macroscopique combinent les changements de pratiques, de technologie et de cultures avec une augmentation des superficies, ces facteurs étant difficiles à démêler.

Ainsi, le changement technologique n'est pas parvenu à stopper la surexploitation des nappes. À l'inverse, celle-ci a le plus souvent augmenté. L'extension de l'irrigation localisée sur les périmètres irrigués privés du Centre de la Tunisie particulièrement, à partir de forages souvent illicites et par conséquent non régulés, s'est traduite par l'extension des superficies hors périmètres, l'exploitation totale des nappes phréatiques passant de 395 milliards m³ d'eau en 1980, à 745 milliards m³ en 1995 et à 854 milliards m³ en 2010, au moyen respectivement de 23 000, 77 000 et 107 000 puits équipés. À ce constat s'ajoute le manque de maîtrise des équipements et des irrigations de la part des irrigants. C'est une contrainte préoccupante, car c'est celle sur laquelle les projets d'amélioration des périmètres irrigués ont le plus de difficultés à agir.

Efficiencia y productividad de l'agua d'irrigación, de qué se habla ?

EN APARENTE, LE TERME D'EFFICIENCIA EST FACILE À MANIER POUR JUSTIFIER des politiques d'économie d'agua. On y exprime un pourcentage résumant à lui seul les performances techniques de l'irrigación à la parcelle : « la micro-irrigación permet une eficiencia de 90 % ». Il se cache cependant derrière le mot d'eficiencia des notions de pertes en agua très différentes, notamment selon les échelles considérées (Grafton *et al.*, 2018).

I Le devenir des pertes en agua

L'agua est appliquée à la parcelle pour être consommée par la transpiration de la plante afin de compenser le déficit de pluie. En réalité, l'agua non utilisée par la plante est, pour partie, évaporée directement par le sol vers l'atmosphère, pour partie écoulee dans le système hydrologique superficiel (ruissellement ou écoulement dans des drains artificiels) ou infiltrée dans le sol en profondeur (une partie revenant alors à la surface par les sources, lits des rivières, lacs, zones humides, ou la mer).

Certaines pertes par évaporation se produisent au niveau de l'agua stockée dans les barrages ou de son parcours le long des canaux. Au niveau de la parcelle, la transpiration de la plante est considérée comme une consommation productive (le rendement est lié à cette transpiration), tandis que l'évaporation de l'agua, par exemple lorsqu'elle est pulvérisée en fines gouttelettes par aspersion ou stagne à la surface du sol, est considérée comme une perte improductive : l'agua retourne vers l'atmosphère sans avoir bénéficié aux cultures, ni aux autres usages ou aux écosystèmes localement. On peut réduire ces pertes en adaptant les pratiques (ne pas arroser par grand vent, utiliser des micro-asperseurs, etc.) ou en réduisant l'évaporation du sol par différentes techniques (*mulch* organique ou plastique, non-labour, etc.). L'adoption de systèmes « économiques » comme la micro-irrigación se traduit généralement par une augmentation de la transpiration grâce à une meilleure conduite des arrosages (et donc à une augmentation des rendements) et par une diminution relative de l'évaporation du sol (celui-ci reste sec loin de la plante mais la zone humide l'est plus fréquemment).

I À l'échelle du système hydrologique

À l'échelle du système hydrologique, il faut considérer la question de l'eficiencia de l'irrigación autrement. Les pertes en agua liées à un surplus d'irrigación par rapport aux besoins des plantes peuvent rejoindre le système hydrologique par ruissellement ou infiltration. Si l'eficiencia à la parcelle qui en résulte est diminuée, cette agua peut néanmoins être valorisée pour d'autres usages ou assurer une fonction environnementale. Ceci vaut aussi bien pour les retours superficiels, souvent repompés ou dérivés dans les drains ou en aval dans les rivières, que pour les infiltrations dans la nappe, généralement exploitée par des puits ou des forages. L'eficiencia à l'échelle de la parcelle n'a donc pas la même signification qu'à l'échelle du bassin hydrologique.

Le souhait de maximiser les usages économiques de l'eau, par exemple par l'intensification agricole et par une augmentation des efficacités à tous les niveaux d'échelle, conduit *de facto* à réduire les écoulements d'eau en dehors des bassins et provoque la fermeture de ces bassins (voir chapitre 2). Ceci revient à en réduire les fonctions environnementales non directement productives liées à la santé des écosystèmes aquatiques, mais également à ignorer des questions liées à la qualité de l'eau comme le nécessaire contrôle de la salinité des sols en situation irriguée (encadré 7.2). Cette vision s'affronte aujourd'hui aux tenants d'une intensification maximale des usages et porteurs du message « zéro goutte d'eau à la mer », ce qui équivaut à une fermeture des bassins hydrologiques.

La productivité ou la valorisation de l'eau est un indicateur également souvent mobilisé. Il exprime le ratio suivant :

Production (kg ou valeur monétaire) / Volume d'eau (m³ brut ou net) appliqué par l'irrigation

Encadré 7.2. Les besoins en eau pour le drainage. Sami Bouarfa et Bernard Vincent

Dans les systèmes d'irrigation réalisés pour faire face aux déficits hydriques, il peut apparaître paradoxal de devoir drainer, c'est-à-dire d'évacuer de l'eau considérée comme excédentaire. Or, le recours au drainage fait partie des techniques régulièrement employées pour faire face à différents types de situations que l'on retrouve couramment en systèmes irrigués (Bouarfa et Kuper, 2012).

Faire face aux excès d'eau de pluie

Le premier objectif du drainage est de faire face aux excès d'eau de pluie, assez courants dans de nombreux périmètres irrigués dans des régions à forts contrastes saisonniers et marqués par une saison humide et une saison sèche, comme les régions tropicales, de mousson et méditerranéennes. Dans ces situations, le recours aux techniques de drainage, qui incluent à la fois le modelage du sol pour favoriser le ruissellement, dit drainage de surface, et les techniques de fossés ou de tuyaux enterrés qui captent une nappe superficielle, dites de drainage enterré, fait partie des modalités de gestion de l'eau au même titre que les systèmes d'irrigation. Dans certaines situations, les systèmes de drainage contribuent également à lutter contre les inondations en canalisant l'évacuation des crues.

Contrôler la salinité

Le second objectif du drainage est de contrôler le niveau de salinité, en raison de l'accumulation régulière des sels dans les sols irrigués avec des eaux d'irrigation qui contiennent quasi systématiquement des sels minéraux liés à leur parcours au travers les sols et les roches ou à leur usage (réutilisation des eaux de drainage) avant de parvenir aux parcelles (Lagacherie *et al.*, 2018). Lorsqu'ils se concentrent dans le sol, ces sels imposent un stress à la culture et, au-delà d'un

Encadré 7.2. Suite.

seuil, pénalisent le rendement. La mauvaise gestion de la salinité des sols est par exemple considérée comme à l'origine de la chute de la civilisation sumérienne, qui a vu la productivité du blé régulièrement baisser au cours des siècles, pour être remplacé par l'orge (céréale plus résistante au sel) pour enfin ne plus pouvoir suffisamment produire. Dans les systèmes oasiens, l'eau en provenance des nappes souterraines contient régulièrement entre 2 et 5 g de sels/l d'eau. Multipliée par des doses annuelles d'irrigation qui vont jusqu'à 20 000 m³ d'eau/ha pour arroser les palmiers dattiers, cela revient à apporter jusqu'à 60 t de sel/ha irrigué/an. Pour ne pas stériliser ces sols avec de telles quantités de sels, il est donc nécessaire qu'une part de l'eau serve à la culture et qu'une autre part de l'eau lessive le sel en excès et soit évacuée du système irrigué par des systèmes de drainage enterrés. Les civilisations oasiennes l'ont compris depuis longtemps, et l'entretien des réseaux de drainage fait partie des corvées longtemps attribuées aux populations sous domination dans le système social oasien traditionnel.

Le drainage ne résout pas tout

Au cours de la phase de politique de l'offre qui a conduit au développement des grands périmètres irrigués, les faibles performances hydrauliques et agronomiques des périmètres ont bien souvent conduit à une remontée générale du niveau des nappes. La présence de ces nappes, bien souvent chargées en sels, a été la cause de l'apparition de problèmes de salinité dans de nombreuses régions du monde, résumés dans le concept de double menace d'engorgement et de salinité. La mise en place du drainage agricole a alors été considérée comme une solution incontournable par les ingénieurs qui élaboraient les normes techniques des périmètres irrigués, notamment au sein de la Commission internationale de l'Irrigation et du Drainage (Smedema, 2011). Or, il est aujourd'hui reconnu qu'une grande partie des problèmes était liée à des difficultés de coordination entre l'offre et la demande en eau, à la faible efficacité du transport et de l'application de l'eau. L'amélioration des performances des périmètres irrigués, le savoir-faire des agriculteurs pour piloter l'irrigation et le choix des cultures tolérantes au sel ont conduit à circonscrire le problème de salinité à 10 % des surfaces irriguées environ. Pour ces zones à risque, le drainage demeure nécessaire, ce qu'il est important de réaffirmer dans le contexte politique actuel d'économie d'eau où toute goutte d'eau est considérée comme perdue.

Réduire les risques environnementaux

Au-delà de ces objectifs traditionnels de lutte contre l'engorgement des sols et les inondations et de contrôle de la salinité, le drainage peut contribuer à répondre aux nouveaux défis environnementaux de lutte contre les pollutions d'origines agricoles. Dans le contexte d'intensification de l'agriculture irriguée, le drainage peut en effet à la fois être vecteur de pollution des eaux (nitrates, pesticides, métaux lourds), mais aussi un élément de réduction des transferts de ces pollutions à l'aval, par exemple par une végétalisation des canaux pour réduire les pollutions.

La productivité agronomique s'exprime donc en tonnes ou en kilos de production par mètre cube d'eau ; la valorisation économique s'exprime en unité monétaire de valeur produite par mètre cube d'eau. La recherche d'une meilleure productivité économique de l'eau consiste à privilégier les usages les plus rentables de l'eau, et contribue à mettre davantage l'accent sur la production agricole que sur un usage parcimonieux de la ressource en eau. Sa maximisation contribue souvent à une surexploitation de la ressource aux dépens des usages environnementaux de l'eau.

Les outils économiques pour économiser l'eau

L'UTILISATION D'EAU POUR L'IRRIGATION EST SOUVENT À TORT traitée comme celle de l'eau domestique ou de l'électricité. Le niveau de prix de l'eau « bas » n'enverrait pas le signal de sa rareté et engendrerait ainsi un gaspillage. Ceci semble si vrai dans le domaine de l'irrigation que les prix de l'eau, souvent bas, sont invariablement considérés comme la cause des prélèvements d'eau douce excessifs pour l'irrigation (de l'ordre de 70 % à l'échelle mondiale), et tenus pour extravagants au regard de la faible productivité relative de l'eau d'irrigation et par rapport aux autres secteurs. Quand la production de l'eau est coûteuse, par exemple comme l'eau désalinisée ou pompée dans des nappes profondes, sa valorisation économique doit être nécessairement plus élevée. Augmenter le prix de l'eau aurait donc pour vertu à la fois de réduire la demande et d'accroître la productivité de l'eau. Ce récit a été le soubassement de dix ans de promotion intensive des outils économiques par la Banque mondiale entre 1993 et 2003, avant de disparaître par manque de résultats probants²².

Nous pouvons en effet noter plusieurs failles dans ce raisonnement :

- une bonne partie des pertes sont liées à la gestion du système et sont occasionnées en amont de la parcelle de l'agriculteur et donc indépendantes de celui-ci ;
- il est politiquement délicat pour une administration d'augmenter le prix de l'eau au-delà de ce qu'elle coûte à produire et à distribuer ;
- les études montrent que les niveaux de prix engendrant des réductions significatives de la demande (on parle d'élasticité au prix en économie) entraînent invariablement des réductions de revenus drastiques pour les agriculteurs, des effets socialement inacceptables ;
- le prix n'a d'effet que s'il est volumétrique, c'est-à-dire en relation directe avec les quantités utilisées, or dans la plupart des cas la consommation d'eau n'est pas, ou mal, comptabilisée. Les contrôles volumétriques de l'utilisation de l'eau d'irrigation au niveau individuel sont très rares dans les réseaux gravitaires ;
- enfin, ces considérations d'élasticité n'ont de sens que dans des systèmes gérés « à la demande » (comme un réseau urbain non rationné), une situation très éloignée de celle de périmètres irrigués en déficit. En effet, dans une situation de pénurie demandant des économies d'eau, la ressource est de fait régulée par la réduction de l'offre et c'est bien cette contrainte que les usagers doivent affronter, en général par de coûteux

22. Pour une histoire de cette politique, voir Molle et Berkoff (2007).

investissements en puits, pompage ou stockage. La pénurie est alors gérée par des quotas ou des réductions drastiques et non par une hausse des prix administrée jusqu'à un niveau tel que certains usagers ne voudraient plus d'eau, réduisant ainsi la demande. Un système irrigué en pénurie, dont la dotation diminue de moitié, engendre des économies indépendamment du prix de l'eau.

La tarification peut néanmoins avoir un intérêt dans des systèmes permettant une gestion volumétrique à la demande, par exemple des réseaux sous pression proches d'un réseau urbain ou des systèmes bénéficiant d'une haute technicité (régulation dynamique, automatisation). On peut, par exemple mettre au point des tarifications par tranche qui laissent une flexibilité d'usage au-delà du quota, mais à un prix élevé. Mais ces cas sont rares dans le domaine de l'irrigation. Une incitation économique peut aussi être créée, comme cela est expérimenté en Chine, en confiant la distribution locale de l'eau à des opérateurs récompensés s'ils peuvent créer les conditions sociales d'une baisse de la demande par une meilleure organisation.

Le fait que l'agriculteur paye directement le pompage de l'eau (par l'énergie qu'il consomme) peut engendrer des gains d'efficience à la parcelle ou de productivité. La subvention du prix de l'énergie peut alors constituer un levier d'action. Sa modulation peut encourager ceux qui le peuvent à intensifier ou à adopter des cultures plus rémunératrices. Mais une hausse brusque de son prix peut en revanche très fortement pénaliser les agriculteurs irrigants, notamment ceux qui ne peuvent intensifier ou diversifier.

Enfin, quelle technique d'irrigation pour «économiser» l'eau ?

MALGRÉ LES CONTRAINTES ÉNONCÉES PLUS HAUT, L'AMÉLIORATION de l'efficience technique de l'irrigation a sa part dans la gestion des ressources en eau, et ce pour les trois formes principales d'irrigation : l'irrigation de surface, l'irrigation par aspersion et la micro-irrigation.

L'irrigation de surface occupe aujourd'hui, et largement, la plus grande superficie des terres irriguées avec plus de 85 % de celles-ci selon la FAO. Cette technique ne doit pas être considérée comme uniquement traditionnelle ou non performante car elle peut à la fois bénéficier d'améliorations, entre autres par des techniques de planage du sol, et être performante en temps de travail et en efficience d'utilisation de l'eau, sous réserve que les superficies des champs soient suffisamment importantes. Les techniques d'irrigation de surface sont en outre peu gourmandes en énergie et offrent la possibilité, lorsque les capacités de réserve en eau des sols le permettent, d'apporter l'eau à des fréquences faibles (plusieurs jours, voire semaines, entre chaque tour d'eau), ce qui demeure un avantage pour la gestion collective de l'eau. Cette technique est en outre adaptée à toutes les formes de culture.

L'irrigation par aspersion s'est stabilisée à environ 10 % des surfaces irriguées à l'échelle mondiale. Elle est intéressante par sa mobilité (puisque le matériel est déplaçable, ce

qui diminue son coût à l'hectare), sa capacité à irriguer dans des conditions spécifiques et notamment des topographies difficiles ou dans des sols de faible réserve en eau. Ses performances sont néanmoins affectées par sa sensibilité aux conditions venteuses qui diminuent vite l'efficacité de l'application de l'eau et par les dépenses énergétiques qu'elle génère pour la mise en pression de l'eau.

Enfin, l'irrigation par micro-irrigation occupe aujourd'hui environ 5 % des surfaces irriguées. Conçue pour apporter l'eau directement à la racine de la culture à dose faible mais de manière quasi continue, son bon usage repose sur un accès sécurisé à l'eau. Elle progresse donc rapidement dans les systèmes individuels où l'accès à l'eau est libre, comme par exemple à partir des ressources souterraines ou de petits stockages au plus proche des irrigants, et sur des cultures qui sont exigeantes en eau comme l'arboriculture ou le maraîchage. Elle est bien adaptée à de grandes superficies irriguées aussi bien qu'à des petites et est en conséquence adoptée par différentes catégories d'agriculteurs, y compris les plus modestes. Elle offre en outre l'opportunité d'apporter des fertilisants aux cultures *via* le système d'irrigation lui-même (fertigation), ce qui augmente l'efficacité de leur assimilation par les cultures et facilite la gestion en combinant les deux actes techniques. De manière générale, elle est appréciée pour sa plasticité à différentes situations, ce qui permet aux agriculteurs d'adapter le système à leurs propres contraintes, mais surtout pour la diminution du temps de travail consacré à l'irrigation grâce à une grande facilité d'usage.

Photo 7.2. Pivot d'irrigation artisanal dans le Souf, Sahara algérien
© Marcel Kuper, Cirad.



La diversité des situations irriguées en termes de sols, de systèmes agraires, de politiques d'accès à l'eau souterraine et de modes de gestion de l'eau, milite donc pour n'exclure aucun modèle technique. Par ailleurs, il convient d'analyser les motivations des agriculteurs pour l'adoption d'une technique particulière.

Conclusion

L'AGRICULTURE EST LE PREMIER PRÉLEVEUR D'EAU SUR LA PLANÈTE, avec 70 % des prélèvements. Ce chiffre traduit une réalité qu'il est difficile de réduire massivement car elle correspond à un besoin essentiel des cultures qui transpirent de l'eau. Il est également important de mettre en regard les prélèvements d'eau pour l'agriculture et la proportion de 40 % de la production agricole mondiale que l'agriculture irriguée permet d'atteindre. En effet, si certaines marges de manœuvre existent et concernent l'adoption de cultivars plus résistants à la sécheresse ou à cycle plus court, ou de cultures moins consommatrices en eau, et plus généralement de la généralisation des principes de l'agroécologie en systèmes irrigués, ces marges de manœuvre ne changeront pas radicalement les besoins d'irrigation. Le changement climatique constitue une contrainte supplémentaire, renforçant dans de nombreuses régions l'aridité du climat et les moyennes de température, et donc les besoins en eau des plantes.

Pour optimiser l'usage de l'eau en agriculture irriguée, l'incitation au changement technique et la mise en place de dispositifs de tarification de l'eau en agriculture irriguée sont des leviers utiles s'ils ciblent des objectifs précis et si les conditions (tarification volumétrique, prix élevé, etc.) le permettent. Dans le contexte actuel de tension sur la ressource en eau, qui ne peut que se renforcer à l'avenir, le défi est tout d'abord de poursuivre l'augmentation de la productivité agronomique et la valorisation économique de l'eau. L'amélioration et la réduction des pertes dans les réseaux permettent également une distribution plus facile, une meilleure équité de distribution entre l'amont et l'aval et d'éviter de recharger des nappes de manière excessive en particulier lorsque l'eau est salée ou de mauvaise qualité. L'amélioration de l'irrigation à la parcelle permet un meilleur usage combiné de l'eau et des fertilisants associés, d'optimiser les dépenses énergétiques et du temps de travail.

Cependant pour être pertinents, ces leviers doivent tenir compte de plusieurs aspects. Il s'agit tout d'abord de distinguer les périmètres irrigués où l'eau est gérée collectivement *via* des infrastructures hydrauliques, des territoires où l'irrigation est pratiquée à partir de ressources en eau en accès libre qu'il faut éviter de surexploiter (en particulier les eaux souterraines). Il convient ensuite d'éviter que l'objectif de maximiser la productivité de l'eau ne revienne à réduire les retours de certaines quantités d'eau vers le système hydrologique, impactant les débits de base dans les rivières ou les zones humides, ou encore ceux qui utilisent déjà ces retours. Plus généralement il s'agit de trouver des compromis entre l'intensification agricole liée à l'irrigation et les fonctions environnementales de l'eau.

8. Les sociétés publiques d'aménagement et de gestion de l'irrigation : un modèle à bout de souffle ou à réinventer ?

Jean-Philippe Venot, Étienne Dressayre,
Alexia Hofmann, Naomi Noel et Vatché Papazian

DE PAR LE MONDE, LE DÉVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION EST EN PARTIE UN « FAIT D'ÉTAT » porté par la puissance publique. Alors que les rôles respectifs que l'État dans ces multiples formes, la sphère privée et les agriculteurs doivent jouer dans le développement et la gestion de l'irrigation font l'objet de nombreux débats (Veldwisch *et al.*, 2019 ; Harrison et Mdee, 2019), ce « fait d'État » a laissé une empreinte indéniable sur les territoires ruraux : des périmètres irrigués de grande ampleur structurés en réseau de canaux gravitaires parfois couplés à des systèmes de pompage. Ces réseaux de canaux sont souvent labellisés sous le terme de « grande hydraulique ».

Certains de ces périmètres irrigués ont été construits pendant la période coloniale, notamment en Inde, au Pakistan, en Égypte (delta du Nil), au Sénégal (vallée du fleuve Sénégal), au Soudan (périmètre de Gezirah), au Mali (l'Office du Niger). D'autres périmètres ont été construits après les indépendances dans le cadre de politiques d'autosuffisance alimentaire, puis d'intensification agricole dans le contexte de la Révolution verte. Ces périmètres ont été conçus pour des cultures de rente (cotonnier, par exemple, à l'Office du Niger) mais surtout pour la riziculture intensive (double culture). Le riz reste la culture prédominante dans ces périmètres irrigués, même si la polyculture et le maraîchage se sont fortement développés et que les parcelles irriguées ont été morcelées dans un contexte institutionnel en constante mutation.

Le développement de l'irrigation ne saurait se limiter à la construction d'infrastructures hydro-agricoles. Ces dernières devant être utilisées par des agriculteurs n'ayant que rarement une expérience préalable des cultures irriguées et de la gestion collective de l'eau à grande échelle, la mise en œuvre de l'irrigation s'est accompagnée de la structuration de filières agricoles, de la création de services d'appui, de la définition de nouvelles modalités d'accès, d'utilisation et de gestion du foncier, ainsi que de l'élaboration de règles visant à clarifier le rôle de différents acteurs dans l'exploitation et l'entretien de ces infrastructures hydrauliques.

L'ensemble de ces tâches a notamment justifié la mise en place de structures intermédiaires, relais des autorités coloniales puis des ministères des États indépendants auprès des agriculteurs. En fonction des géographies et des histoires, ces structures intermédiaires ont pris diverses formes : des services déconcentrés d'un ministère national (en Asie du Sud-Est notamment, en Tunisie ou au Maroc pour la petite hydraulique), des équipes dédiées d'ingénieurs-projets (comme en Inde, en Indonésie et au Mexique) ou encore des organisations dédiées, toujours sous tutelle du ministère en charge de l'irrigation mais ayant une autonomie importante (en Afrique de l'Ouest et au Maroc notamment)²³.

C'est cette troisième modalité – à savoir l'existence d'une organisation spécifique et d'une équipe d'agents de l'État dédiées à l'aménagement et la gestion d'un territoire hydro-agricole et de ses infrastructures – que ce chapitre aborde²⁴. Nous privilégions une entrée géographique particulière, l'Afrique de l'Ouest, où de tels organismes, appelés sociétés d'aménagement, ont joué (et continuent de jouer) un rôle structurant dans le secteur de l'irrigation. Nous commençons par une description des mandats des sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation en Afrique de l'Ouest et de leur évolution au cours du temps. Cela nous permet de mettre en exergue les défis auxquels ces sociétés ont dû faire face du fait de leur rôle pivot d'intermédiaire entre de multiples acteurs aux agendas divers. Sur cette base et au vu des dynamiques actuelles de l'irrigation, nous identifions ensuite des pistes de réflexion pour repenser les sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation dans un contexte social et politique en mutation constante.

Histoire et état des lieux : les sociétés d'aménagement ouest-africaines

POUR LA PLUPART CRÉÉES À LA SUITE DES INDÉPENDANCES (à l'exception de l'Office du Niger), les sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation ont constitué, dans les années 1960-1970, les piliers de politiques agricoles volontaristes visant notamment à l'autosuffisance alimentaire. En ce sens, et faisant écho non seulement aux sociétés d'aménagement régional du Sud de la France (Rollin, 2013 et encadré 8.1) mais aussi à des projets tels que l'établissement de la Tennessee Valley Authority qui constitua un modèle international, les sociétés d'aménagement d'Afrique de l'Ouest se virent initialement confier un mandat ambitieux de développement de territoires ruraux à fort potentiel agricole que constituaient les fonds de vallées notamment²⁵.

23. Généralement, il n'existe pas de ministère spécifique à l'irrigation. En fonction des pays et des périodes, le secteur de l'irrigation se trouve sous tutelle soit d'un ministère de l'Agriculture, soit d'un ministère des Ressources en eau ou de l'Hydraulique, soit d'un ministère de l'Agriculture et des Ressources en eau.

24. Pour plus de précisions, se reporter à Adamczewski Hertzog *et al.* (2017), ainsi qu'au chapitre 1 pour une discussion de la notion de territoire irrigué.

25. Ces mandats sont spécifiés dans des lettres de mission (Sénégal), des contrats-plan (Mali), des contrats-programme (Niger, Mauritanie) ou des plans stratégiques (Burkina Faso).

Photo 8.1. Station de pompage dans le périmètre irrigué de Podor, SAED, Sénégal
© Jean-Yves Jamin, Cirad.



À la différence de pays où les ministères assurent la maîtrise d'ouvrage et la gestion des infrastructures hydro-agricoles (souvent par le biais de leur services déconcentrés), les sociétés d'aménagement se sont rapidement imposées comme les interlocutrices principales (voire uniques) des agriculteurs d'un côté et des ministères de l'autre. Dotées de budgets spécifiques et de ressources humaines conséquentes (notamment en termes d'expertise en ingénierie) jusqu'au milieu des années 1980, les sociétés d'aménagement se virent souvent qualifiées « d'État dans l'État »²⁶. L'envergure de leur mandat en faisait en effet des acteurs omnipotents assurant de multiples activités : conception, construction et gestion d'aménagements hydro-agricoles, élaboration et mise en application de pratiques d'allocation foncières spécifiques, encadrement et appui aux irrigants, commercialisation agricole, etc. Le milieu des années 1980 marque un premier tournant dans l'histoire des sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation. Deux tendances sont alors à l'œuvre à l'échelle internationale. La première consiste en des critiques de plus en plus fortes de la faible performance des périmètres irrigués gérés par la puissance publique (critiques formulées d'abord vis-à-vis de leur productivité agricole²⁷, puis de leur faible efficience

26. Le terme d'hydrocratie (fortement connoté et faisant débat) a notamment été utilisé pour caractériser des administrations de l'irrigation asseyant leur pouvoir sur les territoires *via* le contrôle de l'eau (Molle *et al.*, 2009).

27. Le bien-fondé d'investir dans des périmètres à vocation rizicole dans un contexte où le riz produit dans les pays d'Afrique de l'Ouest n'était pas compétitif vis-à-vis d'un riz asiatique importé et vendu à un prix plus faible sur les marchés africains était notamment remis en cause. Il s'agit toujours là d'un enjeu d'actualité : la faible compétitivité du riz africain dissuade de nombreux gouvernements et bailleurs de fonds d'investir dans l'irrigation en Afrique au Sud du Sahara (voir le chapitre 3 pour une discussion).

Encadré 8.1. Les sociétés d'aménagement régional en France.

Créées dans le Sud de la France après la Seconde Guerre mondiale sous la tutelle du ministère de l'Agriculture, les sociétés d'aménagement régional ont eu pour objectif de permettre le développement d'une agriculture irriguée, diversifiée et intensifiée par la création d'ouvrages de mobilisation, de transport et de distribution de l'eau. Dotées d'un statut spécifique (société commerciale avec des missions de service public et un capital détenu majoritairement par les collectivités publiques), d'une concession longue de service public et d'un droit d'eau, ces sociétés ont été en mesure de mettre en œuvre et d'exploiter les ouvrages nécessaires à l'irrigation depuis plus de soixante ans. Au-delà de la gestion de l'eau, elles ont créé un ensemble de services connexes liés à la gestion du foncier, aux filières agricoles, aux services d'appui aux agriculteurs et à l'approvisionnement en matériel d'irrigation. Certains services connexes sont toujours assurés par les sociétés d'aménagement régional, d'autres ont été confiés à des structures professionnelles qui ont progressivement émergé. Ces sociétés ont également joué un rôle clé en termes d'aménagement et de développement territorial en participant au développement urbain, à l'approvisionnement en eau potable et à l'attractivité touristique. À partir des années 1980, les politiques de décentralisation se sont traduites par une diminution de l'importance relative des sociétés d'aménagement régional et par un renforcement du rôle des collectivités locales (notamment les régions) auxquelles un grand nombre de concessions de service public ont été transférées. Dans un contexte de réduction de la subvention d'État, l'équilibre financier actuel des sociétés d'aménagement régional provient de leur autonomie de gestion et de la vente d'eau à des usagers non agricoles qui permet de maintenir les tarifs de l'eau agricole en deçà des coûts d'exploitation et de maintenance des infrastructures.

en termes d'utilisation des ressources en eau), de l'incapacité d'administrations pléthoriques à les gérer correctement et du manque d'attention de ces dernières à la question de la maintenance des infrastructures existantes. La deuxième tendance, beaucoup plus profonde et structurelle, est l'accentuation de la libéralisation du système économique international qui se traduit notamment par une modification du régime de l'aide internationale qui est devenue conditionnée à des programmes d'ajustement structurel. Ces derniers visent notamment à un désengagement de l'État de nombreux secteurs économiques, y compris le secteur agricole fortement encadré depuis les indépendances. Couplées, ces deux tendances se sont traduites notamment par la promotion et la mise en œuvre de politiques axées sur la gestion participative de l'irrigation et le transfert de gestion de l'irrigation aux usagers. Organisés en associations d'usagers de l'eau, en coopératives, ou autres groupements structurés sur des bases agricoles plutôt qu'hydrauliques (tableau 8.1), les usagers étaient sensés, du fait de leur intérêt à ce que les infrastructures hydro-agricoles fonctionnent correctement, mieux en assurer la pérennité par le biais du prélèvement d'une redevance remplaçant les subventions d'État pour l'entretien des ouvrages (voir chapitre 9).

La libéralisation du secteur agricole et les politiques de gestion participative et/ou de transfert de gestion de l'irrigation – quoique appliquées de façon partielle car entraînant de fait une réduction des prérogatives des administrations en charge de leur application – se sont traduites par un recentrage des missions des sociétés d'aménagement. Ces sociétés se sont vu ainsi confier une maîtrise d'ouvrage déléguée pour la réalisation et la gestion d'infrastructures hydro-agricoles dites structurantes ou primaires (les plus grandes infrastructures), couplée dans certains cas à une mission de gestion foncière (tableau 8.1). Les autres fonctions nécessaires au développement d'une agriculture irriguée étaient (sensées être) assurées par d'autres organisations et les usagers eux-mêmes. Le recentrage des missions des sociétés d'aménagement est allé de pair avec une diminution des appuis techniques et financiers des agences internationales et nationales de développement pour lesquelles le secteur de l'irrigation n'était plus une priorité. Ce recentrage s'est accompagné également d'une perte d'expertise, alors que le secteur avait été jusqu'alors largement soutenu par des ingénieurs du Nord du fait de l'absence ou de la non-reconnaissance d'une expertise et d'un référentiel technique local adapté.

Ces évolutions ont cependant engendré une double contradiction. Alors que les activités de production et de commercialisation résultent avant tout de décisions individuelles de la part d'exploitants agricoles membres de coopératives et insérés dans des filières avec de multiples acteurs privés, les sociétés d'aménagement sont souvent tenues responsables et évaluées par leur ministère de tutelle en fonction de leur capacité à remplir des objectifs de production agricole²⁸. En d'autres termes, les gouvernements et leurs partenaires techniques et financiers attribuent aux sociétés d'aménagement des responsabilités qu'elles n'ont plus les moyens d'assumer, suite aux réformes menées lors des trente dernières années. En ce qui concerne la maîtrise d'ouvrage déléguée des infrastructures, c'est l'inverse qui s'est produit. Les réformes de gestion participative et de transfert de gestion avaient pour objectif de réduire les responsabilités des sociétés d'aménagement. Mais ces sociétés ont souvent utilisé ces réformes (quand elles ne s'y sont pas ouvertement opposées) pour réaffirmer le peu de pouvoir qui leur restait dans le seul secteur dont elles avaient encore la prérogative : la définition des modalités de construction, de gestion et d'utilisation des infrastructures. Ces réformes n'ont donc pas atteint leur objectif essentiel qui était, au moins sur le papier, d'attribuer un rôle plus stratégique aux irrigants sur le pilotage des périmètres irrigués (voir chapitre 9).

Malgré plus de deux décennies de réformes, les critiques formulées dans les années 1980 contre les sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation, et plus largement les administrations publiques en charge de ce secteur, restent d'actualité. La crise de 2008 et la flambée des cours mondiaux des denrées alimentaires ont beaucoup fait pour remettre l'irrigation à l'agenda international et dans les portefeuilles des banques et des agences

28. Pour les ministères de tutelle, les performances hydrauliques et la qualité des relations avec les usagers de l'eau restent bien souvent des objectifs secondaires qui ne font l'objet d'une attention particulière qu'en cas de crise (manque d'eau, conflits entre usagers, etc.).

Tableau 8.1. Principales caractéristiques des sociétés d'aménagement d'Afrique de l'Ouest.

	Office du Niger	OPIB (Baoukéné)	SAED	SODAGRI
Pays	Mali	Mali	Sénégal	Sénégal
Date de création	1932	1960 (1998)	1965	1974
Statut juridique	EPIC	EPIC	Société nationale	SA
Superficie totale avec contrôle de l'eau (ha/pays) (FAOstat)	621 300	621 300	149 700	149 700
Superficie totale équipée (ha/pays) pour l'irrigation (FAOstat)	371 100	371 100	119 700	119 700
Superficie équipée (ha/société)	130 000	3 000	117 000	5 000
Surface irriguée (ha/société) (au milieu des années 2010)	95 000	2 500	78 000	3 000
Type d'organisations des irrigants	Comités paritaires OERT	Groupes d'utilisateurs de l'eau, comités d'irrigation et d'entretien	Groupes d'intérêt économique et unions hydrauliques	Coopératives et unions hydrauliques
Date à laquelle le transfert de gestion est initié	1996	1998	1989	1999
Rôle en termes de gestion foncière (chapitre 10)	Attribution de baux ou convention d'exploitation encadrés	Attribution de contrats d'exploitation, annuels et encadrés	Rôle consultatif vis-à-vis des communes rurales	Rôle consultatif vis-à-vis des communes rurales

de développement, après deux décennies durant lesquelles l'irrigation avait été associée à la construction de grands barrages et à leurs impacts sociaux et environnementaux négatifs²⁹. Néanmoins, la place à donner au secteur public et plus spécifiquement aux sociétés d'aménagement reste l'objet de nombreux débats.

29. Cet intérêt renouvelé pour l'irrigation est notamment lié à la productivité agricole supérieure des parcelles irriguées par rapport aux parcelles pluviales et au fait que l'irrigation est régulièrement présentée comme une stratégie d'adaptation au changement climatique en zone aride.

SONADER	AAS (ODRS)	ONAHA	MOB (Bagrépôle)	AMVS (Guiédougou)	ORS (Riz Ségou)
Mauritanie	Mali	Niger	Burkina Faso	Burkina Faso	Mali
1975	1977 (1996)	1978	1986 (2012)	1986 (1966)	1990 (1969)
EPIC	EPA	EPIC	SEM	EPA	EPA
108 800	621 300	111 900	76 700	76 700	621 300
45 000	371 100	99 900	54 300	54 300	371 100
20 600	2 500	15 200	3 900	6 500	34 000
Données non disponibles	2 000	15 200	3 400	5 000	Données non disponibles
Coopératives de producteurs	Coopératives agricoles	Coopératives agricoles	Groupements de producteurs par village	Organisations d'usagers de l'eau agricole	Groupes d'intérêt économique et coopératives
1990	1996	1986	Non effectué	2013	1993
Rôle consultatif vis-à-vis du ministère des Finances et du Conseil des ministres	Attribution de baux ou conventions d'exploitation encadrés	Attribution de baux encadrés	Allocation de titres fonciers ou de baux encadrés	Allocation de titres fonciers ou de baux encadrés	Allocation de contrats de location encadrés

Autrefois centré sur la relation bilatérale entre (petit) irrigant et administration, le débat s'est aujourd'hui déplacé sur la relation entre sociétés d'aménagement et agro-entrepreneurs, et plus généralement sur le rôle à attribuer au secteur privé dans le développement agricole africain (World Bank, 2007 et 2013; encadré 8.2). Ayant gardé autorité sur les processus d'attribution du foncier irrigué (le Sénégal fait exception; la gestion du foncier rural relevant des collectivités locales; tableau 8.1 et encadré 8.3), de nombreuses sociétés d'aménagement considèrent l'installation d'agro-entrepreneurs

comme un moyen de répondre aux critiques récurrentes du faible taux de mise en valeur et ce, même si les modalités d'allocations foncières à grande échelle font l'objet de nombreuses critiques (Bélières *et al.*, 2013). Aujourd'hui, l'enjeu est de concilier divers modèles de développement de l'agriculture irriguée dans les territoires que les sociétés d'aménagement contribuent à façonner :

- une approche purement sociale visant à toucher le plus grand nombre, même si cela se fait aux dépens d'une certaine rationalité économique ;
- la promotion d'une agriculture familiale sur des parcelles de taille suffisante pour être rémunératrice. Cela implique l'existence ou la création d'autres activités économiques pour les ménages ne bénéficiant pas de telles parcelles ;
- l'appui à des initiatives d'entrepreneuriat rural, comme cela peut être le cas au Sénégal (sur ces questions de modèles de développement de l'agriculture irriguée, voir chapitre 4).

Perspectives

I Repenser les sociétés d'aménagement

Tout le monde s'accorde de nouveau à reconnaître que le secteur de l'irrigation a un rôle important à jouer pour le développement agricole de l'Afrique au Sud du Sahara. Essentiellement financés par les gouvernements avec l'appui de leurs partenaires techniques et financiers, les périmètres irrigués des sociétés d'aménagement constituent un patrimoine d'une importance stratégique et s'insèrent dans de multiples dynamiques territoriales. Ces périmètres représentent notamment une part importante des superficies irriguées des pays d'Afrique de l'Ouest (tableau 8.1) et leur gestion reste donc un enjeu incontournable³⁰.

Historiquement et depuis les indépendances, ces périmètres irrigués ont été mis en valeur par des agriculteurs dits familiaux utilisant leur main-d'œuvre pour cultiver des cultures vivrières (riz, maïs) et maraîchères, chaque ménage ne valorisant que de petites superficies. Si cette image persiste, elle ne reflète aujourd'hui qu'une des multiples réalités de l'agriculture irriguée de ces zones. En effet, celles-ci ont vu émerger un petit entrepreneuriat agricole dynamique, mais aussi une autre tendance qui fait l'objet de nombreux débats, à savoir l'émergence d'un agro-entrepreneuriat à plus grande échelle (dizaines d'hectares ou plus) promu par de nombreux gouvernements avec l'appui de certains bailleurs de fonds au premier rang desquels la Banque mondiale. En lien avec cette évolution des modes de valorisation des terres, ce sont aussi les infrastructures hydro-agricoles qui se sont significativement complexifiées au cours des trente dernières années (utilisation des eaux

30. L'importance relative des périmètres irrigués cogérés par les sociétés d'aménagement est surestimée du fait des difficultés qu'il existe à répertorier et à cartographier les initiatives diffuses de développement de l'irrigation pilotées par les agriculteurs africains, et du manque de reconnaissance de ces dynamiques de la part de nombreux décideurs et experts, alors qu'il s'agit d'une tendance de fond auquel le secteur est et restera confronté (Veldwisch *et al.*, 2019).

souterraines, multiplication des pompages individuels ou collectifs notamment). Cela appelle de nouvelles pratiques d'ingénierie plus flexibles et adaptées aux dynamiques de terrain. Ainsi, le futur des sociétés d'aménagement doit être pensé en lien avec des dynamiques se déployant à de multiples échelles (terroirs villageois, collectivités locales, dynamiques et politiques nationales, relations et marchés internationaux) et impliquant divers acteurs aux agendas et aux objectifs variés (figure 8.1).

Encadré 8.2. Une tentative difficile de concilier sphères privée et publique à Bagré.

Les évolutions institutionnelles récentes dans la région de Bagré au Burkina Faso illustrent assez bien les débats actuels sur les rôles respectifs que les sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation (comme entités publiques) et le secteur privé pourraient être amenés à jouer dans le futur de l'irrigation en Afrique au Sud du Sahara. Bagrépôle⁽¹⁾, une société d'économie mixte a ainsi été créée en 2012 pour remplacer la maîtrise d'ouvrage de Bagré – cette dernière faisant l'objet de nombreuses critiques sur son inefficacité à aménager les superficies irrigables de la zone et à gérer et entretenir les infrastructures existantes en partenariat avec des associations d'usagers. Bagrépôle préfigure l'établissement d'une entité privée qui serait en mesure de s'autofinancer sur la base de redevances prélevées auprès des utilisateurs des infrastructures d'irrigation afin d'assurer un service de l'eau de qualité. Le fait d'octroyer des usufruits fonciers à des agro-investisseurs (et non plus à des seuls agriculteurs familiaux) est considéré comme une opportunité pour :

- baisser les coûts d'investissements pour la puissance publique, les agro-investisseurs prenant à leur charge la construction des infrastructures agricoles de niveaux secondaire et tertiaire;
- résoudre les problèmes récurrents du faible taux nominal et du faible taux de prélèvement de la redevance en eau. Les systèmes agricoles mis en place par les agro-investisseurs sont supposés être plus productifs et plus rentables que les exploitations familiales, et donc les agro-investisseurs plus enclins à payer des redevances élevées si la qualité du service leur est assurée.

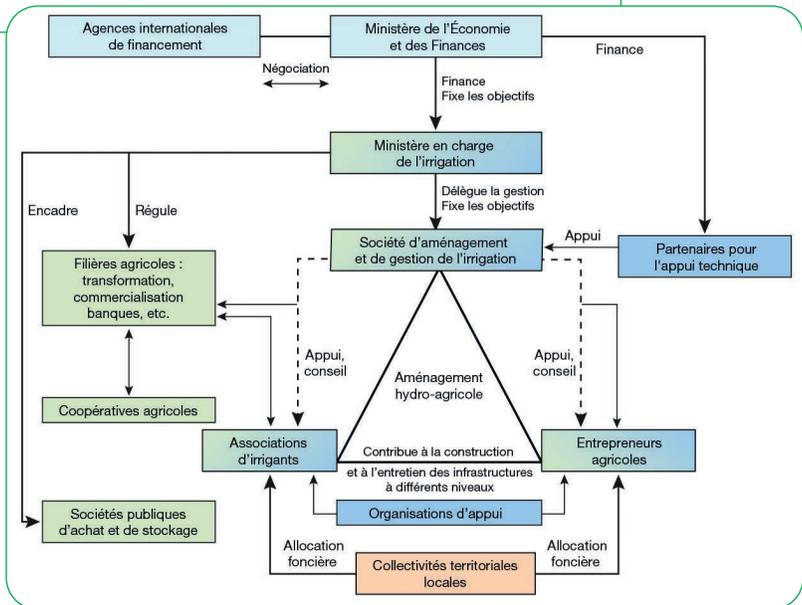
Présenté comme une réponse aux difficultés rencontrées dans le passé dans le secteur de l'irrigation en Afrique, ce montage institutionnel doit encore faire ses preuves. Plus de cinq ans après la création de Bagrépôle, les appels à expression d'intérêt pour les usufruits fonciers ont fait émerger une liste de petits et moyens entrepreneurs dont la capacité réelle à investir dans des infrastructures hydro-agricoles reste à prouver. D'ailleurs, les études préliminaires sur les coûts d'opération et de maintenance des infrastructures primaires laissent envisager des niveaux de redevance irréalistes même pour des agro-investisseurs. À ces enjeux, s'ajoutent également de forts enjeux fonciers liés au déplacement et au dédommagement des populations locales au bénéfice d'agro-entrepreneurs encore imaginaires (Venot *et al.*, 2017; voir chapitre 4).

(1) Bagrépôle est pour l'instant exclusivement financé par le gouvernement du Burkina Faso et la Banque mondiale dans le cadre du projet de pôle de croissance de Bagré (voir encadré 4.1 page 60).

Photo 8.2. Canal principal Kolongo, Office du Niger, Mali
 © Jean-Yves Jamin, Cirad.



Figure 8.1. Paysage institutionnel et relations schématisques entre les acteurs des aménagements hydro-agricoles.



Des organisations intermédiaires de statut public – qu'elles soient identifiées sous le terme de sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation ou sous d'autres termes – ont un rôle important à jouer dans le développement de l'irrigation en Afrique au Sud du Sahara. Elles constituent en effet une interface nécessaire entre puissance publique et agriculteurs et pourraient porter de véritables approches territoriales en lien avec d'autres acteurs au premier titre desquels les collectivités territoriales dont l'encadré 8.1 souligne l'importance croissante en France. Mais cette interface doit être repensée sous la forme d'un « pacte » multi-acteurs plus équilibré qu'il ne l'a été au cours des trente dernières années afin notamment de faire face à trois enjeux transversaux :

- renouveler les approches d'ingénierie car celles-ci considèrent encore trop souvent d'une part, le savoir d'ingénieur-expert comme étant le plus légitime concernant la conception des infrastructures et, d'autre part, les irrigants comme des usagers passifs au lieu de les prendre en compte comme de véritables acteurs et innovateurs ;
- mettre (enfin) la multiplicité des irrigants au cœur des pratiques de gestion et leur donner les moyens d'assumer un rôle stratégique de pilotage d'un développement territorial dont l'irrigation n'est qu'un des piliers ;
- améliorer la rentabilité de l'agriculture irriguée pour le plus grand nombre.

Répondre à ces enjeux nécessitera un renforcement et une évolution des capacités des sociétés d'aménagement qui ont été fortement érodées par plus de vingt ans de réformes, des budgets en forte baisse et une attractivité (professionnelle) limitée. Il s'agira aussi de mettre en place des synergies et de réels partenariats entre acteurs et de s'appuyer sur les évolutions qui ont déjà pu être engagées au cours des trente dernières années plutôt que de proposer un nouveau modèle (encadré 8.3).

I Repenser les aménagements sur la base des pratiques

Les périmètres irrigués cogérés par les sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation ont bien souvent été conçus il y a plusieurs décennies. Quoiqu'ils aient été réhabilités et modifiés depuis, ils relèvent d'une approche d'ingénierie guidée par les notions d'efficacité (technique) et d'optimisation qui ne prennent que partiellement en compte le contexte social et environnemental dans lequel ces aménagements s'insèrent, notamment le fait que l'irrigation n'est qu'une des composantes de l'économie des ménages ruraux. L'autre notion qui sous-tend très souvent les investissements dans ces périmètres est celle de potentiel irrigable. Ce potentiel est cependant très souvent encore estimé sur des bases biophysiques et ne prend que rarement en compte les coûts d'investissements ou les valeurs ajoutées agricoles réelles – quand les premiers ne sont pas tout simplement sous-estimés et les secondes surestimées – afin de justifier des projets sur la base d'un taux interne de rentabilité faussement élevé³¹. Cette approche d'ingénierie s'est notamment traduite par des coûts de maintenance et donc des redevances élevées expliquant en partie les difficultés rencontrées pour leur collecte. Il nous semble peu probable que l'extension des superficies

31. Malgré les nombreuses critiques, le taux de rentabilité interne reste un indicateur clé sous-tendant la décision de financement d'un projet (voir chapitre 5 sur l'analyse économique des projets).

Encadré 8.3. Des évolutions à la mesure des enjeux ? la Société d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED).

La SAED a été créée en 1965 avec pour mission de développer l'irrigation sur la rive gauche du fleuve Sénégal. C'est sans doute la société d'aménagement d'Afrique de l'Ouest qui a connu les évolutions les plus marquées, en lien avec les dynamiques et les enjeux identifiés dans ce chapitre, notamment à la fin des années 1980 lorsqu'elle a été restructurée et recentrée autour de ses missions hydrauliques (infrastructures, aménagements, exploitation, maintenance) et s'est désengagée de ses activités de travaux en régie, de production agricole et de transformation et commercialisation du riz. Le second tournant important de l'histoire institutionnelle de la SAED a été l'élaboration du plan d'action de Ndiaye en 1997, à la suite d'une concertation multi-acteurs de grande ampleur sur ce que devaient être les questions à traiter pour relancer la dynamique de développement de la vallée du fleuve Sénégal. Cet objectif imposait un remodelage des missions et prérogatives de la SAED, qui sont consignées depuis dans des Lettres de Mission trisannuelles encadrant son action. Ces évolutions ont pour l'essentiel porté sur :

- **la gestion des infrastructures hydrauliques.** La SAED a accompagné la création d'unions hydrauliques (UH) au niveau des grands périmètres du delta et de Podor auxquelles ont été transférées les responsabilités d'utilisation, de gestion et d'entretien du patrimoine public aménagé ; la SAED se contentant alors du contrôle *a posteriori* et du suivi de leurs activités. Dans la haute vallée du fleuve Sénégal (Matam, Bakel), les périmètres irrigués villageois (PIV) et les périmètres de taille moyenne ont connu une évolution plus lente. Ce sont plutôt des groupements d'intérêt économique (GIE), créés dans toute la vallée pour gérer de façon mutualisée le crédit intrants et assurer l'interface entre les producteurs et la Banque agricole (antérieurement la Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal, CNCAS), qui se sont chargés de la gestion des périmètres. L'appui de la SAED aux unions hydrauliques et aux groupements d'irrigants s'est fait dans le cadre de l'adoption d'une politique nationale et de la mise en place de règles (normes d'entretien et de gestion, autonomie de gestion) et d'outils (redevances, fonds de maintenance) clarifiant les rôles et les responsabilités des différents acteurs dans la gestion, l'entretien et la maintenance des infrastructures dites structurantes (l'OMVS, Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal et la SOGED, Société de gestion et d'exploitation du barrage de Diama étant responsables du barrage de Diama et des endiguements et la SAED des gros ouvrages) et des aménagements terminaux (unions hydrauliques) afin d'assurer la durabilité des investissements publics ;

- **les enjeux fonciers** (chapitres 4 et 10). La SAED a su bâtir des relations de partenariat avec les collectivités territoriales, formellement responsables de la gestion foncière dans l'ensemble du pays, et a coconstruit avec elles des mécanismes et des outils de gestion hybrides comme les plans d'occupation et d'affectation des sols (POAS) et d'autres outils de sécurisation foncière (registre communal, formalisation des attributions de terres, application d'une charte du domaine irrigué).

Encadré 8.3. Suite.

Ces derniers peuvent permettre de prendre en compte la spécificité des territoires irrigués dans une démarche d'aménagement du territoire communal (d'Aquino *et al.*, 2017); c'est alors leur mise à jour qui, comme partout, pose des enjeux dans un environnement complexe en rapide changement;

- **dans le secteur agricole au sens large.** La SAED a joué un rôle d'accompagnement en appuyant notamment la création de centres associatifs et professionnels et en contribuant à leur financement (Centres de gestion et d'économie rurale - CGER) à partir du début des années 2000. Ces derniers réalisent une mission de suivi comptable, de conseil de gestion et d'audit financier de leurs membres et en premier lieu, des unions hydrauliques et d'autres groupements d'intérêt économique. Les CGER disposent ainsi d'informations sur les fonds collectés pour l'entretien des infrastructures hydro-agricoles et surtout la façon dont ils sont utilisés. Parallèlement, la SAED a maintenu un dialogue permanent avec la Banque agricole, afin qu'elle réponde aux attentes des agricultures irriguées (octroi de crédits court terme pour chaque cycle de culture, crédit d'équipement moyen et long termes, crédit d'investissement dans les aménagements). Ainsi, dans un contexte où le crédit est généralisé et largement mutualisé au niveau des groupements, le fait que la Banque agricole ne renouvelle ses crédits qu'aux agriculteurs et organisations n'ayant pas d'impayés accumulés constitue une forte incitation à ce que crédits et redevances hydrauliques soient recouverts afin de démarrer une nouvelle saison de culture dans de bonnes conditions.

Aujourd'hui, la SAED fait encore face à de nombreux défis, dans un contexte où le foncier aménagé se raréfie et est fortement convoité, de nouveaux acteurs privés émergent, la production nationale n'arrive toujours pas à juguler les importations de riz, la maîtrise de l'eau reste une gageure et les coûts de pompage restent élevés. Les évolutions décrites ci-dessus illustrent cependant le rôle pivot qu'elle a joué et l'engagement et la souplesse dont elle a dû mais aussi su faire preuve pour accompagner les mutations d'un véritable écosystème institutionnel, en cohérence avec ses lettres de mission, les attentes de ses partenaires techniques et financiers et du gouvernement sénégalais. Sur ce territoire complexe qu'est la vallée du fleuve Sénégal, la SAED a contribué à renforcer et à mettre en cohérence les liens entre différentes institutions et organisations telles que la Banque agricole (antérieurement CNCAS), les Centres de gestion et d'économie rurale, les organisations paysannes, les collectivités territoriales, et les services administratifs et techniques. Elle a ainsi joué un rôle d'institution de médiation, d'accompagnement et d'appui (plutôt que celui d'une autorité définissant des règles et sanctionnant) et a contribué à positionner la vallée du fleuve Sénégal comme un «laboratoire pilote» pour la mise en place de politiques d'importance nationale portant sur l'irrigation, le secteur agricole (riz, maraîchage, tomate industrielle), la sécurisation du foncier communal, et sur le développement économique des territoires ruraux.

et/ou la promotion de l'agro-entrepreneuriat permettent de résoudre ce problème récurrent du financement de la maintenance des infrastructures hydro-agricoles qui nécessitera toujours une subvention d'État sous une forme ou une autre. Un recentrage de l'ingénierie sur les pratiques observées semble plus à même de répondre à ce défi de la maintenance. Il s'agirait ainsi de repenser les aménagements hydro-agricoles sur la base des pratiques observées et initiées par des agriculteurs qui investissent de façon significative selon leurs propres logiques (multiplication des puits superficiels et de motopompes, blocage des drains, branchement dit illégaux, etc.). Ces logiques ne doivent pas être considérées comme des atteintes à l'intégrité d'infrastructures souvent vieillissantes. Il ne s'agit pas ici de renier l'ingénierie classique. En effet, les sociétés d'aménagement ont une expertise technique qu'il faut renforcer en l'ouvrant aussi à des questions de gestion sociale de l'eau. Mais, l'ingénierie classique doit être perçue comme un type de connaissances parmi d'autres qui sont toutes aussi légitimes afin de trouver des synergies entre différentes modalités de mobilisation des ressources en eau portées par différents acteurs. Cela a pu d'ailleurs être initié dans le delta du fleuve Sénégal ou à l'Office du Niger. L'un des enjeux est de trouver, en fonction des contextes, un équilibre entre le coût et la technicité des investissements et le coût et la technicité des activités de maintenance. Un autre équilibre à trouver est celui entre optimum technique théorique et usages et acceptabilité sociale alors que ces éléments varient en fonction de l'échelle considérée (exploitation agricole, périmètre irrigué, territoire, pays, etc.).

I Mettre – enfin – les irrigants au centre des modalités de gestion

C'est là une idée qui, dans le contexte des sociétés d'aménagement ouest-africaines et dans d'autres géographies, ne s'est concrétisée que très rarement. Repenser les infrastructures dites structurantes en lien avec des pratiques portées par les irrigants et dans une perspective de flexibilité accrue peut constituer un premier pas vers une réelle appropriation des aménagements par les usagers et donc, à terme, leur maintenance. Cette reconnaissance de la légitimité des pratiques des irrigants (et ce même si celles-ci n'avaient pas été initialement planifiées) ne fera pas des usagers des acteurs centraux de la gouvernance des territoires irrigués pour autant.

La difficulté première tient au fait que l'idée même de partage des responsabilités va à l'encontre de l'histoire, mais aussi de la culture et de l'identité professionnelle des sociétés d'aménagement et de gestion de l'irrigation, et de toutes les administrations hydrauliques d'ailleurs. En effet, ancrées dans une approche techniciste de l'irrigation, ces administrations ne prêtent que peu d'attention aux relations sociales ou, quand elles le font, visent à les structurer par le biais de la construction et de la gestion d'infrastructures de contrôle de l'eau. Quant à confier un rôle stratégique de pilotage de l'irrigation aux irrigants, cela ne peut qu'entraîner des modifications dans les modalités d'usages des infrastructures par rapport à ce que leur concepteur avait initialement envisagé³².

32. Tout objet ou infrastructure, quel qu'il soit, est généralement utilisé pour des raisons et de façon différente que ce pour quoi il avait été conçu. Il suffit par exemple de penser à une feuille de papier utilisée pour caler une chaise.

Ces modifications peuvent être perçues – et le sont fréquemment – comme une remise en cause de l'expertise des agents des sociétés d'aménagement, qui aspirent souvent à un idéal technique. Il n'est donc pas surprenant que ces agents soient réfractaires à un partage de responsabilités et, s'il est effectué, qu'il soit dénigré car se traduisant par une perversion de cet idéal technique recherché. L'équation n'est pas insoluble pour autant, du fait de l'émergence de nouveaux acteurs qui modifie les contours de la relation entre société d'aménagement et associations d'irrigants. La professionnalisation des associations d'irrigants et leur mise en réseau, avec l'appui d'organisations de la société civile notamment, peuvent permettre de renforcer leur légitimité vis-à-vis des sociétés d'aménagement. En effet, c'est souvent un manque de professionnalisation et la soi-disant incapacité des associations d'irrigants – par exemple, à prélever une redevance ou à entretenir des canaux secondaires et tertiaires – qui est mise en avant par les administrations hydrauliques pour justifier qu'elles-mêmes ne respectent pas leurs engagements – par exemple, l'entretien des canaux principaux³³. En se professionnalisant et en coordonnant des activités à l'échelle locale, les associations d'irrigants se donnent les moyens de demander des comptes aux agents des sociétés d'aménagement.

Des synergies entre associations d'irrigants, coopératives agricoles, agro-entrepreneurs et collectivités locales sont aussi à rechercher. Même si celles-ci pourraient se traduire par un rééquilibrage des pouvoirs en défaveur des sociétés d'aménagement, ces dernières pourraient y trouver un intérêt si elles y voient un moyen de répondre aux attentes de leur ministère de tutelle en termes de valorisation agricole notamment. Enfin, d'autres modalités d'échange pourraient être envisagées comme la participation de représentants des usagers aux conseils d'administration ou à d'autres organes décisionnels des sociétés d'aménagement afin qu'ils participent aux choix stratégiques de ces dernières. De telles interactions ont lieu, par exemple, au sein des agences de l'eau dont les comités regroupent de multiples acteurs, dont des usagers.

I Améliorer la rentabilité de l'agriculture irriguée

C'est sans doute dans le secteur agricole proprement dit que l'influence des sociétés d'aménagement a le plus diminué au cours des trente dernières années. Les territoires irrigués qu'elles contribuent à façonner sont considérés comme des ressources stratégiques qui jouent un rôle crucial vis-à-vis d'un objectif de sécurité alimentaire réaffirmé après la crise de 2008. Les sociétés d'aménagement sont aussi souvent tenues pour responsables du niveau de production de ces territoires par leur ministère de tutelle. Cependant, la libéralisation du secteur agricole et l'émergence d'une multitude d'acteurs privés au sein de chaînes de valeur de plus en plus complexes et internationalisées font qu'elles n'ont que très peu de prise sur les questions de production et de valorisation agricole. Plutôt que de vouloir réaffirmer un rôle central aujourd'hui perdu (par exemple, par le biais d'assolements et d'itinéraires techniques imposés), les sociétés d'aménagement

33. Il s'agit là d'un dilemme bien connu de la gestion des communs : à quoi bon respecter « ma » part du contrat si l'autre ne respecte pas « sa » part.

doivent contribuer aux débats en cours dans les plateformes rassemblant les acteurs du monde agricole. De par leur histoire et leur expertise, elles peuvent en effet contribuer à identifier des marges de manœuvre en termes de rentabilité de la production issue des périmètres irrigués (pour quelques pistes, voir le chapitre 3). Outre une question d'attractivité et de viabilité pour les agriculteurs, agir sur la productivité et la diversité de l'agriculture irriguée, y compris par l'identification d'aménagements hydro-agricoles innovants, ouvre des perspectives sur la durabilité de ces derniers.

■ Réinventer ou rappeler les évidences : quelques grands principes

S'il est illusoire et même contreproductif de vouloir élaborer une « recette » visant à réinventer les sociétés d'aménagement et/ou proposer un nouveau modèle, quelques grands principes de fonctionnement peuvent être proposés :

- un statut public et une mission de long terme permettant d'apprécier et de prendre en compte les enjeux collectifs et de régulation ;
- une posture de médiation et de facilitation visant à établir et à mettre en cohérence les liens multiples entre organisations de la profession agricole, collectivités territoriales décentralisées, services administratifs et techniques et pouvoirs publics nationaux ;
- une approche intégrée à l'échelle du territoire remplaçant les infrastructures hydro-agricoles dans leur contexte social et environnemental plus large pour éviter les effets de frontières physiques « dures » matérialisées par des canaux notamment, et mieux apprécier les enjeux de rentabilité et de durabilité ;
- une capacité d'adaptation importante pour être en mesure de prendre en compte des tendances structurelles, en particulier la décentralisation et l'émergence des collectivités territoriales, la croissance du secteur privé et la prise d'autonomie de la part des usagers ;
- l'élaboration d'un modèle économique basé sur un partage des coûts entre acteurs en fonction de leurs capacités d'investissement respectives et d'objectifs de développement social, dans une approche permettant la sécurisation du gestionnaire et des usagers.

Le lecteur avisé aura noté qu'il n'y a ici rien de bien nouveau, mais répéter de tels principes nous apparaît important. Qu'il faille souligner à nouveaux ces principes illustrent bien les enjeux qui existent, encore et toujours, pour réinventer une irrigation sans doute incontournable en Afrique au Sud du Sahara, mais qui reste encore trop souvent inféodée à une approche verticale et techniciste.

9. Délégation de la gestion des systèmes d'irrigation aux irrigants : peut-on éviter de reproduire les échecs du passé ?

Jean-Philippe Fontenelle

Un modèle international unique fondé sur l'implication des irrigants

EN RÉPONSE AUX CRITIQUES AUXQUELLES ÉTAIENT CONFRONTÉES les administrations des périmètres publics de grande taille, en raison de leur incapacité à gérer correctement la ressource en eau et à couvrir leurs coûts élevés de fonctionnement et d'entretien (Chambers, 1988), les années 1980 ont été marquées par la multiplication des appels et des réformes visant à renforcer le poids des usagers dans la gestion des périmètres irrigués (Uphoff, 1986).

Ce tournant a fait écho aux travaux de recherche centrés sur l'analyse des modes de gestion observés dans les périmètres irrigués dits traditionnels ou communautaires, pour lesquels les agriculteurs avaient démontré leur capacité à gérer sur le temps long, et sans présence de l'État, des périmètres irrigués d'infrastructures, de tailles et de complexités diverses (Coward, 1979; Martin *et al.*, 1986; Hunt, 1989; Ostrom, 1992; Yoder, 1994). Ceux-ci pointaient un certain nombre de caractéristiques propres aux systèmes irrigués traditionnels, comme autant de conditions ou principes d'une gestion pérenne des systèmes irrigués, faisant défaut dans les périmètres publics.

Elinor Ostrom a développé sa grille d'analyse à partir de nombreuses études de cas. Cette grille est structurée autour de huit principes directeurs sous-tendant l'émergence et la durabilité d'une action collective propice à une bonne gestion de l'irrigation (encadré 9.1). Cette action collective repose sur un système de règles qui ne peuvent être définies *a priori*, mais résultent des modalités d'implication des irrigants dans la mise en place puis dans la gestion d'un périmètre irrigué, dont la gouvernance et les outils de régulation sont façonnés progressivement et ajustés en permanence pour en garantir la pertinence et la légitimité (Ostrom et Lavigne, 2009).

Encadré 9.1. Huit principes de conception pour des systèmes irrigués autogérés et durables.

Principe 1. Des limites clairement définies.

Dans le système irrigué, les limites des terres pouvant bénéficier de l'eau, les individus ou ménages qui ont des droits à l'eau, sont tous les deux clairement définis.

Principe 2. Des avantages proportionnels aux coûts assumés.

Les règles précisant de quelle quantité d'eau dispose un irrigant sont fonction des conditions locales et des règles exigeant les investissements en travail, en matériel, ou en argent.

Principe 3. Des procédures pour faire des choix collectifs.

La majorité des individus concernés par les règles opérationnelles font partie du groupe qui peut modifier ces règles.

Principe 4. Supervision et surveillance.

Ceux qui sont chargés de surveiller et de contrôler l'état physique du réseau et le comportement des irrigants sont responsables devant les usagers et/ou sont eux-mêmes des usagers.

Principe 5. Des sanctions différenciées et graduelles.

Les usagers qui enfreignent les règles doivent encourir des sanctions. Ces sanctions doivent être différenciées en fonction de la gravité et du contexte de la faute et décidées par les autres usagers, les agents responsables devant ces usagers ou les deux.

Principe 6. Des mécanismes de résolution de conflits.

Les usagers et leurs employés ont un accès rapide à des instances locales, peu coûteuses, pour résoudre les conflits entre les usagers, ou entre les usagers et les employés.

Principe 7. Une reconnaissance par l'État du droit à s'organiser.

Le droit des usagers à inventer leurs propres institutions n'est pas mis en question par des autorités gouvernementales externes.

Principe 8. Des systèmes à plusieurs niveaux.

Les activités d'appropriation, de réglementation, de surveillance, de contrôle et de sanctions, de résolution de conflit, de direction, etc. sont organisées à de multiples niveaux intercorrélés.

(source : Ostrom, 1992 et 1996)

Se fondant sur le postulat que les conditions d'une gestion pérenne des systèmes irrigués, telles que constatées par les chercheurs pour les systèmes irrigués communautaires, nécessitent l'implication directe des irrigants, de nombreux programmes de gestion participative et de transfert de gestion de l'irrigation ont émergé au cours des années 1990 au sein des systèmes irrigués publics, dans l'objectif d'en permettre une gestion plus durable. La gestion participative de l'irrigation traduit une augmentation du degré d'implication

des irrigants dans la prise de responsabilité et la mise en œuvre de l'activité d'irrigation, pouvant inclure tout ou partie des activités de planning, de design, de fonctionnement, d'entretien et de réhabilitation des infrastructures, de gestion de l'eau et de police de l'eau, depuis l'échelle de la parcelle jusqu'au périmètre dans son ensemble. Le transfert de gestion de l'irrigation renvoie quant à lui à un processus de délégation de tout ou partie de la responsabilité de décision, de financement, de mise en œuvre et de contrôle des fonctions précitées, depuis l'administration centrale ou son représentant public en charge de l'irrigation, au profit le plus souvent d'une structure locale contrôlée par les usagers (Svendsen *et al.*, 1997).

Ces programmes s'inscrivaient dans les plans d'ajustement structurel et les politiques libérales de cette époque, constituant bien souvent les conditions requises pour bénéficier de l'appui des bailleurs de fonds internationaux pour le financement de la réhabilitation ou de l'extension des systèmes irrigués existants. Ils permettaient par l'implication directe des irrigants, de transférer tout ou partie des coûts de l'irrigation de l'État vers les usagers, constitués en associations d'usagers de l'eau agricole, allégeant d'autant la charge budgétaire de l'État. Ces associations étaient créées puis responsabilisées afin de prendre à leur compte la réalisation et l'entretien des canaux d'amenée d'eau jusqu'aux parcelles, ainsi que les coûts de fonctionnement et d'entretien des réseaux, *via* le paiement par les agriculteurs d'une redevance hydraulique instaurée à cet effet.

Les agriculteurs étant les premiers bénéficiaires du bon fonctionnement des réseaux d'irrigation, il semblait acquis qu'une plus grande implication de leur part dans la gestion des systèmes irrigués motiverait leur contribution. Ces mesures devaient permettre une amélioration du fonctionnement et de l'entretien des réseaux et garantir ainsi leurs résultats techniques, leur pérennité sur le long terme et leur contribution à la lutte contre la pauvreté rurale (Vermillion, 1992).

Des résistances au changement et une persistance de la mainmise de la bureaucratie hydraulique

L'ADHÉSION À CE MODÈLE FUT TRÈS INÉGALE SELON LES PAYS et les organismes publics intermédiaires en charge du développement et de la gestion de l'irrigation (ministères de l'Agriculture ou de l'Hydraulique, offices régionaux de mise en valeur agricole, sociétés d'aménagement régional, agences d'irrigation, compagnies hydrauliques, etc.). Pour ces institutions, le partage ou le transfert de responsabilités au profit d'agriculteurs regroupés en associations risquait de provoquer des dysfonctionnements supplémentaires sur les réseaux, du fait de leur absence de compétences en matière de gestion collective de l'eau.

Ces prises de position résultaient en partie de la vision restrictive que les institutions hydrauliques pouvaient avoir des agriculteurs jusqu'alors très encadrés dans leurs fonctions de production : cultures et assolements obligatoires, fourniture d'appui technique,

de matériel et d'intrants, gestion des réseaux d'irrigation et achat à prix fixes de la production, ... Elles découlaient plus sûrement de leur position dominante dans l'appareil d'État, véritables « hydrocraties » au pouvoir fondé sur le développement d'infrastructures hydrauliques de grande ampleur, à finalités agricoles et énergétiques (Molle *et al.*, 2009a et 2009b), positionnées comme instruments majeurs de la politique aménagiste des États et de leur légitimation. Le transfert de gestion au profit d'associations était perçu par certaines de ces institutions hydrauliques comme une véritable rupture, une perte de pouvoir et de légitimité du fait des diminutions budgétaires et de la restriction des prérogatives qui leur étaient associées.

Photo 9.1. L'association des irrigants de la plaine de l'Arcahaie a participé à la conception du réseau tertiaire des périmètres irrigués, Haïti © Philippe Saura.



Si ces institutions pouvaient initialement craindre d'être marginalisées par les programmes de gestion participative et de transfert de l'irrigation, il n'en a rien été. Leur mandat a certes été recentré sur la gestion de l'eau et des infrastructures structurantes primaires, au détriment d'autres fonctions liées à la production et à l'écoulement des récoltes, mais il s'est souvent enrichi de nouvelles responsabilités pour la création, la formation, l'animation, voire le financement et le contrôle des associations, dont la réforme du dispositif de gestion de l'eau de la vallée du fleuve Sénégal constitue un bon exemple (encadré 9.2).

Encadré 9.2. Le transfert de la gestion de l'eau et des systèmes hydrauliques dans la vallée du fleuve Sénégal.
Khali Fall

À la fin des années 1980, alors que la surface aménagée devenait importante et que les systèmes hydrauliques avaient été améliorés grâce à la mise en service des barrages de Diama et de Manantali, des dysfonctionnements sont apparus sur la quasi-totalité des périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal. La Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal n'arrivait plus à faire face à ses nombreuses charges, du fait d'un endettement devenu chronique; la méthode du développement administré, adoptée par l'État à ses débuts, montrant ses limites dans la promotion de l'irrigation.

À partir de 1989, cette situation conduisit l'État à promouvoir une gestion administrée indirecte, *via* un désengagement progressif et la délégation de la responsabilité d'exploitation des périmètres irrigués neufs et réhabilités, de la société d'aménagement vers les usagers, les activités marchandes étant transférées au secteur privé. Après réception définitive des travaux de chaque périmètre, l'exploitation de l'aménagement hydro-agricole et de tous les équipements associés est transférée aux organisations de producteurs constituées en groupements d'intérêt économique dénommés unions hydrauliques, disposant de statuts et de règlements intérieurs formalisés. La relation entre les unions hydrauliques et les organisations de producteurs est limitée à celle de fournisseur et de client, les premières fournissant l'eau d'irrigation contre le paiement par les secondes d'une redevance collectée auprès de tous les irrigants. Cet acte de transfert est matérialisé par la signature d'un contrat de concession qui définit les engagements de chaque partie. La société d'aménagement élabore et soumet aux unions hydrauliques une note d'entretien et de gestion qui détermine, entre autres, les types de travaux d'entretien et de réparation des aménagements et des équipements de pompage, leur périodicité, les éléments de coût et les provisions annuelles pour y faire face. Les obligations des unions hydrauliques portent principalement sur :

- l'établissement de contrats d'exploitation avec les organisations de producteurs ;
- l'exécution des travaux d'entretien et de réparation des réseaux et des ouvrages ;
- l'ouverture de comptes de dépôts à terme dans une banque, pour la gestion des provisions constituées pour l'entretien courant, les grosses réparations, l'amortissement et le renouvellement des équipements ;

Encadré 9.2. Suite.

- l'établissement, pour chaque campagne, d'un plan de mise en valeur avec la réalisation d'une intensité culturale de 1,5 ;
- l'accès de la société d'aménagement aux documents de gestion financière et technique, ainsi que l'adhésion des unions hydrauliques aux services de centres de gestion et d'économie rurale pour la validation et la certification de leur comptabilité ;
- l'établissement et la signature de contrats de prestations de services avec la société d'aménagement pour l'entretien systématique des équipements électriques et de pompage.

Au bilan, il apparaît que ce transfert a fortement amélioré la gestion des infrastructures hydro-agricoles dans la vallée du fleuve Sénégal. Les responsabilités de chaque partie sont globalement bien définies et tous les acteurs sont conscients de leurs droits et de leurs devoirs. Chaque partie s'est investie dans ses responsabilités. En particulier, les producteurs, structurés autour des organisations de producteurs et des unions hydrauliques, ont progressivement pris conscience de leurs responsabilités dans ce processus de transfert, notamment des engagements à respecter pour assurer la viabilité et la durabilité des investissements publics. Les grands périmètres transférés affichent aujourd'hui des performances nettement plus importantes que les autres. Il s'y ajoute que, pour l'essentiel, les périmètres gardent un niveau élevé d'exploitabilité, alors que les moyens de leur entretien sont apportés, presque exclusivement, par les usagers.

La politique de transfert dans la vallée du fleuve Sénégal a également permis de faire des pas importants dans la professionnalisation des producteurs. Elle a facilité la création de comités interprofessionnels au sein des filières pour prendre en charge la représentation des producteurs auprès des pouvoirs publics dans l'élaboration de politiques publiques agricoles et commerciales favorables à leurs intérêts, et pour offrir des opportunités aux initiatives économiques émanant des producteurs.

Les points à améliorer portent surtout sur :

- l'efficience des réseaux d'irrigation et le coût des travaux de maintenance dans certains aménagements ;
- le schéma directeur du drainage, en particulier la finalisation des raccordements et des coûts d'entretien ;
- le rôle des dispositifs d'appui (comités interprofessionnels, centres de gestion et d'économie rurale, etc.) dans l'accompagnement des unions hydrauliques ;
- le regroupement des petits périmètres au sein d'aménagements de plus grande envergure, afin de faciliter leur accompagnement et de garantir la qualité des infrastructures.

Initialement considérés comme les principaux fautifs des dysfonctionnements observés, gourmands en ressources budgétaires et peu attentifs à la gestion de la ressource en eau (Chambers, op.cit.), les organismes hydrauliques publics sont devenus arbitres des bonnes pratiques, à travers l'encadrement d'associations avant tout créées pour couvrir

une partie des charges liées au fonctionnement et à la maintenance des systèmes irrigués, *via* la mobilisation de la main-d'œuvre paysanne et la collecte de la redevance hydraulique. Ce repositionnement leur a permis à la fois de préserver leur rôle clé dans l'appareil d'État, d'éviter une érosion marquée de leurs effectifs grâce aux ressources nouvelles générées par ces programmes et de conserver comme priorité l'aménagement de nouvelles infrastructures. Cette démarche fut mise en œuvre par le couplage de la réhabilitation et de l'aménagement d'infrastructures à la gestion participative et au transfert de gestion de l'irrigation, soit directement en conservant la maîtrise d'œuvre des projets, soit indirectement par la mobilisation d'opérateurs privés, nationaux et internationaux.

Des résultats décevants liés aux finalités poursuivies et aux processus mis en œuvre

CES PROGRAMMES ONT DÉMARRÉ DANS DE NOMBREUX PAYS EN DÉVELOPPEMENT ayant bénéficié d'un soutien à l'expansion de l'irrigation lors de la Révolution verte, *via* la mise en place de périmètres irrigués publics. Leur mise en œuvre fut quelquefois très rapide, les critères d'évaluation de l'atteinte des objectifs portant sur le nombre d'associations créées, plutôt que sur l'effectivité du transfert de responsabilité au profit des irrigants. Dans l'État de l'Andhra Pradesh en Inde, 4,8 millions d'hectares irrigués furent ainsi transférés entre avril et juin 1997 à plus de 10 000 nouvelles associations, selon une approche dite en *Big Bang* reposant sur une transformation totale du système de gestion sur un pas de temps très court, par l'officialisation par décrets d'un format uniforme de redevance, de statuts et de règlement intérieur pour l'ensemble des associations créées le même jour (Oblitas et Peter, 1999).

Une participation et un transfert limités aux travaux d'entretien et au paiement d'une redevance

Le peu de temps alloué par les institutions publiques à la création des associations aboutit à imposer ces démarches aux agriculteurs, selon des schémas prédéfinis à la fois en termes de processus opérationnel, de montage institutionnel et de gouvernance. La constitution et l'organisation des associations, le choix des responsables et la définition de leurs prérogatives furent imposés aux agriculteurs à partir de guides opérationnels préconçus, sans diagnostic initial, ni identification des acteurs, ni concertation, ni coconstruction des règles, etc. Ces méthodes d'action étaient étrangères aux pratiques des organismes hydrauliques de gestion et étaient considérées comme beaucoup trop longues et coûteuses.

De façon à minimiser le risque de dysfonctionnement découlant du transfert de la gestion aux associations, mais aussi de façon à conserver leur place dans le dispositif général de gestion de l'eau, ces institutions limitèrent le plus souvent le transfert à une simple

délégation de charge, transférant la responsabilité du financement du fonctionnement et de l'entretien des réseaux, sans l'adosser à une délégation de compétences et de droits pour les arbitrages sur l'allocation de l'eau et la gestion financière des ressources générées. Ce fut le cas dans l'Andra Pradesh où le transfert ne permit pas une meilleure représentation ni un meilleur approvisionnement en eau des petits agriculteurs, dont les nouvelles responsabilités se limitaient au paiement d'une redevance et à l'entretien des canaux (Koppen *et al.*, 2002).

On peut également citer l'exemple du transfert de gestion dans les districts d'irrigation au Mexique. Dans ces districts, les représentants des agriculteurs sont restés minoritaires par rapport aux représentants de l'administration publique qui conservaient la maîtrise de décisions aussi importantes que le choix des assolements, des calendriers d'irrigation ou du montant de la redevance. Le rôle des agriculteurs se limitait, comme en Inde, au paiement de la redevance et à la réalisation des travaux de maintenance (Rap, 2006).

I Une instrumentalisation des associations au profit de l'extension des grands périmètres publics

Intermédiaires entre les financeurs et les agriculteurs puis les associations, les institutions hydrauliques couplèrent dans certains cas ce transfert à la réhabilitation voire l'extension des systèmes irrigués, au détriment de la dotation des associations en moyens pour l'entretien des réseaux. Elles répondaient ainsi aux priorités du pouvoir en place, dont la politique d'investissement dans l'hydraulique agricole visait à la fois l'atteinte d'une autosuffisance alimentaire et le renforcement de sa légitimation et cela, même si la pérennité future des réseaux pouvait être questionnée. Ce fût le cas en Indonésie où l'agence d'irrigation s'y révéla incontournable dans son nouveau rôle d'intermédiaire entre les agriculteurs et les bailleurs de fonds, pour la formation des associations notamment aux procédures des bailleurs, pour l'établissement des accords de transfert de gestion avec les associations qu'elle a tardé à formaliser, puis pour le transfert des fonds d'appui destinés aux associations qu'elle n'a que trop rarement effectué (Suhardiman, 2008).

I Une exposition croissante aux risques qui fragilise les agriculteurs les plus faibles

Enfin, les politiques de transfert des années 1990 furent accompagnées de mesures d'assouplissement des dispositifs d'encadrement de la production et de libéralisation des marchés agricoles qui eurent pour conséquence de fragiliser l'économie des agriculteurs, exposés à de nouveaux risques à la fois techniques, économiques, voire politiques. Ces agriculteurs avaient déjà subi les dysfonctionnements de la gestion de l'eau occasionnés par la baisse des moyens consacrés à l'entretien des réseaux. Ils durent également faire face à de nouvelles incertitudes liées à la dérégulation des prix agricoles, à la mise en concurrence de leur production sur le marché intérieur et au dérèglement climatique. Ils furent aussi dans certains cas menacés sur leurs droits fonciers et leurs droits d'eau,

par une remise en cause de leur activité au profit d'autres usages (eau potable, énergie, industrie, loisir), ou par l'émergence d'une pression nouvelle liée à l'arrivée de nouveaux types d'investisseurs agricoles.

Initialement considérée comme un succès dans les années 1990, la réforme de l'Office du Niger au Mali a connu un tournant après la crise alimentaire de 2008, avec la reprise en main du processus par l'État au profit de nouvelles priorités centrées sur l'augmentation de la mise en valeur agricole des terres. L'État fit appel à des capitaux privés et publics contre l'octroi de nouveaux droits fonciers et d'allocations d'eau pour les investisseurs, sans préalablement s'assurer du maintien de la disponibilité de la ressource en eau, ni de l'état, ni du fonctionnement des réseaux pour les agriculteurs déjà présents (Hertzog *et al.*, 2012).

La Tunisie et le Maroc ont suivi des parcours similaires avec des politiques de transfert encore largement inabouties (encadré 9.3). Face aux dysfonctionnements du service de l'eau, certains agriculteurs ont réagi en se désengageant des réseaux collectifs par l'installation de forages ou le pompage dans les drains. D'autres, parmi les plus faibles, sont revenus à une agriculture pluviale. Ces deux pays subissent aujourd'hui une crise de l'eau aigüe, dont les déterminants tiennent autant à la faible valorisation des productions agricoles, à la pression croissante exercée sur la ressource, qu'aux difficultés rencontrées par les acteurs de la gestion de l'eau (Gana et El Amrani, 2006).

Les caractéristiques de ce transfert, souvent rapide, forcé, limité en termes de droits et marqué par une augmentation des infrastructures au détriment de l'entretien des réseaux existants et de l'accompagnement des associations, font que de nombreuses institutions hydrauliques publiques ont maintenu leur pouvoir et que les associations d'irrigants sont aujourd'hui souvent dans l'incapacité de répondre aux attentes des usagers et des institutions. Premiers bénéficiaires affichés des réformes, les agriculteurs n'ont pas reçu les dividendes escomptés en termes de service de l'eau, dont la qualité a régressé. Les agriculteurs les plus fragiles ont vu leur situation économique dégradée voire compromise. Cette évolution a conduit à l'apparition de tensions voire de conflits entre les agriculteurs, les organismes hydrauliques publics et les associations.

Vers une délégation effective de la gestion des périmètres irrigués publics

LES TRÈS NOMBREUX RETOURS D'EXPÉRIENCE issus des programmes de transfert existants permettent de dresser un constat de la situation des systèmes irrigués réformés. On note trop souvent un manque de légitimité sociale des associations, une ambiguïté quant aux droits et aux responsabilités de chacun, des déficits de compétences des responsables en matière de gestion hydraulique et budgétaire, un coût élevé de l'entretien des infrastructures privilégiées par les organismes publics, une difficulté sociale et politique à faire payer le service de l'eau aux agriculteurs, voire une possible défiance des agriculteurs vis-à-vis des institutions publiques et des associations, du fait d'engagements non tenus et d'un appauvrissement des plus faibles.

Encadré 9.3. La gestion participative de l'eau agricole en Tunisie.
Abdelkader Hamdane

La Tunisie a investi de manière massive dans l'aménagement hydraulique de ses terres agricoles. La superficie irriguée a été multipliée par sept, passant de 65 000 hectares au moment de l'indépendance en 1956, à 486 570 hectares en 2011. L'efficacité de l'eau a aussi progressé très nettement avec la modernisation des infrastructures hydrauliques et la conversion des terres à l'irrigation dans les exploitations agricoles. Grâce à ces efforts, 8 % de la surface agricole utile assurent aujourd'hui 35 % de la valeur totale de la production agricole, 12 % des exportations en valeur et 20 % de l'emploi agricole. Malgré ces performances, la durabilité des aménagements hydro-agricoles n'est pas encore acquise.

Jusqu'en 1990, la gestion des périmètres publics irrigués était assurée par les offices de mise en valeur agricole, organes plus ou moins autonomes vis-à-vis de l'État. Depuis, la Tunisie a fait le choix de transférer la gestion d'une manière quasi généralisée des périmètres publics irrigués aux irrigants réunis en associations d'intérêt collectif, groupements d'intérêt collectif puis groupements de développement agricole, avec un appui technique et matériel plus ou moins consistant de la part des commissariats régionaux au développement agricole. Leur mise en place en plusieurs étapes a été possible grâce à un ensemble de réformes juridiques et de cadres règlementaires. Ce choix a été réaffirmé en 2009 par la stratégie nationale de pérennisation des systèmes d'irrigation. Cette stratégie recense 11 principes de bonne gestion des groupements de développement agricole et de politique d'appui à leur fonctionnement. À la fin de 2015, on comptait environ 1 250 groupements couvrant 230 000 hectares, soit plus de 90 % des périmètres publics irrigués.

Les groupements de développement agricole sont aujourd'hui des associations au statut entièrement privé, lesquelles sont chargées notamment de la mission de gestion des biens publics : eau et aménagements hydrauliques. Un quart à un tiers des groupements sont considérés de bonne performance. Un tiers fonctionne avec quelques difficultés, le reste connaît des blocages majeurs à caractère social ou financier. Le système de gestion participative se heurte sur le plan pratique à plusieurs difficultés : manque de clarté dans les missions et le statut des groupements, généralisation accélérée du nouveau mode de gestion, insuffisance des appuis octroyés par les commissariats régionaux, interventionnisme administratif et politique, etc. Cette situation a conduit à une crise de confiance des acteurs dans l'organisation de gestion des périmètres publics irrigués, exacerbée lors des événements révolutionnaires de 2011.

I Des montages standardisés et plaqués

Cette situation n'est en soi pas une surprise dans la mesure où les systèmes irrigués publics n'avaient que peu à voir avec les systèmes irrigués communautaires, eux-mêmes imparfaits, dont le modèle avait été mis en avant pour justifier ces programmes de

gestion participative et de transfert de gestion. L'initiative de création puis de gestion des périmètres revenait en effet à l'État. Les agriculteurs s'y trouvaient positionnés de manière passive voire subie, simples producteurs non investis dans les choix collectifs qu'ils auraient ensuite à mettre en pratique et à respecter. Souvent porteurs d'une vision normative nourrie de valeurs universalistes, les acteurs internationaux de développement ont orienté les États et les institutions hydrauliques publiques vers des schémas organisationnels et institutionnels préconçus, méconnaissant ou faisant fi des normes et des règles existant au sein des sociétés locales. L'attention des promoteurs et des opérateurs de ces programmes ayant avant tout été portée sur les finalités à atteindre plutôt que sur les processus à engager, aucun façonnage de nouvelles règles ne put être initié – selon la conception de E. Ostrom –, ne permettant pas l'émergence de dynamiques d'apprentissage progressif d'une gestion partagée de l'eau avec les irrigants. Renforcement de l'institution publique en charge de l'hydraulique, extension des réseaux, placage forcé et rapide de solutions préformatées, inadaptées aux contextes locaux, il n'est pas étonnant de constater que les résultats de ces programmes apparaissent encore aujourd'hui globalement décevants, même s'il existe des contre-exemples, notamment en Asie.

I L'appropriation paysanne de l'irrigation dans le delta du fleuve Rouge au Vietnam

La gestion de l'irrigation dans le delta du fleuve Rouge au Vietnam constitue un cas original de transfert provoqué par les agriculteurs et accompagné par l'État ayant abouti à la modification des rôles de chaque type d'acteurs, par un façonnage progressif de nouvelles règles. À partir des années 1980, les agriculteurs ont profité des politiques de décollectivisation et de libéralisation de l'économie pour provoquer une fragmentation des grands systèmes irrigués conçus pendant l'époque socialiste, au profit de petits systèmes irrigués autogérés au niveau villageois, selon un modèle proche de celui ayant prévalu durant plusieurs siècles avant la période socialiste. L'État a réagi en modifiant le dispositif d'administration publique de l'hydraulique agricole, en créant des compagnies hydrauliques. Ce sont des institutions intermédiaires responsables de la gestion et de l'entretien des principales digues, des stations de pompage et des écluses d'accès à l'eau ou de son évacuation, ainsi que de l'encadrement des travaux de réhabilitation des petits systèmes irrigués villageois. Tout en instaurant un certain degré de décentralisation au bénéfice de l'échelon provincial, l'État a entériné le partage de responsabilités avec les structures villageoises de gestion, dites coopératives de services, qui se sont réapproprié l'irrigation à l'échelle locale par l'individualisation de périmètres irrigués villageois. Financées par la collecte d'une redevance dont elles ont la maîtrise, les coopératives de service ont vu leurs responsabilités confirmées par l'État, notamment pour la gestion du fonctionnement et de l'entretien des périmètres locaux, cette évolution ne remettant pas en cause l'organisation pyramidale chapeautée par l'administration hydraulique à une échelle plus large (Fontenelle *et al.*, 2007).

Encadré 9.4. La réhabilitation des polders de Prey Nup, un projet pilote de transfert de gestion au Cambodge.

Jean-Marie Brun

Les polders de Prey Nup constituent un vaste périmètre hydro-agricole de 10 500 hectares. Il s'agit d'infrastructures permettant de prévenir les entrées d'eau marine dans les rizières et de réguler le niveau de la lame d'eau douce par le drainage de l'excès d'eau. Les infrastructures ont été réhabilitées dans le cadre d'un projet engagé dans la démarche de constitution d'associations d'usagers de l'eau et de transfert de la responsabilité de gestion et de maintenance des périmètres hydro-agricoles au Cambodge, et financé par l'agence française de Développement (1998-2008).

Une constitution réellement participative de l'organisation des usagers

L'association, nommée Communauté des usagers des polders, a été créée au cours des deux premières années du projet, en parallèle du processus de réhabilitation des infrastructures. La consultation continue des usagers a fait évoluer les choix techniques initiaux, comme l'ajout d'échelles à pirogues pour le franchissement des digues par les pêcheurs. Elle a abouti à la définition des principes de fonctionnement de leur organisation. Parce qu'il s'agissait d'un projet précurseur et que les cadres politiques et juridiques de la gestion de l'irrigation n'avaient pas encore été conçus au niveau national, les usagers des polders ont pu définir une structure et des règles de fonctionnement sur mesure.

Un accompagnement pas à pas du renforcement des capacités

L'association a également bénéficié d'un accompagnement de proximité dans la durée, afin d'élaborer des outils et un savoir-faire permettant d'assurer ses futures fonctions (gestion de l'eau, maintenance, collecte et gestion des contributions des usagers, etc.). Les responsables de l'association ont ainsi pu tirer les leçons de leurs erreurs initiales, ajuster leurs outils et leurs pratiques, notamment concernant la planification concertée de la mise en culture dans chacun des six polders. Par ailleurs, l'organisation a évolué après avoir identifié les compétences indispensables, et qui nécessitaient la création et la prise en charge financière par les usagers de postes salariés.

Des usagers qui prennent leurs responsabilités dans le processus de transfert de gestion

Les leaders de l'association ont pris progressivement confiance dans leurs capacités tout en identifiant leurs limites. Ils ont pu s'engager dans le processus de négociation d'un accord de partage des responsabilités de gestion avec leur ministère de tutelle, lors duquel ils n'ont pas cherché à minimiser leurs engagements, mais au contraire à revendiquer la prise en charge des responsabilités qu'ils avaient déjà commencé à exercer. L'enjeu des associations était de préserver les bénéfices que la réhabilitation et la gestion des polders avaient permis de valider, c'est-à-dire le doublement de la production de riz, de 12 000 à 25 000-30 000 tonnes par an entre 2000 et 2003.

I L'appui au développement d'une politique sectorielle de l'irrigation au Cambodge

L'établissement depuis vingt ans de nouvelles institutions de gestion de l'irrigation au Cambodge constitue un autre exemple riche d'enseignement tel que le projet de réhabilitation des polders de Prey Nup (encadré 9.4), bien que cette dynamique soit encore inachevée et fragile. Ce pays a connu un processus tardif et original de réforme de l'irrigation lié à sa pacification récente. Bénéficiant des expériences acquises dans d'autres contextes par les bailleurs de fonds et les opérateurs de développement, et prenant acte de l'incapacité de l'État à assumer seul la gestion de l'irrigation dans un contexte de reconstruction nationale, les priorités politiques ont été formulées en intégrant un principe de délégation de gestion et de partage de responsabilités entre les services hydrauliques provinciaux et les agriculteurs. Conçus comme les bases d'une politique durable de l'irrigation, les appuis de l'aide internationale ont porté sur divers aspects (Venot et Fontenelle, 2016) :

- la réhabilitation de systèmes irrigués, la création d'associations d'usagers de l'eau et le transfert de la gestion et de l'entretien des systèmes en faveur de ces dernières ;
- la mise en place d'outils de planification, d'intervention et de coordination du ministère des Ressources en eau ;
- la création d'organisations d'appui aux associations et d'intermédiation avec l'administration hydraulique ;
- l'élaboration de cadres politiques.

Mais, peut-être du fait des succès qui ont permis au ministère des Ressources en eau de se renforcer, on observe aujourd'hui les mêmes réticences à continuer de telles réformes que dans les pays aux bureaucraties hydrauliques historiquement mieux établies (Inde, Indonésie, Mali, Maroc, Mexique, Vietnam, ...).

Pour un processus d'apprentissage permettant le façonnage de nouvelles règles

LES EXEMPLES PRÉSENTÉS PRÉCÉDEMMENT MONTRENT QUE LES CHANGEMENTS visés nécessitent que du temps soit laissé aux principaux bénéficiaires pour qu'un processus d'apprentissage émerge et que les agriculteurs s'approprient leurs nouvelles responsabilités. Ce processus consiste à fournir l'espace de négociation requis pour traduire le cadre politique promu par l'État en règles locales opérationnelles, ce qui est d'autant plus fédérateur que la société concernée accorde une place importante aux modes informels d'organisation et de régulation. La démarche d'apprentissage, ainsi provoquée, laisse des marges de manœuvre suffisantes pour favoriser l'hybridation entre les principes promus par l'État et les règles présentes localement :

- concertation avec les agriculteurs pour préciser l'objet de la réforme projetée et établir une méthode d'action ;
- dotation en droits pour sécuriser les agriculteurs sur leur activité et permettre aux représentants d'élaborer des règles d'accès et de gestion de l'eau et du foncier ;

- coconstruction entre l'institution publique et les représentants des agriculteurs des modalités de mise en valeur agricole, des choix d'infrastructures, de fonctionnement et d'entretien des réseaux ;
- délégation d'autorité aux associations pour l'exercice de leurs responsabilités sur les ressources et infrastructures qui leur sont transférées, selon des modalités de gouvernance validées par la communauté locale et sécurisées juridiquement par l'État.

La contractualisation, outil pour la coconstruction de communs administrés

LES EXEMPLES PRÉSENTÉS AU VIETNAM, AU CAMBODGE ET AU SÉNÉGAL font apparaître des résultats encourageants en termes de partage des responsabilités de gestion de l'irrigation. Dans ces situations très disparates du point de vue des contextes physiques, sociaux et politiques, trois points majeurs peuvent être mis en avant comme éléments ayant favorisé l'émergence de ces dynamiques.

I La sécurisation initiale des droits des exploitants irrigants

Le premier facteur déterminant l'adhésion des agriculteurs concerne la sécurisation de leurs droits, ce qui constitue la première composante du contrat social passé entre l'État et les agriculteurs. Elle implique une clarification des droits fonciers et des droits d'eau, qu'ils soient

Photo 9.2. Discussion des agriculteurs éthiopiens de leur modèle local WAT-A-GAME
© ILRI/Beth Cullen.



individuels ou appréhendés dans une dimension collective communautaire, donnant lieu à un acte formalisé. Elle passe également par une consolidation de l'accès aux services agricoles et aux marchés, de façon à favoriser l'expression du potentiel productif des exploitants. L'augmentation du revenu des agriculteurs est une des conditions du transfert, dans la mesure où cette évolution génère des charges financières et du travail supplémentaire pour les agriculteurs. Cela justifie le plus souvent le besoin de faire coïncider la démarche de transfert avec un réinvestissement dans les infrastructures susceptibles de faciliter cette augmentation. Il s'agit de la première étape d'engagement politique de l'État vis-à-vis des agriculteurs qui, en retour, seront plus enclins à accepter la demande de mobilisation qui leur sera faite.

Ainsi, le travail de mobilisation des irrigants en vue de constituer une communauté des usagers des polders de Prey Nup au Cambodge a connu une écoute beaucoup plus attentive et motivée des agriculteurs, dès lors que la question de l'octroi de certificats fonciers a été associée aux discussions (Kibler et Perroud, 2004).

I Des unités de gestion d'envergure spatiale multiple

Le second facteur concerne les échelles retenues pour les dispositifs de gouvernance. L'appropriation par les agriculteurs de la réalité physique et sociale des unités d'irrigation gérées par les associations est facilitée par une délimitation de l'envergure spatiale des unités de gestion, lorsque les périmètres irrigués publics sont de grande taille. Les trois exemples présentés sont caractérisés soit par une fragmentation des périmètres, soit par leur segmentation interne en unités de gestion reposant sur l'arborescence hydraulique des canaux et des digues ou sur la structuration de l'habitat et du terroir agricole. La gestion du périmètre dans son ensemble peut, quant à elle, rester sous la tutelle d'une structure publique ou faire l'objet d'une gestion partagée associant une structure publique et une organisation émanant des usagers.

Dans le cas du transfert de gestion des polders de Prey Nup, le premier niveau de mobilisation a été celui des 43 villages présents sur le site, chacun choisissant un représentant en son sein, élu au suffrage direct par les 15 000 agriculteurs irrigants enregistrés comme membres de la communauté des usagers des polders. Ces 43 représentants forment l'assemblée centrale de la communauté. Le deuxième niveau est celui du bureau central de la communauté des usagers des polders, composé de six représentants, un par polder, chacun étant élu au suffrage direct par les membres du polder pour lequel il se présente (Lagandré, 2007).

I La contractualisation entre l'État et les associations d'irrigants issue d'un processus d'apprentissage

Le troisième et dernier facteur consiste en la mise en place d'un processus de contractualisation entre l'État et les usagers, clarifiant le dispositif de gestion après le transfert. Ce processus vise la coconstruction des modalités de partage de leurs responsabilités respectives futures.

Les échecs évoqués dans ce chapitre montrent que la volonté politique ne suffit pas et qu'il serait erroné de penser que des procédures standardisées et imposées puissent aboutir aux résultats escomptés. Le transfert de gestion, qui constitue en réalité un partage de responsabilités, requiert du temps pour être mené à son terme, de façon à permettre la compréhension des enjeux par chacun des acteurs, puis la formulation, la négociation et la formalisation d'un accord écrit, cosigné et opposable. Le temps de maturation des modalités de partage des responsabilités est mis à profit pour tester et apprendre à partir d'une mise en situation des acteurs. Cela permet aux nouveaux responsables d'assimiler les techniques de gestion de l'eau, mais surtout de mieux apprécier les modalités d'exercice de leurs nouvelles charges de représentation des irrigants et d'interaction avec l'État ou ses représentants. Ce temps d'apprentissage est d'autant plus important que les agriculteurs sont novices en matière d'organisation et que les rapports de force entre les acteurs sont déséquilibrés. Durant la phase d'apprentissage, la présence d'une assistance technique extérieure venant en appui à l'association pour la conduite du changement met progressivement les acteurs en situation de conduire le transfert, tout en minimisant les risques de dysfonctionnement pour l'institution publique et de dé-crédibilisation pour la jeune association. Créée en 2001, la communauté des usagers des polders n'a ainsi ratifié l'accord de partage de responsabilités avec le ministère des Ressources en eau qu'en 2008.

I Le bricolage de communs administrés au sein des périmètres publics

Les périmètres irrigués publics étant très différents dans leur histoire, leur taille et leur organisation des systèmes irrigués communautaires, il paraît vain d'attendre de programmes de gestion participative et de transfert de gestion de l'irrigation l'émergence d'une gestion communautaire au sens où celle-ci a été décrite par E. Ostrom. Pour autant, les exemples présentés précédemment montrent que la mobilisation combinée de l'État et des agriculteurs peut aboutir à l'émergence d'un cadre pérenne de gestion des systèmes irrigués publics reposant sur un partage des responsabilités. Cette démarche s'avère d'autant plus pertinente que l'État présente des faiblesses internes majeures, comme c'était le cas au Cambodge au démarrage du Projet Prey Nup et encore aujourd'hui en Haïti (encadré 9.5). Dans un tel contexte, la responsabilisation forte des agriculteurs dans la gestion de l'eau a comme première qualité de pallier les défaillances de l'action publique. Sur le long terme, la dynamique enclenchée par la création de nouvelles institutions à la gouvernance partagée, peut constituer le support de la relégitimation et du renforcement de l'action publique.

Forgés autour de règles collectives négociées entre parties prenantes, ces systèmes s'apparentent pour certains auteurs à des formes nouvelles de communs dits « administrés », où l'État et les agriculteurs partagent des obligations mutuelles autour de la gestion de l'eau (Leyronas et Calas, 2019). Ainsi, à la différence des modalités standardisées observées lors des expériences de transfert et de gestion participative ayant échoué, dans ces « nouveaux communs », la gouvernance est fondée sur une hybridation de normes d'origines différentes,

Encadré 9.5. Un exemple de délégation de la gestion de l'eau agricole aux irrigants en Haïti.
Montes Charles

En Haïti, la problématique de l'eau, en particulier l'eau agricole, est l'objet de préoccupations et d'un débat national croissants. Une partie essentielle de ce débat est focalisée sur la mise en œuvre d'une politique de gestion et de l'exploitation de cette richesse, afin de bien les structurer et d'en tirer profit collectivement.

La direction des Infrastructures agricoles du ministère de l'Agriculture, des Ressources naturelles et du Développement rural (MARNDR) a pour mission l'exploitation, la maintenance et l'administration des systèmes d'irrigation publics. Toutefois, ce mode de gestion centralisée a engendré beaucoup de déficits, à la fois technique, organisationnel, financier et de la méfiance, ce qui a rendu nécessaire la mise en œuvre d'un modèle de gestion de l'irrigation innovant.

Dans la mouvance des politiques d'ajustement structurel des années 1990, et de la réduction de certaines fonctions de l'État, les gouvernements haïtiens successifs se sont engagés dans une démarche de transfert de la gestion de l'irrigation à des associations d'irrigants, représentant les usagers et reconnues officiellement comme interlocuteurs institutionnels.

Situés à 50 km au nord de Port-au-Prince, les périmètres irrigués de l'Arcahaie couvrent une surface de 6 000 hectares. Aménagés il y plus de deux cents ans, partiellement rénovés vers 1930, ils ont été entièrement réhabilités entre 1987 et 1997 avec l'aide d'un financement international par l'agence française de Développement (AFD) et le Fonds d'Équipement des Nations Unies (FENU), et leur mode de gouvernance et de gestion a été totalement rénové.

Les ouvrages de dérivation sur les quatre rivières du périmètre ont été reconstruits, les canaux principaux ont été retracés, maçonnés et équipés d'ouvrages de partition répartissant les débits entre 154 quartiers hydrauliques alimentés proportionnellement à leur superficie. Cette réhabilitation physique a été menée de pair avec une réorganisation du mode d'exploitation et des institutions. Dès le départ, il a été décidé de confier la gestion des réseaux aux agriculteurs, après les avoir associés à la conception et à la réalisation du projet, et en particulier du réseau tertiaire. Un des critères clés de ce modèle est la participation, qui permet d'intégrer le point de vue des usagers dans la conception hydraulique et obtenir ainsi une adhésion accrue de ceux-ci aux objectifs et aux contraintes de viabilité des aménagements.

Ainsi, ont été mis en place dès 1990 des comités de quartiers dont les membres élus forment l'assemblée représentative de l'association des irrigants de la plaine de l'Arcahaie (AIPA). Des textes réglementaires ont permis de doter l'association d'une personnalité juridique et d'une autonomie financière. Par l'intermédiaire d'un contrat entre l'association et le ministère, l'État haïtien a mis les ouvrages réhabilités sous la responsabilité de l'Association qui prend en charge leur gestion. Un Conseil de Surveillance assure le contrôle de la bonne exécution de ces contrats. Les travaux de réhabilitation et la mise en place des institutions se sont achevés simultanément en 1997.

Encadré 9.5. Suite.

Vingt ans plus tard, l'association des Irrigants de la Plaine de l'Arcahaie est gouvernée et fonctionne, avec des réunions statutaires et des élections régulières. Les rapports annuels de l'association, régulièrement remis au ministère, font état d'un taux de recouvrement des redevances de 55 % environ de 1990 à ce jour, avec des maxima à 70 %, et des minima à 40 % correspondant aux périodes les moins stables politiquement pour le pays. Mais ce résultat relativement convenable est à relativiser en valeur car la redevance n'a augmenté que de 60 % alors que l'inflation a été en moyenne de 15 % par an sur cette période.

Bien que limitées, des actions d'entretien sont effectuées par le service technique de l'association des irrigants et, d'une manière générale, les ouvrages sont opérationnels. Des travaux de remise en état importants ont été nécessaires à la suite des dégâts causés par les événements climatiques extrêmes que subit régulièrement Haïti ; ils ont été financés par une aide extérieure. Il est intéressant de souligner l'existence d'un dispositif, bénéficiant d'un financement de l'AFD, d'abondement par l'État complétant la provision de maintenance que l'association des irrigants constitue sur ses recettes propres.

Après près de trente ans d'efforts, ces résultats sont positifs mais imparfaits. Ils témoignent d'une réelle robustesse du dispositif de délégation aux irrigants de l'Arcahaie, en dépit d'un fondement juridique précaire, la loi sur les associations d'irrigants, en chantier depuis les années 1990, n'ayant toujours pas été promulguée. Mais ces résultats montrent également que les efforts doivent être poursuivis afin d'atteindre les objectifs du ministère de l'Agriculture en matière de transfert de la gestion des périmètres irrigués aux irrigants.

portées par l'État et propres aux agriculteurs. Il ne s'agit pas d'un placage de règles extérieures qui seraient progressivement appropriées par les sociétés locales irrigantes, mais plutôt d'un bricolage pas à pas des modalités opérationnelles et institutionnelles permettant l'émergence d'une dynamique d'action collective évolutive (Cleaver, 2002). Par exemple, au Cambodge, la communauté des usagers des polders n'assure pas directement le contrôle du respect de ses règles par les irrigants, comme cela avait été initialement pensé lors de la création de la communauté, mais mobilise les polices communales, avec lesquelles elle engage un contrat de prestation de service annuel.

Plus ambitieux et complexe qu'un simple transfert de gestion de l'État vers les irrigants selon un cadre prédéfini pouvant être répliqué, le « bricolage de communs administrés » constitue un processus unique et évolutif, propre à chaque contexte agricole, social, culturel et politique dans lequel il s'inscrit. Ses implications en termes d'apprentissage et d'accroissement des capacités techniques, organisationnelles et institutionnelles des acteurs impliqués, les agriculteurs irrigants comme l'État et ses représentants, s'apparentent à un véritable processus de changement social qui repositionne de manière dynamique et structurante les rapports entre l'État, les institutions hydrauliques publiques et les agriculteurs irrigants.

10. Le développement agricole par l'irrigation intègre-t-il les spécificités des pratiques foncières ?

Samir El Ouaamari

Des questions spécifiques posées par la gestion du foncier irrigué

LE DÉVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION INDUIT DES RECOMPOSITIONS fortes et irréversibles des modes d'accès aux ressources en terre et en eau, et de leurs usages. Si l'irrigation constitue un moyen important d'augmentation de la productivité agricole par unité de surface et par actif, particulièrement dans les zones à faible pluviométrie, son développement s'accompagne d'un certain nombre de transformations qu'il convient d'anticiper. En effet, l'irrigation peut entrer en concurrence ou déplacer certaines activités telles que l'agriculture pluviale et de décrue, l'élevage pastoral, la pêche, etc. Aussi, elle s'accompagne de nouvelles modalités d'accès et de gestion des ressources naturelles souvent en conflit avec les rapports sociaux préexistants. En outre, elle peut, par l'effet d'attraction qu'elle génère, exacerber la pression sur ces ressources et alimenter des processus de concentration et de différenciation socio-économique à la faveur d'agents disposant d'importants moyens financiers (agriculteurs aisés mais aussi investisseurs de taille variable) souvent hors de portée pour une bonne partie des producteurs.

Parmi les enjeux centraux des politiques de développement agricole *via* l'irrigation, figure la nécessité de favoriser un usage durable de ces ressources communes – la terre et l'eau d'irrigation – et de permettre leur allocation optimale en fonction d'objectifs de développement tels que la création de richesse et d'emplois, la sécurité alimentaire, l'équité ou le renforcement des équilibres écologiques, tout en tenant compte des réalités socio-économiques sur lesquelles ces politiques interviennent. Bien entendu, les objectifs mentionnés ne sont pas toujours explicites dans les politiques publiques orientées vers l'expansion de l'agriculture irriguée.

■ Aménagements publics ou privés : le besoin de réguler l'accès à la terre et à l'eau

Là où les moyens financiers mobilisés pour développer l'irrigation sont essentiellement publics, le besoin de régulation paraît évident, l'un des enjeux étant de pérenniser des

aménagements parfois très coûteux et de garantir leur usage dans la durée. Ce besoin de réguler l'accès à la terre et à l'eau et leurs usages est tout aussi important lorsqu'il s'agit d'initiatives privées. Cela est particulièrement vrai lorsque ces deux ressources communes sont rares et soumises à une logique de concurrence inégale, parfois génératrice de tensions sociales qu'il est nécessaire d'arbitrer au nom de l'intérêt général et de la prise en compte des groupes sociaux les plus vulnérables. Dans ces deux cas, initiative publique et initiative privée, que l'eau soit relativement abondante à l'image des grandes vallées ouest-africaines, ou plus rare comme au Maghreb, des modes de régulation par l'État de l'accès à la terre et à l'eau d'irrigation et de leurs usages sont omniprésents. Ils prennent néanmoins des formes différentes. Répondant à des finalités diverses en matière de politique publique, ils sont plus ou moins contraignants et intégrateurs des pratiques foncières et hydrauliques locales.

I Des cadres de régulation de l'accès à la terre et à l'eau mis en œuvre par les États

Les cadres de régulation étatiques se focalisent d'abord et essentiellement sur la définition du régime juridique des terres de manière générale, sur lequel s'adosent ensuite des règles de gestion de la terre et de l'eau d'irrigation, aussi bien lors de la construction des infrastructures que de la mise en valeur des terres aménagées. Ces cadres et ces règles établissent différentes catégories d'ayants droit, accordant à chacun d'entre eux une personnalité juridique associée à un certain nombre de droits et de devoirs relatifs à l'accès, à l'usage et à la gestion des ressources en terre et en eau. La mise en application de ces cadres repose sur l'établissement d'instances de gestion des ressources en terre et en eau à différentes échelles, du niveau national au villageois. Enfin, des outils et des procédures de régulation mis en œuvre par ces instances et cohérents avec les cadres cités sont censés garantir leur application et, ce faisant, orienter *in fine* la structure agraire des zones concernées dans la direction souhaitée.

Ces outils et procédures sont très variables d'un contexte géographique à un autre. Nous n'en mentionnons que quelques-uns, sans prétendre à l'exhaustivité ni au détail de leurs formes concrètes. Lors de l'instruction d'un projet d'irrigation, afin de disposer des terres nécessaires à la construction des aménagements hydro-agricoles, peuvent intervenir par exemple les procédures « d'expropriation pour cause d'utilité publique ». Celles-ci sont censées définir les « personnes affectées par le projet », ainsi que les compensations (en espèces ou sous forme de parcelle aménagée) à prévoir pour ces personnes. Mais d'autres démarches existent, notamment là où la gestion du foncier est davantage décentralisée. Au Sénégal par exemple, les collectivités locales ont la capacité de désaffecter provisoirement des terres en vue de leur aménagement par des entités publiques ou privées, ou par un établissement public-privé.

Dans les grands périmètres publics ou publics-privés, une fois les infrastructures hydrauliques réalisées, l'accès aux surfaces irrigables et leur usage peuvent être régulés suivant différentes modalités de formalisation des droits foncières. Celles-ci peuvent faire référence, dans certains cas, à des conventions ou à des chartes foncières locales. Résultant d'une concertation entre les différents agents sociaux présents sur un même territoire (agri-

culteurs, éleveurs, autorités coutumières, collectivités locales, etc.), les chartes foncières locales doivent permettre de fixer « les règles, les droits et les devoirs de chacun dans l'utilisation et la gestion d'espaces locaux et de ressources naturelles » (Granier, 2010). Ces chartes foncières locales peuvent être combinées à des outils de planification territoriale (encadré 10.3). Dans ces mêmes périmètres, l'affectation des terres irrigables aux agents censés les mettre en valeur (agriculteurs, parfois investisseurs extérieurs) peut passer par des procédures d'attribution foncière reposant sur des critères de sélection variés et sur les cahiers des charges correspondants.

Bien qu'ils ne soient pas mis en œuvre partout, des outils spécifiques (relevant généralement d'initiatives privées) existent dans le cas du prélèvement d'eaux souterraines pour l'irrigation afin d'éviter l'épuisement des nappes : établissement de quotas, autorisations de forage ou mécanismes fiscaux dissuasifs. De même, dans différentes situations (grands périmètres publics, périmètres privés reposant sur le prélèvement d'eaux superficielles ou souterraines), l'État peut être porteur d'outils de régulation plus ou moins contraignants des transactions marchandes sur le foncier irrigable, tels que des marchés d'achat-vente et/ou de faire-valoir indirect.

À ces outils de régulation directs, peuvent s'ajouter des mesures indirectes, c'est-à-dire ne concernant pas directement l'accès aux ressources en terre et en eau et leurs usages. Ces mesures indirectes facilitent néanmoins l'installation de certaines catégories d'agents, par exemple, au travers de la mise en place des systèmes fiscaux ou de crédits ciblés. Ainsi, ces outils de régulation, mais également les cadres et les instances sur lesquels repose leur mise en œuvre, sont systématiquement influencés par d'autres composantes de l'intervention de l'État en matière, par exemple, de politique agricole, d'investissement, de fiscalité ou de modèle de gouvernement (plus ou moins centralisé ou décentralisé, accordant une place plus ou moins importante à la gestion coutumière³⁴ des ressources, etc.).

I Quelle est la cohérence entre les cadres étatiques et les pratiques locales de gestion des ressources ?

Cependant, la portée de ces cadres et l'efficacité de ces instances et des outils de régulation ont partout été limitées. Elles ont été confrontées, et le restent encore aujourd'hui, à deux grands défis.

Premièrement, se pose la question de la cohérence entre, d'une part, ces cadres, instances et outils de régulation étatiques et, d'autre part, les pratiques locales d'accès, d'usage et de gestion avant et après la mise en place des aménagements hydro-agricoles.

Dans ce chapitre nous traiterons les deux ensembles de questions suivants :

- les projets d'irrigation prévoient-ils des dispositifs spécifiques de gestion des ressources et de prise en compte des différents ayants droit et des usagers du foncier et de l'eau ? Ces projets sont-ils, au contraire, dominés par une rationalité purement hydraulique et aménagiste ?

34. Le terme « coutumier » s'applique ici aux pratiques et aux systèmes de droits ou aux conventions qui les codifient et qui ne relèvent pas du droit positif.

- Si ces dispositifs existent, comment s'articulent-ils avec les pratiques locales ? Existe-t-il des décalages ou des contradictions qui émergent à ce niveau ? Quels sont les effets de ces contradictions pour les différents agents sociaux, en particulier les producteurs ? Comment ces contradictions peuvent-elles être résolues ?

Deuxièmement, il est nécessaire d'interroger, dans le cas des grands périmètres publics, les modèles de développement agricole par l'irrigation et notamment leurs effets sur l'évolution des structures agraires (voir chapitre 4). Autrement dit :

- Quelles formes d'agriculture ces modèles doivent-ils promouvoir pour rester cohérents avec les objectifs de développement mentionnés plus haut ?
- Quelles modalités d'allocation du foncier et de l'eau d'irrigation aux agriculteurs seraient alors les plus adaptées ?

Des pratiques foncières informelles à l'œuvre dans les zones irriguées

LES PRATIQUES LOCALES DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES antérieures sont rarement en conformité avec les cadres juridiques et les modes de régulation qui accompagnent la mise en place de l'irrigation. Malgré cette inadéquation, elles persistent quasi

Photo 10.1. Bovins au pâturage sur des parcelles de riz récoltées de commun accord entre agriculteurs et éleveurs transhumants, Sénégal
© Samir El Ouaamari.



systématiquement de manière informelle. Aussi, évoluent-elles sous l'effet des transformations induites par le développement de l'irrigation, mais vers des formes qui peuvent rester tout aussi informelles.

Cela est source d'incertitude à deux niveaux. D'une part, ceux qui mettent en œuvre des pratiques non conformes aux cadres prescrits par l'État (producteurs agricoles, éleveurs, etc.) sont susceptibles de souffrir d'insécurité foncière. Ils peuvent, en effet, se voir retirer l'accès à des espaces et à des ressources qu'ils exploitaient habituellement sur les parcelles irriguées ou ailleurs. D'autre part, en échappant par définition au contrôle de l'État, ces pratiques informelles peuvent rendre très aléatoires les résultats des interventions en matière d'irrigation.

C'est pourtant parce qu'elles répondent à des enjeux clés dans le fonctionnement et la reproduction des exploitations agricoles que ces pratiques informelles ont cours dans les zones irriguées. Ainsi, en est-il des pratiques traduisant des formes de gestion collective et concertée des ressources entre les différents usagers (entre agriculteurs et éleveurs par exemple), et aussi des modalités de faire-valoir indirect qui se manifestent de manière quasi systématique lors de l'établissement de nouveaux périmètres irrigués. Habituellement proscrits par les textes ou les cahiers des charges des attributaires de parcelles irriguées, les contrats de location ou les arrangements divers « à part de fruit »³⁵ y sont fréquents.

Pratiqués dans l'informalité, ces arrangements permettraient néanmoins d'améliorer « l'allocation des ressources lorsque les dotations en facteurs de production et en capacités de gestion individuelles sont hétérogènes » (Colin, 2004). En d'autres termes, en favorisant le rapprochement entre des exploitants agricoles inégalement dotés en moyens – par exemple, certains disposant de terres mais limités en main-d'œuvre ou en capital et d'autres ne disposant que de faibles surfaces mais pouvant apporter leur force de travail ou des moyens financiers –, elles contribueraient à un fonctionnement plus souple des exploitations agricoles. Ainsi, le rôle que ces pratiques peuvent jouer au moment de l'installation de jeunes exploitants, faiblement dotés en capitaux et en terres mais disposant, en revanche, d'une force de travail relativement abondante, en est un bon exemple (encadré 10.1).

Les capacités inégales des producteurs à mettre en valeur une surface peuvent résulter non seulement de l'âge des exploitants et du niveau de ressources initiales, mais également du réseau de relations dont ils peuvent se prévaloir. En l'absence de mécanismes compensateurs en faveur des producteurs les moins pourvus en capitaux, le développement de l'irrigation tend alors à exacerber ces écarts dans la mesure où cela suppose la mise en œuvre d'itinéraires techniques généralement plus exigeants en capital.

35. En agriculture, les contrats « à part de fruit » lient généralement un propriétaire foncier à un agriculteur (le métayer) ne disposant pas de terres (ou pas en quantité suffisante). Le métayer réalise tout ou l'essentiel du travail et verse une partie de la récolte au propriétaire à la fin du cycle de production. Ces contrats ou arrangements, souvent oraux, explicitent également la contribution des deux parties aux coûts de production nécessaires (semences, fertilisants, équipement, main-d'œuvre supplémentaire, etc.).

Encadré 10.1. Le rôle du faire-valoir indirect dans le renouvellement générationnel des agriculteurs irrigants en Tunisie.

Hichem Amichi

Dans les pays du Maghreb, où la population jeune occupe une place importante sur le plan démographique, les dispositifs pour favoriser le transfert des exploitations aux jeunes sont rares et souvent inopérants quand ils existent.

Cette situation a conduit les acteurs locaux à multiplier les arrangements contractuels, en particulier *via* le faire-valoir indirect, afin d'accéder aux terres et aux autres ressources productives tels que l'eau et le capital. Ces arrangements pallient ainsi l'insuffisance d'offre de crédit étatique ou la faiblesse du marché d'achat et de vente des terres. Les dynamiques observées dans trois régions tunisiennes sont contrastées du point de vue du climat, des systèmes fonciers et des systèmes de culture (la vallée de la Medjerda, la plaine de Kairouan et les collines de Siliana), et illustrent ces arrangements. Dans ces trois régions, une étude réalisée en 2016 a permis de comprendre la diversité des modalités d'accès au foncier et leurs fonctions pour les différents acteurs, en particulier pour les jeunes qui s'installent (Amichi *et al.*, 2016).

L'analyse des conditions d'accès au foncier dans ces trois zones montre l'existence d'un marché de faire-valoir indirect dynamique, permettant une diversité d'arrangements contractuels entre cédants et preneurs. Cela confère une importante flexibilité aux systèmes fonciers locaux et au fonctionnement des systèmes de production des uns et des autres. Ce «marché» facilite la rencontre entre l'offre et la demande de terre, moins contraignante que les transferts par achat-vente. Le faire-valoir indirect se traduit aussi par des pratiques agricoles bénéfiques, en particulier pour la rotation des cultures. S'accompagnant d'un partage des coûts, il favorise également l'accès à de nouveaux savoir-faire techniques, concernant le maraîchage en particulier. En ce sens, il contribue donc au dynamisme de l'agriculture irriguée. Les enquêtes de terrain ont montré également le caractère opérationnel mais provisoire du renouvellement générationnel réalisé grâce au faire-valoir indirect dans les trois localités :

- à Kairouan, c'est un modèle de gestion temporaire de la petite taille des exploitations qui permet aux agriculteurs de type familial de s'agrandir et de respecter les rotations culturales exigées par leur système maraîcher intensif ;
- à Siliana, il permet de dépasser la situation de blocage générée par le cadre rigide de répartition et de gestion des terres domaniales. La redistribution des terres entre les attributaires et les tiers reste cependant précaire du fait de son caractère informel. En l'absence d'un système de crédit efficient, le faire-valoir indirect offre aussi des possibilités de financement aux attributaires des terres domaniales, par la cession partielle et temporaire de leurs terres en location ;
- dans la vallée de la Medjerda, le faire-valoir indirect permet de déverrouiller l'accès aux terres domaniales et aux terres *Melk* – celles relevant d'un régime de propriété individuelle privée. En effet, il offre une alternative au système d'indivision qui bloque parfois la mise en valeur des terres.

Encadré 10.1. Suite.

Dans les trois situations, l'accès des nouveaux exploitants aux terres est provisoire et parfois précaire, ce qui ne leur permet pas de se projeter dans le futur, notamment par des investissements à long terme. Ceci conduit à relativiser le caractère durable des dynamiques agricoles qui en découlent. Il apparaît donc une inadéquation entre une agriculture qui se veut intensive en capital, mais qui peine à se pérenniser et des arrangements informels qui apportent une flexibilité à cette agriculture, néanmoins avec une portée limitée dans le temps.

Aujourd'hui, le défi majeur pour les décideurs politiques est de savoir comment inscrire cette agriculture, dynamique, largement informelle et caractérisée par des fragilités socio-économiques et environnementales, dans une perspective durable. Approfondir les connaissances sur le rôle joué par le faire-valoir indirect dans la flexibilité des systèmes fonciers et le fonctionnement des exploitations agricoles peut fournir des pistes de réflexion pour mieux valoriser des ressources en terre et en eau très disputées, en Tunisie et ailleurs au Maghreb.

La prolifération d'arrangements informels dans les zones irriguées peut alors traduire non pas un fonctionnement souple et résilient de l'ensemble des exploitants face aux pénuries conjoncturelles de terre irrigable ou de capital, mais plutôt le symptôme d'un processus de différenciation socio-économique, comme en témoignent de nombreuses situations dans différentes régions du monde. Des cas sont bien documentés en Algérie (Amichi *et al.*, 2015), au Mali (Coulibaly *et al.*, 2006) et en Afghanistan (Pasquet, 2009). Ainsi, il s'avère nécessaire de réfléchir à des modes de régulation – à des « régimes fonciers » – qui préservent les fonctions que les pratiques informelles aident à assurer du point de vue de la durabilité des systèmes de production. Ces modes de régulation ne doivent pas passer nécessairement par la codification stricte des pratiques possibles, autrement dit par la « formalisation de l'informel », mais par l'établissement de garde-fous permettant d'anticiper certaines évolutions contraires à l'intérêt général ou susceptibles de précariser davantage certains groupes sociaux. Parmi ces évolutions, citons les processus de concentration des ressources ou l'épuisement des réserves foncières et en eau, dans les mains d'agents économiques – producteurs ou détenteurs de capitaux – parfois loin d'être les plus performants du point de vue de la création de richesse et d'emplois ou de la fourniture de biens publics.

Les modes de régulation du foncier dans les zones irriguées sont-ils sécurisants pour tous ?

LES RÉGIMES FONCIERS À L'ŒUVRE DANS LES ESPACES TOUCHÉS PAR LE DÉVELOPPEMENT de l'irrigation sont variables d'un pays à un autre. Néanmoins, on relève certaines problématiques communes et les mêmes sources d'insécurité pour les populations concernées. Sécuriser les différents usagers du foncier et de l'eau impactés directement

ou indirectement par l'extension de l'irrigation – futurs exploitants de parcelles irriguées, mais également éleveurs pastoraux, pêcheurs, etc. – passe par une reconnaissance par l'État des pratiques locales préexistantes de gestion de ces ressources, ainsi que de leur nature évolutive. Or, bien que dans certains pays ces pratiques soient effectivement reconnues par les textes, cette protection juridique n'est pas toujours un gage de sécurité pour les différents ayants droit. Les situations contrastées observées dans bon nombre de pays sahéliens sont là pour le rappeler (encadré 10.2).

Encadré 10.2. Les régimes fonciers appliqués aux espaces irrigués dans les pays du Sahel sécurisent-ils les détenteurs de droits légitimes ?
Peter Hochet

À l'occasion d'une étude sur le foncier irrigué au Sahel, nous avons constaté le mécanisme suivant. L'eau est rare et sa distribution aléatoire. Pour la protéger, elle est incluse dans le domaine public naturel de l'État, qui alloue des droits restreints sous forme d'autorisation temporaire de prélèvement. Dans les périmètres irrigués, les infrastructures d'amenée d'eau sont des investissements publics qui relèvent aussi du domaine public, mais artificialisé. Par conséquent, les parcelles irriguées relèvent aussi du domaine public de l'État. Ce qui implique *de jure* (conformément à la loi) des droits fonciers restreints et temporaires. Ce mécanisme est complété par l'encadrement des irrigants par des cahiers des charges, des sanctions et un système foncier contraignant afin que les agriculteurs s'inscrivent dans l'itinéraire technico-économique associé au périmètre et censé se substituer aux pratiques locales.

Ainsi, jusqu'à récemment, la tendance générale des grands périmètres irrigués du Sahel était d'allouer aux irrigants des droits fonciers personnels, limités à l'usage, non transférables, non transmissibles et révocables – souvent en cas de défaut de paiement de la redevance hydraulique. Un tel système agricole et foncier enraye des pratiques clés d'adaptation des paysans aux aléas de l'économie agricole sahélienne (prix volatiles, aléas climatiques, démographie des exploitations aléatoire, marchés peu structurés). Il s'agit en particulier de la possibilité de modifier d'une saison à l'autre le système de culture, de varier les superficies cultivées, de recourir aux modes de faire-valoir indirect, de transmettre entre vifs au sein de l'exploitation.

Or, ces stratégies étant nécessaires et les agences de gestion ayant rarement les capacités de contrôler toutes les activités sur le périmètre, les irrigants développent un éventail de pratiques informelles et d'arrangements avec les agents des périmètres. On constate ainsi des changements de spéculation, des délégations de droits en cascade, des transmissions et des transferts de droits. Ces pratiques sont contradictoires et illégales vis-à-vis des règles formelles des périmètres. Mais *in fine*, elles font que le périmètre fonctionne et constitue un outil de production pour les paysans.

Encadré 10.2. Suite.

L'insécurité qui résulte d'un système foncier rigide relevant du régime domanial est d'abord de nature économique. Un tel système bloque les capacités d'adaptation des irrigants aux aléas économiques locaux dans des périmètres eux-mêmes peu intégrés à l'économie locale et aux systèmes de décision locaux. L'insécurité foncière se joue ensuite à deux niveaux. D'une part, les pratiques foncières nécessaires à l'adaptation économique étant informelles, elles sont accompagnées de clientélisme, de courtage, d'opportunités de rente et d'usure, et de rapports de force. D'autre part, étant illégales, ces pratiques font courir aux irrigants un risque de suspension des droits fonciers. Enfin, la sanction de retrait des droits sur les parcelles en cas de non-paiement de la redevance hydraulique est un facteur déterminant d'insécurité foncière et économique sur les périmètres.

Ainsi, dans le cas des grands périmètres irrigués ouest-africains, l'effet de la reconnaissance, de jure ou de fait, des droits fonciers locaux peut se trouver en décalage avec la nature des droits qui sont finalement accordés aux exploitants des parcelles irriguées, ainsi qu'aux fortes conditionnalités – redevances, cahiers des charges, itinéraires techniques préconisés, etc. – qui pèsent sur ces derniers. Face à ce décalage, les pratiques informelles s'installent, à travers notamment différents types de faire-valoir indirect observés sur les parcelles irriguées. Cela s'accompagne d'une part, d'incertitudes pour ceux qui les pratiquent de façon illégale (même si les autorités ont tendance à accepter de manière officieuse ces pratiques) et, d'autre part, d'un risque certain de précarisation d'une partie des exploitants.

Par ailleurs, aux régimes fonciers qui reconnaissent les pratiques foncières locales informelles ou qui les tolèrent peuvent se greffer d'autres politiques publiques : politiques agricoles, politiques d'investissement, etc. Ces politiques privilégient les agents qui exploitent en faire-valoir direct et qui détiennent des titres de propriété privée formels sur les parcelles irriguées. Ainsi, en est-il dans un tout autre contexte, celui de l'extension de l'irrigation à partir des eaux souterraines dans les pays du Maghreb (Dugué *et al.*, 2014). Dans ce cas, les subventions aux investissements, notamment pour l'achat de matériel d'irrigation ou l'accès au crédit, sont principalement en faveur des exploitants propriétaires (exploitations familiales patronales ou capitalistes) qui disposent de surfaces très importantes. Tout une partie des agriculteurs est ainsi ignorée des pouvoirs publics parce qu'ils ne peuvent justifier de droits formalisés sur les terres qu'ils cultivent. En revanche, les exploitants propriétaires disposent de capacités largement supérieures pour la mise en valeur de superficies irriguées, notamment des moyens pour pomper l'eau à des profondeurs qui ne cessent de s'accroître avec l'extension de l'irrigation. Ainsi, les politiques ne font donc qu'accentuer cet écart de développement agricole. Cet exemple montre la nécessité de toujours interroger les régimes fonciers à l'œuvre et leurs effets dans l'évolution des structures agraires au regard des autres composantes des politiques menées par les États.

Intégrer la portée spatiale et les temporalités de l'irrigation et de la gestion des ressources

AU-DELÀ DU STATUT QU'IL FAUDRAIT ACCORDER AUX PRATIQUES INFORMELLES, ou du problème de la place relative occupée par les politiques foncières dans l'action publique, d'autres écueils analytiques traversent les réflexions concernant la construction de régimes fonciers sécurisants et adaptés aux enjeux des politiques de développement agricole par l'irrigation mentionnés au début de ce chapitre. Il s'agit, d'une part, de la définition de l'aire géographique touchée par le développement de l'irrigation et du besoin de dépasser la vision souvent étroite donnée à celle-ci, généralement circonscrite aux surfaces occupées par les parcelles irriguées et les aménagements. C'est, d'autre part, la difficulté de comprendre les différentes temporalités qui traversent le développement agricole, notamment celle des changements rapides dans les modes de mise en valeur qu'induit l'irrigation à l'opposé de celle des transformations, plus lentes, des pratiques de gestion des ressources naturelles.

La pression croissante sur les ressources en eau souterraine constatée dans les pays du Maghreb correspond à une situation particulière, mais elle illustre le besoin d'élargir l'espace géographique sur lequel les problématiques foncières qui résultent du développement de l'irrigation – et leurs solutions politiques – sont généralement appréhendées.

Photo 10.2. Maraîchage sur des parcelles non attribuées du périmètre de Bagré, Burkina Faso

© François Brelle.



En effet, c'est en référence à la seule surface irriguée – le périmètre à l'intérieur duquel la maîtrise de l'eau est mise en œuvre – que les différents cadres et outils de régulation du foncier sont le plus souvent envisagés. Ces derniers sont alors censés clarifier le statut foncier de la parcelle irriguée et accorder une personnalité juridique sécurisante aux différents ayants droit. Or, on voit bien que l'irrigation reposant sur l'exploitation d'eaux souterraines est susceptible d'impacter les activités et les modes de mise en valeur des ressources en terre et en eau bien au-delà de la parcelle irriguée, dans tout l'espace qui recouvre la nappe phréatique exploitée. Ainsi, en est-il de l'élevage qui peut se trouver confronté au tarissement des sources ou des points d'abreuvement lorsque le niveau de la nappe phréatique baisse en dessous d'un certain seuil.

Ce raisonnement s'applique également aux périmètres irrigués alimentés à partir d'eaux de surface et, tout particulièrement, à ceux qui reposent sur des grands travaux hydrauliques (barrages, chenaux d'adduction, émissaires de drainage, etc.). Par exemple, lors de la mise en place d'un périmètre alimenté par les eaux d'un fleuve, les ouvrages nécessaires pour stocker et transporter l'eau peuvent menacer les activités dépendantes de la crue pratiquées en aval, à l'extérieur des parcelles irriguées, telles que l'agriculture de décrue, l'élevage ou la pêche.

Pourtant, même lorsque les cadres juridiques reconnaissent les pratiques locales de gestion des ressources naturelles, le choix de l'échelle spatiale à laquelle on examine l'impact du développement de l'irrigation sur les différents ayants droit est crucial. Cette délimitation minutieuse de l'espace concerné et, donc, l'identification précise de ses usages et de ses usagers, des droits et des ayants droit sur les ressources qui s'y trouvent sont indispensables. Faute de quoi, les procédures d'expropriation pour cause d'utilité publique qui prévoient des compensations pour les « personnes affectées par les projets » – dont les projets de grands aménagements hydro-agricoles – courent le risque de marginaliser une bonne partie des populations réellement affectées.

Par ailleurs, dans certains pays où la gestion du foncier a été décentralisée, il s'avère indispensable pour les instances locales responsables de l'affectation des terres, de considérer la surface allouée à tel ou tel projet d'irrigation en la situant par rapport à l'ensemble des terroirs auxquels les populations ont accès. Ainsi, au Sénégal, les délibérations des conseils ruraux qui président aux attributions de terres par les collectivités locales³⁶ – pour des aménagements publics ou l'installation d'investisseurs privés – sont censées reposer sur une approche partagée des usages et des droits sur les ressources présentes sur un territoire plus vaste que les seules surfaces sur lesquelles porteraient ces affectations. En ce sens, l'émergence des conventions locales, telles que les plans d'occupation et d'affectation des sols (POAS) au Sénégal, constituent une avancée pour établir de manière concertée les choix en matière d'affectation des ressources en les raisonnant à l'échelle du territoire des communautés rurales (encadré 10.3).

36. Au Sénégal, la loi sur le Domaine national de 1964 et les réformes décentralisatrices à partir des années 1970 prévoient que les communautés rurales, par l'intermédiaire des conseils ruraux élus en leur sein, deviennent responsables de l'attribution et de la gestion des terres.

Encadré 10.3. Des outils de gestion et de planification territoriale au service des usagers des ressources. Le cas des plans d'occupation et d'affectation des sols dans la vallée du fleuve Sénégal.

Sidy Seck

Au Sénégal, le premier plan d'occupation et d'affectation des sols a été réalisé en 1998 dans la communauté rurale de Ross-Béthio (delta du fleuve Sénégal), par une démarche de recherche-action. Il a été élaboré dans le contexte du renforcement de la décentralisation qui a vu le transfert, entre autres, de la gestion du foncier et des ressources naturelles, de l'aménagement du territoire et de la préservation de l'environnement aux collectivités locales. Les terres du delta classées depuis 1965 en zone pionnière gérée par l'État à travers la SAED (Société nationale d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé) ont été, à la faveur de la libéralisation, reversées en 1987 dans les terroirs gérés par les communautés rurales. Les innombrables affectations opérées par la communauté de Ross Béthio à la suite de ce revirement (près de 30 000 hectares en dix ans) ont conduit, en l'absence d'outils appropriés, voire de compétences, à une occupation anarchique de l'espace qui a entraîné une exacerbation des conflits entre les agriculteurs et les éleveurs. Ainsi, le conseil rural de Ross Béthio a sollicité la recherche et le développement pour l'élaboration d'un plan d'occupation et d'affectation des sols destiné à améliorer la gestion de son territoire. À partir de cette expérience, ces plans se sont progressivement généralisés à toutes les collectivités locales de la vallée dans un processus accompagné par la SAED.

Le plan d'occupation et d'affectation des sols comprend une cartographie des ressources naturelles, des infrastructures et de l'occupation actuelle du territoire par les différentes activités, ainsi qu'un découpage concerté du territoire de la collectivité en zones, chacune réservée à un usage prioritaire (habitat, agriculture, pâturage, pêche, etc.). Des règles négociées, assorties de sanctions et en adéquation avec les textes réglementaires, définissent les modalités d'occupation et de gestion des ressources naturelles dans chaque zone. Ainsi, le plan d'occupation et d'affectation des sols localise et protège les espaces et les ressources clés pour le développement de chaque activité ou usage (zone d'habitat, terres de cultures, pâturages, points d'eau, bas-fonds, piste à bétail, etc.). Des commissions au niveau de chaque zone et une commission technique d'application du plan au niveau de la communauté rurale sont chargées de faire respecter les règles d'occupation et de gestion définies.

À la fin du processus d'élaboration, un document est adopté par délibération du conseil de la communauté rurale et approuvé par l'autorité administrative (sous-préfet). L'un des atouts principaux du plan d'occupation et d'affectation des sols réside dans sa démarche inclusive d'élaboration qui met en avant le conseil rural (maître d'ouvrage) et associe les populations tout au long du processus (identification des contraintes, zonage du territoire, définition consensuelle des règles d'occupation et d'usage des ressources de l'espace). Au-delà

Encadré 10.3. Suite.

du document et des règles, les animations, les concertations et les formations qui accompagnent l'élaboration du plan d'occupation et d'affectation des sols contribuent à renforcer les capacités des conseillers ruraux et des populations et à promouvoir, dans une certaine mesure, la démocratie locale, en impliquant les populations et acteurs locaux dans la définition des règles d'utilisation et de gestion des ressources naturelles.

L'expérience montre que le plan d'occupation et d'affectation des sols permet une régulation efficace des multiples usages des ressources naturelles au sein du territoire et contribue à limiter les conflits. Il constitue un référentiel pour les populations leur permettant de s'opposer à des affectations foncières qui compromettraient la bonne conduite des usages prioritaires. Ce fut le cas à Fanaye où les populations ont réussi à déloger la société Senhuile-Sénétoal affectataire de 20 000 hectares pour la production d'agro-carburants sur une zone réservée prioritairement à l'élevage. Reste que la plupart des plans d'occupation et d'affectation des sols ne sont toujours pas appliqués. Les raisons tiennent à l'absence de moyens d'intervention du dispositif local d'animation et de suivi et à la faible volonté d'appliquer les sanctions dans les cas de manquements aux règles.

Elles tiennent d'autre part au fait que :

- le plan d'occupation et d'affectation des sols n'est pas reconnu juridiquement ;
- les coûts de fonctionnement de l'équipe chargée de son application ne sont pas pris en compte dans le budget des collectivités locales ;
- la majorité des élus sont plutôt agriculteurs et membres du parti au pouvoir dont la politique favorise l'agriculture, promeut l'agrobusiness et privilégie l'élevage sédentaire moderne.

Bien que prometteurs comme support de discussion entre les différents types d'usagers, d'ayants droit et de gestionnaires des ressources (agriculteurs, éleveurs, SAED, communautés rurales, mairies, etc.), les plans d'occupation et d'affectation des sols restent peu effectifs faute d'une véritable appropriation par toutes les parties prenantes et d'une reconnaissance juridique forte de l'outil. Dépourvues généralement de tout caractère contraignant, les conventions locales comme les plans d'occupation et d'affectation des sols – ou les chartes foncières locales au Burkina Faso – pèsent relativement peu face aux autres forces qui orientent l'affectation des ressources, en particulier la rentabilité potentielle que confère le développement de l'irrigation et qui attire de nombreux intérêts privés et active des dérives clientélistes à différentes échelles.

Par ailleurs, si par leur approche territoriale, à plusieurs échelles, les conventions locales représentent un pas important pour identifier le type d'intervention le plus adapté aux enjeux de développement signalés précédemment, les conventions locales ont tendance à offrir une vision excessivement statique des territoires, avec la définition à un instant « t » des différentes ressources, de leurs usages et de leurs usagers, ainsi que des droits et

des ayants droit qui s'y réfèrent. Or ceux-ci, de même que les rapports sociaux qu'ils codifient ou les effets de domination et de différenciation qu'ils cristallisent, ont un caractère évolutif aux temporalités variées. Ils résultent d'une histoire par rapport à laquelle il est indispensable de situer toute intervention en matière de développement agricole par l'irrigation. En faisant abstraction de cette histoire, ces interventions risquent d'accentuer certaines tendances – pression accentuée sur les ressources, épuisement des réserves foncières et hydriques, accroissement des inégalités etc. – ou, au contraire, d'étouffer des formes peut-être prometteuses de construction territoriale durable s'inscrivant dans le temps long.

11. La valorisation agricole des eaux usées et des boues de vidange est-elle une composante essentielle de l'économie circulaire ?

Akiça Bahri

LES EAUX USÉES ET LES BOUES DE VIDANGE CONSTITUENT UN GISEMENT DE RESSOURCES pour l'agriculture et d'autres secteurs et ne doivent plus être considérées comme des déchets. L'essor des agricultures urbaines et périurbaines favorise en particulier leur valorisation, mais aujourd'hui, leur utilisation se pratique souvent de façon non planifiée et les projets institutionnels peinent à émerger. Pour aboutir à des projets viables, il est nécessaire de dépasser la stricte réflexion technologique et d'aborder d'une manière nouvelle les questions institutionnelles, sociétales et politiques, les risques environnementaux et sanitaires, et la dimension économique de cette adjonction de petit cycle dans le grand cycle hydrologique.

Les eaux usées et les boues de vidange : un gisement de ressources avec des avantages pour les sociétés et l'environnement

DEPUIS LES ANNÉES 1990, L'UN DES CHANGEMENTS LES PLUS PERTINENTS est la reconnaissance de l'importance des eaux usées dans les plans de gestion intégrée des ressources en eau (encadré 11.1). Les eaux usées traitées sont devenues une nouvelle source d'approvisionnement en eau, fiable et à proximité des métropoles. Elles sont diversement utilisées dans des environnements variés. Cette approche a été reconnue dans le Rapport mondial des Nations unies sur la mise en valeur des ressources en eaux usées (WWAP, 2017). Ainsi, la réutilisation des eaux usées traitées (*water reuse*) constitue de plus en plus une composante essentielle de la gestion durable des ressources en eau et un atout clé de toute une économie circulaire en vue de la récupération de l'eau, de la matière organique, des nutriments et de l'énergie (WSP et IWMI, 2016).

La réutilisation des eaux usées traitées est aussi considérée comme l'une des principales solutions d'adaptation au changement climatique. En effet, les pressions sur les approvisionnements en eau du fait de la combinaison de la croissance démographique et

Encadré 11.1. Définitions.

Les eaux usées peuvent être définies comme les eaux usées rejetées par les maisons, les entreprises, l'industrie, les villes et l'agriculture (Asano *et al.*, 2007). Les eaux usées urbaines (ou municipales) sont généralement une combinaison d'un ou de plusieurs des éléments suivants (Mateo-Sagasto *et al.*, 2015) :

- les effluents domestiques composés d'eaux noires (provenant des toilettes) et d'eaux grises (provenant des cuisines et des salles de bain) ;
- les eaux provenant d'institutions et d'établissements commerciaux, y compris des hôpitaux ;
- les effluents industriels ;
- les eaux pluviales et les autres eaux de ruissellement urbaines.

Les boues de vidange sont la combinaison des matières fécales humaines, d'eaux usées, de déchets ménagers et de débris accumulés au fond des fosses de latrines et des fosses septiques. Elles sont stockées dans les systèmes décentralisés, par opposition aux eaux usées transportées dans les égouts et aux boues d'épuration qui en proviennent.

Un système d'assainissement centralisé se caractérise par un réseau de collecte unique qui regroupe les eaux usées non traitées vers un seul site de traitement.

Un système d'assainissement décentralisé est composé de plusieurs sites de traitement desservis par des réseaux de collecte souvent de petite taille, c'est souvent la marque du milieu rural.

Le traitement des eaux usées les rend réutilisables pour une ou plusieurs applications. Le processus produit de l'eau qui peut être recyclée.

La réutilisation est l'utilisation des eaux usées traitées ou non traitées à une fin autre que celle qui les a générées, c'est-à-dire que cela implique un changement d'utilisateur, comme par exemple, la réutilisation des eaux usées municipales pour l'irrigation agricole.

La réutilisation formelle ou planifiée des eaux (*planned water reuse*) est l'utilisation d'eaux usées dans le cadre d'un projet planifié. Elle est toujours effectuée de façon intentionnelle et s'accompagne la plupart du temps d'une démarche de suivi.

La réutilisation informelle ou non contrôlée des eaux (*unplanned water reuse*) est l'utilisation d'eaux usées, traitées ou non traitées, après leur rejet dans le milieu naturel et éventuellement leur dilution avec des ressources en eau conventionnelles de surface ou souterraines. Cette réutilisation a lieu en dehors d'un projet planifié dans lequel les eaux usées seraient correctement traitées et la qualité de l'eau surveillée, dans ce but précis.

La réutilisation directe des eaux usées implique que les eaux soient mobilisées à la sortie du système d'assainissement, quel que soit le degré de traitement.

La réutilisation indirecte des eaux usées a lieu quand les eaux sont rejetées dans le milieu naturel, diluées avec des eaux conventionnelles, puis pompées à nouveau pour être valorisées, que ce soit dans un schéma planifié ou non planifié.

(d'après Jimenez et Asano, 2008)

des impacts du changement climatique auront d'importantes conséquences humaines, économiques et environnementales sur l'ensemble des domaines du développement. Ces pressions modifient pratiquement tous les aspects de l'utilisation des eaux agricoles, municipales et industrielles et nécessitent par conséquent un réexamen des modes de mobilisation et d'utilisation de l'eau. Ces changements dans les stratégies de gestion de l'eau amènent à réduire la consommation en eau par des mesures d'économie, par des changements technologiques et de comportement, et à rechercher de nouvelles sources d'eau. Ces sources incluent l'eau de mer et les eaux saumâtres dessalées, les eaux souterraines traitées si elles ont été altérées par des activités anthropiques, l'eau des excédents saisonniers stockée en souterrain, les eaux pluviales récupérées et les eaux usées réutilisées. Cette dernière ressource offre un potentiel d'augmentation significative des ressources en eau disponibles des pays, d'autant plus que la démographie est élevée, l'habitat est groupé et l'assainissement centralisé. Elle peut aussi être bénéfique pour l'environnement et moins exigeante en énergie que d'autres mesures d'approvisionnement en eau telles que les transferts d'eau, le dessalement des eaux saumâtres ou de l'eau de mer, ainsi que diverses mesures de conservation de l'eau.

Par ailleurs, 2,7 milliards de personnes, dont un milliard en milieu urbain sont desservies par des systèmes d'assainissement autonome (toilettes publiques, fosses septiques et latrines à fosse), et ce nombre devrait croître rapidement. La gestion des boues de vidange présente des problèmes car les stations de traitement ne fonctionnent souvent pas ou sont surchargées et rejettent donc dans l'environnement (rivières, lacs, mer, etc.) des effluents qui ne sont pas réutilisables en toute sécurité. Pour faire face à la situation de vulnérabilité qui va affecter les ressources en eau, de nombreux pays mettent en place une stratégie de réutilisation des eaux usées et investissent dans les infrastructures de traitement (Photo 11.1).

Les eaux usées et les boues de vidange sont de plus en plus considérées comme un gisement de ressources pour l'agriculture, en particulier en période de sécheresse, pour les agricultures urbaines et périurbaines en plein essor. La récupération de l'eau, de l'énergie et des nutriments que ces eaux et ces boues contiennent, constitue une opportunité majeure de l'assainissement en milieu urbain.

Toutefois, de nombreux pays ne disposent pas de cadre réglementaire et législatif pour la gestion des boues de vidange et des eaux usées, ni de réglementation de ces rejets dans l'environnement ou leur réutilisation.

La réutilisation des eaux usées n'est pas un concept nouveau. Dès la première heure, les eaux usées non traitées ont été épandues directement pour l'irrigation de diverses cultures et des fermes d'épandage ont été aménagées au fur et à mesure que la quantité d'eaux usées augmentait. Par la suite, des formes de traitement des eaux usées ont été mises en œuvre pour absorber les quantités toujours croissantes d'eaux usées et pour maîtriser les risques sanitaires et environnementaux. Avec les nouveaux procédés de traitement des eaux usées, la qualité de l'effluent s'est améliorée, ce qui a permis l'usage de l'eau traitée pour un plus grand nombre d'applications agricoles.

Photo 11.1. Vue de la station de traitement par boues activées de Choutrana, Tunisie

© Office national de l'Assainissement, Tunisie (ONAS).



Potentiel et situation du traitement et de la réutilisation des eaux usées et des boues de vidange

LES EAUX USÉES ET LES BOUES RÉSIDUAIRES ET DE VIDANGE REPRÉSENTENT un potentiel énorme de ressources. Encore inexploitées, ces ressources pourraient être récupérées et réutilisées. On estime que plus de 80 % des eaux usées dans le monde et plus de 95 % dans certains pays en développement sont rejetées dans l'environnement sans traitement (WWAP, 2017). La capacité actuelle à traiter ce volume d'eaux usées à des degrés avancés d'épuration n'est que d'environ 7 % (GWI, 2009). À l'aval des villes, les eaux usées non traitées sont généralement rejetées dans les réseaux de drainage, dans les cours d'eau ou les réservoirs naturels et représentent une grande partie, voire la totalité, des écoulements, en particulier en saison sèche. Ceci entraîne une réutilisation généralisée de l'eau usée, qu'elle soit indirecte et à diverses fins ou *de facto* comme une source d'eau potable contenant une fraction importante d'eaux usées (Drewes *et al.*, 2017). Les eaux usées s'infiltrent également dans les aquifères où leurs constituants peuvent affecter la qualité de l'approvisionnement en eau douce (WWAP, 2017). Elles constituent par conséquent des risques potentiels importants pour la santé et l'environnement (Asano *et al.*, 2007). Selon Mateo-Sagasta *et al.* (2015), les 352 milliards de mètres cubes d'eaux usées municipales générées annuellement dans le monde (Flörke *et al.*, 2013) pourraient théoriquement produire 492 milliards kWh, fournir de l'électricité à environ 147 millions de

ménages à raison de 3 500 kWh/ménage (World Energy Council, 2013) soit 550 millions de personnes, irriguer 40 millions d'hectares à raison de 8 000 m³/ha/an et fournir une application d'engrais gratuite de l'ordre de 322 kg N/ha/an et de 64 kg P/ha/an. Ce volume devrait atteindre 423 milliards de mètres cubes en 2030 et 495 milliards en 2050. L'Asie est le plus gros producteur d'eaux usées brutes (40%) dans le monde.

La collecte, le transport et le traitement des boues de vidange provenant de latrines, de fosses septiques ou d'autres systèmes d'assainissement autonome sont déficients dans de nombreuses situations. Une très faible proportion des boues fécales est correctement traitée, le reste étant rejeté dans l'environnement et contribue largement à la pollution des eaux souterraines et de surface.

Les avantages de la réutilisation agricole des eaux usées et des boues de vidange et les risques associés

L'UTILISATION DES EAUX USÉES (BRUTES ET TRAITÉES) DANS L'AGRICULTURE IRRIGUÉE a été documentée dans plus de soixante pays, bien que l'ampleur réelle de la pratique soit probablement sous-estimée. Cette pratique bien établie et en progression constitue l'usage le plus important et le plus en expansion : plus de 32% du volume total

Photo 11.2. Vidange des camions vide-fosses à l'entrée de la station d'épuration des eaux usées de Sèmè-Podji, Bénin © Akiça Bahri.



d'eaux usées traitées est réutilisé en irrigation (GWI, 2009). On relève un large éventail de situations de réutilisation des eaux usées traitées agricoles en fonction du niveau de développement des pays, du niveau de revenu, des conditions physiques, techniques et environnementales, des aspects institutionnels, des approches de mise en œuvre et des aspects réglementaires.

Quelques chiffres donnent une idée du rôle clé que l'utilisation des eaux usées joue dans la satisfaction des besoins en eau et en nourriture des populations dans le monde (Jimenez et Asano, 2008; Thebo *et al.*, 2017). D'après Thebo *et al.* (2017), 65 % des terres cultivées irriguées en aval des villes se trouvent dans des bassins versants fortement dépendants des flux d'eaux usées urbaines; 1,37 milliard de citoyens vivent dans ces mêmes bassins; 29,3 millions hectares (Mha) (soit 9 % de la superficie irriguée mondiale) de ces terres cultivées sont localisées dans des pays à faible taux de traitement des eaux usées et abritent 885 millions de citoyens. La superficie irriguée avec des eaux usées non traitées (29,3 Mha) serait environ cinq fois plus importante que celle irriguée avec des eaux usées traitées (6 Mha). Les cultures irriguées avec des eaux usées non traitées ou faiblement diluées représentent environ 10 % de la production agricole mondiale issue de l'agriculture irriguée (Drechsel *et al.*, 2010).

L'utilisation des eaux usées non traitées est motivée par le manque d'installations de collecte et/ou de traitement des eaux usées (Usepa, 2012), et par la valorisation de l'eau, des nutriments et de la matière organique. La réutilisation des eaux usées traitées est motivée par une demande croissante en eau et des limitations sur l'approvisionnement en eau existant, par des considérations économiques et la possibilité de commercialiser l'eau récupérée et par les réglementations environnementales.

Plusieurs avantages sociaux, économiques et environnementaux sont associés à cette pratique, comme en témoignent plusieurs exemples dans le monde.

Les eaux usées traitées aux niveaux requis pour différents types de réutilisation offrent des opportunités de diversification des sources d'eau. La réutilisation agricole permet aux agriculteurs de bénéficier de ressources en eau riches en fertilisants (azote, phosphore et matière organique) et gratuites, de maintenir et d'accroître la production agricole et d'améliorer leurs revenus. Le recyclage des nutriments réduit le besoin en engrais chimiques et procure des avantages environnementaux. L'approvisionnement en eau récupérée pour l'irrigation des cultures permet de disposer de plus d'eau pour répondre aux besoins en eau des villes. La réutilisation des eaux usées traitées fournit également des moyens de subsistance aux familles agricoles, en particulier aux femmes, et à celles qui sont impliquées dans la commercialisation des produits; elle contribue de façon substantielle à la création d'emplois.

L'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (France) résume les particularités de la réutilisation des eaux usées traitées en ces termes (CVT AllEnv, 2016) : « Elle redonne un usage à des eaux usées qui sont dans le système classique des déchets; propose la production d'une eau à destination avec des standards de qualité adaptés à un usage particulier; elle connecte dans le petit cycle de l'eau le système de production d'eau avec celui

du traitement ; offre aux gestionnaires de nouvelles options dans les conflits d'usage, aux usagers de nouvelles opportunités de maintenir ou de développer leurs activités et de produire de la valeur sans prélever de ressources supplémentaires dans l'environnement.»

Cependant, il convient de prêter attention aux problèmes sanitaires et environnementaux associés à la réutilisation des eaux usées et des boues de vidange. Les eaux usées présentent des risques liés à la qualité de l'eau, à la sélection des cultures, à la méthode d'irrigation, à la gestion de la salinité et du drainage, à la contamination des sols et des eaux souterraines et à la protection de la santé publique. Initialement centrée sur la qualité microbiologique, la protection de la santé s'est étendue à une vision plus large et plus complète de la qualité chimique, en particulier en association avec les contaminants émergents, tels que les éléments traces organiques (perturbateurs endocriniens, produits pharmaceutiques et chimiques industriels, sous-produits de désinfection, pesticides), les nanoparticules, les microplastiques, les germes résistants aux antibiotiques, etc., qui sont des substances à considérer pour la réutilisation à des fins d'eau potable.

L'utilisation des boues de vidange prédomine dans l'agriculture et l'aquaculture, mais elle n'est ni réglementée ni contrôlée, et menace également la santé humaine et environnementale. Dans les quartiers non aménagés, les boues de fosses septiques polluent régulièrement l'environnement dans de nombreuses villes. Les effluents transforment donc les eaux douces en eaux usées dans et autour de la plupart des villes. Leur charge en éléments nutritifs a un impact particulièrement néfaste sur les rivières et les estuaires, entraînant une eutrophisation. Les problèmes de polluants émergents sont aussi présents et constituent des risques pour la santé humaine. Outre ces risques, les rejets d'effluents non traités dans les masses d'eau contribuent également de manière significative aux émissions de gaz à effet de serre (IWA-OFID, 2018). La salinisation des sols et la dégradation des eaux souterraines sont d'autres impacts environnementaux.

Défis et opportunités de la réutilisation des eaux usées traitées et des boues de vidange

LES GOUVERNEMENTS SE SONT ENGAGÉS À ŒUVRER À L'INTÉGRATION des Objectifs de développement durable (ODD) 2030 dans leurs plans de développement et à apporter leur soutien à leur réalisation. La cible 6.3 de l'objectif 6 « Garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable » a fixé des objectifs ambitieux en matière de réutilisation des eaux usées traitées : « D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant nettement le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau.»

Cet objectif et l'Accord de Paris sur le changement climatique soulignent le défi auquel sont confrontés les pays afin de réaliser un développement durable. Une économie circulaire dans laquelle l'eau usée est gérée comme un atout économique est une des solutions.

Les défis de la réutilisation des eaux usées et des boues de vidange sont multiples :

- assurer la gestion des boues de vidange à 2,7 milliards de personnes, 5 milliards d'ici 2030 et récupérer l'eau, l'énergie, les nutriments et d'autres matières qu'elles contiennent ;
- traiter et valoriser les 352 milliards de mètres cubes d'eaux usées municipales générées annuellement et les substances qu'elles renferment ;
- passer de l'utilisation non planifiée des eaux usées et des boues de vidange à une réutilisation planifiée des eaux usées et des boues de vidange traitées en surmontant les obstacles institutionnels, réglementaires, techniques, financiers, économiques et de perception publique liés à leur utilisation, et en améliorant la proposition de valeur.

Plusieurs technologies innovantes sont disponibles et peuvent transformer les eaux usées et les boues fécales et récupérer l'eau, les nutriments et l'énergie. La gestion des ressources offre des opportunités de flux de revenus dédiés pour soutenir les opérations durables. Avec la réutilisation, le traitement des eaux usées a une valeur environnementale et financière fournie par la réutilisation de l'eau, des nutriments et de l'énergie (GWI, 2009).

La réutilisation des eaux usées traitées et des boues de vidange, ainsi que la récupération de ressources (carbone, azote, phosphore, etc.) et d'énergie s'inscrivent aussi dans le cadre de la réduction de l'empreinte environnementale de l'approvisionnement en eau (prélèvements, production d'eau potable, traitement des eaux usées) (CVT AllEnvi, 2016) et d'autres matières (azote, phosphore, produits chimiques, protéines, etc.). Considérer les stations de traitement d'eaux usées et de boues de vidange comme des lieux de production de ressources modifie la conception des systèmes de réutilisation, notamment des petites installations décentralisées. La localisation des stations de traitement à proximité des lieux de réutilisation permet de réduire les coûts d'infrastructure, de transport et de distribution (Lazarova *et al.*, 2013).

Passer de l'utilisation agricole non planifiée à la réutilisation agricole planifiée

LA RÉUSSITE DE L'UTILISATION AGRICOLE PLANIFIÉE DES EAUX USÉES nécessite une prise de décision coordonnée dans de nombreux secteurs, car elle implique de prendre en compte les politiques d'alimentation en eau en milieu urbain, d'assainissement et d'utilisation des sols, de santé publique et environnementale, de productivité agricole, de faisabilité économique et d'aspects socioculturels, tous ces aspects sont liés par un cadre plus large de gestion des ressources en eau. Dans ce domaine multisectoriel de l'utilisation des eaux usées, il est nécessaire d'identifier les nombreux acteurs et les institutions impliqués.

Les clés du succès de la réutilisation des eaux usées traitées comprennent un certain nombre de conditions préalables dont :

- le soutien politique et de la société civile ;
- un cadre institutionnel et réglementaire cohérent ;
- une qualité des eaux usées traitées adaptée à l'usage ;

- un système d'alimentation en eaux usées traitées fiable, (stockage intersaisonnier, etc.) ;
- une tarification des eaux usées traitées appropriée ;
- un mécanisme de coordination entre les différentes parties prenantes ;
- une approche basée sur la demande ;
- la participation des utilisateurs finaux ;
- l'acceptation et la sensibilisation du public ;
- un soutien aux producteurs avec des programmes éducatifs ;
- un partenariat avec le secteur privé qui pourrait jouer un rôle clé dans la récupération et la réutilisation des ressources ;
- des subventions intelligentes soutenant la récupération des ressources et améliorant la viabilité des opérations de réutilisation.

La mise en place d'un tel système peut prendre plusieurs décennies et requiert des approches différenciées selon le stade de développement des pays et le niveau de revenu. Ce sont principalement le degré de complexité et le type d'équipement en dispositifs d'assainissement qui varient ; une certaine répartition existe entre les dispositifs collectifs et non collectifs ou autonomes. Ces deux types d'assainissement, efficaces s'ils sont bien construits et entretenus, répondent à des conditions de faisabilité différentes qui peuvent être complémentaires. L'assainissement collectif présente, en plus de coûts d'investissement et d'entretien plus élevés que l'assainissement non collectif, des conditions de faisabilité souvent difficiles à réunir pour assurer sa durabilité : densité minimale d'habitations, capacité et volonté des usagers à payer, consommation en eau suffisante pour assurer l'autocurage du réseau, service d'entretien suffisamment doté en compétences et en moyens, accès stable à l'énergie pour la station de traitement, etc. L'assainissement inclusif dans toute la ville peut répondre aux besoins en assainissement de tous les habitants de la ville par l'adoption d'un mélange dynamique de technologies, à la fois autonome et à l'égout, centralisées et/ou décentralisées, adaptées aux diverses conditions de la ville. Ces différents dispositifs de réutilisation sont tout autant légitimes et nécessaires. Chaque pays peut donc explorer les filières d'assainissement collectif et non collectif, et des filières associées de réutilisation des boues de vidange et des eaux usées traitées afin de maximiser la récupération des ressources.

I Pour les pays à faible revenu

Dans les pays à faible revenu, où l'agriculture urbaine et périurbaine est essentiellement non planifiée (encadré 11.2), des solutions progressives sont nécessaires pour passer d'une pratique non planifiée à des opérations institutionnelles planifiées. Ces opérations nécessitent une approche intégrée de l'ensemble du cycle des eaux urbaines et dans laquelle les besoins globaux en infrastructures et les capacités locales doivent être pris en compte.

Des solutions originales – soutenues par la Fondation Bill et Melinda Gates (FBMG) – ont été conçues en vue de réduire les inégalités dans l'accès à l'assainissement et proposent des alternatives innovantes pour la collecte, le traitement et la valorisation des déchets humains. Elles préparent une véritable « révolution de l'assainissement » (encadré 11.3).

Outre la gestion des boues de vidange, l'utilisation sûre et productive des eaux usées peut être favorisée par une approche multi-barrière. Cette approche consiste à identifier et à mettre en œuvre, à chaque étape du processus, les mesures les plus abordables et les plus rentables pour atteindre le degré souhaité de réduction des risques de contamination tout au long de la chaîne : depuis la production des eaux usées, la mise en place d'options de traitement à faible coût et des mesures de contrôle de la protection de la santé après le traitement, leur utilisation pour l'irrigation agricole jusqu'à la consommation d'aliments (Lazarova et Bahri, 2004 ; OMS, 2006 ; Qadir *et al.*, 2007 ; Asano *et al.*, 2007). Des réformes et des interventions non structurelles sont également à promouvoir.

Encadré 11.2. Cas des pays à faible revenu : réutilisation des eaux usées traitées au Ghana.

Au Ghana, l'agriculture urbaine et périurbaine s'étend partout où des terres sont disponibles à proximité des cours d'eau et des drains.

Autour de Kumasi, la surface en irrigation non planifiée, qui utilise souvent des eaux de ruissellement polluées, était estimée à 11 500 hectares, soit le double de la superficie totale déclarée pour l'irrigation planifiée dans tout le pays (Keraita et Drechsel, 2004). La concentration typique en coliformes fécaux de l'eau d'irrigation (mélange d'eaux grises et d'eau de ruissellement) varie de 10^4 à 10^8 UFC/100 ml (Keraita *et al.*, 2003). Les arrosoirs sont les moyens d'irrigation les plus utilisés dans le pays. Les seaux, les pompes motorisées avec tuyau d'arrosage et l'irrigation de surface sont également utilisés pour pomper et arroser les cultures. À Accra, 800 à 1000 agriculteurs irriguent plus de 15 types de cultures maraichères (laitue, chou, oignon, chou-fleur, concombre, tomate, okra, aubergine et piment fort). La taille des parcelles urbaines varie entre 0,02 et 0,3 hectare par agriculteur. La production de cultures maraichères irriguées toute l'année peut rapporter annuellement 400 à 800 US\$ par exploitation. La valeur annuelle de la production, dont une partie importante est irriguée avec des eaux usées, a été estimée pour l'agriculture de saison sèche à 5,7 millions US\$ autour de Kumasi. Elle est estimée à 14 millions US\$ dans le cas où l'irrigation par des eaux usées serait interdite à Accra et que les mêmes cultures devraient être importées des pays voisins avec des sources d'eau plus sûres (Keraita et Drechsel, 2004).

Chaque jour, environ 200 000 citoyens consomment cette production, notamment des salades crues dans le cadre de la restauration rapide urbaine et courent un risque en raison de la contamination des cultures maraichères. En effet, ces cultures irriguées et vendues sur les marchés sont contaminées par des coliformes fécaux et des œufs d'helminthes ($> 10^3$ CF/g de poids frais et jusqu'à trois œufs d'helminthes par gramme de légumes frais) (Keraita *et al.*, 2003).

L'approvisionnement et la sécurité alimentaire sont donc fortement affectés par le manque d'assainissement urbain. C'est une préoccupation majeure des autorités qui ont tenté d'interdire l'utilisation de l'eau polluée à des fins d'irrigation. D'autres stratégies provisoires de réduction des risques pour la santé sont actuellement à l'étude, car les infrastructures adéquates de collecte et de traitement des eaux usées ne sont pas encore disponibles et les infrastructures existantes ne sont pas fonctionnelles.

Encadré 11.3. Réinventer les systèmes de toilettes et d'assainissement : des alternatives innovantes pour la collecte, le traitement et la valorisation des déchets humains.

Différents concepts de toilettes et de traitement des boues de vidange sont en cours de développement. Des approches technologiques nouvelles pour éliminer les déchets humains et détruire les germes ont été testées et mises au point grâce au soutien de la FBMG. L'eau traitée et les matières solides produites peuvent être utilisées pour l'irrigation comme engrais ou être éliminées en toute sécurité sans traitement supplémentaire.

Les nouvelles technologies couvrent toute une gamme allant des toilettes à processus biologiques et chimiques au processus avec nanomembranes, comme le prototype de l'Université de Cranfield (Royaume-Uni). Ce processus comprend un système de traitement autonome qui ne consomme ni eau, ni électricité ; les matières solides sont extraites, séchées et brûlées.

Le Janicki Omni-Processor, actuellement testé à Dakar au Sénégal en partenariat avec l'Office national de l'assainissement du pays, traite les boues de vidange de 50 000 à 100 000 personnes. L'unité sèche les boues humides et transforme une partie en cendres. Elle produit de l'électricité et de l'eau purifiée, tue tous les pathogènes sans émettre d'émissions nocives.

Le comportement et les perceptions des utilisateurs font partie des problèmes auxquels les entreprises prêtent attention pour populariser ces toilettes.

I Pour les pays à revenu intermédiaire

Pour les pays à revenu intermédiaire (encadré 11.4), des politiques, des institutions et des réglementations en matière de réutilisation des eaux usées (eaux usées traitées et boues de vidange) sont à promouvoir au même titre que pour les pays à faible revenu. Sur le plan technique, il s'agit de travailler sur les procédés de traitement des eaux usées afin de produire une qualité adaptée à l'usage.

La réutilisation des eaux usées traitées est encore l'objet de controverses. On constate, en effet, un certain conflit entre producteurs d'eau usée traitée et usagers en raison de leurs objectifs différents. L'objectif des exploitants des stations d'épuration d'eaux usées est, dans la plupart des cas, la production d'une eau conforme aux normes de rejet dans l'environnement, alors que les utilisateurs requièrent une certaine qualité d'eau pour une utilisation agricole donnée, et qui ne soit pas limitante par sa teneur en sels, en éléments traces métalliques et/ou organiques et par la présence de pathogènes. Un changement de paradigme est par conséquent requis afin de passer d'une phase de l'usage des eaux usées non traitées au traitement des eaux usées afin de les rejeter, à une autre phase de traitement en vue de la récupération des ressources et de la réutilisation des eaux usées tout en protégeant la santé publique. Les eaux usées traitées issues de boues de vidange provenant de l'assainissement non collectif doivent également faire partie de cette réflexion, que ce soit pour les dispositifs existants, que lors de la planification de la construction de nouveaux dispositifs.

Photo 11.3. Irrigation informelle de maraîchage avec des eaux usées non traitées à Accra, Ghana
© Akiça Bahri.



Une approche basée sur les aspects sanitaires est nécessaire pour toutes les applications de réutilisation des eaux usées traitées. L'application de la réglementation, par exemple la surveillance de la qualité de l'eau, devrait être réaliste et économiquement abordable. Il faudra également améliorer la gestion financière, pour mobiliser les investissements nécessaires afin de maintenir et d'améliorer les opérations globales, et renforcer les capacités humaines et techniques. La mise en place de cadres organisationnels adéquats pour un partage approprié des responsabilités entre les différents – et souvent nombreux – partenaires des projets est aussi un enjeu important. En effet, la gouvernance de la réutilisation des eaux usées traitées implique en général un très grand nombre d'acteurs. Les institutions étatiques ont un rôle central dans le processus de décision de la réutilisation des eaux usées traitées. La recherche, les bailleurs de fonds, les industriels, des groupements d'usagers et les associations de la société civile viennent compléter le panorama des parties prenantes de la réutilisation des eaux usées traitées. La responsabilité de différents ministères est engagée depuis la collecte des eaux usées à leur recyclage en agriculture : agriculture, environnement, santé publique, tourisme, industrie, énergie, etc., ainsi que leurs structures représentatives au niveau régional.

Encadré 11.4. Réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie.

Une approche graduelle et prudente en matière de développement de la réutilisation des eaux usées a été adoptée en Tunisie depuis la première opération de réutilisation des eaux usées traitées en 1965. Depuis 1987, une stratégie de réutilisation des eaux usées traitées a été mise en œuvre : équipement des villes en stations d'épuration, conduite d'expérimentations et d'opérations pilotes d'irrigation de zones agricoles et d'espaces de loisir, mise en place de projets opérationnels de réutilisation agricole et établissement d'une politique ayant pour objectif l'augmentation du taux de réutilisation des eaux usées traitées.

L'augmentation de la réutilisation des eaux usées traitées a été renforcée par l'adoption en 2010 d'un programme national visant à réhabiliter les zones d'irrigation existantes et à développer de nouvelles zones réutilisant les eaux usées traitées dans l'agriculture. L'objectif de ce nouveau programme, mis en œuvre par le ministère de l'Agriculture, des Ressources hydrauliques et de la Pêche, était d'augmenter le taux national d'eaux usées traitées réutilisées dans l'agriculture de 30 à 50 % en 2014 du volume des eaux usées traitées produit en Tunisie.

Depuis 2011, le développement de la réutilisation des eaux usées traitées et la modernisation du secteur de l'irrigation n'ont pas fait de progrès significatifs. Il y a eu des problèmes récurrents de qualité et de disponibilité en temps opportun d'eaux usées traitées mises à disposition par l'Office national d'Assainissement sur les périmètres d'irrigation, ce qui a entraîné une forte résistance des agriculteurs pour augmenter leur utilisation. L'intégration des projets de stations de traitement et des périmètres irrigués est restée médiocre et la coordination entre l'Office national d'Assainissement et les départements du ministère de l'Agriculture en charge de l'irrigation est insuffisante.

Le volume des eaux usées traitées par les 115 stations de traitement en exploitation s'élevait à 255 Mm³ en 2016 (dont près de 50 % sont produites dans le Grand Tunis) et constitue un peu plus de 5 % des ressources en eau potentielles totales. Le potentiel de récupération des eaux usées et de réutilisation est actuellement loin d'être exploité en Tunisie. La situation actuelle de la réutilisation des eaux usées traitées – affichée comme une priorité en matière de nouvelle ressource non conventionnelle – ne facilite pas son développement pour plusieurs raisons : qualité intrinsèque des eaux usées à traiter et procédés de traitement, situation institutionnelle peu claire, normes très restrictives, surcoût des traitements et de l'acheminement de la ressource, information insuffisante des usagers potentiels et incertitude sur la qualité des eaux traitées distribuées. En conséquence, la demande est faible ou absente. Par ailleurs, la tarification actuelle (20 millimes/m³ soit < 0,01 €/m³) a un impact important sur le recouvrement des coûts d'exploitation et de gestion.

Les 32 périmètres irrigués avec des eaux usées traitées totalisent une superficie de 8100 hectares. Le Nord du pays concentre 73 % de la superficie totale irrigable dont 55 % se trouve au niveau du Grand Tunis. Les taux d'intensification au niveau des périmètres irrigués restent limités, environ 32 % au cours de

Encadré 11.4. Suite.

la campagne 2015-2016. L'approche actuelle de la réutilisation agricole des eaux usées traitées basée sur une irrigation restrictive interdit ce type d'irrigation sur des cultures maraîchères. Elle a montré ses limites et a fini par devenir un facteur de blocage. Les projets de réutilisation agricole des eaux usées traitées ne consomment pas les volumes alloués et ne contribuent donc pas réellement à la production agricole et à résoudre le problème de l'évacuation des eaux usées traitées dans le milieu naturel.

Les eaux usées traitées sont également utilisées sur des espaces de loisir (irrigation des terrains de golf et des espaces verts), pour la recharge de nappe, et à des fins environnementales et industrielles. Une étude est en cours pour proposer une vision partagée et une stratégie à long terme, déclinée en plans d'action, pour l'augmentation et la gestion durable de la réutilisation des eaux usées traitées.

Photo 11.4. Laitues cultivées sous serre et irriguées avec des eaux usées traitées au Koweït © Akiça Bahri.



I Pour les pays à revenu élevé

Pour les pays à revenu élevé, il s'agira de mettre en œuvre par étapes, des politiques et des réglementations ainsi que des normes de plus en plus strictes de qualité des eaux usées utilisées à des fins d'irrigation et pour d'autres usages, que ces eaux proviennent de traitement issu de dispositifs collectifs ou autonomes.

Faire converger les cadres réglementaires censés soutenir la réutilisation des eaux usées traitées représente un des principaux défis (OMS, 2006 ; State of California, 2000 ; EPHC *et al.*, 2008). La mise en place de démarches intégratrices, là où le développement du réseau est trop coûteux en particulier dans les territoires ruraux (encadré 11.5), permettrait d'accroître la valorisation des eaux usées.

Encadré 11.5. Identification de sites ruraux favorables au déploiement de projets de réutilisation des eaux usées traitées en France.

Au-delà des grands projets mobilisant souvent une technologie de traitement poussée et des volumes importants, la réutilisation des eaux usées traitées peut être une solution locale pour des territoires ruraux souffrant de tensions sur la ressource en eau, à condition que les schémas techniques mis en œuvre soient peu coûteux, peu énergivores et robustes.

C'est en partant de cette intuition que la Société du Canal de Provence (SCP) a réalisé en 2016 une étude portant sur les opportunités de réutilisation des eaux usées traitées dans le territoire agricole provençal. L'étude, qui s'est appuyée sur un partenariat avec Supagro-Montpellier, a été menée en deux phases :

- une analyse géomatique par système d'information géographique (SIG) des potentialités dans quatre départements du Sud-Est de la France (Alpes-de-Haute-Provence, Bouches-du-Rhône, Var et Vaucluse) et l'identification d'une quarantaine de sites favorables ;
- une enquête papier et internet auprès des communes concernées par les sites identifiés en phase 1, suivie d'enquêtes de terrain complémentaires.

La phase 1 a été menée en croisant des couches d'information géographique représentant les trois composantes essentielles d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées : la ressource, les besoins, les enjeux locaux de ressource en eau.

La ressource était représentée par les stations d'épuration, avec une implantation localisée et des volumes produits quantifiés. Les besoins étaient représentés par l'occupation agricole des sols sur une distance de 3 km autour des stations. Les enjeux locaux de ressource en eau étaient représentés d'une part par les réseaux hydrauliques d'irrigation existants (en l'occurrence réseaux de la Société du Canal de Provence et les associations d'irrigants traditionnels) et d'autre part le zonage des masses d'eau déficitaires issu de la Directive-cadre européenne sur l'eau.

Selon cette logique, un site favorable était caractérisé par le cumul des éléments suivants : une station d'épuration de plus de 1000 équivalents habitants, des terres agricoles à moins de 3 km (vigne, arboriculture, grandes cultures, éventuellement

Encadré 11.5. Suite.

maraichage), l'éloignement des réseaux hydrauliques et la localisation dans une zone déficitaire (zone de répartition des eaux ou faisant l'objet d'un plan de gestion de la ressource en eau). Au final, une dizaine de sites potentiels ont été identifiés. Pour certains, la démarche se poursuit avec des études préparatoires à des projets de réutilisation des eaux usées traitées, qui visent à affiner la faisabilité technique, économique, environnementale et sociale.

Les volumes d'eaux usées traitées mobilisables correspondent à quelques dizaines de milliers de mètres cubes sur une saison d'irrigation, ce qui peut permettre par exemple l'irrigation d'une cinquantaine d'hectares de vigne. Cette solution technique trouve alors sa place à côté d'autres, dans le panel de la gestion intégrée des ressources en eau sur un territoire.

(d'après Béraud, comm pers., 2018)

Aspects économiques et financiers de la réutilisation des eaux usées traitées

Économie de la réutilisation des eaux usées traitées

La valeur économique de la réutilisation des eaux usées traitées, la contribution à la santé et à la sécurité publiques, et les avantages environnementaux de la réutilisation des eaux usées traitées par rapport au rejet dans l'environnement, sont parmi les facteurs les plus importants à prendre en compte pour déterminer le potentiel de réutilisation des eaux usées. Les analyses économiques, ainsi que les évaluations environnementales et les études techniques susceptibles de contribuer à l'évaluation de diverses options de traitement et de réutilisation des eaux usées, sont rarement effectuées. Les choix semblent être faits presque exclusivement sur la base de considérations techniques et, dans une certaine mesure, de préoccupations environnementales. Cela peut avoir conduit, dans certains cas, à l'adoption de solutions de remplacement coûteuses comme les émissaires en mer par exemple.

Par conséquent, l'analyse économique et la faisabilité financière des opérations de réutilisation devraient être intégrées à un stade précoce de la conception des politiques et des projets de réutilisation. Des analyses coûts-avantages des opérations de réutilisation, qui considéreraient les aspects positifs et négatifs de la réutilisation de l'eau, et tiendraient compte des différentes solutions de remplacement existantes et des gains indirects, sont nécessaires. Les différentes possibilités de réutilisation doivent aussi être comparées, afin de choisir l'option la plus rentable.

Il convient d'estimer les différences de coût entre, d'une part, le traitement pour la réutilisation et le transfert d'eau et, d'autre part, le traitement et le rejet par des émissaires en mer, ainsi que le coût de la fourniture de quantités supplémentaires d'eau conventionnelle. Ceci permettrait de mieux évaluer la viabilité économique des opérations de réutilisation

des eaux usées traitées. Le coût marginal de l'approvisionnement en un volume d'eau supplémentaire équivalent à celui des eaux usées traitées de bonne qualité est généralement supérieur à celui des eaux usées brutes. Les coûts de construction et d'exploitation des systèmes d'égouts et des stations d'épuration sont aussi généralement élevés.

Outre les avantages largement acceptés de l'irrigation avec de l'eau recyclée, tels que la protection de la santé publique par l'éradication de l'irrigation non planifiée, la conservation de l'eau pour d'autres usages et la protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées en irrigation est caractérisée par des avantages économiques. Le premier avantage est un prix de vente moins élevé de l'eau recyclée par rapport au prix des eaux de surface ou souterraines. L'augmentation de la production végétale est un autre avantage économique important de l'irrigation avec de l'eau recyclée. La réutilisation agricole des eaux usées traitées peut en effet conduire à une augmentation significative du rendement des cultures par rapport à l'irrigation avec des eaux conventionnelles. La valeur ajoutée de l'irrigation pour la production alimentaire et horticole est très élevée et permet d'accroître les revenus des agriculteurs, ce qui se traduit par un bénéfice économique net.

I Financement du traitement et de la réutilisation des eaux usées

Les projets de traitement et de réutilisation des eaux usées nécessitent des financements importants, tant pour les coûts d'investissement que pour les coûts d'exploitation et de maintenance. Ces coûts d'exploitation et de maintenance devraient être recouverts au moyen de deux types de tarifs. Les coûts d'assainissement et de traitement jusqu'aux normes de rejet dans l'environnement devraient être recouverts grâce aux tarifs de l'assainissement. Les coûts d'exploitation liés à un éventuel traitement additionnel pour la réutilisation – stockage, pompage, transport – ainsi que les frais de fonctionnement et de maintenance de la distribution d'eaux usées aux exploitations agricoles devraient être couverts par des tarifs de l'irrigation.

Toutefois, dans la plupart des pays en voie de développement, les tarifs de réutilisation des eaux usées sont loin de couvrir les coûts d'exploitation et de maintenance quand l'eau n'est pas distribuée gratuitement aux agriculteurs. Il est d'usage que le tarif des eaux usées destinées à l'irrigation soit inférieur à celui de l'eau conventionnelle. Une évaluation adéquate du prix de l'eau est importante pour le recouvrement des coûts et pour encourager la conservation de l'eau par les usagers agricoles des eaux usées. Concevoir une politique appropriée pour la tarification du prix de l'eau est, par conséquent, une étape importante pour la réussite des opérations de réutilisation des eaux usées. Le paiement du service de l'eau usée suppose :

- une relation de confiance entre les utilisateurs, les entités chargées de la distribution des eaux usées et les gestionnaires des stations de traitement, la fiabilité des services d'eau (qualité et quantité) ;
- un tarif approprié pour les sources alternatives d'eau conventionnelle ;
- aucune restriction de cultures ;
- un service de vulgarisation opérationnel.

De plus, la valeur nutritive des effluents traités (N, P et K) peut permettre à l'agriculteur de faire des économies significatives sur le coût des engrais. Toutefois, les agriculteurs ne tirent généralement pas parti de la teneur élevée en éléments nutritifs de l'eau et appliquent souvent des engrais en plus des nutriments présents dans les effluents. Des recherches et la vulgarisation opérationnelle sur ce sujet seraient ainsi très utiles pour, d'une part, raisonner l'usage des engrais agricoles et, d'autre part, négocier un tarif de l'eau usée traitée plus élevé avec les agriculteurs.

I Tarification de l'eau usée

En règle générale, les faibles tarifs de l'eau conventionnelle, qui sont dans la plupart des cas subventionnés, et par conséquent le bas prix de vente de l'eau recyclée constituent les principales contraintes économiques pour le développement de la réutilisation des eaux usées traitées. De plus, la valeur économique de l'eau recyclée pour l'irrigation agricole est beaucoup plus basse que pour les utilisations urbaines et industrielles et celle-ci est très souvent distribuée gratuitement.

Les prix de l'eau d'irrigation varient d'un pays à l'autre avec une récupération partielle des coûts de traitement et de distribution. Cette différence de prix est due au statut économique spécifique de chaque pays, aux différentes réglementations en matière de réutilisation des eaux et aux systèmes de traitement correspondants. En Europe, la directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne oblige les États membres à s'assurer que les politiques de tarification de l'eau incitent suffisamment à utiliser les ressources en eau de manière efficace et à recouvrer les coûts réels des services de l'eau de manière équitable. La plupart des pays progressent vers des systèmes de tarification de l'eau construits pour atteindre ces objectifs. Les investissements dans l'approvisionnement en eau et l'assainissement ont généré des avantages bien supérieurs à ceux directement liés au coût du traitement des maladies liées à l'eau. Les prix sont inférieurs à la moyenne dans la plupart des capitales et des grandes villes des pays méditerranéens, de même que dans les villes des pays où les ressources en eau sont abondantes.

Conclusion

LES EAUX USÉES ET LES BOUES DE VIDANGE SONT DES SOURCES RENTABLES et durables d'eau, d'énergie, de nutriments et d'autres sous-produits récupérables, avec des avantages directs pour la sécurité alimentaire et énergétique. Ce potentiel qui peut générer des intrants et des revenus reste largement inexploité. Toutefois, les risques associés à la réutilisation d'eaux usées et d'excréments non traités ou incorrectement traités sont élevés. Une gestion améliorée des eaux usées et des boues de vidange peut générer des avantages sociaux, environnementaux et économiques. Elle est essentielle à la réalisation des Objectifs de développement durables de 2030. Plusieurs innovations offrent de

nouveaux modèles commerciaux et des opportunités de marché tant pour les eaux usées que pour les boues de vidange. Ceci suppose que leur utilisation soit pensée en termes de préservation de l'environnement, de protection de la santé publique et de valorisation socio-économique, et par conséquent de création de richesses et d'emplois. Les bénéfices à évaluer en constituent le fil directeur.

L'agriculture doit être intégrée dans les concepts d'assainissement urbain comme un moyen majeur de fermer les boucles d'eau et de nutriments. Une stratégie de réutilisation des eaux usées traitées et des boues de vidange avec des approches de planification, des politiques et des investissements adaptés aux conditions locales et avec des solutions progressives pour passer d'une pratique non planifiée à une approche planifiée doit être mise en place. Cela suppose la contribution de toutes les parties prenantes : gouvernements, ONG et secteur privé.

12. Agroécologie et irrigation font-elles bon ménage ?

Olivier Gilard

IL EXISTE UNE GRANDE VARIÉTÉ DE SYSTÈMES IRRIGUÉS que l'on peut classer selon la ressource en eau utilisée, le type d'aménagement, la technique d'irrigation et le degré de maîtrise de l'eau ou par les cultures présentes. L'agroécologie se décline également en différentes approches (agriculture de conservation, agriculture biologique, permaculture, etc.) avec des préoccupations similaires, mais des systèmes de culture variés.

Ce chapitre a pour objectif de rapporter l'intérêt de promouvoir des itinéraires techniques agroécologiques dans les périmètres irrigués, sans privilégier l'une de ces approches. Il conviendra, au cas par cas, de rechercher l'adaptation la plus opportune d'un système agroécologique à un système irrigué donné en fonction d'un ensemble de facteurs de types agronomiques, économiques, environnementaux et sociaux spécifiques à chaque

Photo 12.1. Rizières de fond de vallée dans la province de Houaphanh, Laos © Olivier Gilard, AFD.



situation. Les références à quelques systèmes particuliers (agriculture de conservation, *system of rice intensification*, ...) résultent de l'expérience et des observations limitées aux champs de travail des auteurs.

Au-delà des techniques, des systèmes de culture et de leurs liens aux systèmes d'élevage, une approche plus large des transitions agroécologiques intégrant les dimensions sociale et économique devrait par ailleurs être recherchée pour compléter la démarche. Cependant, l'absence d'une documentation spécifique en système irrigué sur le sujet le restreint à une opération de plaidoyer et rend difficile la démonstration objective des impacts attendus de ces approches.

Des aménagements hydro-agricoles pour produire plus, régulièrement, avec sécurité

L'IRRIGATION EST L'UN DES ÉLÉMENTS DES POLITIQUES DE SÉCURITÉ ALIMENTAIRE et de développement d'une économie nationale et locale, en réponse notamment au défi démographique et aux aléas climatiques, ainsi qu'à une demande croissante suite à la hausse du niveau de vie des populations. Elle a pour objet, lorsque les pluies ne suffisent pas ou sont trop aléatoirement réparties, d'amener l'eau nécessaire à la croissance des plantes, en temps et en quantité voulues, pour en optimiser le développement et la productivité en évitant les stress hydriques, en particulier aux stades critiques de la levée, de la floraison et de la fructification. L'eau ne passe cependant pas directement de la source à la plante, elle transite par le sol où les racines l'extraient. Les conditions de sol sont essentielles dans cette dynamique.

En réduisant l'aléa climatique au prix d'un investissement coûteux, l'irrigation nécessite une productivité minimale afin de couvrir les frais d'exploitation et de maintenance, autant que faire se peut, et d'amortir les investissements, au moins sur un plan économique à défaut de rentabilité financière directe. Cela débouche le plus souvent sur une artificialisation et une intensification des systèmes de culture, qui, dans la plupart des cas, se sont appuyés sur les principes de la première Révolution verte à base du travail du sol, d'emploi de semences améliorées et d'intrants chimiques pour compléter les nutriments extraits des sols et lutter contre les maladies.

Si ce type d'intensification a permis une forte amélioration de la productivité dans un premier temps, par rapport à des approches traditionnelles manquant de moyens, il montre désormais ses limites aussi bien à l'échelle des exploitations que des territoires et des petites régions. Ainsi, on constate l'atteinte d'un plafond de productivité (voire une décroissance dans certaines circonstances) et l'augmentation des externalités environnementales négatives (contamination des sols, perte de biodiversité, etc.).

Le changement climatique pose également de nouveaux enjeux à prendre en considération : d'un côté, le stock de carbone des sols agricoles et les émissions de gaz à effet de serre (CH_4 , NO_2) liées à certaines pratiques agricoles ; de l'autre côté, l'impact potentiel de celui-ci sur l'aléa météorologique et les incertitudes de production.

Les bas-fonds sont souvent favorables aux systèmes irrigués par leur topographie, leur fertilité et la proximité de la ressource. Cependant, les échanges avec les hydrosystèmes y sont plus intenses et ont entraîné une pollution de la ressource en eau du fait des pertes d'une partie des intrants chimiques.

Il existe, par ailleurs, de nombreuses situations où une irrigation d'appoint de type aspersion est effectuée sur des sols à fertilité limitée nécessitant un surplus d'intrants chimiques pour valoriser l'investissement consenti dans l'infrastructure irriguée, générant un risque accru d'externalités négatives. Par exemple, c'est le cas des plantations de caféiers sur les hauts-plateaux vietnamiens ou la mise en valeur du désert sous pivot en Arabie Saoudite.

Dans certains systèmes rizicoles, les maladies et les attaques parasitaires augmentent alors que les rendements stagnent. Dans les systèmes de maraîchage en zone urbaine ou périurbaine, l'exposition importante des populations agricoles et urbaines à la contamination des eaux et des aliments par les pesticides engendre des risques de santé publique qui ne sont plus acceptés par les consommateurs.

La transition agroécologique

L'AGROÉCOLOGIE CONSISTE À GÉRER AU MIEUX LES POTENTIALITÉS ET LES FONCTIONNALITÉS naturelles des écosystèmes pour parvenir à des systèmes de production qui optimisent l'usage des ressources naturelles renouvelables, en particulier l'eau. Les systèmes de production agroécologiques sont parfois regroupés – de manière réductrice – sous l'appellation de « Révolution doublement verte » ou d'« intensification écologique des cultures ». Ils proposent de revenir à une gestion plus systémique du complexe eau-sol-plante que l'on peut étendre à l'atmosphère en relançant et en intensifiant des processus naturels résultant de l'interaction biologique-physico-chimique naturelle entre les agents et les éléments du système (microbiologie du sol, décomposition de matière organique, etc.). On souhaite que ces systèmes agroécologiques soient *in fine* plus économes en intrants agricoles externes de synthèse et de certains intrants d'origine naturelle (fertilisants N-P-K, pesticides et herbicides), potentiellement dangereux pour l'environnement, la santé humaine et les sols s'ils sont utilisés en trop grande quantité et/ou à trop forte concentration, voire totalement indépendants de tels intrants.

L'agrobiodiversité est comprise comme la biodiversité des systèmes cultivés intégrant les plantes cultivées, mais aussi la biodiversité des sols agricoles et des milieux connexes pourvoyeurs de services utiles à la culture. C'est un des leviers fondamentaux pour stimuler l'efficacité des multiples interactions biologiques, physiques et chimiques intégrées dans ces approches agroécologiques.

Des systèmes agroécologiques ont été documentés et testés principalement en cultures pluviales. Ils trouvent des déclinaisons adaptées à une grande diversité de cultures depuis les grandes cultures céréalières (agriculture de conservation ou semis direct sur

couverture végétale) jusqu'à des systèmes maraîchers intensifs (permaculture) et fruitiers (agroforesterie), en passant par des cultures pérennes (réintroduction d'une couverture végétale en interrang de vignes ou autres). Ils ont été adaptés à différents contextes géographiques et climatiques (des zones tempérées aux zones tropicales et équatoriales en passant par les zones sèches méditerranéennes et sahéliennes). L'abandon de la monoculture spécialisée et le respect d'une plus grande agrobiodiversité (réduction et meilleure régulation des parasites entre autres), ainsi qu'une réintégration plus forte entre les activités de production agricole et d'élevage (transferts de fertilité, énergie pour le travail, valorisation des sous-produits) sont souvent des constituants de ces systèmes.

La transition agroécologique visée dépend du point de départ :

- soit on part d'un système peu intensif et on essaie de l'intensifier en mobilisant tout de suite ces interactions systémiques déjà présentes dans la nature ;
- soit on part d'une situation d'intensification non durable (dégradée ou non) basée sur les intrants chimiques, souvent une monoculture, ne respectant pas certains équilibres écologiques, et on cherche à relancer des rétroactions positives dans le complexe eau-sol-plante afin de régénérer des équilibres inspirés des équilibres naturels.

De manière plus large, la transition agroécologique cherche à embrasser également les aspects sociaux, sociétaux et économiques en favorisant les petits producteurs, l'autonomie des exploitations et leur résilience vis-à-vis des chocs climatiques ou des marchés et, plus généralement, le bien-être des populations rurales.

Comme c'est également le cas en agriculture pluviale, il convient d'identifier dans les pratiques existantes celles qui se rapprochent des principes agroécologiques, et les accompagner plutôt que d'en importer de l'extérieur. De même, en système irrigué comme en pluvial, l'approche agroécologique cherchera à tenir compte de la dimension sociale concernant notamment la gestion du foncier et la taille des exploitations.

Les pistes de progrès

LES PRINCIPALES RECHERCHES SCIENTIFIQUES ACTUELLES sur les systèmes de production agroécologiques sont réalisées en systèmes pluviaux (agriculture de conservation, agroforesterie, etc.), en arboriculture fruitière ou en système maraîchers intensifs (permaculture). Les réflexions qui suivent s'en inspirent pour proposer des pistes pour les systèmes irrigués, mais qui restent à documenter scientifiquement pour la plupart.

Renforcer l'accès à l'eau et aux nutriments

Les observations faites dans ces systèmes agroécologiques pluviaux démontrent que plusieurs paramètres sont influencés par cette conduite des cultures. Les deux principaux sont l'eau et la matière organique. Cette influence joue au niveau du réservoir sol où se déroule l'essentiel des échanges avec la plante cultivée, que ce soit l'accès à la ressource en eau ou aux nutriments. Ces effets s'expliquent par plusieurs processus qui

se renforcent les uns les autres. Une activité biologique intense dans un sol non labouré contribue à cette mise à disposition des nutriments. Elle résulte d'une faune aussi bien macroscopique (vers de terre, insectes en zone tempérée, termites et autres en zone tropicale) que microscopique (bactéries, ...) et aussi d'une flore (champignons, plantes à enracinement profond) qui contribuent à la mobilisation et à la mise à disposition des nutriments. Cette activité biologique modifie également la porosité macroscopique et microscopique. Elle interagit avec la circulation de l'eau dans le sol, augmentant l'efficacité des échanges (recharge des nappes, réduction des ruissellements de surface, etc.). Par ailleurs, l'augmentation de la teneur en matière organique se traduit aussi par une augmentation de la réserve en eau utile conservée dans le sol. Sans même avoir besoin de le documenter scientifiquement, cela est perceptible visuellement lors des visites des parcelles conduites en semis direct, par exemple, l'homogénéité de la culture ou une meilleure résilience aux épisodes de sécheresse passagère.

I Améliorations attendues par les systèmes agroécologiques

En rapprochant ces considérations (nécessité de l'irrigation, telle qu'on l'a vue dans l'ensemble de cet ouvrage, et vertu des systèmes agroécologiques), il est possible d'identifier les améliorations potentielles qui seraient permises par l'adoption de systèmes agroécologiques dans les périmètres irrigués. L'importance relative de ces améliorations est fonction des cultures pratiquées, des zones agroclimatiques et des techniques d'irrigation.

Réduire le coût de l'irrigation

L'amélioration de la circulation de l'eau dans le sol devrait permettre de réduire les coûts de l'irrigation (coûts d'opération et de maintenance des réseaux de distribution de l'eau et d'aménagement des parcelles). En effet, si le sol répartit mieux les apports d'eau à la parcelle, les défauts dans le planage en irrigation de surface ou dans la conduite de l'irrigation seront largement régulés par la flexibilité apportée par le sol qui tamponnera plus efficacement excès et manques. Cela devrait se traduire par une réduction des coûts d'aménagement, notamment le planage des sols sans faire appel à la technologie laser par exemple, mais aussi la réduction des infrastructures de régulation.

Hausse de la productivité de l'eau d'irrigation

Pour les mêmes raisons, et comme constaté en système pluvial, la meilleure disponibilité de l'eau pour la plante dans ces systèmes pourrait se traduire, au moins en moyenne interannuelle, par une meilleure productivité de l'eau d'irrigation. Cela ne se traduira pas nécessairement par une économie d'eau globale (à production égale) car il est possible qu'il soit intéressant d'apporter un peu d'eau aux plantes de couverture.

Réduction des intrants

L'introduction de ces systèmes qui adoptent une dimension de gestion intégrée des parasites (*Integrated Pest Management*) devrait également se traduire par une réduction

des intrants nécessaires, tels que les fertilisants et les pesticides. En effet, une partie d'intrants peut être fournie par l'efficacité des processus biochimiques liés à la biodiversité du sol et au recyclage permis par la décomposition d'une matière organique maintenue à disposition de la faune du sol. L'abandon du labour permet également de réduire certaines charges de culture liées à la puissance du matériel nécessaire et, par voie de conséquence, à la consommation en carburant.

Limitation de l'érosion

De même qu'en situation pluviale, ces systèmes permettent de réduire l'érosion. Sur les périmètres irrigués, ils pourraient contribuer à réduire les transferts de polluants entre les zones cultivées (où l'on peut être amené à épandre des intrants) et le réseau hydrographique, du fait d'un piégeage dans la couverture végétale par effet généralisé du type bande enherbée, réduisant les impacts environnementaux négatifs.

Augmentation du taux de matière organique

L'augmentation du taux de matière organique dans les sols agricoles constitue un impact positif additionnel de l'introduction de ces systèmes que l'on peut étendre aux périmètres irrigués. Elle contribue au stockage du carbone et, par voie de conséquence, à la lutte contre le changement climatique. Cette augmentation a été largement défendue par la France à travers l'initiative « 4 pour 1000 » initiée par le ministère français de l'Agriculture lors la COP21 à Paris. L'effet n'est cependant pas généralisable et doit être relativisé en fonction de chaque contexte.

Meilleure intégration de l'élevage

L'intégration de l'agriculture et de l'élevage est certainement une voie à approfondir comme c'est déjà le cas en systèmes pluviaux. Elle permet entre autres de valoriser les sous-produits comme les plantes de couverture, tout en contribuant à la diversification des revenus des producteurs pour réduire l'impact des fluctuations des marchés.

I Cas particulier de la riziculture

Une mention particulière doit être donnée à la riziculture en raison de son importance dans l'alimentation dans certaines régions du monde et de son image indissociable, en système conventionnel, d'une conduite particulière de l'irrigation avec maintien d'une lame d'eau minimale pendant presque tout le cycle de culture. Cette pratique a pour effet de favoriser l'émanation de gaz méthane (CH_4) dont l'impact climatique est très négatif, s'agissant d'un gaz à effet de serre encore plus puissant que le dioxyde de carbone (CO_2). C'est sans doute sur cette culture que plusieurs expériences ont été menées en raison tant de l'exigence en eau que cela induit, que de ces impacts climatiques.

Le système d'intensification du riz (SRI – *System of rice intensification*) est un système que l'on peut qualifier d'agroécologique dans la mesure où il s'inspire d'une observation d'un fonctionnement naturel : généralisation de l'effet de bordure et alternance des

périodes de conditions à-sec et inondées. Ce système est de plus en plus diffusé en raison d'avantages qu'il procure en termes de productivité et de réduction des impacts négatifs sur l'environnement (encadré 12.1).

**Encadré 12.1. Le système de riziculture intensive (SRI),
une autre option de transition agroécologique des systèmes rizicoles ?**

Le système de riziculture intensive (SRI) compterait plus de 10 millions de producteurs pratiquant cette technique dans plus de 50 pays d'Afrique, d'Asie et Amérique latine. La mise en œuvre de cette technique a commencé dans les années 1980 à Madagascar. Elle repose sur le repiquage de plants de riz très jeunes (2 feuilles, 8 à 12 jours de pépinière) de façon très espacée (25 cm) avec des alternances d'assecs et d'irrigation, d'apports importants de matière organique et des sarclages fréquents.

Les promoteurs de cette technique l'ont introduite dès 1999 dans le référentiel international agroécologique (Uphoff, 1999). Cette technique agroécologique, «*pro poor*», répondant, d'après ses promoteurs, aux questions de productivité de l'eau et de réduction de gaz à effet de serre, est référencée comme «climato-intelligente» visant conjointement la sécurité alimentaire, la résilience et l'atténuation du changement climatique.

Ce système s'appuie sur des principes intéressants d'un point de vue agro-écologique (gestion de l'eau, réduction émission de gaz à effet de serre, fertilisation organique, etc.). Comme pour toute approche agroécologique, une bonne connaissance des pratiques culturelles locales et des conditions dans lesquelles elles sont exercées par les familles paysannes (selon les disponibilités en main-d'œuvre, les conditions d'accès et de gestion de l'irrigation, accès et transport de fumure organique, etc.), apparaît essentielle avant d'envisager un travail de test et d'adaptation des principes du système de riziculture intensive.

Les systèmes de culture sur couverture végétale sans labour ou d'agriculture de conservation ont également été adaptés dans certaines rizières en même temps que des variétés de riz tolérant aussi bien les conditions inondées que pluviales (dites à polyaptitude) et à fort potentiel productif. Ils ont montré leur potentiel pour améliorer la qualité des sols et augmenter ainsi le potentiel de valorisation de l'eau et la rentabilité de l'agriculture irriguée pour les producteurs. Une expérimentation est en cours à Stung Chinit au Cambodge (encadré 12.2).

Ces deux systèmes permettent de réduire les émissions de méthane liées à la riziculture, contribuant ainsi aux efforts d'atténuation du changement climatique. L'augmentation simultanée de protoxyde d'azote (N_2O) (plus grande oxydation de l'azote du sol en condition aérobie) ne semble pas, en termes de bilan de l'effet de serre induit, annuler l'atténuation recherchée. Des travaux sont par ailleurs en cours pour les faire converger. Étant donné la place de la riziculture dans l'alimentation mondiale, le potentiel que cela représente est très important.

Encadré 12.2. L'agriculture de conservation dans les rizières du périmètre de Stung Chinit, Cambodge.

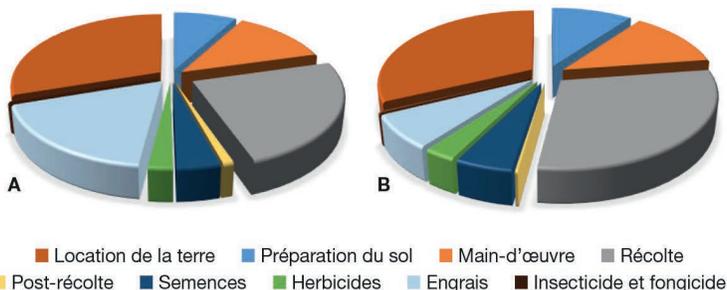
Le périmètre de Stung Chinit est situé sur un affluent du Tonle Sap dans la plaine centrale du Cambodge. Il s'agit de la réhabilitation d'un périmètre irrigué réalisé pendant le régime Khmer Rouge avec une vocation essentiellement rizicole. Cette réhabilitation a bénéficié d'un financement conjoint de l'agence française de Développement (AFD) et de la Banque asiatique de Développement. Situé sur des terrasses hautes sableuses, les agriculteurs ont été vite déçus par leurs premières tentatives d'irrigation, obtenant une productivité très faible, en particulier en contre-saison du fait des très fortes infiltrations et de la très faible fertilité des sols.

En dépit d'un programme d'accompagnement de cinq ans en parallèle au projet d'irrigation mené par une association entre le Cedac et le Gret, inspiré notamment du système d'intensification du riz (SRI), la productivité est restée très faible.

Un nouveau programme a été alors initié pour tester des itinéraires d'agriculture de conservation en condition irriguée et reposant sur l'arrêt du travail du sol, l'introduction de couvertures végétales et la diversification des cultures. Après quatre ans, on constate dans les parcelles ainsi menées, une augmentation impressionnante du taux de matière organique dans le sol. Elle permet d'envisager à nouveau une valorisation de l'irrigation, y compris en contre-saison, et fournit de surcroît un fourrage apprécié grâce aux plantes de couverture, source de revenu complémentaire à la riziculture.

La diffusion du modèle reste cependant problématique. Quelles en sont les raisons ? Le manque d'attractivité du modèle ? L'absence de mesures d'accompagnement explicites et tangibles ? Les limites du savoir-faire actuel ?

Source : données du projet Stung Chinit mis en œuvre par le General Directorate of Agriculture du Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery du Cambodge avec la collaboration de Florent Tivet, Cirad.



A. Données de Mr. SAM Kong : coût total = 348 US\$/ha, rendement (sortie champ) = 4 060 kg/ha, revenu = 416 US\$/ha
 B. Données de Mr. BROS Barang : coût total = 258 US\$/ha, rendement (sortie champ) = 3 860 kg/ha, revenu = 404 US\$/ha

Figure 12.1. Comptes d'exploitation de deux agriculteurs pour l'année 2016.

Photo 12.2. Semis conventionnel à la volée, à la dose de 150 kg/ha de semences
© Projet Stung Chinit.



Photo 12.3. Semis direct mécanisé dans une couverture végétale, sans labour, à la dose de 75 kg/ha de semences
© Projet Stung Chinit.



I Peut-on attendre d'autres bénéfices ?

On peut sans doute envisager d'autres bénéfices à la diffusion des systèmes agro-écologiques dans les périmètres irrigués, mais ceux-là sont plus hypothétiques et nécessiteraient quelques expérimentations préalables à leur diffusion.

La meilleure circulation de l'eau dans le sol devrait réduire les risques de saturation en eau bien connus dans certains périmètres irrigués et pouvant induire des contraintes spécifiques dans la conduite de l'irrigation. De même, en créant des conditions de drainage naturel du sol, la meilleure circulation de l'eau dans le sol pourrait réduire les besoins en réseau de drainage associé au réseau d'irrigation ou au moins en densité de ce réseau, réduisant d'autant les coûts d'investissement nécessaires.

Cela pourrait également se traduire par une réduction du risque de salinisation des sols. Outre la circulation améliorée de l'eau réduisant les conditions de stagnation, le maintien d'une couverture végétale permet de diminuer la température de surface du sol et sans doute les échanges gazeux sol-atmosphère (couche limite dans la zone végétalisée en surface). Par conséquent, cela pourrait limiter l'effet de pompe conduisant à ces remontées salines par capillarité en provenance du sous-sol et en réduire l'impact.

Connaissant le potentiel dépolluant de certaines plantes de couverture, on pourrait envisager une contribution de celles-ci pour réduire l'incidence négative possible lorsque la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est mauvaise. Il pourrait y avoir une complémentarité dans le cas de la mobilisation de ressources en eau non conventionnelles, des eaux usées recyclées en particulier.

Les transitions agroécologiques en milieu irrigué : une option pertinente à suivre et à documenter

COMME EN AGRICULTURE PLUVIALE, LE POTENTIEL DE PROGRÈS offert par les approches agroécologiques en milieu irrigué semble très important et mérite d'être soutenu par des politiques accompagnant systématiquement le développement de l'irrigation.

Il est donc important de mieux documenter les effets de l'agroécologie sur les interactions entre l'eau et le complexe sol-plante afin de mieux anticiper les gains potentiels d'une adaptation de ces approches aux périmètres irrigués. Au-delà des gains de productivité, on peut en espérer des bénéfices importants en matière de durabilité, mais aussi de valorisation de l'eau et de préservation de la ressource, tant sur le plan qualitatif que quantitatif et d'effet sur les émissions de gaz à effet de serre, de même que sur la préservation de la biodiversité. Là encore, un effort de documentation doit être entrepris pour valider et ajuster, le cas échéant, les hypothèses de travail et, *in fine*, renforcer l'argumentation en faveur de ces approches et l'adhésion tant des irrigants que des décideurs politiques et des bailleurs à ces propositions.

La transition agroécologique implique de travailler au niveau de la parcelle, mais également au niveau de l'exploitation et du territoire. Elle peut nécessiter de repenser l'aménagement de ce dernier, de même que celui des systèmes irrigués pour favoriser la diversification des cultures, la réintroduction de l'arbre et de l'élevage, lorsque ceux-ci ont peu à peu disparu du paysage. Les effets et l'impact de l'agroécologie doivent donc s'apprécier à ces différentes échelles. La transition agroécologique doit également se prolonger sur la conception technique des systèmes irrigués.

Encadré 12.3. Des pratiques agroécologiques invisibles en milieu irrigué en Tunisie : exemple de la plaine du Merguellil.
Christèle Léauthaud, Koladé Akakpo, Fatah Ameur

La plaine du Merguellil, en Tunisie centrale, est l'un des milieux irrigués les plus importants en termes de production agricole du pays. Disposant d'un climat chaud, sa faible pluviométrie implique le recours à l'irrigation. Outre les traditionnels céréales et oliviers, aujourd'hui irrigués, sont produites des cultures maraîchères et arboricoles fruitières. L'agriculture y est réputée intensive, avec un recours important à l'eau, mais également aux intrants chimiques. La réalité est sans doute plus nuancée. Cet encadré vise à apporter quelques premières réflexions sur la diversité des pratiques agricoles existantes et un aperçu des techniques moins gourmandes en intrants, et invite ainsi à remettre en débat le lien quasi systématique entre irrigation et intensivité dans le contexte maghrébin.

Un premier inventaire de pratiques agroécologiques a montré de nombreuses techniques qui peuvent se revendiquer d'une gestion plus sobre en intrants. On trouve de nombreuses pratiques pertinentes, tant en gestion du labour (travail réduit du sol), de la fertilisation (apports organiques, en particulier d'un engrais organique liquide à base de fumier), de la conduite de l'irrigation (provocation d'un stress hydrique pour un meilleur enracinement), du choix des cultures (nombreux types d'associations : oliviers, cultures intercalaires, associations en relais avec des légumineuses, utilisation de variétés locales), des adventices et des maladies (désherbage manuel, rotations), que des éléments paysagers (brise-vent pérennes de figuiers de barbarie et annuels de haies de sorgho). Aux côtés d'itinéraires techniques intensifs (100-300 kgN/ha, jusqu'à 12 traitements phytosanitaires), on trouve ainsi des modes de conduites plus modérés et organiques pour le piment, culture phare de la région. En particulier, un groupe d'agriculteurs conduit la culture de piment de saison avec un niveau de traitement phytosanitaire relativement faible (< 4 traitements) et provoque une période de stress hydrique en début de cycle dans le but de mieux valoriser les apports ultérieurs d'eau et de fertilisants. Par ailleurs, un autre mode de conduite caractérisé par des apports d'azote chimique particulièrement faibles a été identifié. Ces faibles apports sont généralement compensés par l'utilisation d'un engrais liquide de fabrication locale. D'autres agriculteurs revendiquent une absence totale de traitements phytosanitaires, surtout pour les variétés locales connues pour leur forte résistance aux maladies.

Ces illustrations montrent un phénomène encore peu visible dans l'agriculture irriguée tunisienne : des pratiques innovantes qui peuvent se revendiquer du domaine de l'agroécologie existent. Elles sont le fruit à la fois de l'opportunité créée par l'irrigation pour augmenter la productivité en contexte semi-aride, et des nombreuses contraintes d'ordre foncier et économique auxquelles doivent faire face les agriculteurs. Associer ces différentes techniques pourrait constituer une base de pratiques intéressantes, car ces modalités ont été testées localement et adoptées par les agriculteurs. Ces pratiques – qui doivent encore être évaluées scientifiquement – restent largement invisibles aux yeux des bailleurs, des gestionnaires, des chercheurs et des agriculteurs.

La recherche d'un fonctionnement gravitaire limitant les besoins en énergie de pompage doit être intégrée à la démarche, de même que la recherche de source énergétique limitant les émissions de gaz à effet de serre.

En amont de tout projet d'irrigation, l'aménagement le plus pertinent pour favoriser cette transition doit être imaginé et considéré. Il faut également prévoir d'autres modes de mise en valeur et d'intensification, en prenant le temps d'identifier avec les producteurs différentes pratiques agroécologiques (encadré 12.3) pouvant être combinées, et en veillant à leur adaptation aux circonstances particulières rencontrées (environnementales, sociales, économiques et techniques).

Cependant, ne sous-estimons pas la difficulté prévisible pour généraliser ces approches, comme cela a déjà pu être constaté en système pluvial. Ces changements d'ordre systémique nécessitent un investissement initial élevé, notamment en savoir-faire, et constituent une réelle prise de risque pour les agriculteurs, encore plus difficile à assumer en système irrigué en raison des investissements consentis. Seules des politiques volontaristes et explicites assorties de moyens financiers *ad hoc* permettront cette transition (conseil agricole rénové, soutien à la production, accès à d'autres types d'intrants, mise en place de filières adaptées, etc.), alors que ces approches deviennent aujourd'hui indispensables pour répondre aux attentes de nos sociétés vis-à-vis de leurs agricultures.

Photo 12.4. Sarclage manuel sur une parcelle irriguée près d'Aquin, Haïti
© Florence Deram Malerbe.



Bibliographie

- Adamczewski Hertzog A., Jamin J.Y., Kuper M., Perret S., Tonneau J.P., 2017. Le concept de territoire est-il soluble dans l'eau. In : P. Caron E., Valette T., Wassenaar G., Coppens d'Eeckenbrugge, Papazian V., (éds). *Des territoires vivants pour transformer le monde*. Versailles : Éditions Quæ, 44-48.
- Amichi H., Bouarfa S., Kuper M., 2015. Arrangements informels et types d'agricultures sur les terres publiques en Algérie. *Revue tiers monde*, 221(1) : 47-67.
- Amichi H., Jamin J.Y., Morardet S., Gharbi I., Azizi A., Faidani F., Elloumi M., 2016. Le rôle du faire-valoir indirect dans le renouvellement générationnel des agriculteurs irrigants en Tunisie. *Cahiers agricultures*, 25(3), 35 004.
- Angelakis A., Asano T., Bahri A., Jimenez B., Tchobanoglous G., 2018. *Water reuse: from ancient to modern times and the future*. *Frontiers in environmental science*, 6(26). doi.org/10.3389/fenvs.2018.00026.
- Angelakis A.N., Spyridakis S.V., 1996. Wastewater management in Minoan times. In: *Proceedings of the meeting on protection and restoration of environment*, August 28-30, Chania, Greece, 549-558.
- Asano T., Burton H., Leverenz L., Tsuchihashi R., Tchobanoglous G., 2007. *Water reuse: issues, technologies, and applications*. New York: McGraw-Hill.
- Asano T., Levine A.D., 1996. Wastewater reclamation, recycling and reuse; past, present, and future. *Water science and technology*, 33 : 1-14.
- Barbe A., Mouchel C., Valfrey B., Cazalis T., Deram Malerbe F., Hertzog T., Lambert G., 2019. Évaluation rétrospective des interventions de l'Agence française de Développement dans le secteur de l'irrigation. ExPost synthèse. Paris, 32 p.
- Bélières J.F., Jamin J.Y., Seck S.M., Tonneau J.P., Adamczewski A., Le Gal P.Y., 2013. Dynamiques foncières, investissements et modèles de production pour l'irrigation en Afrique de l'Ouest : logiques financières contre cohérences sociales? *Cahiers agricultures*, 22(1) : 61-66.
- Benouniche M., Kuper M., Hammani A. Boesveld H., 2014. Making the user visible: analysing irrigation practices and farmers' logic to explain actual drip irrigation performance. *Irrig. Sci.*, 32, 405-420. doi.org/10.1007/s00271-014-0438-0
- Benouniche M., Kuper M., Hammani A., Boesveld H., 2014. Making the user visible: analysing irrigation practices and farmers' logic to explain actual drip irrigation performance. *Irrigation science*, 32: 405. https://doi.org/10.1007/s00271-014-0438-0.
- Blinda M., 2009. *Mediterranean strategy for the sustainable development: water use efficiency*. Sophia Antipolis: Plan bleu regional activity centre.
- Bouarfa S., Kuper M., 2012. Groundwater in irrigation systems: from menace to mainstay. *Irrigation and drainage*, 61(1): 1-13.
- Bourdon A., 2015. Diagnostic agraire du plateau de Laanoeur, Moyen Atlas central, Maroc. Mémoire d'ingénieur. Paris : AgroParisTech.
- CFS - HLPE, 2019. Agroecological approaches and other innovations for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition (under preparation).
- Chambers R., 1988. *Managing canal irrigation: practical analysis from South Asia*. Cambridge University Press, 279 p.
- Cleaver F., 2001. Institutional bricolage, conflict and cooperation in Usangu, Tanzania. *IDS bulletin*, 32(4) : 26-35.

- Cleaver F., 2002. Reinventing institutions: bricolage and the social embeddedness of natural resource management. *European journal of development research*, 14(2): 11-30.
- Colin J., 2004. Le marché de faire-valoir indirect dans un contexte africain. *Éléments d'analyse. Economie rurale*, 282 : 19-39.
- Coulon C., 2016. Riziculture et changement climatique. Comment quantifier et réduire les impacts de la riziculture irriguée sur le changement climatique? Notes de synthèse. Montpellier, Le Costea, 8 p.
- Coulibaly Y., Bélières J., Koné Y., 2006. Les exploitations agricoles familiales du périmètre irrigué de l'Office du Niger au Mali : évolutions et perspectives. *Cahiers agricultures*, 15(6) : 562-569.
- Coward E.W., 1980. *Irrigation and agricultural development in Asia. Perspectives from the social sciences*. Ithaca: Cornell University Press.
- Coward E.W.Jr, 1979. Principles of social organization in an indigenous irrigation system. *Human organization*, 38(1): 28-36.
- CTFD, 2017. Enjeux fonciers et modèles de développement sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest. *Notes de Synthèse du comité technique « foncier et développement »*, n°23.
- CVT AllEnvi, 2016. *Alliance nationale de recherche pour l'environnement. Réutilisation des eaux usées traitées : analyse stratégique collective*. 221 p.
- D'Aquino P., Camara S., Seck S.M., 2017. Formaliser ou sécuriser les droits locaux sur la terre ? Leçons de l'expérience dans la vallée du Sénégal. *Études rurales*, 199 : 129-148.
- Daré W., Venot J., Kaboré E., Tapsoba A., Traoré F., Gérard F., Napon K., 2019. Grands aménagements hydroagricoles, inégalités environnementales et participation : le cas de Bagré au Burkina Faso. *Vertigo*, 19(1).
- Deram Malerbe F., Bazile A-C., 2015. Partenariats Publics Privés en irrigation. Compte-rendu du séminaire AFEID, conférence internationale ICID 2015, AFD, Banque mondiale, 5 octobre 2015, Montpellier, 13 p.
- Deram Malerbe F., Strosser P. (coord.), 2019. Éclairages sur l'analyse économique des projets d'irrigation. Montpellier, projet Costea, 44 p.
- Döll P., Siebert S., 2002. Global modeling of irrigation water requirements. *Water resources research*, 38(4) : 1037.
- Doukkali M.R., Lejars C., 2015. Energy cost of irrigation policy in Morocco: a social accounting matrix assessment. *International journal of water resources development*, 31(3):422-435.
- Drechsel P., Scott C.A., Raschid-Sally L., Redwood M., Bahri A., 2010. *Wastewater irrigation and health: assessing and mitigating risk in low-income countries*. London: Earthscan.
- Drewes J.E., Hübner U., Zhiteneva V., Karakurt S., 2017. *Characterization of unplanned water reuse in the EU*. Munich: Technical University of Munich, 60 p.
- Ducourtieux O., 2016. *Dynamique des systèmes agraires au Maroc : étude de cas à Séfrou et note de synthèse*. Paris : ADA, AgroParisTech.
- Dugué P., Lejars C., Ameer F., Amichi F., Braïki H., Burte, J., Mostafa Errahj M., Hamamouche, M., Kuper M., 2014. Recomposition des agricultures familiales au Maghreb: une analyse comparative dans trois situations d'irrigation avec les eaux souterraines. *Revue tiers monde*, 220 : 101-120.
- Dumoulin L., Saurugger S., 2010. Les « policy transfer studies » : analyse critique et perspectives. *Critique internationale*, 3(48) : 9-24.
- El Ouaamari S., Garambois N., Fert M., Radzik L., 2019. Development assemblages and collective farmer-led irrigation in the Sahel: a case study from the lower Delta of the Senegal river. *Water alternatives*, 12(1) : 68-87.

- Elouardi N., 2015. Reconfiguration territoriale des systèmes productifs dans une petite région du Moyen Atlas central au Maroc : agricultures familiales et émergence d'un capitalisme agraire. Mémoire de master 2. AgroParisTech et Universités Paris 1 Sorbonne et Paris Diderot. Paris : AgroParisTech, Universités Paris 1 Sorbonne, Paris Diderot.
- EPHC, NRMCM, AHMC, 2008. *Overview document: Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks*. Environment protection and heritage council, Natural resource management ministerial council, Australian health ministers conference. March 2008.
- FAO, 2018a. *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde renforcer la résilience face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition : renforcer la résilience face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition*. Rome : FAO, 199 p.
- FAO, 2018b. *The benefits and risks of solar powered irrigation: a global overview*. Rome: FAO.
- FAO, 2018c. *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*. Rome : FAO, 224 p.
- FAO, Fida, OMS, PAM, Unicef, 2018. *L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2018. Renforcer la résilience face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition*. Rome : FAO.
- FAO, 2008.
- Ferrand P., Le Jeune S., 2018. *Agroecology futures: inspiring and innovating stories from the agroecology learning alliance in South-East Asia*. Vientiane: Alisea, Gret, 144 p.
- Flörke M., Kynast E., Bärlund I., Eisner S., Wimmera F., Alcamo J., 2013. Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: global simulation study. *Global environmental change*, 23(1): 144-156.
- Fontenelle J.P., Molle F., Turrall H., 2007. Who will pay for water? The Vietnamese state's dilemma of decentralization of water management in the Red River delta. *In: F. Molle, J. Berkoff, (eds). Irrigation water pricing*. Oxfordshire: Cabi, 165-191.
- Gana A., El Amrani M., 2006. Crise hydraulique au Maghreb : raréfaction de la ressource ou problèmes de gestion ? *Géocarrefour*, 81(1) : 37-50.
- Garambois N., El Ouaamari S., Fert M., Radzik L., 2018. Politique hydro-agricole et résilience de l'agriculture familiale. Le cas du delta du fleuve Sénégal. *Revue internationale des études du développement*, 4 : 109-135.
- Global water intelligence – GWI, 2009. *Municipal water reuse markets 2010*. Oxford: Media analytics Ltd.
- González-Sánchez E.J., Moreno-García M., Kassam M., Holgado-Cabrera A., Triviño-Tarradas P., Carbonell-Bojollo R., Pisante M., Veroz-González O., Basch G., 2017. *Conservation agriculture, making climate change mitigation and adaptation real in Europe*. Belgium: Ecaf, 182 p. www.ecaf.org.
- Grafton R.Q., Williams, J.; Perry, C.J.; Molle, F.; Ringler, C.; Steduto, P.; Udall, B.; Wheeler, S.; Wang Y., Garrick D., Allen R., 2018. Paradox of irrigation efficiency and the global water crisis. *Science*, 361(6404): 748-750.
- Granier L., 2010. Les conventions locales, des outils efficaces de gestion concertée des ressources naturelles ? *Fiche pédagogique du Comité technique « Foncier et développement »*.
- Griffon M., 2013. Qu'est-ce qu'une agriculture écologiquement intensive. Versailles : Éditions Quæ.
- GTAE (AVSF, Gret, Cari, Agrisud), 2018. *Agroécologie : méthodes pour évaluer ses conditions de développement et ses effets*. Actes de l'atelier d'échanges et construction méthodologique. 14-15 décembre 2017. Paris : AFD-FFEM, 52 p.
- Haque M, Bell R.W., Jahiruddin M., Hossain M.M., Rahman M.M., Begum M., Hossen M.A., Salahin N., Zahan T., Hossain M.M., Hashem A., Islam M.A., Vance W.H., Hossain M.I., Esdaille R.J., Kabir M.E., 2018. *Manual for smallholders' conservation agriculture in rice-based systems*. Perth: Murdoch University. 108 p.

- Harrison E., Mdee A., 2018. Entrepreneurs, investors and the state: the public and the private in sub-Saharan African irrigation development. *Third world quarterly* 39(11): 2 126-2 141.
- Hertzog T., Adamczewski A., Molle F., Poussin J.C., Jamin J.-Y., 2012. Ostrich-like strategies in sahelian sands? Land and water grabbing in the Office du Niger, Mali. *Water alternatives*, 5 (2): 304-321.
- Hochet P., Aladoua S., Goïta M., Kane N., Koffi M., Sanou S., Sitack Y., 2015. Initiative pour l'irrigation au Sahel, la problématique de l'accès au foncier et de sa sécurisation, AFD/FAO/BM. L'étude a concerné les pays membres du Comité interétatique de lutte contre la sécheresse au Sahel (Cilss) : Mauritanie, Sénégal, Mali, Burkina Faso, Niger, Tchad.
- Houdret A., 2012. The water connection: irrigation and politics in southern Morocco. *Water alternatives*, 5(2): 284-303.
- Houdret A., Bonnet S., 2016. Le premier partenariat public-privé pour l'irrigation au Maroc : durable pour tous? *Cahier agricultures*, 25(2).
- Hunt R., 1989. Appropriate social organization? Water user associations in bureaucratic canal irrigation systems. *Human organization*, 48(1) : 79-90.
- Icid, 2016. Water management in a changing world: role of irrigation in sustainable food production. 2nd World irrigation forum (WIF2).
- IWA-Ofid, 2018. The reuse opportunity. Wastewater report 2018. <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/OFID%20Wastewater%20report%202018%20screen.pdf>.
- Jimenez B., Asano T., (eds), 2008. *Water reuse: international survey of current practice, issues and needs*. London: IWA Publishing, (Scientific and technical report, 20). ISBN: 9781843390893.
- Jordan A, Lenschow A., 2010. Environmental policy integration: a state-of-the-art review. *Environmental policy and governance*, 20(3): 147-158.
- Keraïta B., Drechsel P., 2004. Agricultural use of untreated urban wastewater in Ghana. In: *Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities*. Scott C.A., Faruqui N.I., Raschid-Sally L., (eds). Wallingford: Cabi, IWMI.
- Keraïta B., Drechsel P., Amoah P., 2003. Influence of urban wastewater on stream water quality and agriculture in and around Kumasi, Ghana. *Environment and urbanization*, 15(2): 171-178.
- Kibler J.F., Perroud C., 2004. *Vers une cogestion des infrastructures hydro-agricoles : Construction associative et réhabilitation de polders : l'expérience du projet Prey Nup (Cambodge)*. Nogent-sur-Marne : Éditions du Gret, (Coll. Études et Travaux, série en ligne, 27), 319 p.
- Kuper M., Faysse N., Hammani A., Hartani T., Marlet S., Hamamouche M.F., Ameer F., 2016. Liberation or anarchy? The Janus nature of groundwater use on North Africa's new irrigation frontiers. In: *Jakeman, A.; Barreteau, O.; Hunt, R.J.; Rinaudo J.-D. and Ross, A. (eds). Integrated groundwater management: concepts, approaches and challenges*. Cham: Springer, 583-615.
- Lagacherie P., Álvaro-Fuentes J., Annabi M., Bernoux M., Bouarfa S., Douaoui A., Grünberger O., Hammani A., Montanarella L., Mrabet R., Sabir M., Raclot D., 2018. Managing mediterranean soil resources under global change: expected trends and mitigation strategies. *Regional environmental change*, 18(3), <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1239-9>.
- Lagandré D., 2007. *Étude d'impact du projet de réhabilitation des polders de Prey Nup*. Nogent-sur-Marne : Éditions du Gret, (Coll. Études et travaux, série en ligne, 15), 217 p.
- Lascoumes P., 2014. *Le développement durable : une nouvelle affaire d'État*. Paris : PUF.
- Lazarova V., Asano T., Bahri A., Anderson J., (eds), 2013. *Milestones in water reuse: the best success stories*. London: IWA Publishing, 408 p.
- Lazarova V., Bahri A., (eds), 2004. *Water reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass*. Boca Raton: CRC Press, 456 p.

- Levard L., Vogel A., Castellonet C., Pillot D., 2014. Agroécologie : évaluation de 15 ans d'actions d'accompagnement de l'AFD. Synthèse du rapport final. *ExPost*, 58: 14 p.
- Leyronas S., Calas J., 2019. *Development practices: building new equilibriums within the commons-state system*. Paris: AFD, (Research papers series, 95), 13 p.
- Li T., 2007. Practices of assemblage and community forest management. *Economy and society*, 36(2): 263-293.
- Lidon B, Fusillier J.L., Dogbe W., Rouzier A., 2017. Impact of lowland development on water regime and rice cropping system. Case study in northern Ghana. Montpellier: Rapport Costea, 43 p.
- Lindblom C.E., 1959. The science of "muddling through". *Public administration review*, 19: 79-88.
- Mandri-Perrott C., Bisbey J., 2016. *How to develop sustainable irrigation projects with private sector participation*. Washington DC: World Bank.
- Martin E., Yoder R., Groenfeldt D., 1986. *Farmer-managed irrigation: research issues*. ODI/IIMI Irrigation management network paper, 86(3c), 19 p.
- Mateo-Sagasta J., Raschid-Sally J., Thebo A., 2015. Global wastewater and sludge production, treatment and use. Chapter 2. In: *Wastewater - Economic asset in an urbanizing world*. Drechsel P., Qadir M., Wichelns D. London: Springer, 287 p.
- Merrey D., Sally H., 2017. Viewpoint: another well-intentioned bad investment in irrigation: the Millennium challenge corporation's 'compact' with the Republic of Niger. *Water alternatives*, 10(1): 195-203.
- Ministère de l'Agriculture tunisien, BPEH, 2015. Étude d'impact (évaluation) du programme national d'économie d'eau en irrigation. Rapport de phase 1. Louis Berger-Scet Tunisie-OIEau. Paps-lot 2.
- Ministère de l'Agriculture tunisien, BPEH, 2016. Étude d'impact (évaluation) du programme national d'économie d'eau en irrigation. Rapport de phase 2. Louis Berger-Scet Tunisie-OIEau. Paps-lot 2.
- Ministère de l'Agriculture tunisien, BPEH, 2016. Étude d'impact (évaluation) du programme national d'économie d'eau en irrigation. Rapport de synthèse. Louis Berger-Scet Tunisie-OIEau. Paps-lot 2.
- Mishra A., Bahadur D., Panner Selvem P., Lokhande S., Mysore A., Harsha R., Kakria P., 2017. Monitoring, evaluation and learning study for understanding the pattern of change resulting from SRI capacity building interventions. Sustaining and enhancing the momentum for innovation and learning around the system of rice intensification (SRI) in the lower Mekong river basin (SRI-LMB). <http://www.sri-lmb.ait.asia/>.
- Molden D., (ed.), 2007. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London, UK: Earthscan.
- Molle F., 2008. Why enough is never enough: the societal determinants of river basin closure. *International journal of water resource development*, 24(2): 247-256.
- Molle F., Berkoff J., (eds), 2007a. *Irrigation water pricing: the gap between theory and practice*. Wallingford, Cambridge: Cabi.
- Molle F., Berkoff J., 2007b. Water pricing in irrigation: the lifetime of an idea. In: *Molle F., Berkoff J., (eds). Irrigation water pricing*. Oxfordshire: Cabi, 20 p. www.iwmi.cgiar.org/Publications/CABI_Publications/CA_CABI_Series/Water_Pricing/protected/Molle%20%26%20Berkoff_Chap%2001.pdf.
- Molle F., Ibor Sanchez C., 2019a. The dynamics of the irrigation sector in the Mediterranean. In: *Molle F., Ibor Sanchez C., Avella L., (eds). Irrigation in the Mediterranean: technologies, institutions and policies*. London: Springer. (Global issues in water policy series).
- Molle F., Mollinga P.P., Wester P., 2009a. Hydraulic bureaucracies and the hydraulic mission: flows of water, flows of power, *Water alternatives* 2(3): 328-349.

- Molle F., Sanchis-Ibor C., Avella Reus L., (eds), 2019b. *Irrigation in the mediterranean: technologies, institutions, policies*. London: Springer.
- Molle F., Tanouti O., 2017. Squaring the circle: agricultural intensification vs. water conservation in Morocco. *Agricultural water management*, 192:170-179.
- Molle F., Wester P., Mollinga P.P., 2009b. Hydraulic bureaucracies: flows of water, flows of power. *Water alternatives*, 2(3): 328-349. www.water-alternatives.org.
- Moriarty P., Butterworth J., Batchelor C., 2004. *Integrated Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector*. La Haye: IRC International water and sanitation centre, (IRC thematic overview paper).
- Oblitas K., Peter J.R., 1999. *Transferring irrigation management to farmers in Andhra Pradesh, India*. Washington DC: World Bank, (Technical paper, 449), 176 p.
- OMS, 2006. *Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, vol. 2. Utilisation des eaux usées en agriculture*. 3e éd. Genève : OMS.
- Ostrom E., 1992. *Crafting institutions for self-governing irrigation systems*. San Francisco: ICS Press, 112 p.
- Ostrom E., 1996. Pour des systèmes irrigués autogérés et durables : façonner les institutions. D'après *Crafting institutions for self-governing irrigation systems* by Elinor Ostrom: ICS press (Institute for contemporary studies), California, 1992. Traduction et synthèse de Ph. Lavigne Delville, Paris, Groupe Irrigation, Inter-réseaux (republié en Coopérer aujourd'hui n°67, Gret, 2009).
- Ostrom E., Lavigne Delville P., 2009. *Pour des systèmes irrigués autogérés et durables : façonner les institutions*. Coopérer aujourd'hui. Nogent-sur-Marne : Édition du Gret, 33 p.
- Özerol G., Bressers H., Coenen F., 2012. Irrigated agriculture and environmental sustainability: an alignment perspective. *Environmental science and policy*, 23: 57-67.
- Pasquet J., 2009. Le choix de la riziculture commerciale dans le Nord-Est de l'Afghanistan. *Cahiers agricultures*, 18(5) : 441-446.
- Perry C., Steduto P., 2017. *Does improved irrigation technology save water. A review of the evidence: regional initiative on water scarcity for the Near East and North Africa*. Cairo: FAO, 42 p. www.fao.org/3/17090EN/17090en.pdf.
- Playán E., Mateos L., 2006. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural water management*, 80(1-3): 100-116.
- Qadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., Minhas P.S., Drechsel P., Bahri A., McCornick P., 2007. Agricultural use of marginal-quality water: opportunities and challenges. In: D. Molden (ed.). *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London: Earthscan.
- Rap E., 2006. The success of a policy model: Irrigation management transfer in Mexico. *Journal of development studies*, 42(8): 1301-1324.
- Rijsberman R., 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural water management*, 80(1-3): 5-22.
- Rollin D., 2013. Avec leur statut original, quels rôles pour les sociétés d'aménagement régional dans les politiques de l'eau et de l'irrigation? *Sciences, eaux et territoires*, 11 : 96-98.
- RSSP, 2017. RSSP completion report. Accra: RSSP.
- Ruff T., 2011. Le façonnage des institutions d'irrigation au xx^e siècle, selon les principes d'Elinor Ostrom, est-il encore pertinent en 2010? *Natures sciences sociétés*, 19: 395-404
- Sharif A., Kassam A., Friedrich T., Uphoff N., Joshi R., Sahu P., 2014. *Towards integration of SRI and CA in the Indus basin in Pakistan Punjab*.

- Siebert S., Burke J., Faures J.M., Frenken K., Hoogeveen J., Doll P., Portmann F.T., 2010. Groundwater use for irrigation: a global inventory. *Hydrology and earth system sciences*, 14: 1863-1880.
- Simon H.A., 1948. *Administrative behavior: a study of decision-making process in administrative organisation*. New York: Macmillan.
- Sims D., 2015. *Egypt's desert dreams: development or disaster?* Cairo: American University in Cairo Press.
- Smedema L.K., 2011. Drainage development: driving forces, conducive conditions and development trajectories. *Irrigation and drainage*, 60: 654-659.
- Société du canal de Provence - SCP, 2016. *Réutilisation des eaux usées traitées : étude des perspectives et opportunités dans le territoire agricole provençal*. Montpellier : Supagro.
- State of California, 2000. *Code of regulations, Title 22 Social security, Division 4 Environmental health, Chapter 3 Water recycling criteria*. Sections 60301 et seq., Dec. Berkeley, CA, USA.
- Suhardiman D., 2008. Bureaucratic designs: the paradox of irrigation management transfer in Indonesia. Thèse de doctorat, Wageningen University, 285 p.
- Svendsen M., Trava J., Johnson S.H., 1997. *Lessons from the international workshop on participatory irrigation management: benefits and second-generation problems. International workshop on participatory irrigation management: benefits and second-generation problems*. Cali, Colombia, 9-15 February 1997. III, 36 p.
- Tanouti O., 2017. La Gestion intégrée des ressources en eau à l'épreuve du bassin versant : le cas du bassin du Tensift au Maroc. Thèse de Doctorat. Université de Paris Nanterre.
- Tardieu H., Préfol B., 2002. Full cost or "sustainability cost" pricing in irrigated agriculture. charging for water can be effective, but is it sufficient? *Irrigation and drainage*, 51: 97-107.
- Thebo A.L., Drechsel P., Lambin E.F., Nelson K.L., 2017. A global, spatially-explicit assessment of irrigated croplands influenced by urban wastewater flows. *Environmental research letters*, 12: 074008. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa75d1> [consulté le 05/11/2019].
- Tivet F, Boulakia S., 2016. *Climate smart rice cropping systems in Vietnam. State of knowledge and prospects*. Montpellier: Cirad, 41 p.
- Uphoff N., 1986. *Getting the process right: Improving irrigation management with farmer organization and participation*. Water management synthesis II project, Consortium for international development, USAID, Cornell University, 155 p.
- Uphoff N., 1999. Agroecological implications of the system of rice intensification (SRI) in Madagascar. *Environment, Development and Sustainability*, Dordrecht, Springer, 1 : 297-313.
- Usepa (United States Environmental Protection Agency), 2012. *Guidelines for water reuse*. EPA/600/R-12/618. Washington DC, USA.
- van Koppen B., Parthasarathy R., Safiliou C., 2002. *Poverty dimensions of irrigation management transfer in large-scale canal irrigation in Andhra Pradesh and Gujarat, India*. Colombo: IWMI, (Research report 61), 26 p.
- Veldwisch G.J., Venot J.P., Woodhouse P., Komakech H., Brockington D., 2019. Re-introducing politics in African farmer-led irrigation development: Introduction to a Special Issue. *Water alternatives*, 12(1):1-12.
- Venot J.P., Daré W's, Kaboré E., Gérard F., Tapsoba A., Idani D., Carboni S., 2017a. Ideologies, development models and irrigated land tenure: the Bagré Irrigation project in Burkina Faso. World Bank land and poverty conference. 20-24 March 2017, Washington DC.
- Venot J.P., Fontenelle J.P., 2016. *Politique de l'irrigation au Cambodge : articulations et enjeux des interventions de l'AFD*. Paris : AFD, Costea, 23 p.

- Venot J.P., Kuper M., Zwartveen M., (eds). 2017b. *Drip irrigation for agriculture: untold stories of efficiency, innovation and development*. Londres: Routledge, 1-15, (Earthscan studies in water resource management). ISBN 978-1-138-68707-3
- Vermillion D. L., 1992. Irrigation management turnover: structural adjustment or strategic evolution? *IIMI review*, 6(2), 3-12.
- Ward F., Pulido-Velázquez M., 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National academy of sciences*, 105:18 215-18 220.
- Willardson L.S., Allen R.G., Fredericksen H.D., 1994. *Elimination of irrigation efficiencies*. 13th Technical Conference USCID, Denver, CO.
- World Bank, 2006. *Water management in agriculture: ten years of World Bank assistance, 1994-2004*. Washington DC: World Bank.
- World Bank, 2007. *Emerging public-private partnerships in irrigation development and management*. Water sector board discussion paper, 10. Washington DC: World Bank
- World Bank, 2013. *Growing Africa. Unlocking the potential of agribusiness*. Washington DC: World Bank.
- World Bank, 2018. *Sustainable irrigation performance under changing conditions*. Washington DC: World Bank.
- World Bank, IWMI, WSP, 2016. *Recycling and reuse of treated wastewater in urban India: A proposed advisory and guidance document*. Colombo: IWMI, CGIAR, WLE, (Resource recovery and reuse series, 8), 57 p. doi: 10.5337/2016.203.
- World energy council, 2013. Energy efficiency indicators. *In: Wastewater: economic asset in an urbanizing world*. Drechsel P., Qadir M., Wichelns D. London: Springer, 287 p. <https://wec-indicators.enerdata.net/household-electricity-use.html> [consulté le 05/11/2019].
- WWAP - Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2017. *Les eaux usées : une ressource inexploitée*. Paris : Unesco, (Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017), 203 p.
- Yoder R., 1994. *Locally managed irrigation systems: essential tasks and implications for assistance, management transfer and turnover programs*. Colombo: IIMI, 97 p.

Liste des auteurs

Akakpo Koladé
AgroParisTech, UMR G-EAU
kolade.akakpo@supagro.fr

Ameur Fatah
Centre de recherche en économie appliquée
pour le développement,
Alger, Algérie
ameur_fatah@hotmail.com

Amichi Hichem
École de Purpan
hichem.amichi@purpan.fr
h.amichi@yahoo.fr

Bahri Akiça
INAT, Tunisie
akica.bahri@gmail.com

Bazin Frédéric
IRAM, Montpellier, France
f.bazin@iram-fr.org

Bouarfa Sami
INRAE/AFEID, UMR G-EAU, Montpellier,
France
sami.bouarfa@inrae.fr

Brelle François
AFEID
fr.brelle@orange.fr

Brun Jean-Marie
ARTE-FACT, Pnhom Penh, Cambodge
jm.brun.kh@gmail.com

Charles Montes
Port-au-Prince, Haïti
montes.charles@yahoo.com

Coulon Caroline
AFEID, Montpellier, France
caroline.coulon@inrae.fr

Daré William's
Cirad, UPR GREEN
williams.dare@cirad.fr

Darfaoui Yassine
ORMVA du Haouz, Marrakech, Maroc
darfaoui.ormvah@gmail.com

Deltour Jean-Luc
Société du canal de Provence,
Le Tholonet, France
jean-luc.deltour@canal-de-provence.com

Deram Malerbe Florence
Consultante, Ixelles, Belgique
fderamalerbe@gmail.com

Diallo Cellou Mamadou
Société de Développement Intégré
du Pôle de Bagré
Ouagadougou, Burkina Faso
diallocellou@yahoo.fr

Diop Babacar
Fédération des ONG (FONGS),
Dakar, Sénégal
prfongs@yahoo.fr

Dressayre Etienne
Société du Bas-Rhône Languedoc,
Nîmes, France
etienne.dressayre@brl.fr

Ducourtieux Olivier
AgroParistech, UMR Prodig, Paris
olivier.ducourtieux@agroparistech.fr

El Ouaamari Samir
aGter / AgroParistech, Paris
samir.elouaamari@agroparistech.fr

Fall Khali
Cellule planification et suivi-évaluation,
SAED Saint-Louis, Sénégal
khalifall@hotmail.com

Fontenelle Jean-Philippe
Bordeaux Sciences Agro, Gradignan, France
jean-philippe.fontenelle@agro-bordeaux.fr

Fusillier Jean-louis
Cirad, UMR G-EAU, Montpellier, France
jean-louis.fusillier@cirad.fr

Gilard Olivier
AFD, Paris
gilardo@afd.fr

Hamdane Abdelkader
IGREF, Tunis, Tunisie
abdelkader.hamdane@gmail.com

Hochet Peter
INSUCO, Ouagadougou, Burkina Faso
peter.hochet@insuco.com

Hofmann Alexia
AFD, Paris
hofmanna@afd.fr

Houdret Annabelle
Deutsches Institut für Entwicklungspolitik,
German Development Institute, Allemagne
annabelle.houdret@die-gdi.de

Léauthaud Christèle
Cirad, UMR G-EAU, Tunis, Tunisie
crystele.leauthaud@cirad.fr

Lidon Bruno
brunolidon123@gmail.com

Molle François
IRD, UMR G-EAU, Montpellier, France
francois.molle@ird.fr

Noël Naomi
AFD, Bangkok, Thaïlande
noeln@afd.fr

Papazian Vatché
AFD, Paris
vatche.papazian@wanadoo.fr

Pintus Florence
Office international de l'eau,
Sophia Antipolis, Valbonne
f.pintus@oieau.fr

Savey Pierre
Société du Bas-Rhône-Languedoc,
Nîmes, France
pierre.Savey@brl.fr

Seck Sidy
Université Gaston Berger,
Saint-Louis, Sénégal
sidysecksn@yahoo.fr

Sghir Fathallah
ORMVA du Haouz, Marrakech, Maroc
sghirf@yahoo.com

Strosser Pierre
ACTEon, Colmar, France
p.strosser@acteon-environment.eu

Vennat Benjamin
Société du Bas-Rhône-Languedoc,
Nîmes, France
benjamin.vennat@brl.fr

Venot Jean-Philippe
IRD, UMR-G-EAU, Cambodge
jean-philippe.venot@ird.fr

Vincent Bernard
INRAE, UMR G-EAU
bernard.vincent@inrae.fr

Édition : Gaston Boussou
Mise en page : Hélène Bonnet – Studio 9
Imprimeur : ISIPRINT
Dépôt legal : mars 2020



L'agriculture irriguée produit plus de 40 % de l'alimentation mondiale sur moins de 20 % des terres cultivées. L'irrigation, qui consiste à agir sur le cycle naturel de l'eau pour conduire et sécuriser les cultures dans des contextes géographiques où les pluies sont soit insuffisantes soit aléatoires, est indispensable à la sécurité alimentaire mondiale sujette au défi démographique. Pour autant, les enjeux d'une agriculture irriguée durable sont multiples pour répondre aux nécessités actuelles et futures : gestion intégrée de la ressource en eau, équité sociale pour les agriculteurs par rapport à l'allocation des terres et de l'eau, viabilité économique et financière des systèmes irrigués, gouvernance de l'eau et institutions adaptées, économie d'eau et valorisation des eaux usées, pratiques agroécologiques pour concilier productivité et défis environnementaux et climatiques, et préservation de la biodiversité, sont autant de dimensions dont il est nécessaire de tenir compte.

Cet ouvrage apporte des éclairages sur ces différents défis, à partir de retours d'expériences issus de plusieurs décennies d'actions de développement de l'agriculture irriguée à l'international, conduites en particulier dans le cadre du projet COSTEA (comité scientifique et technique de l'Eau agricole).

Il intéressera les décideurs en charge des politiques agricoles et d'irrigation, les opérateurs du développement et toute personne concernée par la pluralité des enjeux de l'agriculture irriguée.

Cet ouvrage a été réalisé par un collectif d'auteurs engagés **dans le projet COSTEA**, et coordonné par S. Bouarfa, F. Brelle et C. Coulon.

Sami Bouarfa, chercheur en sciences de l'eau à INRAE, s'intéresse aux impacts environnementaux de l'irrigation, notamment au Maghreb. Il est secrétaire général de l'AFEID et chef du projet COSTEA.

François Brelle, ancien président de l'AFEID, ingénieur dans les domaines de l'eau urbaine et rurale à la Société du Canal de Provence ; il s'est investi dans de nombreux projets d'irrigation au Maghreb, au Sahel et en Haïti.

Caroline Coulon, ingénieure agronome, est spécialisée en gestion de l'eau, des milieux cultivés et de l'environnement, et anime le projet COSTEA à l'AFEID.

En couverture : rizières à Ban Tun, Province de Yen Bai, Vietnam
© Romain Vidal



29 €

ISBN : 978-2-7592-3132-4



9 782759 231324

éditions
Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com

ISSN : 2115-1229
Réf. : 02727