

# 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<sup>e</sup> siècle.

### 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'efficience.

## 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 m<sup>3</sup> d'eau à un coût estimé à 7,3 milliards € pour l'Espagne et 0,8 milliard m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>, un niveau équivalent à celle du maraîchage. Les meilleures valorisations de l'eau sont obtenues pour les fourrages, 1,8 DT/m<sup>3</sup>, 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/m<sup>3</sup>. 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/m<sup>3</sup>), le maraîchage (5 kg/m<sup>3</sup>) et l'arboriculture (2 kg/m<sup>3</sup>), 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup> d'eau en 1980, à 745 milliards m<sup>3</sup> en 1995 et à 854 milliards m<sup>3</sup> 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 APPARENCE, LE TERME D'EFFICIENCIA EST FACILE À MANIER POUR JUSTIFIER** des politiques d'économie d'eau. On y exprime un pourcentage résumant à lui seul les performances techniques de l'irrigation à la parcelle : « la micro-irrigation permet une efficacité de 90% ». Il se cache cependant derrière le mot d'efficacité des notions de pertes en eau très différentes, notamment selon les échelles considérées (Grafton *et al.*, 2018).

### I Le devenir des pertes en eau

L'eau est appliquée à la parcelle pour être consommée par la transpiration de la plante afin de compenser le déficit de pluie. En réalité, l'eau 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'eau 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'eau, 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'eau 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-irrigation 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'efficacité de l'irrigation autrement. Les pertes en eau liées à un surplus d'irrigation par rapport aux besoins des plantes peuvent rejoindre le système hydrologique par ruissellement ou infiltration. Si l'efficacité à la parcelle qui en résulte est diminuée, cette eau 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'efficacité 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 en kilos ou valeur monétaire / Volume d'eau en m<sup>3</sup> (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 m<sup>3</sup> 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 probants<sup>22</sup>.

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'efficacité 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'efficacité 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 efficacité 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.