

Irrigation et gestion de la ressource en eau

Léopold Rieul

Elément vital par excellence, l'eau constitue un facteur essentiel pour la production agricole. Très tôt, l'homme fut contraint d'inventer les moyens de maîtriser l'eau pour développer l'agriculture. Ainsi qu'en témoignent les premières grandes civilisations des vallées du Nil, du Tigre et de l'Euphrate, de l'Indus, du Fleuve Jaune, l'irrigation a joué un rôle déterminant dans la naissance et l'organisation de la société.

Pratiquée d'abord dans les pays arides et semi-arides, elle s'est étendue plus récemment, au cours du 20^e siècle, dans les régions plus humides du nord de l'Europe et notamment en France. Corollaire de l'irrigation, le drainage s'est développé dans les régions sèches pour lutter contre la salinisation des terres et éliminer l'excès d'eau d'irrigation. Sous les climats humides, il permet de contrôler les excès d'eau nuisibles à la croissance des cultures et à la pratique des travaux agricoles.

Le fort développement de l'irrigation a fait de l'agriculture le plus gros consommateur d'eau tant au niveau mondial qu'en France. Bien que l'eau soit l'une des ressources les plus abondantes sur terre, ses disponibilités sont limitées. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'alimentation domestique pour y avoir accès s'intensifie. Elle grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. En France, elle engendre de fortes tensions dès qu'une année sèche vient rappeler les limites des disponibilités des ressources en eau.

Face à cette situation, la problématique des ressources en eau et de l'agriculture se trouve au centre des débats. Elle retient de plus en plus l'attention internationale, tandis qu'en France, à la suite de collo-

que « Eau et agriculture, leçons d'une sécheresse », tenu à Paris le 8 mars 1990, un groupe de travail a analysé la situation et proposé des mesures pour une meilleure gestion de l'eau à usage agricole.

L'irrigation a plus de 5 000 ans

De nombreux vestiges témoignent, dans différentes parties du monde, d'une pratique de l'irrigation vieille de plus de 5 000 ans.

En *Egypte*, les premières dynasties des Pharaons ont réalisé d'importants travaux pour retenir les eaux du cours du Nil et les répartir sur les surfaces irriguées par tout un système de digues et canaux. L'irrigation est organisée de façon collective. Le territoire agricole est quadrillé en provinces ou « nomes » correspondant aux bassins d'irrigation, délimités par l'entrecroisement de digues et de canaux. Le hiéroglyphe qui désigne le nome retrace ce quadrillage (Jaubert de Passa, 1981).

En *Mésopotamie*, la tombe de la reine Semiramis (2000 av. J.C.) porte l'inscription : « j'ai maîtrisé le puissant fleuve pour qu'il coule selon ma volonté et détourné ses eaux pour fertiliser les sols jusqu'ici incultes et inhabités ». L'un des deux plus grands canaux d'irrigation des vallées de l'Euphrate et du Tigre, construits aux environs de l'an 2000 av. J.C., existe encore et a été intégré dans un nouveau système d'irrigation (Framji, Garg, Luthra, 1981).

L'*Inde* prétend être le berceau de la pratique et du développement de l'irrigation. Mégasthènes, ambassadeur grec, écrivit à propos de l'Inde, 300 ans av. J.C. : « tout le pays était sous irrigation et très prospère, grâce à deux récoltes par an permises par l'irrigation ».

Léopold Rieul
Cemagref
Domaine de Lavalette
361 rue J.F. Breton
BP 5095
34033 Montpellier
Cedex 01

En *Chine*, de vastes régions furent mises en valeur grâce aux travaux prodigieux entrepris par le prince Yu il y a plus de 4 000 ans. L'œuvre la plus grandiose fut le creusement du grand canal ou canal impérial, qui relie Pékin à Canton et fait communiquer le Fleuve Jaune au Nord et le Yang Tse Kiang au Sud. Outre les districts riverains des grands ouvrages, toutes les provinces bénéficient du développement de l'irrigation, grâce à de multiples réseaux de canaux.

De l'Orient, l'irrigation s'est étendue progressivement vers l'Ouest à travers la Palestine, l'Afrique du Nord et l'Europe du Sud.

En *France*, les premiers ouvrages hydrauliques ont été réalisés dans le pourtour méditerranéen par les Romains à l'est, par les Wisigoths et par les Arabes à l'ouest. Destinés initialement à l'alimentation en eau des bourgades, ou à des fins industrielles pour actionner les moulins à huile ou à farine, ils ont rapidement servi à l'arrosage des prairies et jardins.

Au 16^e siècle, des ouvrages plus importants à vocation essentiellement agricole ont été construits tel le canal de Craponne entrepris en 1582. La fin du 18^e siècle et le 19^e siècle ont été marqués par une activité intense en irrigation. La plupart des grands ouvrages anciens pour l'irrigation datent de cette époque, le canal de la Bourne et le canal de Carpentras dans la vallée du Rhône, le canal de la vallée des Baux dans la vallée de la Durance, le canal du Verdon en Provence, le canal de Gignac

dans l'Hérault. A la même époque, l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Dumont lança l'idée de dériver une partie des eaux du Rhône pour irriguer les plaines du Languedoc. Il faudra néanmoins attendre le 20^e siècle pour que cette idée ne se réalise sous l'impulsion de Philippe Lamour.

Un grand nombre de ces réalisations devraient périr, notamment en zone de montagne, au cours des guerres mondiales.

Dès l'achèvement de celles-ci de grands projets d'irrigation par aspersion en réseaux collectifs sont développés par les compagnies d'aménagement, notamment dans le sud de la France : la Société du canal de Provence et la Compagnie d'Aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc dans le sud-est, la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne dans le sud-ouest. Dans le reste de la France, l'irrigation se développe également, soit sous forme de petits périmètres collectifs gérés souvent par des Associations Syndicales autorisées, soit individuellement.

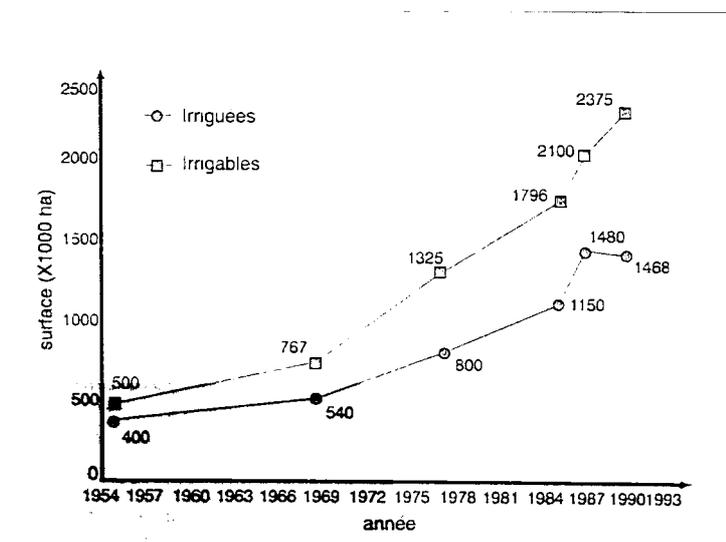
Le développement de l'irrigation en France

Bien que de pratique très ancienne dans la plupart des pays du monde, l'irrigation n'a connu un développement significatif qu'au 19^e siècle. Estimée à huit millions d'hectares seulement en 1800, la superficie totale irriguée dans le monde atteint 40 millions d'hectares en 1900. Elle n'a cessé de croître au 20^e siècle : 50 millions d'hectares en 1950, 180 millions en 1960, 234 millions en 1970, 280 millions d'hectares actuellement (Framji, Garg, Luthra 1981). Elle devrait atteindre 300 millions d'hectares d'ici l'an 2000.

En France, perçu par les agriculteurs comme une nécessité pour maîtriser la production agricole dans un contexte économique contraignant, par les collectivités publiques comme un moyen de permettre le maintien d'une activité agricole et d'un tissu rural, le développement de l'irrigation n'a cessé de croître régulièrement depuis la dernière guerre mondiale, avec une accélération sensible au cours des vingt dernières années : la superficie irriguée est passée de 540 000 hectares en 1970 à environ 1 500 000 hectares aujourd'hui, soit environ 5 % de la surface agricole utile (figure 1).

Il est intéressant d'examiner la part et l'évolution des cultures irriguées au sein de cette superficie (fi-

Figure 1. - Evolution des superficies irriguées et irrigables en France. [Source AGRESTE-RGA 1988, enquêtes structures d'exploitations 1990, 1993] ▼



gure 2). Le maïs, grande culture qui valorise bien l'eau, occupe actuellement près de la moitié de la superficie irriguée. Le développement de cette culture explique la majeure partie de la croissance de l'irrigation. Les superficies en vignes et vergers relativement stables jusqu'en 1988, semblent connaître une légère progression au cours des dernières années. Elles représentent un peu plus de 150 000 hectares. Il en est de même des cultures fourragères, ainsi que du soja et du tournesol dont les superficies irriguées paraissent se stabiliser au voisinage de 130 000 hectares. On observe la même tendance pour le blé dur irrigué (72 000 ha en 1990) et pour les légumes de plein champ (81 000 ha en 1988).

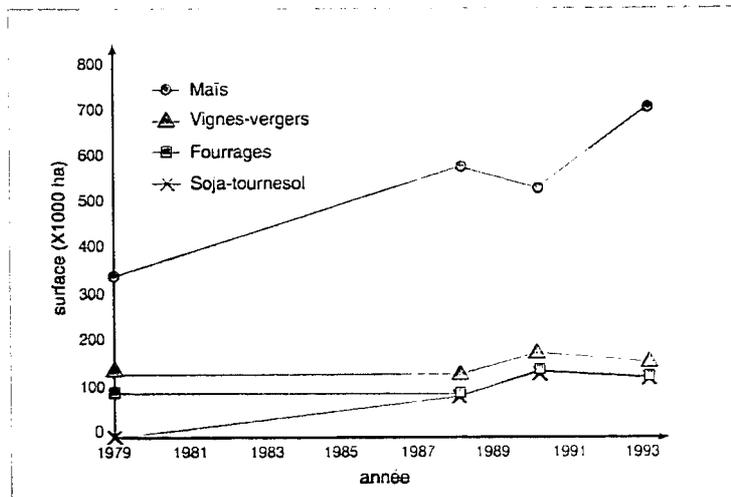
Géographiquement, on peut distinguer trois zones correspondant à des types d'irrigation différents en France (figure 3).

Dans le Sud-Est au climat méditerranéen relativement sec, l'irrigation, pratiquement indispensable à la plupart des cultures est pratiquée depuis des siècles. Dans cette région, l'insuffisance voire l'inexistence de pluie en période estivale fait que la majeure partie sinon la totalité des besoins en eau des cultures de printemps et d'été est satisfaite par irrigation. Elle a permis d'y développer parallèlement ou en substitution des vignobles, des cultures maraîchères et fruitières, des productions de semences et des grandes cultures. Les grands aménagements du Bas-Rhône Languedoc et du canal de Provence ont permis d'équiper cette région après la deuxième guerre mondiale, parallèlement aux vieux réseaux gravitaires existants.

Dans le reste de la France, l'irrigation intervient comme complément des apports pluviométriques aléatoires, plus ou moins importants suivant les régions. Elle permet de régulariser la production, tant au plan des rendements qu'à celui de la qualité des produits, et procure aux agriculteurs une assurance contre la variabilité de leurs revenus. Ce type d'irrigation s'est développé notamment dans l'Ouest, le Centre et l'Alsace.

Il faut enfin signaler que la pratique de l'irrigation est systématiquement exigée par les industriels pour des productions sous contrat, de manière à bien maîtriser le calendrier de production et la qualité des produits ; ce qui justifie l'irrigation dans les zones septentrionales relativement humides de la France.

Après l'augmentation spectaculaire de la surface irriguée au cours des vingt dernières années, on

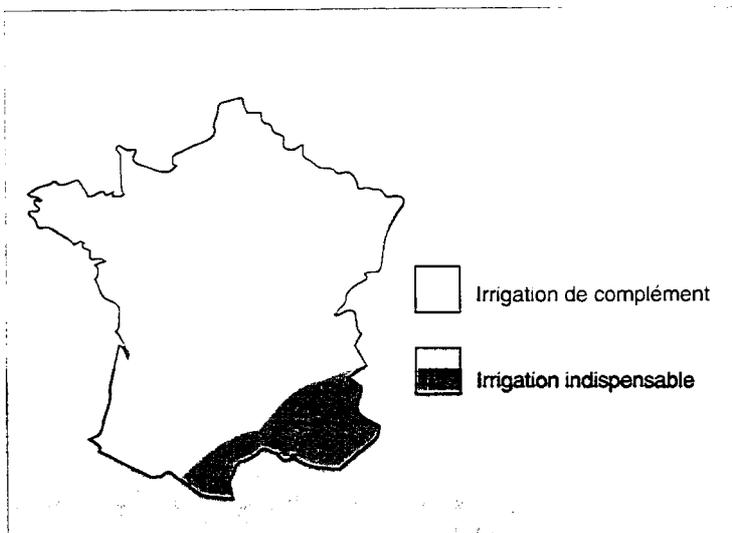


▲ Figure 2. - Evolution des superficies irriguées de quelques cultures en France (Source AGRESTE-RGA 1981, enquêtes structures d'exploitations 1990, 1993)

peut se poser des questions sur son évolution future dans le contexte actuel, compte tenu notamment de la réforme de la politique agricole commune (PAC). Bien que dans l'immédiat un ralentissement très net du développement de l'irrigation soit constaté, il est difficile de prévoir le rythme d'évolution future pour différentes raisons.

Tout d'abord la réforme de la PAC ne concerne que les grandes cultures et les cultures fourragères à base de céréales, qui occupent environ 50 % de la superficie irriguée. Il n'y a pas de conséquence

▼ Figure 3. - Localisation des grands types d'irrigation en France



sur les marchés de production légumière et arboricole. D'autre part, même pour les grandes cultures, les primes spécifiques consenties aux cultures irriguées peuvent favoriser leur développement. Les premières informations recueillies à travers le suivi des surfaces bénéficiant des aides compensatoires (ONIC-SCEES), semblent indiquer qu'après un ralentissement sensible en 1991, l'irrigation des grandes cultures a retrouvé un rythme soutenu en 1993. Il semblerait cependant que l'accroissement des superficies irriguées se fait dans un premier temps grâce à une relative extensification de la production, en utilisant des équipements existants, ce qui se traduit par un ralentissement des investissements. On ne doit pas écarter néanmoins une modification de comportement économique plus profond : qui fait que le développement de l'irrigation peut devenir peu rentable dans des zones d'irrigation de complément où l'on peut obtenir déjà des rendements relativement élevés en sec.

Quoi qu'il en soit, la réduction de variabilité du revenu qu'assure l'irrigation incitera vraisemblablement au maintien des surfaces déjà équipées, dans la plupart des cas.

Au niveau mondial, l'irrigation contribue grandement à l'accroissement du revenu et à la production agricole. C'est un facteur essentiel de la sécurité alimentaire : 30 à 40 % des disponibilités vivrières mondiales proviennent des 16 % irrigués de la superficie cultivée ; environ 55 % de la production totale de blé et de riz sont obtenus grâce à l'irrigation. Cette importance de l'irrigation pour la satisfaction des besoins alimentaires devrait encore croître à l'avenir. Les experts de la Banque Mondiale et du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) considèrent que 80 % des besoins alimentaires, nécessaires aux trois milliards d'êtres humains supplémentaires attendus d'ici l'an 2025, ne pourront être satisfaits que par des productions irriguées (FAO - 1993).

Les conséquences du développement de l'irrigation sur la ressource en eau

L'évolution des superficies irriguées se traduit par un fort accroissement de la consommation en eau agricole, qui fait que l'agriculture est, de loin, le plus gros consommateur d'eau (Le Bars et Rieul, 1993).

■ En France : des efforts inégaux de stockage et transport de l'eau

La consommation en eau agricole s'est accrue d'environ 45 % au cours de la dernière décennie, pour atteindre environ 3 milliards de m³/an, soit 40 % des consommations totales annuelles. Celles-ci sont de l'ordre de 7,5 milliards de m³. Comparés aux 440 milliards de m³, qui correspondent au volume moyen annuel des précipitations en France et dont on estime qu'environ une centaine de milliards de m³ seraient exploitables, ces chiffres ne seraient pas alarmants. Ces valeurs globales masquent néanmoins de fortes disparités dans le temps et dans l'espace. Les besoins en eau d'irrigation se manifestent essentiellement en période estivale, alors que l'étiage de la plupart des cours d'eau est le plus fort. A cette époque et dans certaines régions, les besoins agricoles peuvent être supérieurs à 80 % de la consommation en eau.

Dans l'espace, les surfaces irriguées se sont développées surtout dans l'ouest de la France, au cours de ces dernières années. On constate un accroissement de la consommation en eau de l'ordre de 40 % dans ces régions de 1978 à 1988, alors que les consommations ont globalement stagné par ailleurs.

Parallèlement à l'évolution des consommations, de nouvelles ressources ont été créées à un rythme sensiblement équivalent dans la région Midi-Pyrénées. En revanche en Poitou-Charentes, dans le Centre voire en Aquitaine, on constate un décalage important entre la consommation en eau et l'aménagement des ressources.

Ceci explique les fortes tensions révélées dans ces régions au cours des sécheresses récentes : les possibilités d'irriguer ont été limitées, l'eau potable a été rationnée, certains usages non prioritaires tels que l'arrosage des jardins et le lavage des voitures ont été interdits ; la navigation de plaisance a été interrompue sur le canal du Midi.

Outre les situations de crise, des atteintes importantes au milieu naturel ont été constatées : en 1990, 11 000 km de cours d'eau ont été asséchés, des phénomènes d'eutrophisation sont apparus en de nombreux endroits et le niveau des nappes s'est abaissé de façon importante.

Mais la sécheresse n'est pas le seul facteur de crise. Il est difficile de faire la part entre les défaillances dues à la sécheresse et celles qui résultent de l'ac-

croissement de la demande en eau, qui ne s'est pas accompagnée d'aménagement de la ressource. Le sentiment de crise est ressenti par la société dès qu'il y a rationnement et dégradation brutale du milieu aquatique, quelle qu'en soit la cause. Amplifié par les médias, cela a conduit à une mise en cause des agriculteurs qui traduit une certaine méconnaissance des réalités techniques et une compréhension sociale insuffisante des problèmes.

Les pénuries en eau relèvent de trois principaux types. Les aléas climatiques de courte durée conduisent à des crises passagères, que les agriculteurs peuvent gérer à travers leur stratégie d'irrigation. Des sécheresses, telles que celles des dernières années, affectent durablement la disponibilité des ressources en eau et conduisent à des crises « hydrologiques », prévisibles à l'avance, qui doivent être gérées par la collectivité. L'insuffisance chronique des ressources en eau, due au déséquilibre entre des ressources limitées et une demande croissante, conduit à une crise à caractère structurel.

Ce type de crise devient fréquent là où les ressources en eau sont limitées ou ne sont ni gérées ni aménagées préalablement au développement de l'irrigation. Tel est le cas dans l'ouest de la France et dans le bassin Parisien, où l'irrigation s'est développée de manière individuelle à partir de pompes dans les nappes ou de prises en rivières, sans gestion collective des prélèvements. Le problème se pose également dans le Sud-Ouest où le rythme de création de réserves freine l'accroissement des surfaces irriguées.

Au contraire, le Sud-Est, la région la plus sèche, ne connaît pratiquement pas de difficultés, grâce aux gros équipements existants sous forme de barrages (Serre-Ponçon, barrages du Verdon) ou de dérivations sur le Rhône (Canal du Bas-Rhône-Languedoc) et sur la Durance (Canal de Provence). Cela montre bien toute l'importance des aménagements destinés au stockage et au transport de l'eau. Cependant les équipements créés pour aménager la ressource peuvent avoir un impact néfaste sur le milieu. Des forages mal réalisés peuvent entraîner des contaminations des nappes souterraines. L'implantation de barrages peut avoir des impacts nuisibles, tant dans la retenue que pour le cours d'eau (obstacle à la migration des poissons, dégradation de la qualité de l'eau ...). Les programmes de mobilisation de la ressource en eau doivent faire l'objet d'études préalables approfondies contenant, outre

les aspects techniques et socio-économiques, des études d'impact écologique.

Les atteintes au milieu sont de moins en moins bien supportées socialement. Deux principes sont en effet désormais acquis : l'unicité de la ressource en eau comprenant les eaux superficielles et les eaux souterraines) et la reconnaissance des systèmes aquatiques en tant que milieux vivants. La législation y fait référence (loi pêche, loi sur l'eau) et la société les affirme. De plus en plus, les décisions d'équipement pour l'irrigation doivent être prises en tenant compte du milieu naturel.

■ *Dans le monde, jusqu'à 90 % de l'eau pour l'agriculture*

Au *niveau mondial*, on estime que plus des deux tiers de l'eau utilisée sert à l'irrigation, le tiers restant étant réparti entre les usages domestiques et industriels. Néanmoins, là encore, les valeurs moyennes ne traduisent pas l'importante consommation des pays arides d'Afrique du Nord, du Proche-Orient et d'Afrique subsaharienne où l'irrigation est pratiquée de façon massive. Dans ces zones, la consommation agricole atteint 80 à 90 % de la consommation totale. Dans certains de ces pays (Algérie, Egypte, Israël, Arabie Saoudite...), la consommation en eau est égale voire supérieure, aux volumes moyens des apports naturels. La pénurie y est chronique et quelques pays ont commencé à vivre sur leurs réserves souterraines non renouvelables (FAO, 1993).

Devant cette situation préoccupante, de nombreuses organisations internationales, nationales ou locales multiplient les efforts pour sensibiliser les responsables politiques et les populations au fait que l'eau est une ressource précieuse de plus en plus rare, que le mauvais usage qu'on en fait menace gravement le développement et l'environnement de nombreux pays et qu'il importe de tout mettre en œuvre pour gérer et utiliser la ressource en eau de manière plus efficace.

Certes, la recherche d'une meilleure utilisation des potentialités agronomiques en sec en tant qu'alternative possible au développement de l'irrigation ne doit pas être négligée. Néanmoins, en l'état actuel des connaissances, cela ne permettra pas de faire face aux besoins alimentaires mondiaux croissants, notamment dans les pays en développement où la croissance démographique est forte. Il est massivement admis que l'irrigation est et restera un fac-

teur clé pour garantir l'efficacité et la sécurité de la production agricole mondiale. De plus en plus il sera demandé à l'agriculture de produire davantage, de manière durable, avec moins d'eau.

Des réponses pour un meilleur usage de l'eau en agriculture

En France, devant l'acuité des problèmes soulevés lors des sécheresses des années 1989-1990, un colloque fut organisé dans le cadre du Salon de l'Agriculture en mars 1990 (ministère de l'Agriculture, Cemagref, CENECA, 1990). Un groupe de travail « Ressource en eau et agriculture » a été chargé ensuite d'analyser la situation et de faire des propositions pour améliorer la convergence entre les attentes des agriculteurs et une bonne gestion du patrimoine que représentent les systèmes aquatiques. Les travaux de ce groupe ont été présentés dans le cadre d'assises nationales de l'eau en mars 1991 (ministère de l'Environnement, 1991). A partir d'un état des lieux et de l'examen des déterminants du développement de l'irrigation, le groupe a identifié les moyens susceptibles de mieux concilier les activités agricoles et le respect du milieu aquatique. Ces moyens visent deux objectifs essentiels : économiser l'eau, planifier l'aménagement et la gestion de la ressource en eau.

■ Irriguer avec moins d'eau

Des économies d'eau significatives sont possibles dans toutes les régions irriguées ; l'efficacité hydraulique de l'irrigation n'est de l'ordre que de 40 à 50 % dans la plupart des régions où domine la technique ancienne d'irrigation gravitaire. Elle peut atteindre voire dépasser 80 % grâce aux acquis de la recherche et de la technologie. Cela dépend autant de la modernisation des ouvrages de transport d'eau que d'une meilleure maîtrise de l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole.

La modernisation des réseaux

La modernisation des réseaux consiste à revêtir les vieux canaux en terre ou à les remplacer par des conduites sous pression et à équiper les systèmes de dispositifs de régulation.

La régulation des transports d'eau est indispensable pour éviter ou limiter les pertes de volumes d'eau non utilisés. L'objectif est d'ajuster les lâchures des barrages réservoirs ou les quantités d'eau qui transitent dans les différents biefs des canaux en fonction

de l'évolution des besoins, tout en tenant compte des temps de transit de l'eau. Des systèmes informatisés de gestion automatique des ouvrages de régulation, à partir d'information en temps réel de l'évolution de paramètres indicateurs de la demande, permettent aujourd'hui d'obtenir de bons résultats. On estime que la régulation du Canal de Provence dans le Sud-Est et les systèmes de gestion automatique des barrages réservoirs mis en œuvre par la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne dans le sud-ouest de la France ont permis des économies de l'ordre de 20 % des volumes prélevés dans les cours d'eau ou stockés dans les réserves concernées. L'application de tels systèmes doit être développée.

La maîtrise de l'irrigation

Au niveau de l'exploitation agricole, une meilleure maîtrise de l'irrigation peut contribuer à réduire les consommations d'eau de façon non négligeable.

La maîtrise de l'irrigation consiste à ajuster les apports d'eau aux besoins réels des cultures en fonction d'un objectif de production choisi. Il ne s'agit plus d'irriguer copieusement pour maintenir les cultures dans un confort hydrique permanent, mais d'apporter le strict minimum d'eau dont la plante a besoin pour atteindre le rendement et la qualité choisis.

Les progrès de la recherche agronomique ont amélioré la connaissance des besoins en eau des plantes et de leur sensibilité à la sécheresse, aux différents stades de leur cycle végétatif. Des fonctions de production ont été établies pour les espèces de cultures les plus courantes. Elles permettent de déterminer les rendements de ces cultures en fonction du taux de satisfaction de leurs besoins en eau. Ces connaissances permettent d'optimiser les assolements irrigués et les stratégies d'irrigation. Cela consiste à rechercher la combinaison des cultures et le programme d'irrigation qui valorisent le mieux une quantité d'eau limitée.

Il s'agit ensuite de piloter correctement l'irrigation pour réaliser la stratégie choisie. Divers outils ont été mis au point pour ce faire (RNED-HA : Réseau National d'Etude et de Développement Hydraulique Agricole - 1995).

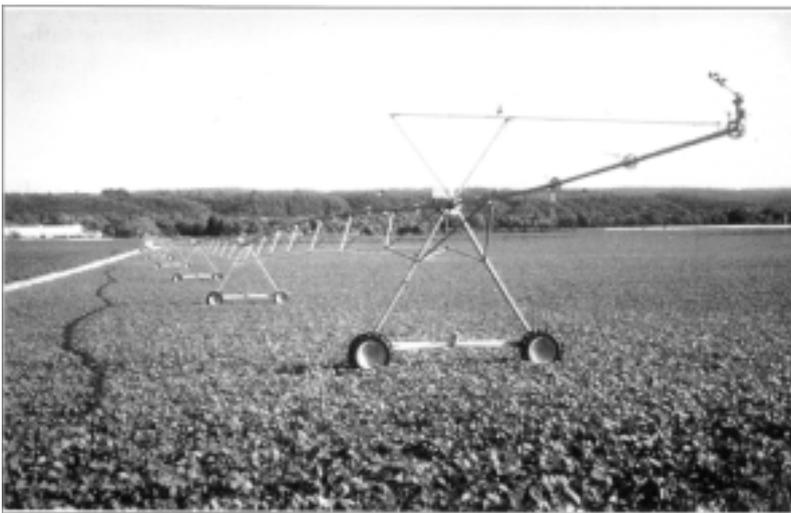
La méthode la plus utilisée est celle du bilan hydrique. Comme son nom l'indique, elle consiste à tenir le bilan de la consommation en eau de la culture et des apports du sol, réapprovisionnés par les pluies et par l'irrigation. De nombreux modè-

Trois techniques d'irrigation

Mode d'irrigation le plus ancien, l'*irrigation gravitaire*, ou irrigation de surface, reste encore la plus répandue dans le monde.

Sous la forme traditionnelle, l'eau est distribuée par des canaux en terre dominant la parcelle, dans lesquels sont ouvertes des brèches qui laissent s'écouler l'eau dans les raies, les planches ou les bassins. Les pertes d'eau dans les canaux en terre et l'hétérogénéité des arrosages engendrent un gaspillage.

Des efforts ont donc été réalisés au cours des dernières décennies pour moderniser ce mode d'irrigation afin d'améliorer son efficacité, tout en réduisant les charges de main-d'œuvre. On utilise désormais des matériels mécaniques ou automatiques, pour répartir l'eau sur la parcelle. Associés à des méthodes modernes de nivellement des parcelles irriguées (planage au laser), ces équipements permettent d'épandre l'eau de façon homogène et bien contrôlée. Bien utilisés, ils peuvent permettre d'accroître le rendement hydraulique de l'irrigation gravitaire de 20 à 30 % (Berthomé *et Al.*, 1989).



Après la Seconde Guerre mondiale, l'*irrigation par aspersion* s'est rapidement développée, notamment aux Etats-Unis et en Europe.

Constitués initialement d'asperseurs disposés sur des rampes mobiles ou fixes, les systèmes ont évolué vers les machines d'arrosage dont les plus répandues sont l'enrouleur et le pivot. Ces dispositifs modernes, plus onéreux et faisant appel à des produits manufacturés, présentent l'avantage d'être plus faciles d'emploi et d'être automatisables. Plus efficaces que les systèmes gravitaires, ils permettent d'importantes économies d'eau, avec une efficacité hydraulique qui peut atteindre 100 %.

D'abord utilisée sous serre, la *micro-irrigation ou irrigation localisée*, fut appliquée en plein champ en Israël vers 1950. Elle s'est développée ensuite progressivement à partir de 1960, notamment en Israël, en Australie, aux Etats-Unis, en Afrique du Sud et en Europe (Decroix, 1988).

Comme son nom l'indique, l'irrigation localisée consiste à humidifier une partie du sol, dans la zone des racines des cultures, en y apportant fréquemment de petites doses d'eau avec un faible débit. Compte tenu de la fréquence des apports, le pilotage de l'irrigation est automatique. Le mode de pilotage le mieux adapté à cette technique est basé sur le suivi de l'évolution du volume de sol humidifié par des capteurs tensiométriques. Les apports d'eau étant bien contrôlés, on peut amener des fertilisants ou des produits de traitement phytosanitaires par le réseau d'irrigation.

Très performante lorsqu'elle est bien utilisée, la technique de micro-irrigation exige une bonne technicité, tant pour la conception des équipements que pour la conduite de l'irrigation et pour la maintenance des installations.

Bien adaptée aux cultures pérennes (vergers, vignes) et aux cultures spéciales (marâchage, fleurs), la micro-irrigation se développe peu sur les grandes cultures à cause de son coût élevé.



les permettent de calculer ce bilan à partir de données agro-météorologiques et pédologiques.

Une indétermination importante pour l'évaluation du bilan hydrique réside dans l'appréciation des réserves en eau du sol et de sa contribution à l'alimentation des cultures. Une méthode basée sur la mesure de la tension de l'eau dans le sol -la tensiométrie- permet de piloter l'irrigation en fonction de l'évolution de l'état hydrique du sol. La tensiométrie est particulièrement bien adaptée à la micro-irrigation.

On a également cherché à piloter l'irrigation à partir d'indicateurs de stress hydrique de la plante elle-même. Les indicateurs actuellement les plus opérationnels, quoique d'emploi encore relativement marginal, sont la turgescence des organes végétaux - qui diminue lorsque le stress hydrique croît et la température du couvert végétal, qui augmente lorsque l'évapotranspiration de la culture diminue par suite de manque d'eau.

L'irrigation peut être commandée par des dispositifs automatiques qui déterminent l'opportunité d'arroser à partir d'informations météorologiques, tensiométriques, ou sur le stress hydrique de la culture ; ces informations sont mesurées et transmises par des capteurs, en temps réel.

Le pilotage précis de l'irrigation n'est possible que dans la mesure où les techniques d'apport d'eau au champ sont bien contrôlées. *Ces techniques* ont connu une évolution importante au cours du 20^e siècle. Outre la modernisation des équipements gravitaires, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée ou micro-irrigation, se sont développées après la deuxième guerre mondiale (Rieul, 1995).

L'agriculture dispose aujourd'hui de technologies avancées, qui devraient permettre une bonne maîtrise de l'eau à tous les niveaux. Il faut cependant noter que ces technologies sont d'autant plus sophistiquées et onéreuses qu'elles sont performantes. Outre le fait que leur mise en œuvre exige un bon niveau de technicité, les investissements nécessaires à leur acquisition ne sont pas toujours rentables au niveau micro-économique de l'exploitation agricole, de plus en plus menacée par la baisse des prix agricoles.

Par conséquent, la modernisation ne se développe de façon significative que si des mesures incitatives suffisantes l'encouragent. Ces mesures peuvent

intervenir à travers le prix de l'eau et à travers des aides à l'investissement. Celles-ci sont justifiées par l'économie indirecte pour la collectivité, qui résulte d'une meilleure valorisation de l'eau et du développement de la production irriguée. Quoiqu'il en soit, les techniques modernes se développent bien dans les pays développés. Leur transfert dans les pays en développement se heurte à des problèmes socio-économiques (tradition, technicité, capacité d'investissement, etc) difficilement solubles à court et moyen terme.

■ *Planification des aménagements et de la gestion de la ressource en eau : SDAGE et SAGE*

Les économies d'eau apportent une amélioration sensible, mais lorsque le déséquilibre entre la ressource et la demande est important elles ne suffisent pas à concilier les besoins de l'activité agricole avec le respect des autres usages. Il convient alors de planifier les utilisations de l'eau et les aménagements de nouvelles ressources, autant que possible dans le cadre d'une gestion prévisionnelle globale de la ressource en eau. Compte tenu des usages multiples et des intérêts divergents, des concertations sont nécessaires pour concilier les différentes attentes et définir les règles d'arbitrage au mieux de l'intérêt collectif. L'autorité publique doit ensuite avoir les moyens d'arbitrer et de faire appliquer les décisions.

Les dispositions de la nouvelle loi française sur l'eau, promulguée le 3 janvier 1993, ont l'ambition de répondre à ces nécessités en organisant la concertation et la cohérence à deux niveaux. Elle prescrit des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), qui doivent fixer pour chaque bassin ou groupement de bassins les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau. Pour chaque bassin ou groupement de sous bassins correspondant à une unité hydrographique ou un aquifère, un schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) fixe les objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur et de protection des ressources en eau.

Les SDAGE sont élaborés par les comités de bassin qui associent à cette élaboration les conseils régionaux et généraux concernés.

Pour l'élaboration, la révision et le suivi de l'application des SAGE, des commissions locales de l'eau seront créées. Ces commissions comprendront

pour moitié des représentants des collectivités locales, pour un quart des représentants des usagers, pour un quart des représentants de l'Etat.

Enfin, pour faciliter la réalisation des objectifs des SAGE, des communautés locales de l'eau pourront associer les collectivités locales concernées sous forme d'établissements publics. Ces communautés pourront associer à leurs travaux les associations ou syndicats ayant des activités dans le domaine de l'eau, et notamment les associations d'irrigants.

La loi généralise également le contrôle des prélèvements. Désormais ceux-ci sont soumis à autorisation ou à déclaration, et les prises d'eau doivent être équipées de moyens de mesure ou d'évaluation appropriés.

Enfin, la tarification de l'eau doit être conçue de manière à jouer un rôle incitatif pour l'économie de l'eau. Elle doit refléter les choix politiques en renforçant les messages transmis par les prix et faire partie d'un contrat entre le gestionnaire de la ressource en eau et les agriculteurs.

Ces principes se retrouvent dans l'évolution des pays en développement. Pour améliorer l'efficacité, des efforts sont entrepris dans tous les pays pour organiser des associations d'usagers de l'eau agricole et leur transférer des responsabilités de participation à la conception et à la gestion des réseaux. Les Etats s'en désengagent de plus en plus au profit d'organismes décentralisés ou d'initiatives privées, tout en recherchant les moyens d'améliorer l'économie et la productivité de l'eau à travers des orientations politiques et des mesures réglementaires.

L'économie d'eau en irrigation : des techniques et des politiques

L'irrigation joue un rôle essentiel pour le développement agricole et la production des denrées vivrières nécessaires à la satisfaction des besoins alimentaires croissants ; ceci conduit à penser que le développement de l'humanité est étroitement lié au succès de l'irrigation.

Dès l'origine des civilisations, les eaux des grands fleuves d'Orient ont structuré les empires et marqué les organisations sociales. L'irrigation a connu ensuite un développement important au 19^e et au 20^e siècle, grâce à de grands travaux d'aménagement

hydrauliques qui ont permis de mobiliser des ressources, qui paraissaient inépuisables. Au fur et à mesure que les populations s'accroissent et que la consommation de l'eau s'amplifie, les limites des disponibilités en eau douce se font sentir de plus en plus et la concurrence pour les usages de l'eau menace le développement de l'irrigation. Compte tenu des coûts financiers et environnementaux de mobilisation de nouvelles ressources, de plus en plus rares et difficiles à utiliser, l'extension des surfaces irriguées dépend beaucoup des économies d'eau possibles et de la réaffectation des ressources existantes qu'il faut mieux valoriser. Les progrès de la recherche et de la technologie permettent de telles économies, mais ne sont pas toujours accessibles aux pays les plus touchés par le manque d'eau. Conscients de ce problème, les organismes internationaux et nationaux s'efforcent, pour la plupart, de définir des politiques et des mesures pour le résoudre. Il importe que le monde agricole y soit associé de manière suffisante pour que les solutions soient adaptées à ses besoins et à ses moyens et qu'il soit non plus le plus gros consommateur d'eau, mais celui qui la valorise le mieux.

En France, le contexte économique actuel, la réforme de la politique agricole commune et la concurrence pour les usages de l'eau se sont conjugués pour ralentir le développement des surfaces irriguées. L'irrigation reste néanmoins un facteur clé pour assurer la régularité et la qualité de la production agricole. Les progrès constants pour la maîtrise de l'irrigation et l'économie d'eau qui en résulte d'une part, les dispositions de la loi sur l'eau d'autre part devraient permettre la continuation d'un développement de l'irrigation raisonnable et en harmonie avec le respect de l'environnement. □

Résumé

Pratique plus que millénaire dans le monde, l'irrigation s'est beaucoup développée aux 19^e et 20^e siècles. Il en résulte un fort accroissement de la consommation en eau agricole. La ressource en eau étant insuffisante, la concurrence pour son usage s'accroît et le milieu naturel est menacé. Les efforts se multiplient pour y sensibiliser les populations. Quand la mobilisation de nouvelles ressources est impossible, l'extension de l'irrigation dépend des économies d'eau possibles : modernisation des réseaux d'adduction, régulation des transports d'eau, meilleure gestion des périmètres irrigués, meilleure maîtrise des techniques et des pratiques de l'irrigation. La plupart des pays prennent des orientations politiques et des dispositions réglementaires dans ce sens (loi française sur l'eau 1993).

Abstract

Irrigation has been practised in the world for thousands of years but expanded during the 19 and 20 centuries. The practice of irrigation by sprinkler used in France since the second World War has caused a rapid increase in irrigated areas in the South-east (relatively dry climate), the West, Centre, East and North where it compensates for irregular weather patterns. If there are inadequate water resources, there is increased competition for its usage and the natural environment is threatened. Increased efforts are being made everywhere to make the politicians and inhabitants aware of this problem. When new water resources cannot be exploited, the extension of irrigation then depends on possible ways of water economy: modernising the water piping networks, monitoring transport, better control of irrigation techniques and practice, better management of irrigation networks, water resources and usage. Most countries have a water policy and regulations covering this (1993 French water law).

Bibliographie

- BERTHOMÉ, P., *et AL*, 1989. Acquisition de références technico-économiques sur les matériels d'irrigation de surface (ARTEMIS), *Rapport de synthèse*, DDAF 13 (49 p.)
- DECROIX, M., 1988. La micro-irrigation dans le monde. Cemagref-DICOVA Antony (208 p.)
- FAO, 1993. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, FAO Rome (306 p.)
- FRAMJI, GARG, LUTHRA, 1981. Irrigation et drainage dans le monde ; une revue globale. Actes du 11^{ème} Congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage (CIID), Grenoble ; session spéciale sur l'histoire des irrigations, du drainage et du contrôle des crues. - CIID - New-Delhi.
- JAUBERT DE PASSA, M., 1981. Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens. Préface de Roland Darves-Bornoz. Edition d'aujourd'hui, Paris (4 vol.), Réédition Bouchard-Huzord, 1846 (6 parties).
- LE BARS, Y., RIEUL, L., 1993. L'eau et l'agriculture en France. 15^{ème} Congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage (CIID). La Haye ; session spéciale sur l'irrigation et le drainage en concurrence pour l'eau - CIID New-Delhi. (p ; 87 à 105).
- LESAFFRE, B. ; RIEUL, L., 1992. L'irrigation : situation actuelle et perspectives, *Comptes rendus*, Académie d'Agriculture, Vol. 78 ; n° 6 (p. 35 à 50)
- Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, Cemagref, CENECA 1990 : Eau et agriculture ; leçon d'une sécheresse, *Acte du colloque*, Cemagref-DICOVA, Antony (240 p.).
- Ministère de l'agriculture, 1991. Irrigation et drainage en France. AGRESTE-ETUDES, n° 13, Déc. 1991, Paris. (32 p.)
- Ministère de l'Environnement, 1991. Ressource en eau et agriculture ; *rapport* du groupe de travail aux assises de l'eau, Cemagref (16 p.)
- RIEUL, L., 1995. Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût, Actes du séminaire international sur les aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen, Marrakech 1995. (22 p.).
- RNED-HA, 1992. Irrigation, *guide pratique*. Cemagref-France Agricole (294 p.).
- RNED-HA, 1995 : la conduite de l'irrigation ; de la stratégie au pilotage de l'irrigation. Cemagref édition - Antony (124 p.)