

Focus

La modernisation des canaux d'irrigation : apports de l'automatisation pour la gestion opérationnelle

Actuellement, les performances des canaux d'irrigation gérés manuellement ne permettent plus de répondre aux nouveaux enjeux des périmètres irrigués, tant sur les aspects ressources que sur les usages. L'automatisation est un des éléments permettant de faire face à ces nouveaux enjeux. Cet article s'intéresse plus particulièrement aux apports de l'automatisation pour les économies d'eau et l'amélioration de la qualité de distribution et nous présente différentes approches possibles pour automatiser un canal.

Limite de la gestion manuelle

La gestion opérationnelle des canaux d'irrigation est rendue difficile du fait :

- des contraintes techniques : complexité du fonctionnement des ouvrages, interactions hydrauliques entre ouvrages-prises-biefs, temps de retard importants, non-linéarités des phénomènes hydrauliques dans les biefs et aux ouvrages ;
- des contraintes de fonctionnement : risques de débordement, stabilité des berges, niveaux d'alimentation des prises à respecter.

De ce fait, la qualité de distribution des canaux gérés manuellement est souvent très médiocre, pour des périmètres fonctionnant bien en deçà de leur potentiel :

- pour le riz, par exemple, les rendements obtenus sont de l'ordre de 1,5 à 2 tonnes par hectare au lieu des 6 tonnes par hectare considérées comme réalisables (Plusquellec, 1988) ;
- l'efficacité hydraulique, c'est-à-dire le rapport entre l'eau distribuée aux usagers (ex. : en tête des parcelles) et l'eau prélevée dans le barrage ou dans le milieu naturel, ne dépasse pas 30% alors qu'il serait possible d'atteindre 60% (Plusquellec *et al.*, 1994).

Les efficacités dont on parle ici sont celles du réseau de distribution, de la ressource à la prise, et ne tiennent donc pas compte des pertes au niveau des parcelles, qui dépendent fortement du mode d'irrigation (gravitaire, aspersion, goutte-à-goutte) et des pratiques des agriculteurs (débit, durée et fréquence des arrosages).

Une étude du ministère de l'Intérieur américain, réalisée sur plus de soixante périmètres irrigués situés aux États-Unis, évalue à 44% l'efficacité moyenne et conclut qu'une meilleure gestion du système de transport et de distribution principal permettrait d'atteindre une valeur de 61% (Rapport 1978, cité par *American Society of*

Civil Engineers, 1993). Des enquêtes réalisées en France sur plus de trois cents canaux d'irrigation conduisent au même constat (Cemagref, 1997, 2010).

En outre, les conditions de fonctionnement de ces réseaux sont parfois source de contraintes, voire de conflits pour les agriculteurs et les gestionnaires :

- la distribution au tour d'eau est contraignante pour les usagers. Dans ce mode de distribution, chaque usager a accès à l'eau à tour de rôle selon un calendrier préétabli en début de saison, et parfois réajusté ensuite selon diverses modalités ;
- il existe des inégalités de distribution entre les usagers situés à l'amont, souvent favorisés, et ceux situés à l'aval. Des recherches ont été menées pour améliorer la qualité de la gestion de ces canaux, en conservant les structures existantes et la gestion manuelle (Malaterre *et al.*, 1998). Mais la mise en application de nouvelles procédures manuelles de gestion est souvent délicate sur le long terme. Les contraintes pour le gestionnaire sont importantes (mesure régulière de variables hydrauliques, calculs hydrauliques, coordination des manœuvres des gardes-canal, communication avec les usagers). Les gains sont difficilement quantifiables (certainement des économies d'eau à la clef et une plus grande satisfaction des usages, mais il existera toujours des plaintes compte tenu du contexte de pénurie généralement structurel). Cette piste n'est pas à abandonner, mais elle atteint ses limites rapidement, et concrètement, peu d'exemples de succès existent dans le monde.

Intérêt de l'automatisation

Lorsque les conditions socio-économiques le permettent (disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée, réseaux électriques et de communication [téléphone, GSM ou radio] fiables, pièces de rechange disponibles, pas de



❶ Vannes automatiques AVIS du canal de Boisgeline Craponne.

dégradation des installations par les usagers, etc.), l'automatisation des ouvrages est une voie possible d'amélioration de la régulation d'un canal d'irrigation. Le but est d'atteindre les objectifs de gestion souhaités, en réduisant, voire éliminant les interventions humaines.

Le principe de l'automatisation de la gestion opérationnelle des systèmes hydrauliques à surface libre est de mettre en œuvre des matériels (ex. : souvent des vannes – photo ❶ – ou des seuils, parfois des pompes, accompagnés de leurs capteurs et moteurs le cas échéant) et des procédures associées (ex. : algorithmes programmés dans un superviseur ou dans un automate programmable, ou un dispositif purement mécanique : flotteurs et contrepoids).

Plusieurs niveaux d'automatisation existent (Goussard, 1989) :

- surveillance-acquisition automatique de l'état hydraulique du canal (débits, hauteurs d'eau) et des ouvrages (ouvertures des vannes, pannes, états des équipements) ;
- télécommande des systèmes d'ouverture et de fermeture des vannes, seuils, pompes ;
- automatisme de manœuvre (une vanne va s'ouvrir automatiquement pour atteindre une ouverture donnée et s'y maintenir) ;
- automatisme de réglage (une vanne va s'ouvrir automatiquement pour garantir un niveau ou un débit quelque part dans le canal, en général à proximité de cette vanne, mais aussi potentiellement à distance) ;
- élaboration automatique des consignes et/ou des ordres (en utilisant des informations sur les demandes des usagers, les données météorologiques, les ressources disponibles et la connaissance du fonctionnement hydraulique du canal et de ses ouvrages).

Les avantages de l'automatisation des systèmes d'irrigation sont nombreux (Framji *et al.*, 1978 ; Goussard, 1989 ; Mareels *et al.*, 2005) :

- économie d'eau, avec une utilisation optimale de l'eau disponible, dans un contexte de compétitivité de plus en plus forte entre usagers ;
- qualité de service, vers une distribution à la demande au lieu d'une distribution au tour d'eau ;
- plus grande sécurité des ouvrages, avec la capacité de détecter des anomalies et de réagir rapidement (gestion de crise en cas d'orage, de rupture de berge, de pollution accidentelle) ;
- économie sur les coûts d'investissement (à qualité de service comparable, en comparant à d'autres approches comme par exemple, la création de réservoirs tampons ou le surdimensionnement des biefs) ;
- économie sur les coûts de fonctionnement (diminution de personnel qui est souvent difficile à remplacer lors des départs à la retraite du fait des nombreuses astreintes la nuit, le week-end et les jours fériés) ;
- facilité de gestion et d'acquisition d'information (suivi au quotidien, reporting, sauvegarde des données pour les éventuels recours en justice en cas de dommages lors d'inondations).

Des canaux d'irrigation modernes automatisés peuvent dépasser des efficacités de 90 % (ex. : canal de Provence – photo ❷ – ou canal Philippe Lamour en France, canaux du Goulburn Murray System en Australie). Dans ces cas-là, les seules pertes sont dues aux évaporations, infiltrations et fuites au travers des ouvrages. Les pertes par colatures sont ainsi presque complètement éliminées. Les pertes sont de l'ordre de grandeur de la précision de mesure des débits (généralement de 5 à 10 %) et elles sont donc difficiles à quantifier de manière plus précise. Mais l'amélioration de l'efficacité hydraulique via la diminution des pertes n'est pas le seul avantage de l'automatisation. Du fait des temps de réaction rapides et d'une plus grande facilité d'adaptation aux conditions d'offre et de demande en eau, un canal d'irrigation auto-



② Centre général de télé-contrôle du canal de Provence.



③ Ouvrage automatisé sur le canal de Gignac.

Pourquoi l'automatisation réduit les pertes d'eau et améliore la qualité de distribution aux usagers ?

Les pertes dans les réseaux de distribution d'eau à surface libre sont dues à deux sources principales : les pertes réparties linéairement le long du réseau (par évaporation et infiltration), et les pertes dites par colature, c'est-à-dire en bout de réseaux. Une idée reçue est que les pertes principales sont dues aux pertes par évaporation ou infiltration. En fait, il n'en n'est rien. Les pertes par évaporation sont généralement négligeables. Prenons par exemple un canal de 2 m de large et de 50 km de long (ex. : le canal principal de Gignac, tronçon commun, rive droite et rive gauche). Cela représente une surface au miroir de 100 000 m². Pour une évaporation de 5 mm/jour, cela représente donc une perte de 500 m³/jour. Or, un canal de ce gabarit peut faire transiter environ 3 m³/s, soit 259 200 m³/jour. En pourcentage, cela représente donc moins de 0,2 %. Hormis certainement quelques cas particuliers, les pertes par infiltration sont généralement inférieures à 10% ou 15 %. Cela dépend du revêtement du canal et de son état d'entretien. Pour un canal revêtu (généralement en béton), les pertes peuvent être de l'ordre de quelques pourcents.

La principale source de diminution des pertes est donc plutôt obtenue par la diminution des rejets en colature en bout de réseaux : canaux primaires, secondaires ou tertiaires. Ces colatures ont lieu quand l'eau n'est pas utilisée par les usagers, elle s'écoule gravitairement vers les exutoires à l'aval. Les gestionnaires sont souvent obligés de majorer les apports en tête de réseau pour éviter les plaintes des usagers situés à l'aval. Si l'on fait une analogie avec les réseaux sous pression, c'est comme si les usagers laissaient les fontaines collectives ou les robinets individuels couler en permanence, même quand leur usage est terminé. Fermer un robinet dans un réseau sous pression est facile, car le réseau en charge qui alimente ce robinet est capable de retenir cette eau, sans dommage particulier. Par contre, dans un réseau à surface libre traditionnel, si les « robinets » (en l'occurrence, des vannes dans notre cas) sont fermés, cela va créer des débordements des canaux à l'amont. Le moyen de résoudre ce problème est, soit de passer les réseaux à surface libre en réseaux en charge, ce qui est possible pour des réseaux de petite taille (moins de 1 m³/s environ), soit de mettre des ouvrages automatiques, qui jouent le rôle de « robinets » qui se ferment automatiquement de l'aval vers l'amont, lorsque les prélèvements diminuent, et inversement lorsque les prélèvements augmentent, tout en évitant les débordements et assèchement des biefs. Les canaux d'irrigation faisant parfois transiter des débits de plusieurs dizaines ou centaines de mètres cubes par seconde, c'est cette solution qui est adoptée sur les canaux principaux.

Les solutions techniques et technologiques mises en place pour réduire les pertes présentent l'avantage d'améliorer également la qualité de distribution de l'eau aux usagers. En effet, ces vannes automatiques permettent de leur fournir de l'eau lorsqu'ils le souhaitent et d'arrêter d'en fournir lorsque leurs besoins sont satisfaits, lorsque leur main-d'œuvre n'est plus disponible (nuit, week-end), ou lors de problèmes particuliers (pluies, problème de matériels d'arrosage, pompe en panne, etc.).

▶ matisé offre une qualité de distribution de l'eau qui peut s'approcher de ce que nous avons la chance d'avoir dans nos réseaux domestiques d'eau potable. Cette qualité de distribution devient essentielle du fait des demandes de plus en plus exigeantes des usagers, qu'ils soient agricoles, urbains ou industriels. Pour autoriser une diversification des cultures, il faut pouvoir moduler la distribution de l'eau en fonction des besoins agronomiques, des conditions météorologiques et des contraintes de disponibilité ou de matériel des usagers (photo ③).

On peut remarquer que le coût additionnel lié à l'automatisation d'un canal d'irrigation a été évalué à environ 3 % du coût total d'une conception traditionnelle (Plusquellec *et al.*, 1994, p. 67). Ce coût est certainement amené à diminuer du fait du développement et des progrès des dispositifs mécaniques, électriques, électrotechniques et informatiques, contrairement à l'augmentation des coûts en génie civil, gourmand en main-d'œuvre, en matières premières et en énergie (terrassement, béton, fer).

Ces avantages expliquent les efforts consacrés en recherche et développement, depuis les années 1960-1970, pour le contrôle automatique des canaux d'irrigation. Une évolution semblable a lieu dans d'autres domaines de la gestion de l'eau, tels que l'assainissement, l'adduction d'eau potable, la protection contre les crues, la navigation, la production hydroélectrique.

En langage utilisé en gestion industrielle, cette modification du principe de gestion correspond à passer d'une logique à flux poussés (régulation par l'amont) vers une logique à flux tendus (régulation par l'aval).

Diverses variantes de l'automatisation d'un canal

Le principe de l'automatisation d'un canal d'irrigation est d'installer des ouvrages le long de ce canal, à des endroits stratégiques. Le choix de ces endroits est déterminé par des considérations techniques (courbes de remous, alimentation des prises, temps de retards) et économiques (limiter le nombre et le coût des ouvrages). Pour éviter de reproduire les erreurs commises par le passé, il faut également essayer d'anticiper les évolutions futures des usages de ces canaux. Il n'existe pas à notre connaissance de méthodologie unique, reconnue, ni bien renseignée dans la littérature pour mettre au point le cahier des charges, ni pour ensuite le satisfaire. Mais certains bureaux d'étude ont un savoir faire important sur ce sujet et proposent des solutions techniques adaptées aux contextes et contraintes de ces projets. Certains de ces bureaux d'étude sont également des gestionnaires de canaux et profitent ainsi de leur savoir faire en gestion opérationnelle. Chaque bureau d'étude a généralement ses propres méthodologies et solutions techniques (Société du canal de Provence avec la régulation dynamique ou les PI+Prédicteurs de Smith, BRL avec les vannes hydromécaniques et la commande flou, Sogreah avec Bival, Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne avec des contrôleurs à modèle interne, Compagnie nationale du Rhône avec la commande prédictive, beaucoup de ces bureaux d'étude et quelques autres avec des contrôleurs de type PID).

Il existe de nombreuses solutions techniques, suivant les choix des variables manipulées (contrôlées, mesurées, de contrôle), suivant la logique de contrôle (boucle ouverte ou boucle fermée, commande par l'amont ou par l'aval, ou mixte), les algorithmes utilisés (pour le modèle et le contrôleur) et l'implémentation logicielle et matérielle (architecture localisée, hiérarchisée ou centralisée, seuils ou vannes, vannes hydromécaniques ou motorisées, etc.). Ces choix ne sont pas neutres et ont des conséquences

très importantes sur les contraintes en génie civil, sur la complexité et sur les performances globales des canaux ainsi automatisés (Malaterre *et al.*, 1998, 2008).

Enfin, même si réfléchir aux procédures de cette gestion opérationnelle dans des conditions classiques (nominales) devient une préoccupation de plus en plus courante, tenir compte de la fiabilité et de la robustesse des équipements et de leurs algorithmes de régulation doit également être une préoccupation de premier plan. Ceci n'est malheureusement pas toujours le cas, en partie du fait de la complexité technique de ces notions et des outils permettant de les aborder. Si la gestion opérationnelle n'est pas fiable, le service ne sera pas de bonne qualité, ce qui interdira les possibilités de diversification des cultures, et génèrera des comportements alternatifs : forages, stockage, gaspillages, etc. Les questions à aborder pour répondre à ces préoccupations sont : que se passe-t-il si un capteur (ou un moteur, un actionneur, un automate programmable, etc.) tombe en panne ? Les algorithmes de régulation sont-ils robustes face aux changements de conditions hydrauliques (débits forts ou faibles, ouvertures des vannes, changement des frottements par développement de la végétation, changement du gabarit des canaux par éboulement ou sédimentation, etc.) ? Dans un monde en mutations profondes et rapides, les choix réalisés permettront-ils d'adapter le fonctionnement du système à des évolutions futures des demandes et de la ressource ? Actuellement, partout dans le monde, tous les nouveaux canaux d'irrigation sont conçus avec une automatisation de leurs ouvrages (surtout pour les canaux de taille importante) et de plus en plus d'anciens canaux sont modernisés et automatisés. Le nombre et la complexité de ces questions justifient que de plus en plus d'équipes de recherche dans le monde, et en particulier en France, s'y intéressent. ■

Les auteurs

Pierre-Olivier MALATERRE, David DORCHIES et Jean-Pierre BAUME
Irstea, centre de Montpellier, UMR G-EAU, Gestion de l'eau, acteurs et usages
361 rue J.F. Breton, BP 5095, 34196 Montpellier Cedex 5
✉ pierre-olivier.malaterre@irstea.fr
✉ david.dorchies@irstea.fr
✉ jean-pierre.baume@irstea.fr

EN SAVOIR PLUS...

- **ASCE TASK COMMITTEE ON IRRIGATION CANAL SYSTEM HYDRAULIC MODELING**, 1993, Unsteady-flow Modeling of Irrigation Canals, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, n° 119, p. 615-630.
- **CEMAGREF**, 1997, *Régulation et gestion des canaux à surface libre. Inventaire des canaux d'irrigation à surface libre dans le Sud de la France. Enquête et étude des pratiques de régulation et des performances des canaux à but agricole*, Cemagref - Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 75 p.
- **FRAMJI, K., VERDIER, J.**, 1978, *État de l'art n° 1 : Irrigation, drainage et maîtrise des crues*, Chapitre 9 : L'automatique dans l'irrigation, ICID, New Delhi, p. 459-578.
- **GOUSSARD, J.**, 1989, *L'automatisation des réseaux d'irrigation en canaux*, *Commission internationale des irrigations et du drainage*, Groupe de travail sur la construction, la réhabilitation et la modernisation des projets d'irrigation, ICID.
- **MALATERRE, P.-O., ROGERS, D.C., SCHUURMANS, J.**, 1998, Classification of Canal Control Algorithms, *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Jan./Feb. 1998, Vol. 124, n° 1, p. 3-10, ISSN 0733-9437.
- **MALATERRE, P.-O.**, 2008, Control of Irrigation Canals: why and how?, in : *Proceedings of the International Workshop on Numerical Modelling of Hydrodynamics for Water Resources*, Centro Politecnico Superior, University of Zaragoza Spain, June 18-21 2007, p. 271-292, GARCIA NAVARRO, P., PLAYAN, E., Taylor & Francis (Balkema Ed.).
- **MAREELS, I., WEYER, E., OOI, S. K., CANTONI, M., LI, Y., NAIR, G.**, 2005, Systems engineering for irrigation systems: successes and challenges, *Annual Reviews in Control*, n° 29, p. 191-204.
- **PLUSQUELLEC, H., BURT, C., WOLTER, H.**, 1994, Modern Water Control in Irrigation, *World Bank Technical Paper Number 246*, Irrigation and Drainage Series.
- **PLUSQUELLEC, H.**, 1988, *Improving the Operation of Canal Irrigation Systems. An Audiovisual Production*, The Economic Development Institute and the Agriculture and Rural Development Department of the World Bank.
- **US DEPARTMENT OF INTERIOR**, 1978, *Report on the water conservation opportunities study*, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, USA.