Innovations Agronomiques (2008) 2, 53-63

Gestion de l'irrigation : du stratégique au tactique. Quelques apports de la recherche

Jacques-Eric Bergez[1,3], Bernard Lacroix[2,3]

[1] INRA, UMR 1248 AGIR, BP 52627, 31326 Castanet Tolosan, FRANCE

[2] ARVALIS - Institut du végétal, 6 chemin de la côte vieille, 31450 Baziège, FRANCE

[3] UMT « Outils et méthodes pour la gestion quantitative de l'eau : du bloc d'irrigation au collectif d'irrigants »

Résumé

L'irrigation est une pratique culturale complexe qui ne peut se résumer à ouvrir un robinet. Elle est le résultat d'un choix stratégique de l'agriculteur, choix intégrant de l'équipement, des cultures, des surfaces, mais aussi des stratégies de conduite mobilisant des aspects économiques et sociaux. D'un schéma mental initial appelé le plan d'action prévisionnel, l'agriculteur doit ensuite gérer en cours de campagne l'irrigation de ses cultures. Cette gestion intègre le développement de la culture, les conditions climatiques mais également les risques de restriction d'utilisation de la ressource et les pannes. Différents outils ont été développés par la recherche et par les instituts techniques pour aider aux approches aussi bien stratégiques que tactiques. Tout dernièrement l'INRA, ARVALIS - Institut du végétal et le Cetiom se sont groupés sous une structure commune appelée Unité Mixte Technologique pour aller plus loin dans ces questions.

Abstract

Irrigation is quite a difficult agricultural operation. This is not just opening a tap. Irrigation is the result of strategic farmer's behaviour: choice of equipment, crops, soil and surfaces but also economical and social aspects leading to a provisional irrigation strategy. From this mental description, called "provisional management plan", farmers have to manage irrigation along the season. Crop development, weather but also shortage and irrigation bans and break-downs have to be accounted for. Different tools have been developed by the research or by the development to help on the strategic and tactical aspects of irrigation. Lately, INRA, ARVALIS - Institut du végétal and Cetiom joined in a structure called "Joined Technological Unit" to deeper analyse these questions.

Introduction

L'irrigation des grandes cultures est une pratique culturale relativement récente. Débutant dans les années 1960, elle a surtout pris son essor dans les années 1970 (Figure 1). En 30 ans, les surfaces irriguées en France ont alors été multipliées par trois. Depuis le début des années 2000, les surfaces ont eu tendance à se stabiliser voire même à présenter une légère réduction après 2003. Les raisons telles que les fortes sécheresses récurrentes, les modifications de la PAC, la périurbanisation ou les pressions sociales peuvent être avancées (Darses, 2007).

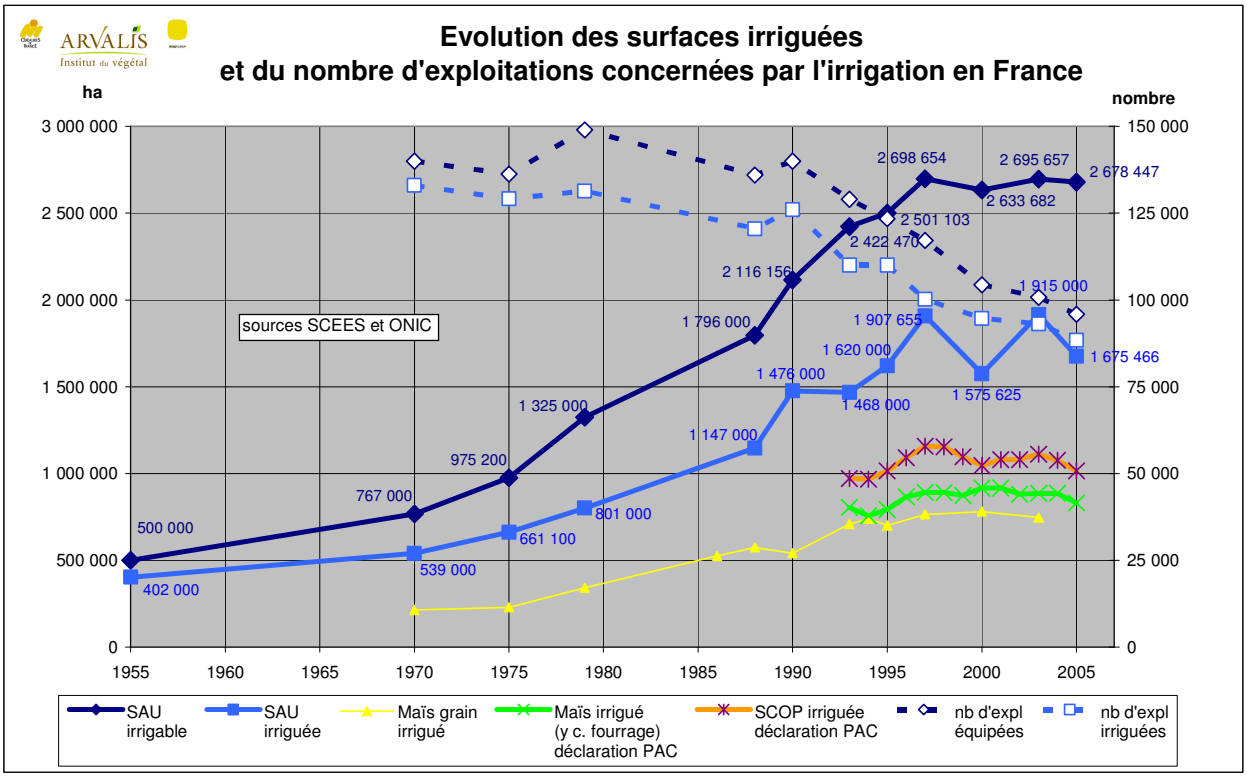


Figure 1: Evolution des surfaces irriguées entre 1955 et 2005 (d'après ARVALIS - Institut du végétal)

Le développement de l'irrigation a permis en premier lieu l'augmentation et la stabilisation des rendements et des revenus des agriculteurs. Ceci a été possible car l'eau d'irrigation permet de combler un déficit de pluviométrie chronique ou aléatoire. L'irrigation a également permis une diversification plus importante des cultures, rendant possible l'implantation de cultures plus fortement demandeuses en eau mais à plus forte marge brute. Indirectement, le développement de l'irrigation a permis de conserver une activité en milieu rural. Cependant, l'augmentation des surfaces irriguées est allée de pair avec une augmentation des prélèvements d'eau par les agriculteurs. Dans un contexte actuel d'étés plus secs, pouvant poser des problèmes pour l'environnement et les loisirs, les prélèvements pour et par l'agriculture sont générateurs de conflits sociaux entre les mondes ruraux et les mondes urbains. Il y a donc un véritable besoin de gestion de l'irrigation.

Outre l'aspect conflit d'usage sur la ressource, d'autres aspects encouragent un raisonnement plus poussé sur la problématique de l'irrigation. Tout d'abord, l'irrigation est une pratique qui coûte cher. Ainsi, une étude du Cemagref (2002) a montré que pour un canon enrouleur, il fallait compter un investissement à l'hectare de l'ordre de 1200 € (occasionnant un amortissement de près de 145 € par hectare et par an) et pour un pivot d'une vingtaine d'hectares, en moyenne 2600 € par hectare étaient nécessaires représentant un amortissement de l'ordre de 300 € par hectare et par an (voir également les chiffes relatifs aux coûts de l'irrigation en Midi-Pyrénées qui seront présentés par Deumier et al dans ce colloque). L'augmentation actuelle du coût de l'énergie a aussi un impact direct sur les charges opérationnelles liées à l'irrigation. Il y a donc un équilibre à trouver entre la valorisation des équipements onéreux (et par exemple l'irrigation des cultures traditionnellement conduites en sec) et la réduction des charges opérationnelles. Ensuite, l'irrigation est une pratique de plus en plus encadrée par différentes législations et réglementations (PAC/Lois sur l'eau). La conduite de l'irrigation est directement concernée. Enfin, l'irrigation comme toute pratique agricole peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement si elle n'est pas correctement raisonnée.

Raisonner la conduite de l'irrigation est alors une nécessité afin d'assurer un optimum économique tout en préservant l'environnement. Cependant au niveau des grandes cultures, la gestion de l'eau ne se résume pas à la gestion de l'irrigation. Il ne sera pas question dans ce papier de l'esquive, de la résistance, de l'évitement ou de la conservation qui sont des éléments de pratique culturale permettant de réduire la demande en eau d'irrigation des cultures. Nous nous focaliserons sur la pratique d'irrigation même. De plus, gérer l'irrigation, ce n'est pas juste ouvrir un robinet. Loin s'en faut !

Cette présentation propose quelques éléments sur le pilotage de l'irrigation. Après une clarification de quelques termes, l'irrigation sera replacée dans un cadre temporel, dissociant les aspects stratégiques des aspects tactiques. Dans une partie suivante, on se focalisera sur la présentation de quelques outils et des questions que cela pose à la recherche. Enfin, dans une partie conclusive, on ouvrira le débat de l'irrigation à la question plus générale de la gestion de l'eau.

De quelle eau parle-t-on ?

Pour bien comprendre la question de l'irrigation, il est important de bien définir ce qu'on appelle les prélèvements en eau d'irrigation par les agriculteurs (Figure 2) :

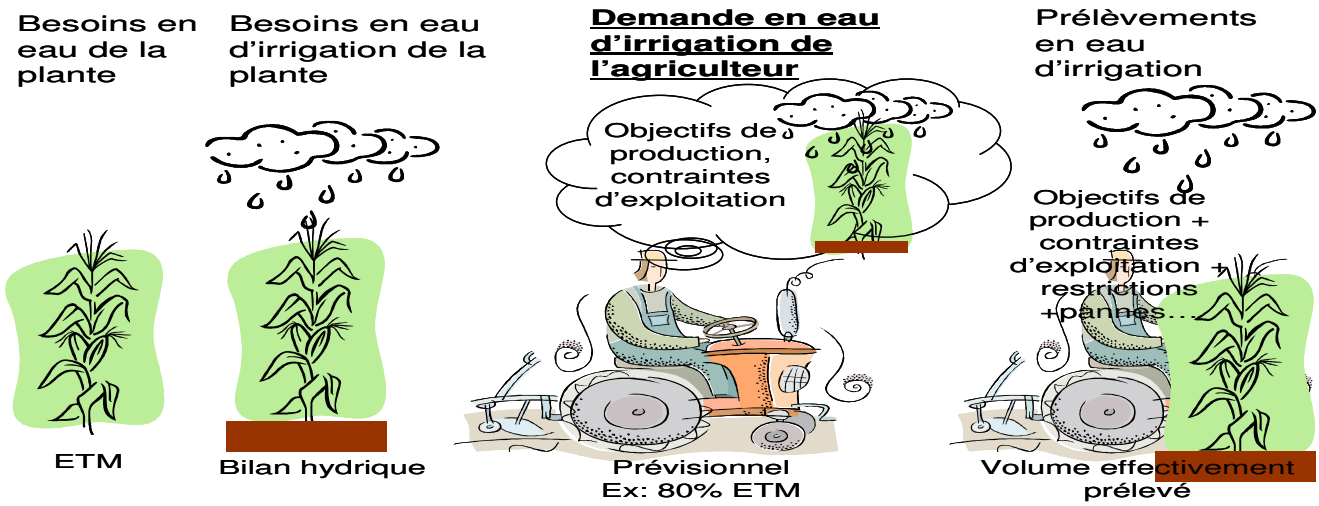


Figure2 : Les différentes demandes en eau : de la plante à l'agriculteur (d'après Maton, 2006).

1) Pour satisfaire la demande évaporative de l'atmosphère, un peuplement végétal dans une parcelle est susceptible d'évapotranspirer en bonnes conditions hydriques une certaine quantité d'eau. Il s'agit de l'ETM (EvapoTranspiration Maximale) ;

2) Le climat permet un certain apport d'eau (pluies, rosées et brouillards). Le sol, qui peut être vu comme un réservoir plus ou moins bien rempli, fournit également de l'eau. Les besoins en eau d'irrigation sont alors la différence entre l'ETM et les apports du climat et du sol ;

3) L'agriculteur peut avoir des stratégies de production qui ne sont pas obligatoirement d'irriguer à 100% d'ETM. Il peut choisir pour des raisons diverses (économiques, de temps de travail, d'équipement) d'irriguer à 60 ou 80% de l'ETM. Une raison très simple est qu'il est impossible à l'agriculteur d'irriguer tous les jours au complément de l'ETM : le matériel utilisé en grandes cultures ne le permet pas ;

4) Finalement, l'agriculteur va demander une certaine quantité d'eau d'irrigation, mais celle-ci pourra être réduite du fait de différentes pannes ou restrictions (arrêtés préfectoraux de restriction de pompage en période d'étiage). Cette dernière valeur correspond aux prélèvements d'irrigation des agriculteurs.

Inscrire la pratique d'irrigation dans un cadre temporel

L'action d'irrigation peut être représentée selon une césure temporelle : une réflexion stratégique, qui se situe en amont de la campagne d'irrigation et une réflexion tactique, qui se situe durant la campagne d'irrigation. A chacune de ces étapes, des outils existent ou sont en cours de développement pour améliorer la maîtrise de l'irrigation (Figure 3).

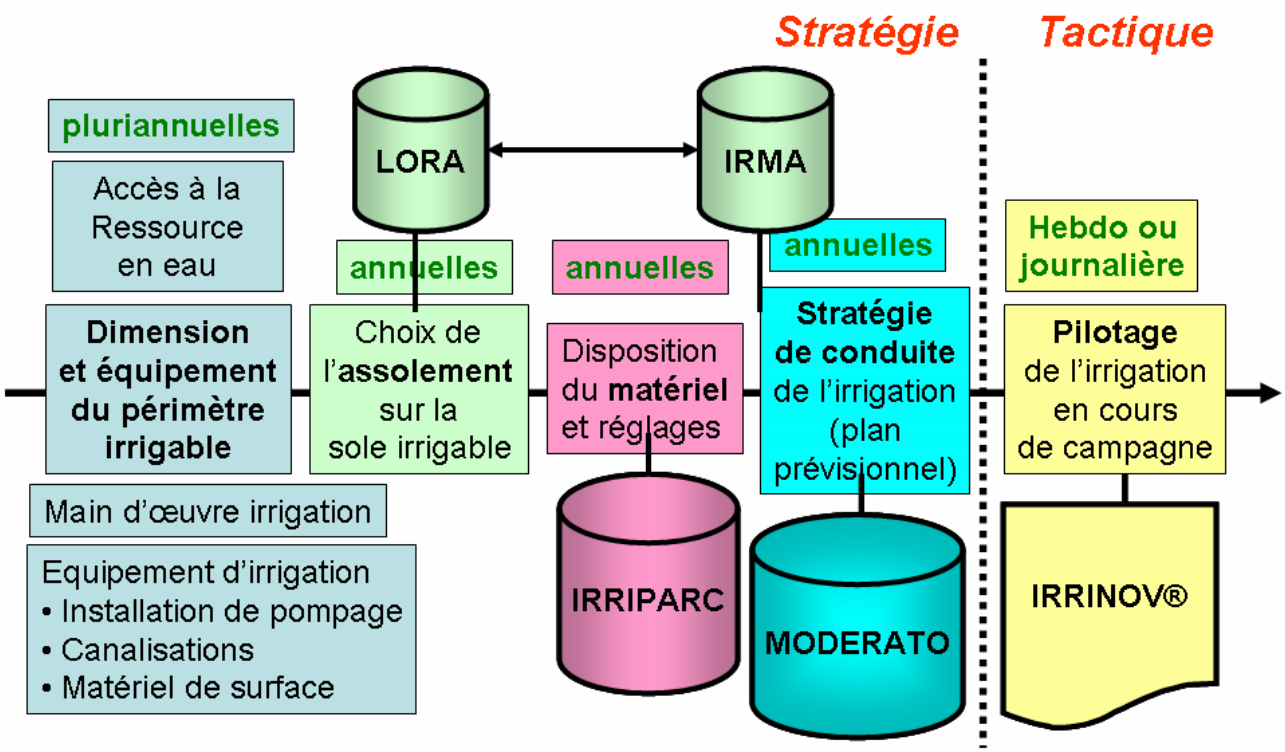


Figure 3 : Différents outils d'aide aux décisions d'irrigation en grandes cultures (d'après Lacroix, 2004)

Dans le domaine stratégique, on distingue les décisions à long terme, touchant à la structure de l'exploitation, des décisions à plus court terme, influant sur la saison de culture à venir (Debaeke et al., 2007). La réflexion stratégique à long terme prend en compte : i) le choix du matériel d'irrigation, ii) les contrats d'accès à l'eau et iii) les créations de ressources. Des progrès importants ont été faits sur le matériel avec notamment l'apparition du contrôle électronique de la vitesse d'avancement des canons. Ce domaine d'activité de recherche est porté par le Cemagref. La réflexion n'est pas que technique. En effet, on voit apparaître des CUMA d'irrigation mutualisant les équipements avec notamment la possibilité de pivots partagés offrant ainsi une meilleure rentabilité du matériel. Des travaux sont menés par le Cemagref (UMR G-EAU - Montpellier) et par le LERNA (INRA – Toulouse) sur le coût de l'irrigation et sur la taxation comme outil de gestion de l'eau agricole. Des études portent également sur le marché de l'eau.

Pour l'approche stratégique en prévision annuelle, on peut différencier des étapes : i) de choix d'assolement (positionner les soles irriguées et les soles en sec, choisir les cultures irriguées ainsi que les variétés), ii) de définition d'un calendrier prévisionnel d'irrigation (positionner dans le temps les opérations culturales concernant l'irrigation en fonction des contraintes climatiques, agronomiques et techniques prévisibles, décider des volumes à apporter par culture et par type de sol) et iii) de disposition et de réglage des matériels (Deumier et al., 2003). Des outils informatiques ont été conçus en partenariat avec l'INRA pour aider les techniciens et indirectement les agriculteurs à optimiser leurs choix d'assolements et leurs stratégies d'irrigation. Ainsi LORA (Jacquin et al., 1993) aide à optimiser l'assolement sur le périmètre irrigable de l'exploitation agricole. Ce logiciel est utilisé dans plusieurs régions (Aquitaine, Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes,…) pour étudier avec les irrigants les évolutions

possibles des systèmes irrigués lors de changements importants de contexte (découplage PAC en 2006, Loi sur l'Eau 2006, nouvelle tarification EDF,…). A partir d'un assolement établi, MODERATO (Bergez et al., 2001), qui couple un modèle biophysique à un modèle décisionnel, permet de rechercher les meilleures règles de décision pour l'irrigation du maïs pour différentes contraintes de volume et de débit.

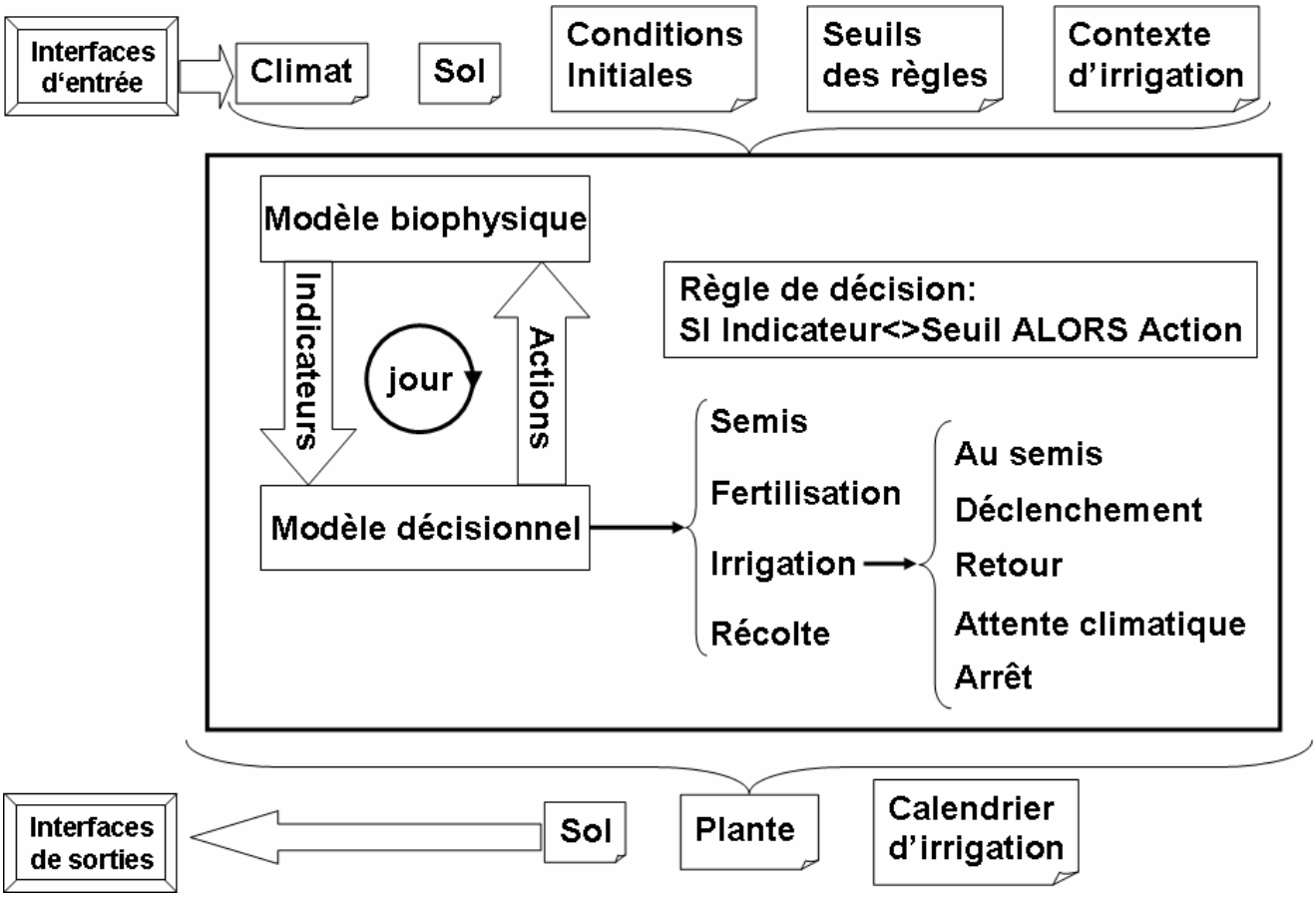


Figure 4 : Les principes de MODERATO. Un modèle biophysique et un modèle décisionnel sont couplés via une boucle de fonctionnement journalière. L'utilisateur renseigne les conditions pédoclimatiques et l'état initial, puis décrit les pratiques soit sous forme de règles, soit sous forme de dates et de quantités. L'outil simule alors le fonctionnement du système sol-plante en fonction des contraintes explicitées. En sortie, des fichiers décrivant le fonctionnement du sol, de la plante mais aussi le calendrier des irrigations sont fournis (d'après Deumier et al., 2006).

Cet outil mobilise des algorithmes d'optimisation de stratégies (Bergez et al., 2004). Il est alors possible pour des conditions hydrauliques et de milieu données de définir un jeu de stratégies optimisant des critères prédéfinis (marge brute, rendement, efficience de l'eau…).

Piloter l'irrigation

Pendant la campagne d'irrigation, l'agriculteur doit mettre en œuvre son plan d'action concernant l'irrigation et adapter les apports au contexte et au système tel qu'il est au moment d'agir. Différents outils existent également pour mieux maîtriser les apports d'eau. Trois questions principales se posent : quels indicateurs pour représenter les besoins d'irrigation ? Quels seuils pour ces indicateurs ? Comment calculer la dose à apporter ?

Lors d'enquêtes menées en 2001 (Clavé, 2001 ; Rouffaud, 2001), il a été demandé aux agriculteurs enquêtés : « *Comment décidez-vous de démarrer votre campagne d'irrigation* ? ». A cette question, des réponses très diverses ont été apportées : « *Quand le sol devient sec* » ; « *Quand la couleur du sol change* » ; « *Quand la terre soufflée par les taupes devient sèche* » ; « *Quand mon voisin démarre* » ; « *Quand la bêche ne rentre plus dans le sol* » ; « *Quand le conseiller dit de démarrer* » ; « *Quand les tensiomètres indiquent une forte tension* » ; « *Quand la plante montre qu'elle souffre, que les feuilles se recroquevillent* ». Comme on peut le voir, les indicateurs sont très variés et souvent subjectifs. Définir de bons indicateurs, des moyens de les mesurer et des seuils adéquats en fonction des conditions spécifiques de l'irrigant est une des questions les plus importantes pour le pilotage de l'irrigation.

La détermination de la dose apportée par tour d'eau n'est pas non plus un choix trivial. La quantité va dépendre de l'équipement d'irrigation (débit disponible et donc temps nécessaire pour apporter une dose unitaire, contraintes de travail pour les horaires de changement de positions, automatisation, …), du sol (profond ou superficiel et donc capacité du sol à retenir la dose apportée sans drainage), en fonction des besoins de la plante (phase sensible ou non), en fonction des contraintes anticipées (restriction ou quota), en fonction de choix de l'agriculteur (rationnement de la culture). Une difficulté supplémentaire relève de la mauvaise connaissance de la dose effectivement appliquée ou d'un écart entre dose souhaitée et dose effective. Cet écart peut être dû à une mauvaise connaissance ou à une usure de l'équipement mais également à des variations de pression dans le réseau de distribution ou plus simplement aux conditions climatiques (le vent qui crée de fortes dérives) ou à l'état de surface du sol, certains équipements étant roulants.

L'outil le plus simple et le plus connu est l'avertissement d'irrigation. Il s'agit d'un outil papier (fax, email ou lettre suivant les départements) qui renseigne sur l'état des cultures, les besoins en eau et les prévisions en irrigation pour la semaine à venir. Une étude de 2001 menée à l'initiative de la Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées (Mircovitch, 2001) a montré qu'en Midi-Pyrénées, seulement 1/3 des exploitants recevant le bulletin l'utilisaient pour leur pratique ! Cet outil est surtout utilisé lors du démarrage de la campagne d'irrigation. Il est important d'analyser l'avertissement comme une ressource informationnelle, c'est-à-dire de mieux en définir le support, l'origine et le contenu (Magne et al., 2007) afin que ces informations soient mieux valorisées par l'exploitant.

Il existe ensuite des outils basés sur le bilan hydrique. C'est le cas du BHYP (Bilan hydrique prévisionnel, développé par la Chambre d'Agriculture de Haute-Garonne) (Deumier et al., 2005). Cet outil est basé sur une représentation dynamique de l'évolution de la réserve en eau du sol prenant en compte l'évapotranspiration de la parcelle, la date et la précocité de la culture, les pluies et la réserve en eau du sol. Chaque jour, l'agriculteur trace sur une feuille millimétrée soit une barre horizontale, s'il n'a pas plu, soit une barre verticale s'il a plu ou s'il a irrigué. Le tracé de l'agriculteur doit alors courir entre deux rails : un rail inférieur qu'il ne faut pas dépasser sous peine de pénaliser le rendement et un rail supérieur qu'il ne faut pas dépasser non plus, sous peine de pertes d'eau. Une analyse de l'utilisation de cet outil par les exploitants a été menée par un anthropologue des techniques (Ph.Geslin, INRA & Univ.Neuchâtel) pour mieux comprendre les intérêts, limites, usages et détournements de cet outil (Munz, 2007). Des variantes informatiques de ce type d'outil existent, c'est notamment le cas d'IRRIBET développé par l'Institut Technique de la Betterave (ITB, 2006) ou les essais de Météo-France avec IRRITEL (1996).

Le bilan hydrique est souvent lié à une observation uniquement climatique. On peut utiliser d'autres indicateurs provenant de mesures plus spécifiques. Ainsi, dans le cas d'IRRINOV®, méthode de pilotage de l'irrigation développée par ARVALIS en collaboration avec les Chambres d'Agriculture et avec la participation de l'INRA (Deumier et al., 2005), on allie climat, eau du sol, stade de développement de la culture et contraintes hydrauliques. Basée sur une approche tensiométrique permettant de représenter la disponibilité en eau du sol et un repérage des stades de la culture, cette méthode permet de moduler les arrosages en fonction des contraintes en eau de l'exploitation, des

stades de la culture et du climat. L'agriculteur contrôle l'évolution des tensions mesurées par deux jeux de tensiomètres (un à 30 cm de profondeur et l'autre à 60 cm de profondeur) et les compare à des valeurs seuils qui évoluent au cours du cycle du maïs selon une stratégie type d'utilisation des réserves en eau du sol. Cette stratégie est définie pour chaque contexte pédoclimatique et prend en compte la durée du tour d'eau. Le déclenchement de l'irrigation et la reprise d'un nouveau tour d'eau n'interviennent que si les tensions observées atteignent les seuils. La méthode est utilisable quand l'irrigant dispose des moyens en débit et volume par hectare suffisants pour couvrir les besoins au moins 8 années sur 10. Dans chaque contexte pédoclimatique, ces valeurs de débit (en $mm.jour^{-1}$) et de volume (en $m^3.ha^{-1}$) sont indiquées.

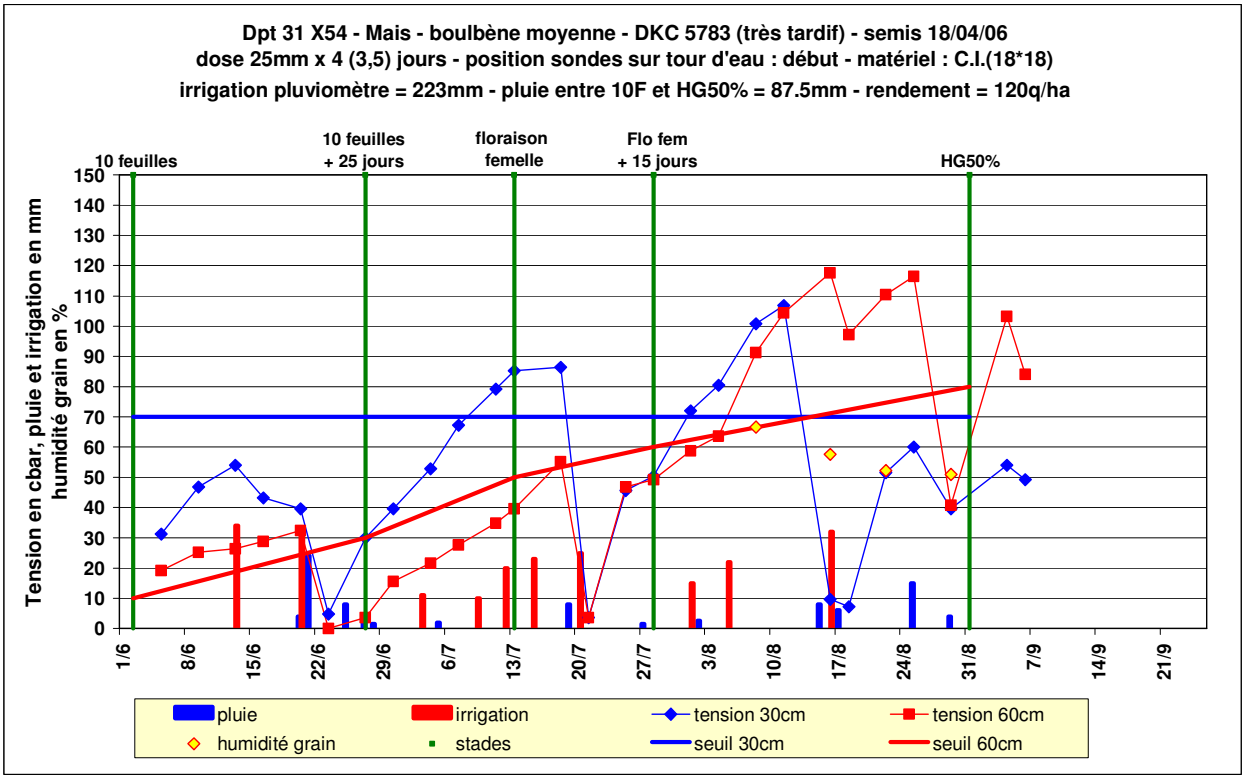


Figure 5 : Exemple de suivi de la méthode IRRINOV® maïs en 2006. Les tensions mesurées par l'agriculteur à deux profondeurs de référence (♦ 0.30m et ■ 0.60m) sont comparées aux valeurs seuils qui évoluent avec les stades, qui sont adaptées aux conditions pédoclimatiques régionales et qui prennent en compte la durée du tour d'eau. L'irrigation n'est déclenchée que lorsque les tensions mesurées atteignent les seuils

En décrivant la stratégie préconisée par la méthode IRRINOV® dans un simulateur de stratégies de conduite d'irrigation tel que MODERATO (Bergez et al. 2001), il est possible d'améliorer le conseil basé sur de l'expérimentation en utilisant la puissance de la simulation. Ce travail est en cours pour définir des stratégies de conduite de l'irrigation en situations contraignantes en volume d'eau (Hallouin, 2007).

Le bilan hydrique prend essentiellement en compte le climat tandis que la tensiométrie représente l'eau dans le sol. D'autres méthodes peuvent représenter le fonctionnement de la plante et son statut hydrique. La plus connue est le rayonnement infra-rouge. Une plante 'utilise' la transpiration notamment pour se refroidir. S'il n'y a pas suffisamment d'eau pour permettre la transpiration, la plante va s'échauffer. Elle va avoir alors une signature spectrale différente car le rayonnement d'un corps dépend de sa température. Dans les années 1990, des essais ont été menés à l'INRA sur la gestion de l'irrigation par mesure de rayonnement infra-rouge.

L'utilisation d'images satellite de type Spot pour suivre l'évolution de l'indice foliaire ou du taux de couverture du sol par la végétation verte à l'échelle de la parcelle est en cours de développement par Infoterra France et ARVALIS – Institut du végétal dans le cadre du programme Farmstar Maïs du projet INFOAGRI. Ces indicateurs pourront être utiles à l'établissement du bilan hydrique et au conseil à l'irrigation.

Conclusions

La gestion de l'irrigation peut être vue à plusieurs échelles de temps et d'espace (Figure 6). A chacune de ces échelles, des questions sont posées et des acteurs différents sont mobilisés (Tableau 1). Des progrès peuvent être faits pour mieux rationaliser l'utilisation de l'eau d'irrigation en fonction des contraintes locales vis-à-vis de cette ressource.

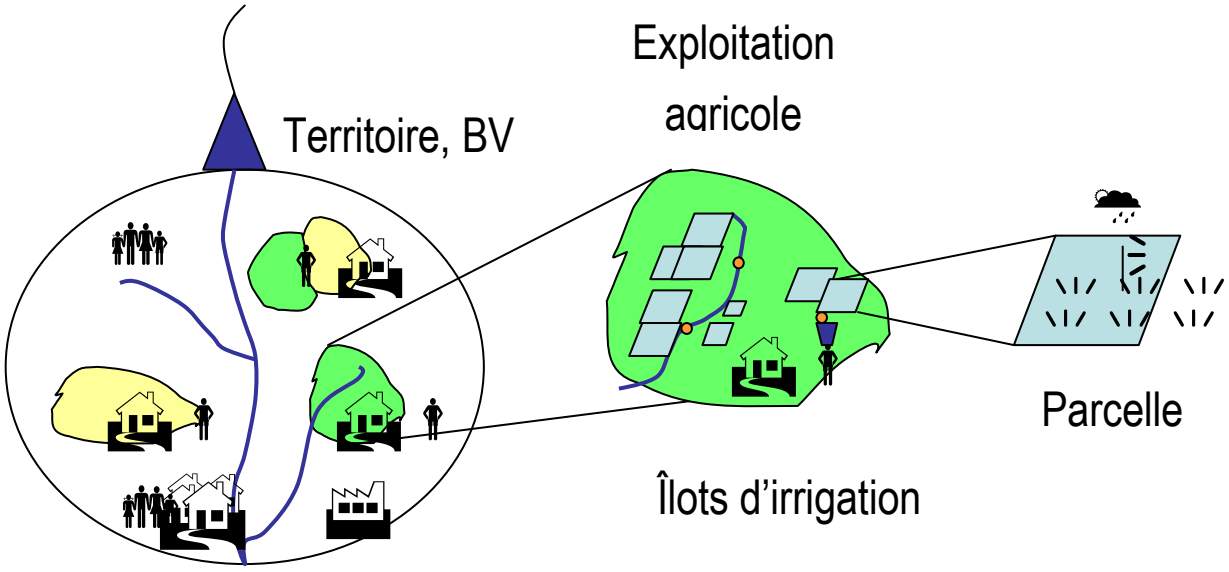


Figure 6 : Différentes échelles emboitées de gestion quantitative de l'eau (d'après Leenhardt et Trouvat, 2004)

Un certain nombre d'outils et de méthodes ont déjà été développés. Cependant, il est encore nécessaire de décrire, analyser, comprendre et simuler les besoins en eau des cultures certes mais également des exploitations agricoles aux différentes échelles de gestion qui concernent la ressource en eau. Il est important de mieux cerner le cadre des contraintes des agriculteurs pour représenter leur stratégies afin d'intégrer l'irrigation dans la complexité de l'itinéraire technique, du système de culture, de l'assolement, de l'exploitation agricole.

Des progrès sont encore possibles dans la gestion de l'irrigation. Cependant, ceux-ci ne pourront avoir lieu que si l'information transférée pour fournir le conseil est reçue, acceptée et utilisée par l'exploitant. Il ne s'agit donc pas uniquement d'un problème d'agronomie systémique et de modélisation, mais d'une question transversale associant les sciences humaines et sociales aux sciences biotechniques. Par ailleurs, il est important que les acteurs gestionnaires aux différentes échelles concernées puissent échanger de l'information permettant une meilleure appréciation de l'état de la ressource et des besoins en eau. Un projet est en cours pour analyser cette question du transfert de l'information entre usagers et gestionnaires (projet INFOAGRI).

Tableau 1: Les différentes problématiques, échelles et acteurs de la gestion quantitative de l'eau

Quels problèmes ?	A quelle échelle d'espace ?	A quelle échelle de temps ?	Pour quels acteurs ?
Irriguer Quand débuter ? Quelle dose apporter et à quelle fréquence ? Que faire en cas de pluie ?	Bloc d'irrigation, exploitation	Mise en œuvre du plan d'action au cours de la campagne d'irrigation	L'agriculteur irrigant
Fournir de l'eau aux irrigants en quantité voulue et à l'endroit voulu	Périmètre irrigué	Gestion annuelle	Le prestataire de service gestionnaire de la ressource (SAR, ASA, …)
Préserver ou conforter la ressource en eau pour divers usages (eau potable, irrigation, industrie, salubrité)	Région, département, bassin hydrographique	Planification à long terme	L'administration, les collectivités territoriales (Etat, Agence de l'Eau, Conseils Régionaux et Généraux, …)

Afin de coordonner les forces et d'avancer dans cette problématique, l'INRA et les instituts techniques, ARVALIS - Institut du végétal et Cetiom, ont constitué l'Unité Mixte Technologique (UMT) « Outils et méthodes pour la gestion quantitative de l'eau : du bloc d'irrigation au collectif d'irrigants ». Les objectifs de l'UMT sont de trois ordres : (i) acquérir et diffuser des connaissances sur et pour la gestion quantitative de l'eau à différentes échelles, (ii) favoriser l'interaction entre partenaires et (iii) préparer de nouveaux programmes de recherche et développement. Le programme, engagé sur quatre ans, s'intéresse plus particulièrement aux décisions des irrigants et à leurs structures collectives. Les décisions des autres acteurs de la gestion de l'eau (gestionnaires de la ressource, pouvoirs publics et autres usagers) sont prises en compte comme des éléments du contexte des décisions des irrigants. Il se compose de trois actions : i) L'analyse et la modélisation du fonctionnement du système « sole irrigable » au sein de l'exploitation agricole ; ii) L'élaboration de stratégies de conduite de l'irrigation par culture ; iii) L'analyse et l'aide aux décisions de gestion de l'eau au niveau d'un collectif d'irrigants partageant une ressource en eau commune. Les recherches devraient bénéficier : a) aux irrigants et aux collectifs d'irrigants en les aidant dans leurs décisions sur les systèmes irrigables et en leur apportant des éléments utiles pour leurs relations avec les autres usagers ; b) aux organismes de conseil agricole pour leur métier d'accompagnement et d'études et notamment pour la mise au point d'outils pratiques d'aide à la décision en irrigation ; c) aux autres acteurs de la gestion de l'eau (gestionnaires, pouvoirs publics et autres usagers) en leur apportant une meilleure connaissance de la gestion agricole de l'eau utile pour leurs propres décisions

Références bibliographiques

ARVALIS – Institut du végétal, INRA, Chambres d'Agriculture de Midi-Pyrénées, 2005. Utilisation de MODERATO, outil de simulation dans l'aide à la décision pour la stratégie et la conduite de l'irrigation du maïs. Rapport final du projet ACTA – ICTA 2001 - 2003

Bergez J.-E., Debaeke Ph., Deumier J.-M., Lacroix B., Leenhardt D., Leroy P., Wallach D., 2001. MODERATO: an object-oriented decision model to help on irrigation scheduling for corn crop. Ecological Modelling, 137, 43-60.

Bergez J.-E., Nolleau S., 2003. Maize grain yield variability between irrigation stands: a theoretical study. Agric. Wat. Management 60, 43-57.

Bonnemort C., Bouthier A., Deumier J.-M., Specty R., 1996. Conduire l'irrigation avec IRRITEL : Intérêts et limites. Météorologie 14, 36-43

Cemagref, 2002. Données de synthèse sur les coûts des matériels d'irrigation à la parcelle. www.economie.eaufrance.fr

Clavé J., 2001. Représentation des règles de décision des irrigants de la vallée du Tarn et de l'Agout dans l'outil informatique MODERATO. ENITA-Clermont, 47 p + annexes.

Darses O., 2007. Etude exploratoire des modifications d'assolement en systèmes de grandes cultures en région Midi-Pyrénées. Rapport d'ingénieur agronome, Production Végétale Durable, SupAgro, 52 p + annexes.

Debaeke P., Bergez J.E., Leenhardt D., 2007. Perspectives agronomiques et génétiques pour limiter ou réguler la demande en eau d'irrigation In: Gestion sociale et économique de l'eau: comment agir sur la demande?», Colloque de la Société Hydrotechnique de France, Paris, 17-18 Octobre 2007, pp.45-54

Debaeke P., Mailhol J.C., Bergez J.E., 2006. Adaptations agronomiques au risque de sécheresse : Systèmes de grande culture. In Amigues J.P., P.Debaeke, B.Itier, G.Lemaire, B.Seguin, F.Tardieu, A.Thomas (éditeurs), Sécheresse et agriculture. Adapter l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Rapport de l'expertise scientifique collective, INRA (France), pp 259-305.

Deumier J.M., Boussaguet J., Mailheau M., 2005. Stratégie des agriculteurs, pilotage et ajustement des apports d'eau aux besoins des cultures. Actes du colloque « Eau et agriculture durable », Cemagref, SIMA, Paris, 1er Mars 2005.

Deumier J.M., Lacroix B., Mangin M., Vallade S., Molle B., Granier J., 2003. IRRIPARC : II - Des réglages de canons enrouleurs adaptés aux conditions de vent. Proc.54th Conf. ICID, Montpellier, 14-19 Sept, 2003.

Deumier J.M., Leroy P., Jacquin C., Balas B., Bouthier A., Lacroix B., Bergez J.E., 2006. Gestion de l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole. In Traité d'irrigation, 2ème édition AFEID, Ed. Lavoisier 1120-1150.

Hallouin I., 2007. Caractéristiques d'un collectif d'irrigants de la vallée de l'Arros. Elaboration de stratégies d'irrigation du maïs pour un cas de ressource en eau restrictive avec le modèle MODERATO. M2Pro Gestion de la qualité des productions végétales, Université d'Avignon (FR), 76 p + annexes.

ITB, 2006. IRRIBET® pour suivre l'évolution climatique et piloter l'irrigation de vos betteraves. La technique betteravière 859, 17-18.

Jacquin C., Deumier J.M., Leroy P., 1993. LORA et la gestion de l'eau dans l'exploitation agricole. Perspectives Agricoles 184, 73-82.

Lacroix B., 2004. Aides aux décisions d'irrigation en grandes cultures. Quelques outils et méthodes. Rencontre Agrometeo INRA, Avignon 14/10/2004.

Magne M.A., Ingrand S., Cerf M., 2007. Modelling the farmers' information system to improve decision support systems. Proc. Int. Symp. Farming Systems Design, Catania (Italy), 10-12 Sept. 2007.

Maton L., 2006. Représentation et simulation des pratiques culturales des agriculteurs à l'échelle régionale pour estimer la demande en eau d'irrigation. PhD Thesis, INP-Toulouse.

Mircovitch C., 2001. Evaluation des avertissements collectifs à l'irrigation en région Midi-Pyrénées, Etude CRAMP-AEAG, Mémoire de DESS, INP-ENSAT

Munz H., 2007. Rapport final relatif au travail de recherche ethnologique mené autour de la méthode de pilotage de l'irrigation BHYP en vue de sa spécification et de sa transformation. Mémoire Ethnologie des techniques, Univ. Neuchâtel, Suisse.

Rouffaud H., 2001. Contextes, règles de décision et stratégies de conduite de l'irrigation du maïs dans les vallées du Tarn et de l'Agout. ENESAD, ITA Productions végétales, 28 p + annexes.