

PILOTAGE DE L'IRRIGATION

CHOISIR LES OUTILS

les mieux adaptés

Face aux contraintes économiques, techniques et réglementaires actuelles, l'amélioration permanente de la productivité de l'eau d'irrigation s'impose aux producteurs. Les outils de pilotage sont une aide précieuse pour y parvenir. Revue de détail.



Le recours à un ou des outils de pilotage améliore les performances techniques et économiques de l'irrigation, en valorisant au mieux chaque mètre-cube d'eau apporté.

Au-delà de la nécessaire adaptation stratégique préalable (choix de cultures, assolement, choix d'équipement...), le recours à un ou des outils de pilotage améliore la conduite de l'irrigation - ses performances techniques (maîtrise du rendement et de la qualité) autant qu'économiques - en valorisant au mieux chaque mètre-cube apporté. Depuis quelques années les offres se sont diversifiées. Les outils et méthodes proposés ont des avantages et des contraintes distincts qu'il convient d'identifier pour choisir le plus adapté.

Deux familles d'outils

Un outil de pilotage aide l'agriculteur à prendre les meilleures décisions possibles en répondant aux questions posées au cours de la campagne d'irrigation : quand démarrer l'irrigation, à quel rythme irriguer en l'absence de pluie selon le stade de la culture pour ne pas pénaliser celle-ci, quel volume apporter pour ne pas saturer le sol, quand redémarrer l'irrigation après un épisode pluvieux et quand

« **L'outil de pilotage idéal** devrait interroger directement le statut de la plante pour anticiper tout stress hydrique. »

arrêter pour exploiter au mieux le stock d'eau restant dans le sol sans pénaliser la production. L'outil de pilotage idéal devrait interroger directement le statut hydrique de la plante et exploiter les prévisions météorologiques pour anticiper tout stress hydrique, mais aucun outil de ce type n'est disponible aujourd'hui en grandes cultures. Actuellement, les deux familles d'outils proposées sont le « bilan hydrique » et les « capteurs sols ».

Le bilan hydrique modernisé

Méthode ancienne et éprouvée, le bilan hydrique est aujourd'hui un outil logiciel visant à équilibrer les besoins quotidiens de la culture (consommation d'eau, liée aux conditions climatiques et au stade de développement) avec les différents compartiments de la ressource (stock d'eau du sol, pluie, irrigation)



Les sondes sont souvent équipées de centrale de télétransmission de l'information.

en tenant compte des éventuelles pertes (ruissellement, drainage). L'indicateur clé de décision de pilotage est le suivi quotidien du stock d'eau dans le sol. En fonction de son évolution, des besoins de la culture et des prévisions météorologiques, la décision d'irriguer ou non sera ajustée. Un nombre limité de données d'entrée permet d'adapter l'outil à la parcelle: le type de sol et les caractéristiques hydriques de celui-ci (réserve utile, réserve facilement utilisable, état de la réserve à l'ouverture du bilan) et la culture en place (espèce, variété, date de semis). Certaines données sont actualisées en cours de campagne: stades clés de la culture, données météorologiques (pluies, évapotranspiration potentielle, températures) et apports d'eau d'irrigation. Ce paramétrage initial permet de piloter simplement l'irrigation. Pour affiner les règles de

décision, il peut être complété par des informations comme la localisation de la parcelle, la durée du tour d'eau, ou les différentes cultures implantées.

Le développement de l'informatique a simplifié et précisé le bilan hydrique, notamment grâce à l'actualisation en temps réel des données météorologiques et à leur géolocalisation ainsi qu'à l'intégration de données météorologiques prévisionnelles et historiques. La modélisation du développement de la culture améliore aussi la précision de l'outil en permettant la prévision des stades clés, la progression de l'enracinement, etc. Le recours à internet multiplie les sources d'informations nécessaires à l'utilisateur. L'intégration de ces avancées technologiques a conduit à la modernisation de cet outil d'aide à la décision. Irré-LIS, bilan hydrique, proposé en ligne par ARVALIS, illustre parfaitement cette (r)évolution *(encadré)*.

La diversification des capteurs sol

Les capteurs sol permettent d'évaluer l'état hydrique du sol et de suivre son évolution en fonction de la consommation de la culture et des conditions climatiques.

Les bilans hydriques se modernisent avec Irré-LIS

Depuis 2012, ARVALIS propose Irré-LIS, bilan hydrique en ligne qui bénéficie des derniers acquis techniques sur les espèces concernées et d'un support informatique et internet. Disponible aujourd'hui sur maïs (grain ou fourrage), maïs semence, céréales à paille et pomme de terre, il est accessible depuis un ordinateur ou un smartphone. Il intègre les modèles de développement mis au point par ARVALIS. Ceux-ci fournissent en temps réel une prévision des stades à venir et une évolution de la RFU et de la RU tenant compte du développement racinaire de la culture (*figure 1*). L'outil est d'emploi plus facile, mais aussi plus fiable grâce à une meilleure évaluation de la réserve d'eau réellement disponible pour la plante selon son état de croissance. D'autres fonctionnalités donnent un vrai « coup de jeune » à cette méthode éprouvée.

Pour en savoir plus, consultez www.arvalis-infos.fr, rubrique Mes outils

BILAN HYDRIQUE : évaluer la réserve en eau du sol aux périodes clés de l'irrigation

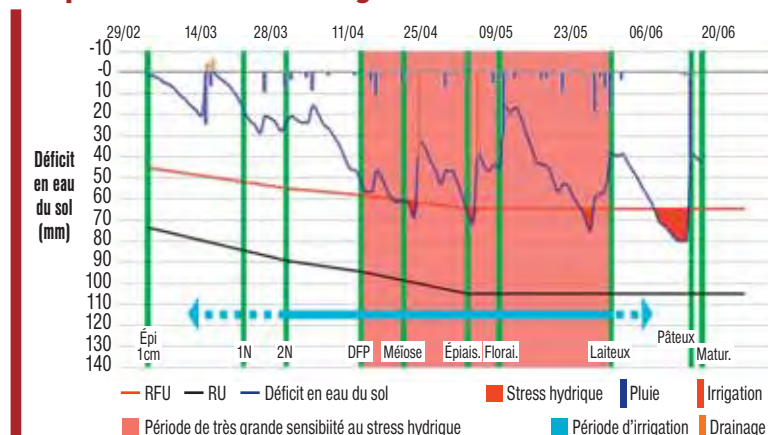


Figure 1: Exemple de représentation graphique du bilan hydrique fourni par Irré-LIS.

BILAN HYDRIQUE ET SONDES : distincts par le coût, la simplicité de mise en œuvre et la précision

Période d'utilisation	Bilan hydrique (calculé)	Sondes tensiométriques (mesure de tension) ou capacitives (mesure d'humidité)
Hiver à levée	Initialisation nécessaire du calcul (prévoir l'aide d'un technicien).	La mesure intègre les effets du précédent, des pluies hivernales et de l'évaporation au printemps. Attention à la profondeur de mesure si le déficit est profond.
Levée à couverture complète du sol par la végétation	Sa pertinence dépend de la croissance du couvert et de la surface du sol (texture, couleur, structure).	La mesure intègre l'effet de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes. Période où la mesure est la plus pertinente.
Couverture complète du sol par la végétation à sénescence	La plus pertinente si les données d'entrée (pluie, irrigation, ETP) sont précises et représentatives et le couvert développé.	Interprétation délicate des mesures en cas d'enracinement limité. En forte restriction, sondes tensiométriques mal adaptées. Attention à la profondeur des mesures en sols profonds. Vigilance sur la représentativité du site du fait des irrigations.
En cas d'orage ou de pluie importante	Nécessité d'estimer la pluie efficace.	La mesure intègre la pluie efficace localement.
Précision et représentativité	Dépend de la précision et de la représentativité des données d'entrée : ETP, pluie, irrigation, estimation de RFU et RU.	Dépend de la représentativité du site de mesure (du sol et de la position dans le tour d'eau) et du matériel d'irrigation. Mesure locale de l'irrigation indispensable (pluviomètre).

Tableau 1 : Informations de fonctionnement et pertinence d'utilisation des principaux types d'outils d'irrigation.

(ETP : évapotranspiration potentielle. RU : réserve utile. RFU : réserve facilement utilisable.)

Les premiers tensiomètres à eau apparus dans les années 80 ne mesuraient pas le stock d'eau restant dans des sols relativement desséchés, jusqu'à l'arrivée sur le marché des sondes tensiométriques Watermark. Les sondes apportent désormais une information (la tension de l'eau dans le sol) couvrant une gamme d'état hydrique du sol de plus en plus large. Aux valeurs fournies par les sondes doivent s'ajouter des informations sur l'état des cultures et la météorologie. L'interprétation des données s'appuie ensuite sur des règles de décision permettant de répondre aux questions de base du pilotage. Les sondes Watermark, peu onéreuses et assez faciles à mettre en place, ont démontré leur intérêt pour aider au pilotage de l'irrigation. À titre d'exemple, la méthode IRRINOV mise au point par ARVALIS et ses partenaires, adapte leur emploi à de nombreuses espèces de grandes cultures - céréales à paille, maïs grain et semence, pois, pomme de terre - et des guides spécifiques à chaque grande région précisent les différentes étapes à suivre pour les utiliser. La mise en place des sondes (nombre, dispositions dans la parcelle, profondeur d'installation) est adaptée à la profondeur maximale à laquelle elles peuvent être

installées (30 ou 60 cm de profondeur). Le coût relativement modéré des sondes permet d'en installer quatre à six par site. Le recueil des informations est réalisé soit manuellement, à l'aide d'un boîtier électronique portatif avec lequel l'utilisateur relève régulièrement les valeurs de la tension d'eau (deux fois par semaine en période de forte sensibilité des cultures), soit à distance, par des dispositifs d'enregistrement quotidien et de télétransmission.

De nouvelles sondes

Plus récentes, les sondes capacitatives apportent une information couvrant un domaine d'humidité du sol plus large que les sondes Watermark, mais leurs capteurs sont plus onéreux. De nombreux modèles de sondes existent aujourd'hui sur le marché, plus ou moins sophistiqués. Première apparue, la sonde Diviner 2000 est portable et ne comporte qu'un seul capteur. Elle permet de mesurer l'humidité du sol à partir de tubes posés préalablement dans les parcelles à des profondeurs variables selon le type de sol. L'acquisition de l'information nécessite de déplacer manuellement la sonde d'un poste de mesure à l'autre. D'autres modèles sont équipés de capteurs fixes, espacés de 10 cm et répartis sur la profondeur de sol faisant l'objet de la mesure. Les modèles les plus courants varient de 30 cm (3 capteurs) à 60/70 cm (6 à 7 capteurs), mais les longueurs proposées vont de 20 cm à 2 m. La sonde communique une évaluation de l'humidité du sol tous les 10 cm de profondeur, et un logiciel évalue le stock d'eau sur l'ensemble de la profondeur prospectée. Toutefois la valeur absolue des mesures n'est pas directement exploitable, la nature du sol étant déterminante sur l'évolution de la donnée acquise. Il faut donc analyser en cours

Les sondes capacitatives offrent une information précise mais exigent une très bonne qualité de pose notamment en sol caillouteux.



En savoir plus

Pour plus de détails sur la méthode IRRINOV consultez www.arvalis-info.fr, rubrique Mes outils.

de campagne l'évolution des valeurs obtenues pour pouvoir les utiliser dans des règles de décision. L'analyse des données requiert une bonne connaissance de l'outil et une bonne expertise. D'autre part, le coût relativement élevé des sondes est peu compatible en grandes cultures avec la multiplication des points de mesure. La qualité de la pose doit donc être parfaite pour être certain de disposer d'une information fiable. Ce dernier point rend leur emploi délicat, notamment dans les sols très caillouteux.

Les capteurs complètent le bilan hydrique

Chaque outil a ses atouts et limites, résumés dans les tableaux 1 et 2. Le bilan hydrique est facile à utiliser, notamment grâce à la meilleure précision des outils qui intègrent désormais des modèles de développement des plantes. Adapté à tout type de situation, son principal point faible réside dans la détermination précise des caractéristiques hydriques du sol ainsi que dans son initialisation. C'est l'outil le moins cher du marché.

Les sondes tensiométriques étant relativement peu onéreuses, l'installation de plusieurs sondes pour un même point de mesure permet de limiter les risques liés à la défaillance de l'une d'entre elles. Elles sont, par contre, peu utilisables lorsque le sol se dessèche beaucoup.

Les sondes capacitatives, quant à elles, offrent une information précise mais leur pose est délicate. Leur coût relativement élevé ne permet pas de multiplier leur nombre pour un même site, fragilisant la fiabilité des données en cas de défaillance de la sonde.

Enfin la qualité de l'information fournie par les sondes, quel que soit le modèle, est dépendante de la



Le bilan hydrique en ligne IRRé-LIS est accessible depuis un smartphone. Il intègre notamment une prévision des stades à venir et une évolution des réserves en eau facilement utilisable et utile.

représentativité de la zone où la sonde est implantée. La pose d'un pluviomètre sur le site de mesure est nécessaire pour bien connaître l'eau reçue (pluie et irrigation).

Une solution intéressante peut être d'utiliser des modes de pilotage complémentaires : des capteurs sols, pour consolider l'évaluation de la réserve en eau des sols (indispensable pour le paramétrage du bilan), et le bilan hydrique, pour déployer le conseil à moindre coût (équipement et main-d'œuvre) sur l'ensemble des réseaux de suivis.

Jean-Louis Moynier - jl.moynier@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS - Institut du végétal

SONDES CAPACITIVES ET SONDES TENSIO MÉTRIQUES : des atouts complémentaires

	Sondes capacitatives (mesure de l'humidité en % volumique ou mm)	Sondes tensiométriques (Watermark) (mesure de tension en centibars)
Avantages	Capteurs de bonne qualité.	Faible coût des capteurs.
	Expression en mm.	Seuils référencés dans IRRINOV et IRRISOJA. Utilisation de manière autonome.
	Mesures en continu, enregistrement et télétransmission possibles pour les sondes fixes	Mesures en continu, enregistrement et télétransmission possibles.
Limites	Coût élevé des capteurs.	Coefficient correcteur par lot de sondes.
	Certains capteurs sont fragiles.	
	Faible volume de sol mesuré.	Faible volume de sol mesuré.
	Très sensibles au contact tube-sol.	Plage de mesure limitée (0-150 cbar).
	Étalonnage nécessaire pour estimer précisément le stock d'eau du sol.	
Aide d'un technicien requise.	Peu adaptées aux conduites en irrigation restrictive à tension élevée (difficulté de réhumectation).	

Tableau 2 : Comparaison des caractéristiques des sondes capacitatives et tensiométriques.