

Pilotage des irrigations

L'offre de capteurs se diversifie

Bien conduire l'irrigation nécessite de bien connaître l'état hydrique du sol, c'est-à-dire son humidité ou sa tension. Des sondes capacitives permettant de mesurer l'humidité du sol sont diffusées depuis quelques années. Elles ont été utilisées dans des essais irrigation et des suivis de parcelle conduits par ARVALIS-Institut du végétal, les Chambres d'agriculture de la région Centre et la Chambre d'agriculture du Haut-Rhin. Qu'apportent-elles par rapport aux capteurs tensiométriques ?

Les sondes capacitives mesurent l'humidité du sol à partir de la réponse du sol à un champ électrique. Elles mesurent la capacité du condensateur constitué par le sol et les électrodes de la sonde.

La tension du sol est, quant à elle, mesurée fréquemment en grandes cultures avec des sondes Watermark®. Les principaux avantages et inconvénients liés à l'utilisation des deux types de capteurs sont résumés dans le *tableau 1*.

Deux types de sondes capacitives sont diffusés :

- des sondes fixes qui mesurent en continu l'humidité du sol dans un lieu donné de la parcelle (sonde EasyAg et Enviroscan de Sentek, distribuées par Agralis¹, sondes CropSense distribuées par John Deere Water²).
- des sondes mobiles que l'on déplace pour mesurer l'humidité du sol dans des tubes d'accès préalablement implantés en début de campagne à plusieurs endroits de la parcelle, ou plus généralement dans plusieurs parcelles (sonde Diviner de Sentek également distribuée par Agralis).

Pilotage des irrigations : quel cahier des charges pour le site de mesure ?

Le site de mesure doit être placé en début de tour d'eau **du bloc d'irrigation** qu'il permettra de piloter (ensemble de parcelles irriguées de la même manière par un même matériel d'irrigation).

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des principaux capteurs mesurant l'humidité ou la tension en eau du sol

	Mesure de l'humidité volumique (%) ou mm d'eau*	Mesure de la tension (cbar)
	sondes capacitives	sondes Watermark®
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • capteurs de bonne qualité donnant des valeurs en % d'humidité volumique ou mm d'eau moyennant un étalonnage • mesures fidèles • mesures en continu, enregistrement et télétransmission possible pour les sondes fixes 	<ul style="list-style-type: none"> • bon rapport qualité/prix • seuils référencés dans IRRINOV³** • mesures en continu en option avec enregistrement et télétransmission possible
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • coût élevé • volume de sol mesuré faible (quelques cm autour du capteur) très sensible au contact « tube (capteur) — sol » et donc pose minutieuse du tube d'accès ou du capteur et pose délicate pour les tubes d'accès de gros diamètre • étalonnage nécessaire pour mesurer précisément l'humidité du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • volume de sol mesuré faible (quelques cm autour du capteur) • coefficient correcteur par lot de sondes • plage de mesure limitée (0-150 cbar) et donc peu adaptée aux conduites en irrigation restrictive à tension élevée (difficulté de réhumectation)

*L'expression en mm, sur une couche de sol donnée au sein de laquelle est placé le capteur, est obtenue en multipliant l'humidité volumique (%) par l'épaisseur de la couche de sol en dm.

** La méthode de pilotage des irrigations IRRINOV® utilise comme indicateur de l'état hydrique du sol la tension, mesurée avec des sondes Watermark® distribuées par Challenge Agriculture³. Elle a été élaborée en partenariat entre ARVALIS-Institut du végétal et des Chambres d'agriculture, des organismes économiques, des syndicats et des groupements de producteurs.

➔ Les sondes capacitives renseignent sur l'état hydrique du sol avec des valeurs directement exprimées en mm.



Sonde CropSense dans du blé dur.

Compte tenu de la variabilité spatiale de l'humidité et de la tension, il est indispensable de **répéter la mesure** en installant plusieurs capteurs sur le même site. Cela est proposé dans la méthode IRRINOV® avec les sondes Watermark® (3 sondes à 30 cm de profondeur et 3 sondes à 60 cm), mais est plus difficilement réalisable avec les sondes capacitives fixes à cause du coût élevé des capteurs.

Le site doit aussi être **équipé d'un pluviomètre**, pour mesurer l'irrigation qui « tombe » sur les sondes. Il peut arriver que cette dose soit différente de la dose moyenne reçue par la position d'arrosage. L'analyse des tensions et des humidités pour déclencher l'irrigation devra en tenir compte.

Comment positionner les capteurs dans la culture et à quelle profondeur ?

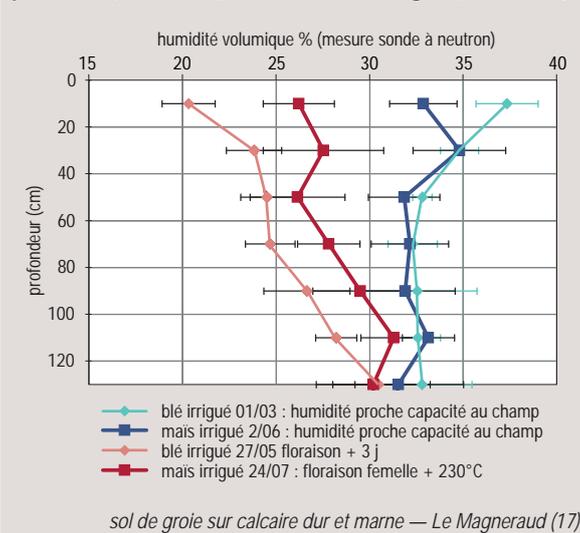
Chaque sonde capacitive sera placée à 20 cm du rang dans le cas du maïs et du sorgho, dans l'inter-rangs pour céréales et pois. Pour les pommes de terre, il est conseillé d'implanter les sondes Watermark® entre le sommet de la butte et l'interbuttes. Pour les sondes capacitives, dont la mesure est influencée par la proximité des tubercules, la position interbuttes est probablement préférable. Ceci reste à confirmer, notamment dans les sols sableux où les racines ne sont souvent présentes que dans la butte.

Compte-tenu de la variabilité spatiale de l'humidité du sol, plusieurs sondes sont nécessaires pour répéter la mesure.

Les sondes mesurant sur 80 cm à 100 cm de profondeur (Enviroscan, CropSense 90 cm) sont adaptées aux sols moyens à profonds : elles permettent en effet de mesurer la totalité de l'extraction d'eau par les racines (figure 1 et 2).

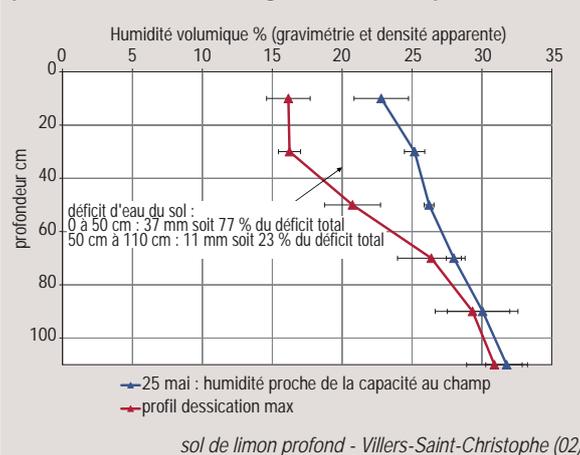


Figure 1 : Profondeur d'extraction de l'eau du sol par le blé (essai 2004) et le maïs bien irrigué (essai 2006)



Dans les groies profondes et les limons, la profondeur d'extraction d'eau par les racines est voisine de 80 cm à 100 cm, même en condition irriguée.

Figure 2 : Profondeur d'extraction de l'eau du sol par les pommes de terre bien irriguées - variété Spunta - 2009



Les sondes EasyAg 50 cm ou CropSense 50 cm conviennent seulement aux sols superficiels.

Des mesures faciles et rapides

Une fois la sonde fixe ou les tubes d'accès (sondes mobiles) implantés, les mesures sont automatiques (programmables), rapides et fiables (sondes mobiles). La visualisation des mesures par l'utilisation d'un logiciel adapté vendu par les distributeurs est pédagogique et de bonne qualité.

Que penser des étalonnages proposés ?

Ces capteurs sont vendus avec des étalonnages qui permettent de traduire la variable mesurée en humidité volumique. Ces étalonnages génériques ne conviennent pas à tous les sols. Mais la réalisation d'un étalonnage est une opération délicate et coûteuse en temps, difficilement réalisable en dehors d'expérimentations. Aussi pour le pilotage de l'irrigation, les distributeurs proposent d'analyser les évolutions temporelles des valeurs plutôt que les valeurs absolues. La pertinence de cette démarche reste à démontrer.

Un suivi des prélèvements d'eau par la plante

Ces nouveaux capteurs permettent d'accéder aux dynamiques d'évo-



Sonde capacitive Enviroscan :

l'humidité du sol
est mesurée par
la sonde placée à
20 cm des rangs
de maïs.

La télétransmission
des données est
possible grâce à un
modem alimenté par
un panneau solaire.

lution d'humidité qui suscitent alors plusieurs types d'analyses et de diagnostics.

Le diagnostic « dose d'irrigation », très prisé des utilisateurs, demande quelques précautions. La dose reçue par la sonde est souvent différente de la dose moyenne reçue par la position d'arrosage et de celle mesurée par le pluviomètre. Deux raisons à cela : d'une part, un effet possible de « concentration et redistribution » de l'eau par les plantes (maïs en particulier), et d'autre part, un écart dû à un étalonnage non adapté.

En revanche, le diagnostic permet de suivre la profondeur d'humectation par les apports d'eau (irrigation et pluies) et les horizons concernés par les prélèvements d'eau des plantes. L'analyse permet aussi de détecter des « anomalies » : profondeur de prélèvement limitée par des tassements, profondeur d'humectation insuffisante du sol par les irrigations ou, au contraire, dose d'irrigation trop élevée...

Certains utilisateurs peuvent être tentés de décider une nouvelle irrigation dès que l'irrigation

précédente est consommée par les plantes. Mais cette procédure conduit à une « surirrigation » en sol moyen à profond. Elle ne permet pas d'utiliser toute la partie disponible de la réserve d'eau du sol pour des cultures comme le maïs où la profondeur d'extraction d'eau augmente au cours du cycle.

Un apprentissage sur plusieurs campagnes pour bien irriguer

Pour la première année d'utilisation, il est conseillé de placer les sondes dans une zone où la conduite de l'irrigation est restrictive de manière à les voir fonctionner dans une gamme de dessèchement du sol suffisamment large.

L'utilisation pluriannuelle de ces capteurs sur les mêmes parcelles permet un « apprentissage » et de repérer des indicateurs de conduite d'irrigation. Les hypothèses de RFU (réserve d'eau du

**Les sondes capacitatives
permettent de suivre
l'humectation des
horizons par l'irrigation.**

sol facilement utilisable) formulées la première année pourront être consolidées ou corrigées les années suivantes.

Toutes ces analyses exigent cependant beaucoup de rigueur et de temps. Les résultats sont évidemment dépendants de la qualité des mesures. À ce titre, le choix du site de pose, en particulier la localisation du capteur par rapport aux plantes, est déterminante : pose après levée des cultures pour éviter les « manques » ou les plantes « non représentatives ». Les distributeurs proposent parfois une prestation de service d'analyse des données mesurées. ■

1 Agralis Services, Aérodrome d'Agen 47520 le Passage –
Tél. 05 53 47 24 00
2 John Deere Water, 13 chemin de Novital Z.I. La Pointe
31 150 Lespinasse – Tél. 05 34 27 05 05
3 Challenge Agriculture, rue Fleurie 37 340 Ambillou –
Tél. 02 47 52 42 12.

Jean-Marc Deumier,

jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Alain Bouthier,

a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean-Pierre Bonnifet,

jp.bonnifet@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

avec la participation de :

Bernard Lacroix, Gilles Espagnol, Cyril Hannon (ARVALIS – Institut du végétal)
Sabine Bessin, Thierry Bordin, Francis Golaz, Bernard Verbèqne et Anne-Sophie Hatton (Chambres d'Agriculture de la région Centre – PRDA Centre action 112)
Alfred Klinghammer (Chambre d'agriculture du Haut-Rhin)

La pose des capteurs doit être très soignée !

La mesure avec les capteurs capacitifs est très sensible au contact « tube d'accès – sol ». Il est indispensable d'utiliser les tarières adaptées aux diamètres des tubes d'accès vendus par les distributeurs. En sol caillouteux de type groie, un marteau perforateur est nécessaire : forer un trou de diamètre légèrement supérieur au tube, remplir alors le trou de boue liquide puis enfoncer le tube.