

## Les outils de pilotage de l'irrigation

Le pilotage de l'irrigation vise à maintenir la teneur en eau du sol à un niveau suffisant pour satisfaire les besoins en eau de la culture en évitant les excès d'eau pouvant entraîner des risques d'asphyxie racinaire, les manques d'eau préjudiciables à la production et les hétérogénéités de distribution sur la parcelle. Pour cela, on dispose de plusieurs outils basés sur des indicateurs liés au climat, au sol ou au végétal lui-même. Toutefois, le point de départ réside dans l'installation d'irrigation, qui doit assurer une répartition homogène sur la parcelle et dont on doit connaître le débit et les volumes apportés.

### Indicateurs liés au climat : l'ETP



La plupart des avertissements irrigation publiés par les chambres d'agriculture et les sociétés d'aménagement régional sont basés sur l'ETP. L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation de l'eau du sol et de l'eau transpirée par les plantes. Elle est exprimée en mm ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). On distingue l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui représente la demande climatique, de l'évapotranspiration réelle (ETR) qui est la quantité d'eau effectivement consommée, en fonction du stade phénologique de la culture et de la disponibilité de l'eau dans le sol.

L'ETP, calculée à partir de mesures météorologiques (rayonnement, température, humidité, vent), correspond à l'évapotranspiration d'un couvert de raygrass italien au stade épiaison. Lorsque l'eau n'est pas limitante, on calcule l'ETR en multipliant l'ETP par le coefficient cultural  $K_c$  correspondant à la culture et à son stade phénologique :

$$\text{ETR} = K_c \times \text{ETP}$$

Les coefficients culturaux sont en général inférieurs à 1, mais ils peuvent être plus forts pour certaines cultures à certains stades de développement. Si la fourniture d'eau par le sol est insuffisante, la consommation de la plante diminue et la valeur de l'ETR devient inférieure à ce calcul. Afin de ne pas pénaliser la production, la conduite de l'irrigation consiste à maintenir la disponibilité de l'eau dans le sol.

En irrigation gravitaire ou en aspersion, on gère la réserve en eau du sol et on déclenche les arrosages dès que 60 % de la réserve utile est consommée. Dans nos sols, la réserve utile est en moyenne de 1 mm par centimètre de profondeur, à moduler en fonction de la pierrosité. En irrigation localisée, on module la durée des arrosages pour compenser les consommations quotidiennes, de façon à maintenir l'humidité du bulbe.

Un grand débat tourne autour de l'appréciation des pluies efficaces : 2 questions se posent, les pertes par ruissellement et l'efficacité des faibles précipitations. On considère que les pluies qui sont inférieures à 10 mm sur 2 jours consécutifs n'ont pas d'impact sur les réserves en eau du sol. En parallèle on considère qu'au delà de 50 mm en 24 heures les quantités excédentaires de pluies ruissellent et ne pénètrent pas dans le sol.

Contrairement à la pluviométrie, les valeurs mensuelles d'ETP ne varient pratiquement pas d'une année sur l'autre. Par contre, il y a des variations qui peuvent être importantes d'un jour à l'autre, en fonction de la climatologie. Les facteurs qui jouent le plus sur ces variations sont les températures et le vent.

ETP JOURNALIERE MOYENNE en mm		4	4,5	5,5	6	6,5	7	7,5	7	7	6,5	6	5,5	4,5	4	3,5	3,5	3,5	3
ECART	TRAMONTANE	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
	DOMINANTE EST	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Tx > 30	+1	+1	+2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1,5	+1,5	-	-	-
	Tx > 25	+1	+1	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+1,5	+1,5	-
	Tx < 25	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-	-1	-	-	-	-
	Tx < 20	-1	-1	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-	-

		NOVEMBRE			DECEMBRE			JANVIER			FEVRIER			MARS			AVRIL		
		D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
ETP JOURNALIERE MOYENNE en mm		3	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	3	3,5	3,5	4	4
ECART	TRAMONTANE	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
	DOMINANTE EST	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Tx > 20	+1	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1	+1	+1	-
	Tx > 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
	Tx < 15	-1	-1	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	-1	-1

*Valeurs moyennes d'ETP quotidienne à Perpignan par décade*

## Indicateurs liés au sol

A partir des années 70 sont apparues des méthodes de mesure in situ de l'eau du sol : la sonde neutronique, puis les tensiomètres et plus récemment les sondes capacitatives.

**La sonde neutronique** est basée sur le principe d'une émission de neutrons par une source radioactive puis du comptage des neutrons qui sont arrêtés dans un rayon de 20 cm autour du tube de mesure. Les neutrons étant arrêtés par des atomes du même diamètre, c'est à dire les atomes d'hydrogène, la mesure est indirectement proportionnelle à l'eau contenue dans le sol, corrigée en fonction de la teneur en hydrogène des minéraux constituant du sol.

L'implantation d'un site de mesure nécessite des prélèvements de sol par tranche de 10 cm et des mesures d'humidité en laboratoire pour établir la courbe d'équivalence entre neutrons et quantité d'eau présente dans le sol.

Outre le coût de l'appareil et les contraintes d'étalonnage de chaque site de mesure, la réglementation draconienne sur les substances radioactives limitent l'utilisation de la sonde neutronique à des activités de recherche.



**Les tensiomètres** mesurent la tension de l'eau dans le sol, c'est à dire la force de succion que doit exercer la plante pour s'alimenter en eau. A l'origine ils étaient constitués d'une bougie poreuse surmontée d'un tube rempli d'eau et d'un manomètre. En phase de dessèchement, le sol exerce une force de succion qui se répercute sur le tube et est mesurée par le manomètre. À 10 centibars, on est en excès d'eau entre 15 et 25 on est à la capacité au champ et au-delà de 70 on est en stress hydrique.

Un des problèmes des premiers tensiomètres était le phénomène de désamorçage qui rendait les mesures difficiles au dessus de 60 cb. Il a été résolu avec les sondes **Watermark**, qui mesurent indirectement la tension de l'eau dans le sol par résistivité.

L'autre avantage des sondes Watermark est la possibilité d'automatiser l'irrigation à partir de mesures en continu d'une demi-douzaine de sondes.



En aspersion, on déclenche la première irrigation lorsque les tensiomètres placés à 30 cm de profondeur décrochent ou arrivent à 70-80cb. Les irrigations suivantes sont réalisées lorsque les tensiomètres placés à 60 cm de profondeur atteignent la valeur qu'ils avaient atteint au moment du décrochage des tensiomètres à 30cm.

En irrigation localisée, l'objectif étant de maintenir l'humidité du bulbe, on module les durées d'irrigation de façon à conserver des tensions de l'ordre de 30 cb en limite du bulbe.



**Les sondes capacitatives** comptent par électromagnétisme les molécules d'eau présentes dans un volume de sol défini autour du capteur. Ce capteur est plongé dans un tube en PVC installé une fois pour toutes dans le sol étudié. Il mesure alors, par tranche de 10cm de sol, une fréquence qui correspond à la quantité de molécules d'eau présentes.

La mesure correspond à la quantité totale d'eau présente par tranche de sol, mais pas à la disponibilité de celle-ci pour la plante.

A chaque mesure, on obtient donc un profil hydrique dont on peut suivre l'évolution et moduler les irrigations de la même manière que pour les tensiomètres. Il existe des sondes mobiles qui permettent d'effectuer des mesures ponctuelles sur différents sites et des sondes fixes qui mesurent en continu les teneurs en eau du sol.

## Indicateurs liés au végétal

**Le pépista** a été créé par les chercheurs de l'INRA de Montfavet au début des années 80. Un capteur mesure en continu les microvariations de diamètre des rameaux ou des fruits. Au cours de la journée, le diamètre diminue, puis retrouve sa taille initiale pendant la nuit. Le fait de ne pas retrouver le diamètre initial est identifié comme un stress de la plante, qui permet d'adapter les durées d'irrigation.

**Les chambres à pression** permettent de mesurer le potentiel foliaire. Le potentiel foliaire traduit l'état de liaison de l'eau à l'intérieur des tissus végétaux. Lorsque sa valeur absolue est faible (de 1 à 5 bars), la plante transpire sans difficulté. Lorsqu'il s'élève (au-delà de 10 bars), des mécanismes de régulation provoquent la fermeture des stomates. La mesure la plus couramment utilisée est le potentiel foliaire de base qui se réalise en fin de nuit, lorsque la végétation a retrouvé un équilibre avec l'eau disponible dans le sol.

**Le radiothermomètre infrarouge** permet de mesurer la température foliaire. L'évaporation de l'eau au niveau des feuilles refroidit ces dernières. Mais quand, en réponse à une sécheresse, les stomates se ferment, la transpiration baisse et la température de la feuille augmente. Ce changement de température étant associé à une variation de l'émission de rayons infrarouges, on peut le mesurer à distance à l'aide d'un radiothermomètre portable.

	outil d'agriculteur	outil de technicien	outil de chercheur	coût
ETP	++	+++	+	-
sonde à neutrons	---	+	+++	+++
tensiomètre	+	++	+	+
watermark	++	+++	++	+
sondes capacitives	-	+++	+++	++
pepista	---	+	+++	+++
chambre à pression	---	++	+++	+++
radiothermomètre infrarouge	---	+	+++	+

CULTURES CARBONÉES

culture	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
abricotier	0,00	0,00	0,40	0,40	0,60	0,80	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00
amandier	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,50	0,00	0,00	0,00
cerisier	0,00	0,00	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00
olivier	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,40	0,00	0,00	0,00
pêcher précoce	0,00	0,00	0,60	0,60	0,90	0,90	0,60	0,60	0,60	0,60	0,00	0,00
pêcher saison	0,00	0,00	0,60	0,60	0,60	0,90	0,90	0,90	0,60	0,60	0,00	0,00
pêcher tardif	0,00	0,00	0,60	0,60	0,60	0,90	0,90	0,90	0,90	0,60	0,00	0,00
pommier	0,00	0,00	0,60	0,60	0,60	0,75	0,90	0,90	0,60	0,60	0,00	0,00
fourrage	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
artichaut blanc hyérois	0,80	1,00	1,00	1,20	1,20	0,00	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,80
scarole	0,80	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80	0,80	0,80
laitue	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80	0,80	0,80
pomme de terre primeur	0,00	0,00	1,00	1,00	1,20	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
melon	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,70	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
aubergine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,60	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00