

Stade, état hydrique du sol et prévisions météo sont trois indicateurs intervenant dans la décision de fin d'irrigation.

IRRIGATION DU MAÏS EN FIN DE CAMPAGNE

SAVOIR S'ARRÊTER au bon moment

LES INDISPENSABLES

La décision de fin d'irrigation est importante en vue d'optimiser la gestion des ressources et la rentabilité économique. Cette décision peut être sécurisée en combinant, grâce à des outils spécifiques, l'évaluation du stade de la culture, de l'état hydrique du sol et les prévisions de pluie.

Pour l'irrigant, il s'agit, tout d'abord, de ne pas arrêter trop tôt pour éviter le risque de perte de rendement par défaut de finition de remplissage des grains et déficit du poids de

mille grains (PMG) à la récolte. Il faut aussi éviter de poursuivre l'irrigation alors qu'elle ne sera pas valorisée, avec un coût estimé entre 20 et 60 €/ha (une à deux irrigations, 30 à 60 mm, soit 300 à 600 m³/ha entre 0,07 à 0,10 €/m³ de charges proportionnelles). À l'échelle d'un réseau collectif d'irrigants ou d'un territoire, un tour d'eau peut, selon les surfaces, représenter un enjeu important sur la gestion prévisionnelle, ou en temps réel, de la ressource collective (volumes prélevés, niveau de nappe ou débit dans les cours d'eau). De nombreux essais

réalisés par ARVALIS et ses partenaires ont établi et validé des règles de décision publiées dans les guides régionalisés IRRINOV Mais, accessibles gratuitement (1). Elles utilisent trois indicateurs à combiner en tenant compte

de la réserve en eau du sol : le stade de la culture exprimé en taux d'humidité du grain, l'état hydrique du sol et les prévisions météorologiques.

Le grain à 50 % d'humidité : un stade repère pertinent

De nombreux essais ont montré que, jusqu'au stade 50 % d'humidité du grain (H50), l'irrigation apporte presque toujours un supplément de rendement si le temps reste chaud et sec à cette période et si la réserve en eau du sol facilement

« **Après le stade H45, un tour d'eau n'est pratiquement jamais valorisé.** »

utilisable (RFU) est en grande partie épuisée. Une irrigation au stade 45 % d'humidité (H45) n'est valorisée qu'en sols à faible ou très faible réserve (sols sableux ou très superficiels). Après ce stade, un tour d'eau n'est pratiquement jamais valorisé. Différentes méthodes peuvent être utilisées pour estimer les stades H50 et H45 qui sont, en général, espacés d'une semaine. L'évolution de l'humidité du grain étant gouvernée par les sommes de températures, les stades du grain peuvent être estimés à l'aide des besoins en somme de températures des variétés des différents groupes de précocité, cumulés et restant à cumuler après la floraison femelle.



Irré-LIS affiche les dates prévisionnelles des stades de fin d'irrigation selon la date de semis et la variété ou mieux, selon la date de floraison observée.

FIN D'IRRIGATION : un essai qui confirme la règle de décision

	Date de dernière irrigation	Irrigation totale mm	Humidité du grain à la dernière irrigation %	RDT q/ha à 15 % d'hum.	Humidité du grain récolte	RDT net de frais de séchage q/ha à 15 % d'hum	PMG g
Zone peu caillouteuse	D1 : 26/8	300	51	140,6	26,9	123,9	388
	D2 : 6/9	330	44	141,7	29,4	122,7	398
	D3 : 15/9	360	40	144,1	30,6	123,7	395
Zone très caillouteuse	D1 : 27/8	300	48	141,4	25,0	126,3	399
	D2 : 6/9	330	43	142,2	28,0	124,5	411
	D3 : 16/9	360	38,5	140,7	28,6	122,5	413
Moyenne	D1 : 26-27/8	300	49,7	141,0	25,9**	125,1	393*
	D2 : 6/9	330	43,7	142,0	28,7	123,6	405
	D3 : 15-16/9	360	39,2	142,4	29,6	123,1	404
Analyse statistique	Ecart-type résiduel			3,7	0,69	3,2	7,0
	Différences			NS	THS	NS	S

** et * : valeurs significativement différentes des deux autres moyennes aux seuils de 5 % (**) et 10 % (*).

Tableau 1 : Résultats de l'essai fin d'irrigation du maïs de Martres-Tolosane (ARVALIS, CA Hte-Garonne 2012). Variété très tardive PR33Y74 semée le 29/3/2012, récolte manuelle le 8/10/2012, 27 m²/parcelle, 3 parcelles par modalité.

En 2015, les semis ont pu être très étalés dans une même région, entre début avril et le 15 mai. Dans ces conditions, pour une variété de même précocité, avec une prévision effectuée à la mi-juin et par rapport à un semis au 1^{er} avril, la date du stade H50 devrait être plus tardive de 7 à 11 jours pour un semis au 20 avril, de deux semaines pour un semis au 1^{er} mai et de trois semaines pour un semis au 10 mai. En considérant une même date de semis et par rapport à une variété très tardive, l'effet de la précocité de la variété sur la date du stade H50 est estimé de la manière la suivante : 3 à 5 jours plus tôt pour une variété tardive, 6 à 10 jours pour une variété demi-tardive. Par rapport à une variété demi-tardive, l'estimation se situe 6 à 10 jours plus tôt pour une demi-précoce C2 dentée et de 10 à 15 jours plus tôt pour une demi-précoce C1 cornée dentée.

Irré-LIS accompagne la décision de fin d'irrigation

« Irré-LIS Maïs », diffusé par ARVALIS (2), propose un bilan hydrique en ligne pour un pilotage person-

nalisé de l'irrigation. Dès le début de la campagne, Irré-LIS affiche les dates prévisionnelles des stades pour la date de semis et la variété choisie. Ainsi les stades H50 et H45 sont prévus en fonction de la date de semis ou mieux, de la date de floraison observée par l'irrigant. La prévision est mise à jour quotidiennement avec les températures représentatives de la parcelle. Le bilan hydrique fait également l'objet d'une mise à jour quotidienne. Il affiche la quantité d'eau restant dans la RFU et indique une prévision pour les sept jours suivants dans l'hypothèse d'absence de pluie. À l'approche

L'estimation du stade du grain : une étape clé

Le stade du grain peut être estimé par mesure directe en étuve (méthode ARVALIS : couronnes centrales de 10 à 15 épis, 100 g de grain pendant 38 h à 130 °C en étuve « Chopin » ou 2 fois 20 g de grain pendant 23 h à 153°C en étuve type Heraeus ventilée, pesée à 0,01 g près). La mesure de l'humidité du grain est souvent réalisée pour les bulletins irrigation diffusés par les Chambres d'Agriculture sur des parcelles de référence représentatives, pour l'année en cours, de la gamme des dates de semis, des précocités et des types de sol. Une autre méthode consiste à utiliser les sommes de températures en base 6-30 (tableau 2) selon la précocité de la variété depuis le semis, en conditions de germination, ou mieux, depuis la floraison femelle, ce qui nécessite de la noter correctement (date à laquelle 50 % des pieds ont des soies visibles). L'observation morphologique des grains peut également servir à déterminer le stade des grains. La méthode est détaillée dans guides IRRINOV Maïs : observation des couronnes centrales de grain, coté pointe de l'épi, et estimation de la zone vitreuse (jaune orangé brillant sans lait) par rapport à la hauteur du grain.

Exemple de la règle de décision IRRINOV Maïs grain en sol d'alluvion perméable de Midi-Pyrénées

Pour un sol de RU 60 à 80 mm et RFU 40 à 60 mm, à partir de la mi-août, avant de recommencer un tour d'eau, estimer le stade du grain :

- Si l'humidité du grain est à plus de 50 %, recommencer un tour d'eau est nécessaire en appliquant les seuils de déclenchement.
- Si l'humidité du grain est proche de 50 % :
 - refaire un tour d'eau si les tensions sont proches ou supérieures aux valeurs seuils de déclenchement, puis contrôler à nouveau le stade du grain pour décider.
 - si les tensions sont inférieures aux valeurs seuils, effectuer une nouvelle mesure du stade et des tensions dans un délai de 4 à 5 jours.
- Si l'humidité du grain est inférieure à 50 % : suivre l'évolution des tensions, si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, effectuer un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).
- Si l'humidité du grain est inférieure à 45 % : la campagne d'irrigation est terminée.

du stade H50, un message rappelle la règle de décision de fin d'irrigation.

Consommer toute la RFU

À la recherche d'une irrigation économe, l'idéal est de terminer la campagne d'irrigation en ayant consommé toute l'eau de la réserve facilement utilisable du sol. Il faut veiller, dans la mesure du possible et selon la ressource encore disponible, à ce que la RFU ne soit pas épuisée avant H45. L'estimation de l'état hydrique du sol, dans la période de fin de campagne d'irrigation, peut se faire par un calcul de bilan hydrique ou par une mesure au champ, via l'utilisation de sondes tensiométriques Watermark ou capacitives. L'estimation doit être interprétée avec un référentiel prenant en compte le type de sol. Lorsque le stade de fin de campagne est atteint (entre H50 et H45 selon le type de sol), si les prévisions météorologiques pour la semaine à venir indiquent un temps chaud et sec, un dernier tour d'eau à dose réduite pourra être décidé, si la RFU est épuisée ou si les tensions mesurées sont proches des seuils de déclenchement de l'irrigation. A contrario, si les prévisions météorologiques indiquent une bonne probabilité de pluie pour la semaine à venir, l'arrêt de l'irrigation est conseillé.

Des estimations validées sur le terrain

Ces règles de décision de fin d'irrigation ont été mises en application, notamment dans le dispositif expérimental en sol d'alluvion perméable caillou-

PRÉDICTION DES STADES : une estimation possible selon les besoins en températures

Précocité	Du semis à floraison femelle	De floraison femelle à H50	De floraison femelle à H45
Très-précoce	790-835	560-590	640-660
Précoce	825-870	570-600	650-670
Demi-Précoce C1	850-930	590-620	670-680
Demi-Précoce C2	920-975	600-630	680-700
Demi-Tardive	975-1020	620-650	700-730
Tardive	1005-1050	640-670	720-750
Très Tardive	1040-1070	650-690	740-770

Tableau 2 : Besoins en degrés-jours base 6-30 selon la précocité des variétés. Cumul des valeurs positives de $[(T_{min} + T_{max} \text{ plafonnée à } 30)/2 - 6]$.

teux (RFU de 40 à 70 mm selon le taux de cailloux) à Martres-Tolosane (31) en 2012 (*tableau 1*). Dans le scénario 2012, intéressant pour tester la décision de fin d'irrigation (seulement 14 mm de pluie en trois jours fin août), les résultats essentiels sont les suivants : les différences de rendement entre les trois modalités (dernière irrigation le 26/8, le 6/9 ou le 15/9) ne sont pas significatives ; avec une dernière irrigation le 26 août, à 50 % d'humidité du grain, une très légère diminution du PMG est observée mais 2,7 points d'humidité ont été gagnés à la récolte, par rapport à une irrigation supplémentaire ; enfin, le rendement net de frais de séchage est équivalent entre les trois modalités.

(1) www.irrinov.arvalisinstitutduvegetal.fr/irrinov.asp

(2) Contact : irrelis@arvalisinstitutduvegetal.fr

Bernard Lacroix - b.lacroix@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS - Institut du végétal



À partir du stade de fin de campagne, si les prévisions météo de la semaine à venir indiquent un temps chaud et sec, un dernier tour d'eau à dose réduite est utile, si la RFU est épuisée.