

Cultures d'été

Conduire l'irrigation selon la ressource

De nombreux travaux ont été conduits par ARVALIS – Institut du végétal et ses partenaires depuis la fin des années 1980 pour bâtir des outils et des méthodes permettant d'optimiser les assolements, les stratégies et les conduites d'irrigation. Ces travaux prennent une tout autre dimension avec les restrictions d'eau de plus en plus nombreuses. Nous rappelons ici pour le maïs, le sorgho, le tournesol et le soja, les règles de conduite des irrigations en situation de ressources en eau limitées ou non, pour consommer moins sans dégrader les rendements.

Maïs

Programmer l'irrigation en cas de ressource en eau restrictive

Comment réduire l'impact de conditions climatiques difficiles ou de ressources en eau déficitaires par rapport aux besoins du maïs? Selon les différents cas, tour d'horizon des solutions pour piloter au mieux l'irrigation.

Pour l'irrigation du maïs grain, selon une norme couramment admise, on considère que les moyens d'irrigation (débit et volume) doivent permettre de satisfaire les besoins en eau au moins 8 ans sur 10. Quand on dispose de ces moyens, la stratégie d'irrigation, c'est-à-dire le plan prévisionnel d'arrosage, est construit sans craindre *a priori* une insuffisance de la ressource par rapport aux besoins. La méthode IRRINOV®

(disponible sur www.arvalis-institutduvegetal.fr) maïs se situe dans ce contexte.

Selon les conditions pédo-climatiques, ce niveau des moyens en débit et en volume nécessaire est évidemment différent. Il dépend de la demande climatique et de la contribution possible des réserves en eau des sols.

Les besoins en eau d'irrigation du maïs en ressource confortable

Le *tableau 1* indique les références disponibles par région et type de sol caractérisé par une valeur de réserve utile. Certaines références ont été acquises à partir d'essais irrigation, d'autres sont le fruit d'une expertise. Elles

correspondent à des variétés de précocités normales pour la région considérée (semis fin avril - début mai et maturité en octobre), irriguées par aspersion selon une stratégie visant un haut rendement sans gaspillage.

C'est par rapport à ces valeurs de référence, que l'on peut apprécier dans chaque situation l'intensité et le type de restriction auquel on est confronté et qui nécessitera une stratégie d'irrigation adaptée.

Les cas de figure et les scénarios de restriction sont en fait très variés. La restriction peut concerner le volume ou le débit ou intervenir à partir d'une certaine date. Il faut distinguer aussi:

Bernard Lacroix
b.lacroix@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean-Marc Deumier
jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

ion e en eau

Dans le cas d'un lac collinaire individuel, l'irrigant à la maîtrise de son calendrier d'irrigation.



Les besoins en eau d'irrigation par milieu pédo-climatique : maïs consommation (tab. 1)

Régions	Type de sol	Réserve Utile mm	Moyens d'irrigation nécessaires pour couvrir les besoins de 8 ans sur 10		
			Débit mm/ jour	Exemple dose/ fréquence	Volume mm
Alsace	Hardt superficielle Plaine de l'Ill	40 à 50	5	30 mm tous les 6 jours	240
		> 140	3,5	35 mm tous les 10 jours	180
Centre	Limons argileux profonds Limons moyens Argilo-calcaires	> 130	3	30 mm tous les 10 jours	180
		80 à 130	3,5	25 mm tous les 7 jours	200
		60 à 120	4 à 4,5	30 mm tous les 7 jours	240
Poitou-Charentes et Pays de la Loire	Limons profonds Limons moyens Groies moyennes	> 150	3 à 3,5	30 mm tous les 10 jours	160 à 190
		100 à 150	3,5 à 4	25 mm tous les 7 jours	190 à 220
		70 à 130	4 à 4,5	30 mm tous les 7 jours	230 à 270
Nord Midi-Pyrénées	Boulbènes moyennes à profondes Boulbènes superficielles	120 à 160	4,3	30 mm tous les 7 jours	240
		80 à 120	5	25 mm tous les 5 jours	270
Sud Midi-Pyrénées	Boulbènes moyennes à profondes Boulbènes superficielles	120 à 160	3,8	27 mm tous les 7 jours	200
		80 à 120	4,5	23 mm tous les 5 jours	240
Rhône-Alpes	Graviers profonds plaine de Lyon Graviers superficiels plaine de l'Ain Graviers superficiels Drôme Limons sableux terrasses Drôme	130 à 150	4,5	35 mm tous les 8 jours	250
		70 à 80	5	25 mm tous les 5 jours	300
		70 à 80	5,5	28 mm tous les 5 jours	350 à 400
		130 à 150	4,5	32 mm tous les 7 jours	320
Aquitaine	Boulbènes sableuses moyennes Sables du Marsan Alluvions de l'Adour Champagne moyenne	140	-	-	170 à 240
		90	-	-	190 à 260*
		120	-	-	190 à 240*
		120	-	-	260 à 310

Sources : essais irrigation ARVALIS - Institut du végétal ou expertise avec partenaires

* Fort gradient pluviométrique Est-Ouest

C'est par rapport à ces valeurs de référence, que l'on peut apprécier dans chaque situation l'intensité et le type de restriction auquel on est confronté et qui nécessitera une stratégie d'irrigation adaptée.

- les cas où la ressource est strictement individuelle et facile à connaître en début de campagne (c'est le cas des lacs collinaires). L'irrigant a la maîtrise du calendrier d'utilisation de sa propre ressource.

- les cas des lacs collinaires collectifs sont équivalents aux précédents si la répartition des volumes entre préleveurs et son contrôle sont stricts et si le volume attribué à chacun peut lui être garanti.

- les cas où la ressource commune est gérée par un gestionnaire dont les décisions dépendent de son appréciation de l'état initial et de l'évolution de la ressource au cours de la campagne. Cette évolution peut dépendre en partie (mais pas systématiquement) des prélèvements des irrigants. Cela peut se traduire pour chaque irrigant par la révision d'un quota de volume en début de campagne ou en cours de campagne ou la diminution du temps d'accès à la ressource.

Dans les cas de ressources communes, la gestion optimale de la ressource estimée comme insuffisante peut passer par des échanges d'informations entre les irrigants, leurs représentants et le gestionnaire. Dans certains cas, une partie de la stratégie d'irrigation peut avoir une dimension collective. La stratégie individuelle doit alors être en cohérence avec ce niveau collectif.

Que faire en cas de volume limitant ?

C'est le cas d'un lac collinaire individuel ou collectif moins rempli qu'à la normale ou bien associé à une surface à irriguer importante sans que le débit soit limitant. C'est le cas de la restriction d'un quo-



ta de volume dans le cadre de la gestion collective d'un volume limitant. C'est le cas aussi d'une gestion volumétrique sur une nappe déficitaire.

Pour définir une stratégie, la première étape consiste à estimer le volume disponible par hectare. Il faut ensuite tenter d'éviter deux risques opposés : celui de l'optimiste, qui commencerait à irriguer comme si le volume n'était pas limitant et qui n'a plus d'eau quand les besoins sont encore importants et celui du pessimiste qui, à force de garder de l'eau de peur d'en manquer ensuite, fait souffrir sa culture, perd du rendement et ne consomme finalement pas toute l'eau dont il dispose.

Pour répartir les risques, mieux vaut **adopter des doses unitaires modérées et déterminer le nombre d'irrigations possibles**. Ainsi pour un volume de 1 500 m³/ha (150 mm), 6 irrigations de 25 mm valent mieux que 5 irrigations de 30 mm et mieux

que 4 irrigations de 38 mm.

Pour optimiser l'utilisation du volume disponible, il est intéressant d'établir un **calendrier prévisionnel** en privilégiant les périodes les plus sensibles de la culture et notamment la montaison, la période encadrant la floraison et le début du remplissage des grains. Un exemple est donné dans le *tableau 2*.

Entre l'optimisme et le pessimisme, un bon équilibre doit être trouvé. Mieux vaut adopter des doses unitaires modérées et déterminer le nombre d'irrigations possibles.

Ce calendrier prévisionnel doit ensuite être adapté en cours de campagne en fonction du climat : suivre l'évolution des stades de la culture, profiter des pluies pour reporter les irrigations et mieux couvrir les périodes sensibles ultérieures.

Le premier indicateur de

pilotage est évidemment le volume disponible restant en fonction du stade de la culture. Une estimation satisfaisante des volumes est alors indispensable : contrôle par compteur, vérification des réglages du matériel.

Baisse du débit des nappes, des rivières et restrictions en cours de campagne

Il arrive qu'au cours de la campagne, le débit ou le volume d'irrigation soit réduit à une certaine date. Cette situation est la conséquence d'une baisse du niveau de la ressource en eau : débit des rivières ou des nappes. Elle est de plus en plus accompagnée de mesures réglementaires : réduction du volume alloué à la semaine ou à la décade, interdiction d'irriguer certains jours de la semaine ou une partie de la journée. Ces mesures réglementaires sont souvent prévues avant la campagne d'irrigation (arrêté cadre) moyennant des indicateurs mesurés : débits des rivières ou niveau des nappes.

Ces limitations de débit se produisent le plus souvent en fin de période d'irrigation au mois d'août, la ressource ayant été fortement mise à contribution les semaines

Exemple de calendrier prévisionnel d'irrigation (tab. 2)

Volume disponible			25 juillet (floraison femelle)	4 août	14 août	1 ^{er} septembre hum. du grain 50 %
150 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	

Ce calendrier prévisionnel doit ensuite être adapté en cours de campagne, notamment en fonction des pluies qui décaleront les irrigations restantes vers la période de remplissage des grains.



La date d'apparition de la contrainte et son intensité sont souvent peu prévisibles, ce qui rend difficile la détermination d'un objectif de rendement.

précédentes. La date d'apparition de la contrainte et son intensité sont souvent peu prévisibles *a priori*, en raison de la variabilité du climat, des prélèvements et de la connaissance imparfaite de la ressource. Aussi est-il difficile de déterminer un objectif de rendement.

C'est dans cette situation que la diversification de la sole maïs avec du maïs « évitement » peut être intéressante: implanter tôt des variétés plus précoces que la pratique régionale normale, permet de raccourcir la période d'irrigation et de mieux échapper aux restrictions de fin de cycle (cf. *Perspectives Agricoles juillet-août 2001, n° 270*) sera atteint tôt et la réserve en eau du sol aura été fortement mise à contribution: tensions en eau du sol à 30 cm et 60 cm supérieures à 90 cbar en sol limoneux et à 120 cbar en sol argileux et déficit en eau du sol supérieure à 100 mm. Il est donc important de bien repérer le stade « humidité du grain 50 % » à l'aide de la méthode d'observation des grains décrites dans le guide IRRINOV® ou diffusée dans les avertissements d'irrigation. ■

Quelle stratégie d'irrigation adopter?

La conduite sera différente selon la période.

• **Pendant la période sans contrainte d'utilisation de la ressource:** compte tenu de l'incertitude sur la date d'apparition de la contrainte et sur son intensité, l'objectif sera généralement de viser un

rendement correct qui sera atteint si la contrainte reste modérée. La méthode IRRINOV® est bien adaptée pour piloter l'irrigation au mieux durant cette période. En particulier, la mesure de la tension en eau du sol permettra, en utilisant les seuils proposés par la méthode, de bien gérer le déclenchement des irrigations, la reprise des tours d'eau et la durée d'interruption des irrigations après les pluies. On évitera ainsi des irrigations trop précoces et trop élevées qui auraient un effet négatif sur la ressource.

• **Pendant la période avec restriction d'utilisation de la ressource:** la marge de manœuvre est bien sûr plus limitée. Si la contrainte est modérée, les seuils IRRINOV® restent de bons indicateurs. Si la contrainte est plus forte, elle dicte elle-même le rythme des irrigations. Dans certains cas, il est possible de faire une modulation des apports selon les parcelles ou les positions, si celles-ci sont situées sur des sols avec des réserves en eau différentes: on pourra diminuer la dose ou espacer davantage les apports sur les positions ou parcelles en sols plus profonds.

S'il reste de l'eau pour irriguer, il est important de bien raisonner l'arrêt des irrigations. Dans ce contexte hydraulique, le stade repère « humidité du grain 50 % » (cf. *Perspectives Agricoles juillet-août 2001, n° 270*) sera atteint tôt et la réserve en eau du sol aura été fortement mise à contribution: tensions en eau du sol à 30 cm et 60 cm supérieures à 90 cbar en sol limoneux et à 120 cbar en sol argileux et déficit en eau du sol supérieure à 100 mm. Il est donc important de bien repérer le stade « humidité du grain 50 % » à l'aide de la méthode d'observation des grains décrites dans le guide IRRINOV® ou diffusée dans les avertissements d'irrigation. ■

Que faire quand la surface irriguée est trop élevée par rapport au débit de l'installation d'irrigation

Dans cette situation, l'objectif n'est pas d'obtenir le rendement potentiel du maïs tous les ans. On accepte un rendement réduit en année très sèche et sèche, mais on souhaite obtenir un bon rendement en année à déficit hydrique modéré. Le scénario climatique de la future campagne n'est pas connu, mais on sait que les besoins en eau de pointe du maïs se situent en juillet. Par exemple en région Toulousaine, le maximum des besoins journaliers médians du maïs est atteint le 20 juillet pour une variété tardive semée le 1^{er} mai (figure 1), la date de ce maximum variant du 13 juillet au 30 juillet. Pour les sols de boubènes moyennes, on considère qu'une bonne installation d'irrigation doit pouvoir délivrer 4,3 mm/j pour que la réserve en eau du sol soit suffisante pour écrêter les besoins de pointe du mois de juillet en année sèche: le sol doit alors fournir plus d'un millimètre d'eau par jour en juillet. C'est pour cette raison que les irrigations doivent commencer tôt en juin bien avant que le maïs ne manque réellement d'eau. Ici la capacité d'irrigation de l'installation étant réduite par l'augmentation de la surface irriguée, cette anticipation des apports d'eau par rapport aux besoins devra être encore plus importante et durer plus longtemps.

Besoin en eau journalier médian du maïs (kc ETP) et débit d'irrigation souhaitable en sol de boubènes moyennes de la région toulousaine (1986 à 2005) (fig. 1)



Conduite d'irrigation :

- irriguer tôt dès que la dose d'irrigation peut être stockée dans le sol,
- valoriser les pluies au mieux: pour cela diminuer le temps de pause après une pluie,
- si l'organisation du travail le permet, utiliser des doses d'irrigation modérées de l'ordre de 10-15 mm en pivot, 25-30 mm en enrouleur et maintenir la fréquence.

Les indicateurs :

Les seuils tensiométriques de la méthode IRRINOV® ont été établis pour des ressources en eau et des installations d'irrigation confortables. Cependant, ces seuils sont valables pour des augmentations de surface de maïs de l'ordre de 15%. Les valeurs seuils diminuées de 10 à 20 cbar permettent de gérer les irrigations pour des augmentations de surface de 25%.

Sorgho

Comment irriguer le sorgho ?

La capacité d'adaptation du sorgho au stress hydrique est bien connue. Cependant, il est intéressant de l'irriguer si l'on veut atteindre un bon rendement ou le rendement potentiel des variétés. Comment bien irriguer le sorgho quand la ressource en eau est confortable ? À l'inverse, si la ressource en eau est insuffisante, comment bien positionner les irrigations pour qu'elles soient efficaces ?

La capacité d'adaptation du sorgho au stress hydrique est bien connue. Cependant, elle a ses limites qui ont été mises en évidence ces dernières années. Des différences de l'ordre de 30 à 40 q/ha ont été obtenues entre des cultures irriguées et des conduites en sec. L'irrigation est donc intéressante si l'on veut atteindre un bon rendement ou le rendement potentiel des variétés. Comment bien irriguer le sorgho quand la ressource en eau est confortable ? À l'inverse, si la ressource en eau est insuffisante, comment bien positionner les irrigations pour qu'elles soient efficaces ?

Du gonflement à la floraison : grosse sensibilité au stress hydrique

La période la plus sensible au manque d'eau se situe du stade gonflement à la floraison. En cas de stress hydrique pendant cette période, la fertilité des panicules est systématiquement affectée (figure 1). Avant cette période, pendant la montaison, du stade 8-10 feuilles au stade gonflement, un besoin en eau non satisfait peut limiter la croissance du

peuplement, perturber l'épiaison de certaines variétés et affecter la fertilité des panicules. Ce risque est accentué en cas de densité de peuplement trop élevée.

La période de remplissage des grains après le stade grain laiteux est peu sensible, et l'enracinement, alors à son développement maximum, confère à la culture une forte capacité d'extraction d'eau dans le sol.

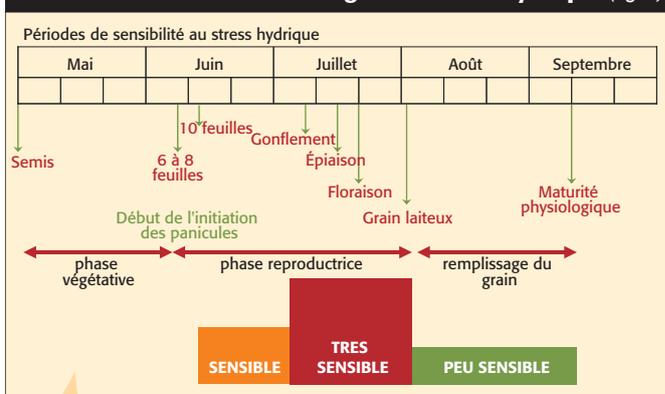
Tendre vers le potentiel de rendement en année sèche

Pour tendre vers le potentiel de rendement en année sèche, la stratégie sera la suivante en sol de réserve moyenne : terrefort de coteaux, groies moyennes, sables peu argileux... :

- avant 10 feuilles, l'irrigation n'est pas utile sauf pour aider à la levée.
- à partir de 10 feuilles, si il n'y a pas eu de pluie significative (supérieure à 20 mm), effectuer la première irrigation. En sol très profond (alluvions argileuses, groies profondes...), on pourra attendre le gonflement.
- après cette première irrigation, apporter 35 mm tous les 10 à 12 jours dans le Sud-Ouest et Poitou-Charentes, ou 35 mm tous les 9-10 jours en climat séchant (Sud-Est, Drôme).

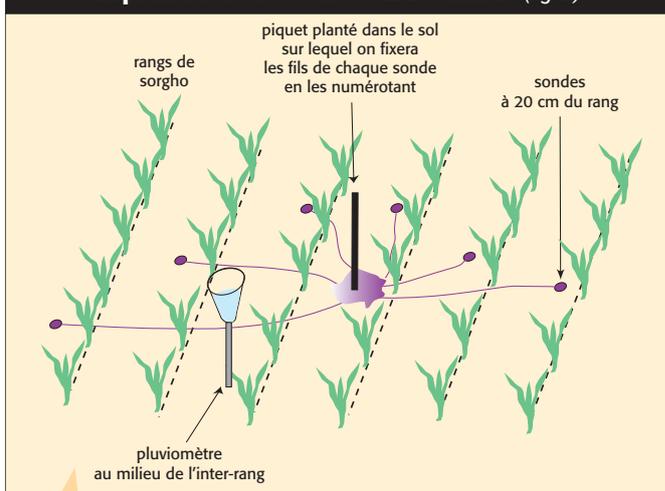
En cas de pluie supérieure à 10 mm, interrompre le tour d'eau pendant n jours (avec n

Périodes de sensibilité du sorgho au stress hydrique (fig. 1)



En cas de stress hydrique du stade gonflement à la floraison, la fertilité des panicules est systématiquement affectée.

Implantation des sondes Watermark® (fig. 2)



Une bonne connaissance de la tension en eau du sol permet de mieux piloter l'irrigation.

Seuils de déclenchement de l'irrigation pour des tours d'eau de 6 à 8 jours (tab. 1)

	10 feuilles	Gonflement	Floraison	Epiaison + 20 jours
30 cm	60 cbar	90 cbar	90 cbar	110 cbar
60 cm	0-10 cbar	50 cbar	70 cbar	100 cbar

Jean-Luc Verdier
jl.verdier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean-Marc Deumier
jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

= pluie/4). Par exemple, s'il pleut 20 mm, marquer une pause de 5 jours.

- **le dernier tour d'eau** débutera 20-25 jours après l'épiaison. Après cette date, l'irrigation n'est plus utile.

On pourra s'aider des tensions en eau de sol lues sur des sondes Watermark®. Implanter ces sondes dès 5 feuilles à 20 cm du rang en début de tour d'eau: 3 sondes à 30 cm de profondeur et 3 sondes à 60 cm (*figure 2*).

Les seuils de déclenchement des irrigations pour des durées de tour d'eau de 6 à 8 jours sont repris dans le *tableau 1*.

En année sèche (8 ans sur 10), les doses totales d'irrigation permettant d'atteindre le rendement potentiel varient de 3 à 5 fois 35 mm (*tableau 2*).



La phase de remplissage des grains n'est plus sensible au stress hydrique.



Comment irriguer avec 1 à 3 irrigations

Bien que le potentiel de rendement soit rarement atteint, on recherche une efficacité maximale de l'eau par un bon positionnement des irrigations. On cherche à privilégier la période de plus grande sensibilité, mais néanmoins à assurer un appoint minimum en cas de fort déficit hydrique avant cette période. En sol de profondeur moyenne, le gain de rendement sera alors de 10 à 15 q/ha pour 35 mm.

Une seule irrigation possible : l'apporter au gonflement (et non à l'épiaison : c'est trop tard). Cependant, si dans les 10 jours précédents, il y a une pluie supérieure à 20 mm, décaler l'apport 10 jours après la pluie. Cette stratégie peut conduire à une moins bonne valorisation de l'eau en sol peu profond et, en cas de déficit précoce important, car l'apport d'eau arrivera trop tard et ne pourra pas permettre de récupérer la perte de croissance de la

En cas de stress hydrique entre le gonflement et la floraison, la fertilité des panicules est systématiquement affectée.

culture. Il est donc préférable de disposer de 2 apports d'eau dans ces sols.

Deux irrigations possibles : la stratégie dépendra de la réserve en eau du sol (tableau 3). Si dans les 10 jours précédents l'apport, il pleut plus que 20 mm, retarder la date d'irrigation de 8 à 10 jours.

Trois irrigations possibles (tableau 4) : Si dans les 10 jours précédents l'apport, il pleut plus que 20 mm, retarder la date d'irrigation de 8 à 10 jours. En sols profonds, le premier apport aura lieu au gonflement et le dernier 15 jours après l'épiaison.

Avec 3 irrigations, on se rapproche du potentiel. En région toulousaine, par exemple, on atteindra le potentiel 7 ans sur 10 en terrefort, 5 ans sur 10 en terrefort superficiel, et 9 ans sur 10 en alluvions. ■

Doses totales d'irrigation permettant d'atteindre le rendement potentiel (tab. 2)

Région	Sol	Dose totale
Midi-Pyrénées Nord	Terrefort - Boulbènes moyennes	4 fois 35 mm
Lot et Garonne	Terrefort - Boulbènes moyennes	3 fois 35 mm
Poitou-Charentes	Groies moyennes à profondes	4 fois 35 mm
Aude (Ouest-Lauragais)	Terrefort de coteaux	4 fois 35 mm
Drôme	Sol de gravier moyen	4 à 5 fois 35 mm

Stades et doses d'apports pour deux tours d'eau (tab. 3)

Sol moyen à profond	
Gonflement	Floraison
↑	↑
35 mm	35 mm
Sol superficiel	
10 feuilles	Gonflement
↑	↑
35 mm	35 mm

Stades et doses d'apport pour trois tours d'eau (tab. 4)

10 feuilles	Gonflement	Floraison
↑	↑	↑
35 mm	35 mm	35 mm



Un exemple en Poitou-Charentes en 2005

Un essai irrigation sorgho a été mis en place dans une groie profonde sur le site ARVALIS-Institut du végétal du Magneraud en Charente-Maritime. Le déficit hydrique enregistré est supérieur à celui observé 4 ans sur 5.

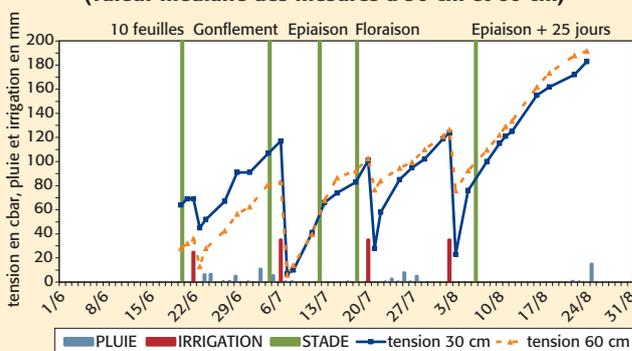
La conduite avec 4 apports d'eau totalisant 130 mm (figure 3) permet d'atteindre le potentiel de la culture dans ce type de situation et valorise bien l'irrigation (4,1 q/10 mm).

La conduite avec 3 apports (avec suppression de l'apport du 2 août soit 20 jours après l'épiaison) pénalise le rendement de 9 q/ha et montre que l'irrigation se révèle efficace jusqu'à 20 jours après épiaison.

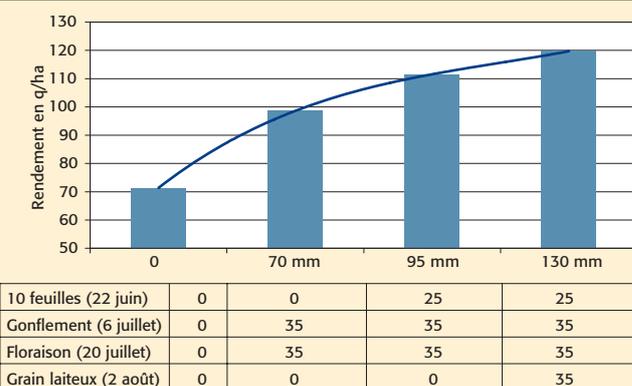
La conduite avec 2 apports calés sur la période la plus sensible montre une bonne efficacité de l'irrigation (3,7 q/10 mm). La meilleure efficacité est obtenue sur la conduite avec 3 apports (figure 4). Dans les conditions de déficit hydrique important pendant le mois de juin, l'irrigation réalisée au stade 10 feuilles a permis de préserver un potentiel de croissance élevé et de permettre ainsi de mieux valoriser les apports d'eau pendant la phase la plus sensible.

Relevés tensiométriques et conduite en 4 tours d'irrigation en Poitou-Charentes (fig. 3)

Variété : Artaban, 124 q/ha, 130 mm en 4 passages (valeur médiane des mesures à 30 cm et 60 cm)



Rendement du sorgho selon les conduites d'irrigation (fig. 4)



Essai ARVALIS-Institut du végétal Le Magneraud 2005
Artaban semé le 08/04/05 - Sol de groies profondes

Irrigation du tournesol

30 à 100 mm d'eau suffisent pour augmenter le rendement

La campagne 2005 a rappelé que le tournesol est l'une des cultures d'été les mieux adaptées aux conditions sèches et qu'il constitue une tête de rotation appréciable dans les systèmes céréaliers. C'est aussi une culture qui valorise très bien de faibles apports d'eau. Elle peut venir diversifier et équilibrer les systèmes irrigués à un moment où l'eau devient plus rare.

Le tournesol est une des cultures de printemps les plus tolérantes aux conditions sèches grâce à son système racinaire qui lui permet d'extraire mieux que d'autres l'eau du sol. Mais c'est également une plante qui répond bien à l'irrigation à partir de la floraison à condition que sa croissance végétative ait été modérée avant la floraison.

Le tournesol irrigué est particulièrement intéressant lorsque l'eau disponible pour l'irrigation est limitée ou lorsque le calendrier d'irrigation de l'exploitation est chargé.

Du tout début floraison à la fin du remplissage de la graine, le tournesol doit consommer 230 mm d'eau pour assurer un rendement de 30 q/ha.

C'est pourquoi l'eau d'irrigation est particulièrement bien valorisée à cette période, quand la réserve en eau du sol est épuisée. Les essais et les observations en culture sur plusieurs années ont montré des gains moyens de l'ordre de 8 q/ha pour des apports de 100 mm (tableau 1).

André Merrien
CETIOM

Plus que le stade de la culture, c'est l'état de sa croissance (exubérance foliaire ou non) qu'il faut prendre en compte pour le déclenchement de l'irrigation



En pratique

- Ne jamais irriguer avant floraison un tournesol exubérant.
- Si un temps humide est prévu, ne pas irriguer en pleine floraison, pour éviter les attaques de sclérotinia du capitule.
- Faire des apports de 35 mm à chaque tour d'eau.
- Veiller particulièrement au phomopsis en choisissant une variété très peu sensible ou peu sensible, protégée si nécessaire par un traitement en végétation.

Le tournesol irrigué présente deux atouts majeurs particulièrement intéressants lorsque l'eau disponible pour l'irrigation est limitée ou lorsque le calendrier d'irrigation de l'exploitation est chargé : de faibles volumes requis (30 à 100 mm d'eau d'irrigation suffisent souvent), et la période d'irrigation peu tardive (centrée sur juillet et début août).

Avec le climat sec des trois dernières années, l'irrigation du tournesol s'avère indispensable pour exprimer le potentiel de rendement. En

sols superficiels, deux apports d'eau de 35 à 40 mm à partir de la floraison permettent un gain de 8 à 10 q/ha et de deux points d'huile.

Gain de rendement du tournesol en système irrigué

(tab. 1)

	Dispositif non irrigué	Dispositif irrigué
Rendement (q/ha aux normes)	26,6	39,2
Poids de mille graines (g)	47,7	58,8
Rendement en huile (t/ha)	1,1	1,6

Pour trois tours d'eau (105 mm), on observe un gain de 12,6 q/ha et de 0,5 t/ha d'huile.

La stratégie d'irrigation dépend du type de sol et de la croissance végétative du tournesol avant floraison (tab. 2)

Régions Ouest-Atlantique et Centre-Est

Possibilités d'irrigation	Un tour d'eau (30-35 mm)	Deux tours d'eau 60-70 mm	Trois tours d'eau 90-100 mm
Faible croissance au stade bouton (interligne encore visible)	Juste avant la floraison ou plus tôt si les feuilles de la base jaunissent.	- Juste avant la floraison ou plus tôt si les feuilles de la base jaunissent - Fin floraison	Sols superficiels : - bouton étoilé - début floraison - fin floraison Sols profonds : - début floraison - fin floraison - 10 jours plus tard
Forte croissance au stade bouton (ligne de semis couverte)	Fin floraison	- Fin floraison - 10 jours plus tard	Ne pas dépasser deux tours d'eau

Régions du Sud : Aquitaine, Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, PACA, Rhône-Alpes

Possibilités d'irrigation	Sols superficiels (RU ≤ 60mm)	Sols moyennement profonds (60 ≤ RU ≤ 100 mm)	Sols très profonds (RU ≥ 100 mm)
Faible croissance au stade bouton (interligne encore visible)	Sud-Ouest : 2 à 3 tours d'eau Sud-Est : 2 à 4 tours d'eau* - Avant floraison - Début floraison - Fin floraison - 1 jour plus tard	Sud-Ouest : 1 à 2 tours d'eau Sud-Est : 1 à 3 tours d'eau * - Début floraison - Fin floraison -10 jours plus tard*	Ne pas irriguer
Forte croissance au stade bouton (ligne de semis couverte)	2 à 3 tours d'eau - Début floraison - Fin floraison - 10 jours plus tard	1 à 2 tours d'eau - Fin floraison - 10 jours plus tard	Ne pas irriguer

En gras : intervention prioritaire si vous ne pouvez faire qu'un tour d'eau.

* Dans le Sud-Est (vallée du Rhône et bordure méditerranéenne), la forte évapotranspiration et la faible pluviométrie justifient souvent un tour d'eau supplémentaire 10 jours après la fin de la floraison.

En sols profonds, l'irrigation se justifie uniquement en année sèche. Un tour d'eau en fin floraison est alors conseillé. Après la première irrigation, la durée recommandée du tour d'eau est d'une dizaine de jours, tant qu'il ne pleut pas. Après une pluie, décaler le tour d'eau d'un jour par tranche de 5 mm. Préférer des doses de 30-40 mm à chaque tour d'eau à des apports plus faibles et plus rapprochés.

Le choix de la date d'irrigation dépend de l'état des réserves en eau du sol et de l'état végétatif du tournesol avant la floraison. Il est en effet nécessaire d'éviter l'exubérance des plantes avant la floraison.

L'efficacité des arrosages se trouve dans ce cas améliorée. Si le sol est sec et la plante peu vigoureuse, l'irrigation peut démarrer avant la floraison. Sinon, il est conseillé de démarrer au plus tôt à la flo-

raison (tableau 2). Quand le dos du capitule vire au jaune citron, l'arrosage peut être arrêté. ■

Tolérant aux conditions sèches, le tournesol a un système racinaire qui lui permet de bien valoriser l'eau du sol.

Dans quels cas irriguer le tournesol ?

L'irrigation du tournesol est bien valorisée dans trois types de situations :

- ressource en eau limitée : si elle ne permet pas d'assurer un volume d'eau suffisant pour couvrir 100 % des besoins du maïs, le tournesol valorisera ces faibles disponibilités.
- interdiction précoce d'irrigation : en cas de risque d'interdiction après la mi-août, les tours d'eau sur tournesol seront bien positionnés pendant la phase sensible (juillet à début août).
- allongement des tours d'eau sur maïs : si l'eau d'irrigation n'est pas limitante, l'allongement du tour d'eau sur la culture de maïs en juillet permet de dégager un tour ou deux à reporter sur le tournesol.



Irrigation du soja

Jusqu'à trois semaines avant la récolte

L'irrigation du soja permet d'assurer des rendements élevés. Elle ne doit pas commencer trop tôt (vers fin juin en sols superficiels) et, en l'absence de pluie, se terminer trois semaines avant la récolte.



L'apparition des premières fleurs est une étape clé pour décider du déclenchement de l'irrigation.

Dans le Sud-Ouest : irriguer pour sécuriser les rendements

Réserve utile en eau du sol	Rendement moyen du soja conduit avec une irrigation optimale	Rendement moyen du soja en sec (q/ha)*	Rendement moyen du soja en sec obtenu 5 années sur les 10 plus sèches (q/ha)
Sol profond (RU = 150 mm)	35-40 q/ha	21	14
Sol intermédiaire (RU = 100 mm)	35-40 q/ha	15	9

* étude fréquentielle sur la station de Blagnac (31) période 1990-2003, données climatiques Météo France, rendements estimés en fonction de la disponibilité en eau sur le cycle du soja.

Dans le Sud-Ouest, l'irrigation, avec un nombre suffisant de tours d'eau, permet de sécuriser les rendements quel que soit le type de sol. En sec, le risque d'obtenir de faibles rendements est élevé, même en sol profond.

Conduite de l'irrigation en année moyenne (objectif de rendement : 35-40 q/ha)

Type de sol	Région climatique	Apports totaux en irrigation	Nombre d'apports	Durée du tour d'eau (jours)	Dose (mm)
Sols superficiels	Sud-Est	250 à 300 mm	8 à 10	6-7	30-35
	Midi-Pyrénées	200 à 250 mm	7 à 8	6-7	30
	Aquitaine	150 à 200 mm	5 à 7	6-7	30
	Centre, Poitou-Charentes	180 à 210 mm	6 à 7	7	30
Sols profonds	Sud-Est	150 à 250 mm	4 à 6	8-10	40-45
	Midi-Pyrénées	100 à 150 mm	3 à 4	10-12	35-40
	Aquitaine	50 à 100 mm	2 à 3	10-12	35-40
	Centre, Poitou-Charentes	80 à 120 mm	2 à 3	12	40

Les apports totaux s'échelonnent de 50 à 300 mm selon la région, le type de sol et l'année.

Le soja a des besoins élevés en eau. Dans le sud de la France, l'irrigation est indispensable pour obtenir des rendements élevés. 100 mm permettent de gagner 8 à 10 q/ha (tableaux).

L'irrigation du soja ne doit pas commencer trop tôt. En sols superficiels, le premier arrosage peut intervenir au stade R1 (apparition des premières fleurs), soit vers le 25 juin/1^{er} juillet pour un semis de mi-avril à début mai avec une variété groupe I ou groupe II. En sols profonds, le premier passage peut être réalisé 12 à 15 jours après l'apparition des premières fleurs, soit vers le 15 juillet pour un semis de mi-avril à début mai, avec une variété groupe I ou groupe II.

Ces dates sont à moduler en fonction du climat de l'année. Elles pourront être retardées en cas de pluie en mai et juin, et avancées dans le cas inverse.

L'alimentation en eau en fin de cycle permet de finir le grossissement des graines, essentiel pour l'élaboration d'un haut rendement et d'une forte teneur en protéines.

En l'absence de pluie, le dernier arrosage pourra être réalisé au stade R7 (premières gousses mûres, de couleur marron-beige, avec des graines arrondies à l'intérieur). Ce stade se situe environ trois semaines avant la récolte, vers le 10-15 septembre pour un semis de mi-avril à début mai.

En cas de restriction d'eau ou d'un coût d'irrigation élevé, il est conseillé de privilégier la phase début floraison/début grossissement du grain (fin juin à fin juillet) en sols superficiels et la phase mi-floraison/fin de formation des gousses (mi-juillet à mi-août) en sols profonds. ■

Luc Champolivier
champolivier@cetiom.fr
CETIOM