

Guide de l'utilisateur



maïs
pois
céréales

Pilotez l'irrigation
avec la méthode

IRRINOV[®]



Région Centre



ARVALIS
Institut du végétal



en collaboration avec l'UNIP et la FNAMS

Pilotez l'irrigation avec la méthode

IRRINOV® Région CENTRE

IRRINOV® Région CENTRE
est une méthode de pilotage
de l'irrigation applicable au maïs grain,
au blé tendre, au blé dur,
à l'orge de printemps et
au pois de printemps.

Elle est conçue pour conduire l'irrigation
de chacune de ces espèces, sur un ensemble
de parcelles aux caractéristiques de sol
voisines, irriguées par le même matériel.

Elle est adaptée aux principaux types de sols
irrigués de la région Centre.

La méthode a été mise au point par
ARVALIS-Institut du végétal et les Chambres
d'Agriculture de la région Centre en
collaboration avec l'UNIP et la FNAMS.

Ce guide a été réalisé avec
le concours financier de
l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.



FNAMS



**CHAMBRES
D'AGRICULTURE**
RÉGION CENTRE



ARVALIS

Institut du végétal



maizEUROP

8, avenue du Président Wilson 75116 PARIS
Tél. 01 44 31 1000 Fax: 01 44 31 1010
www.arvalis.asso.fr

1 - La méthode IRRINOV®	3
- Présentation de la méthode	3
- Domaine d'utilisation	4
- Les 3 étapes du pilotage avec IRRINOV®	5
- Mode d'emploi de la station IRRINOV®	6
• la station et le choix de son emplacement	6
• la préparation du boîtier de lecture et des sondes	8
• la mise en place de la station IRRINOV®	10
• la lecture des sondes	13
• la pose et la lecture du pluviomètre et la représentativité de la station	15
• la dépose du matériel	16
2 - Les quatre grands types de sols référencés	17
- Présentation des sols et utilisation de la tensiométrie dans chacun de ces sols (nombre de sondes, profondeur de pose)	
3 - Pilotage de l'irrigation du pois de printemps	21
- Les stades à reconnaître	23
- Règles de décision en sol profond	24
- Règles de décision en sol moyen	26
- Règles de décision en sol caillouteux	27
- Règles de décision en sol très caillouteux ou sableux	29
4 - Pilotage de l'irrigation du blé tendre et du blé dur	33
- Adapter l'itinéraire technique en parcelle irriguée	34
- Les stades à reconnaître	35
- Règles de décision en sol profond	38
- Règles de décision en sol moyen	40
- Règles de décision en sol caillouteux	42
- Règles de décision en sol très caillouteux ou sableux	44
5 - Pilotage de l'irrigation de l'orge de printemps	47
- Adapter l'itinéraire technique en parcelle irriguée	48
- Les stades à reconnaître	49
- Règles de décision en sol profond	50
- Règles de décision en sol moyen	52
- Règles de décision en sol caillouteux	54
- Règles de décision en sol très caillouteux ou sableux	56
6 - Pilotage de l'irrigation du maïs	59
- Les stades à reconnaître	61
- Règles de décision en sol profond	64
- Règles de décision en sol moyen	66
- Règles de décision en sol caillouteux	68
- La méthode n'est pas référencée en sol très caillouteux ou sableux	
7 - Contrôle de la dose d'irrigation moyenne délivrée par le matériel	70
Fonds graphiques	72
Qui contacter?	75

Présentation

La mise en œuvre d'IRRINOV® permet :

- d'assurer une alimentation hydrique satisfaisante sans gaspillage,
- de faire participer au maximum la réserve du sol à l'alimentation en eau de la culture,
- d'obtenir une efficacité maximale de l'irrigation,
- d'obtenir un rendement élevé en l'absence de facteurs limitants autres que l'alimentation en eau.

Sur pois :

limiter l'excès de végétation

Trop irriguer avant et au début de la floraison peut entraîner un excès de végétation qui se révèle parfois préjudiciable au rendement. Ce risque se rencontre surtout en sols profonds. La méthode fait retarder le déclenchement de l'irrigation si la végétation est trop développée au début de la floraison.

Sur céréales: préserver aussi l'alimentation azotée et contribuer à une meilleure maîtrise de la teneur en protéines et du calibrage (pour l'orge de printemps)

En cas de période sans pluie après un apport d'azote, l'irrigation sera déclenchée pour que l'engrais azoté soit absorbé au bon moment.

Sur orge de printemps, le pilotage de l'irrigation en fin de cycle vise aussi à maximiser le calibrage des grains.

Sur maïs: optimiser les apports d'eau en prenant en compte la durée du tour d'eau

IRRINOV® Région CENTRE comprend :

- 1 Le présent guide de l'utilisateur :
 - la partie 1 est commune à l'ensemble des espèces, avec des éléments d'explication pour utiliser au mieux la méthode IRRINOV®,
 - la partie 2 présente les sols référencés en région Centre,
 - les parties 3 à 6 développent les règles de décision pour chacune des espèces,
 - la partie 7 présente des méthodes de contrôle de la dose d'irrigation moyenne délivrée par le matériel.
- 2 Un carnet de terrain pour les enregistrements des tensions, pluies, irrigations et stades.

Autres outils nécessaires

- 1 la station de mesure avec des sondes Watermark®,
- 2 le boîtier de lecture,
- 3 un outil de pose des sondes (tarière vrille),
- 4 un pluviomètre.

Ces outils sont diffusés par Challenge Agriculture.

- 5 un pisimètre et un calibre de gousses pour le pilotage de l'irrigation du pois de printemps.

Ces outils sont diffusés par ARVALIS - Institut du végétal.

Domaine d'utilisation

La méthode est utilisable sur les 4 grands types de sols (voir chapitre 2, p. 17) référencés en région Centre. Elle n'est pas applicable à d'autres types de sols. La méthode est adaptée aux situations où la capacité d'irrigation (ressource en eau et matériel) permet de couvrir les besoins en eau huit années sur dix. Les volumes par hectare et les débits nécessaires sont indiqués pour chaque espèce

Toutefois, dans des situations où la restriction est modérée, la méthode peut être mise en œuvre et contribuer aussi à une meilleure gestion de l'irrigation. Pour le pois et les céréales, le débit d'équipement indiqué pour chaque type de sol permet de faire face huit années sur dix aux besoins en eau de la culture en cas de sécheresse pendant plusieurs semaines en mai et juin.

Pois et orge de printemps

Sols profonds	- Volume	600 m ³ /ha
	- Débit	2,5 mm/jour
<hr/>		
Sols moyennement profonds	- Volume	900 m ³ /ha
	- Débit	3 mm/jour
<hr/>		
Sols caillouteux	- Volume	900 m ³ /ha
	- Débit	3,5 mm/jour
<hr/>		
Sols très caillouteux ou sableux	- Volume	1 200 m ³ /ha
	- Débit	4 mm/jour

Blé tendre et blé dur

Sols profonds	- Volume	300 m ³ /ha
	- Débit	2 mm/jour
<hr/>		
Sols moyennement profonds	- Volume	600 m ³ /ha
	- Débit	3 mm/jour
<hr/>		
Sols caillouteux	- Volume	600 m ³ /ha
	- Débit	3 mm/jour
<hr/>		
Sols très caillouteux ou sableux	- Volume	900 m ³ /ha
	- Débit	3,5 mm/jour

Maïs

Sols profonds	- Volume	2 000 m ³ /ha
	- Débit	3 mm/jour
<hr/>		
Sols moyennement profonds	- Volume	2 200 m ³ /ha
	- Débit	3,5 mm/jour
<hr/>		
Sols caillouteux	- Volume	2 400 m ³ /ha
	- Débit	4,5 mm/jour

Ma campagne d'irrigation avec IRRINOV®

En début de campagne (avant fin mars pour les céréales et le pois et fin avril pour le maïs) :

- 1 connaître la station IRRINOV®,
- 2 identifier votre type de sol.

Avant les stades indiqués pour chaque espèce :

- 3 installer la station IRRINOV®.

Pendant la campagne d'irrigation :

- 4 repérer les stades clé pour le pilotage,
- 5 mesurer les tensions, les pluies et les irrigations,
- 6 contrôler la dose d'irrigation moyenne délivrée par le matériel,
- 7 appliquer les règles de décision en fonction des observations.

Les 3 étapes du pilotage avec IRRINOV® Région CENTRE

Le déclenchement de l'irrigation

Le déclenchement s'appuie sur le suivi du dessèchement du sol, au moyen de sondes tensiométriques de type Watermark® placées à deux profondeurs (30 et 60 cm) ou une seule (30 cm) pour les sols caillouteux.

Les seuils de tension à partir desquels l'irrigation doit être déclenchée sont modulés selon :

- le type de sol,
- le stade de la culture (et son niveau de croissance pour le pois)
- la durée du tour d'eau.

La gestion des passages suivants

Elle est basée sur un rythme d'apport correspondant à une dose et un délai de retour adapté pour la région :

- au type de sol,
- au stade,

et sur une règle d'arrêt momentané en cas de pluie.

Les sondes Watermark® sont utilisées pour moduler le rythme d'apport, sous réserve que :

- les irrigations précédentes reçues par les sondes soient proches des doses moyennes d'irrigation délivrées par le matériel,
- les écarts de tension entre sondes à une même profondeur soient peu importants.

Le « tour d'eau » désigne l'ensemble des positions d'arrosage, sur une culture irriguée par le même matériel.

Les seuils de tension conseillés permettent de bien irriguer toutes les parcelles y compris la dernière position du tour d'eau.

L'arrêt de l'irrigation

Il est décidé en fonction du stade de la culture, des valeurs de tensions en eau du sol et des prévisions météorologiques.

Des contrôles indispensables

- 1 Contrôle de la dose effectivement délivrée par le matériel (voir page 70)
- 2 Comparaison à la dose reçue par la station IRRINOV®

La méthode IRRINOV® est basée sur la mesure des tensions sur un site de mesure dans une parcelle.

Pour pouvoir se servir des sondes tensiométriques pour moduler le rythme des apports en cours de campagne, il faudra vérifier que la dose d'eau reçue au voisinage des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel d'irrigation.

ATTENTION, la dose mesurée au pluviomètre n'indique en aucun cas, la dose moyenne délivrée par le matériel, celle-ci doit être évaluée selon la procédure décrite en annexe.

Mode d'emploi de la station IRRINOV[®]

La station et le choix de son emplacement

La station de mesure

Elle comprend :

- des **sondes tensiométriques** permettant de mesurer la tension en eau du sol,
- un **pluviomètre**.

Choix de l'emplacement du site de mesure dans les parcelles du tour d'eau

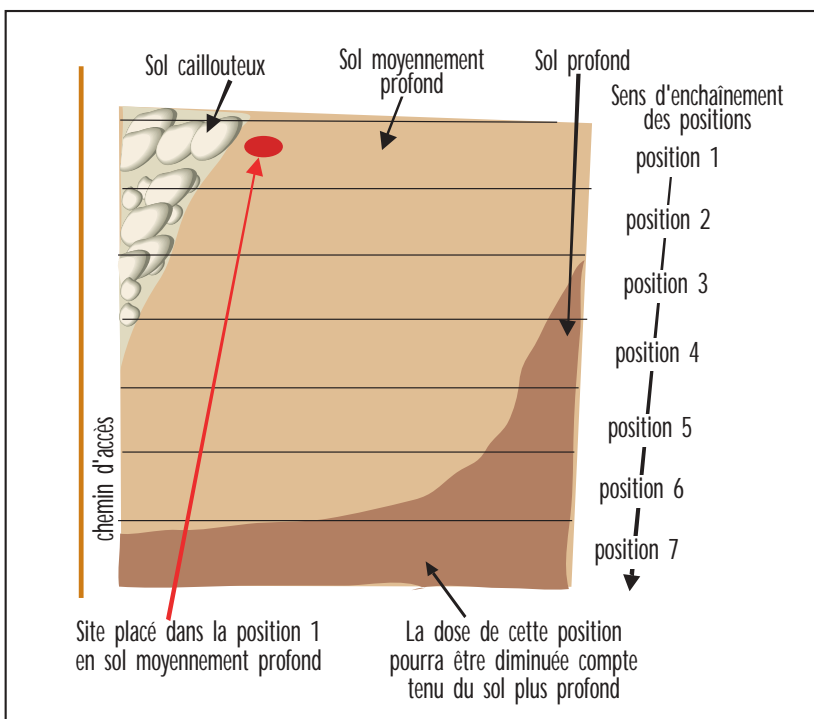
La station de mesure permet de piloter l'irrigation sur un ensemble de parcelles irriguées avec le même matériel :

- un enrouleur,
- un pivot,
- une rampe d'irrigation.

Il faudra implanter cette station :

- sur une position de début de tour d'eau facilement accessible,
- sur le sol dominant de l'ensemble des parcelles à irriguer du tour d'eau.

Exemple de choix de l'emplacement du site dans une parcelle hétérogène





La station IRRINOV®

Dans tous les cas, le choix de sols "extrêmes" risque de limiter l'intérêt de la méthode : si vous placez les sondes sur un sol superficiel, alors que le sol dominant est plutôt profond, vous allez mettre trop d'eau en sol profond et elle ne sera pas efficace. Si vous les placez en sol profond et que vous avez quelques hectares en sol superficiel, ceux-ci seront sous-irrigués.

Le schéma *page 6* permet d'illustrer le choix de l'emplacement du site dans une parcelle hétérogène.

Choix de l'emplacement du site par rapport au matériel d'irrigation

Canon enrouleur

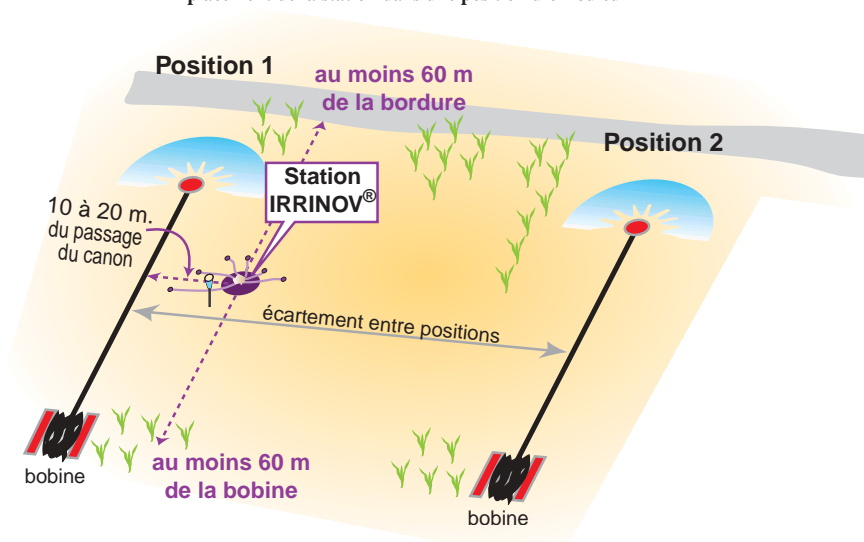
- De 10 à 20 m du passage du canon.
- À au moins 60 m de la bordure et de la bobine.

Préférer si possible une implantation du site dans une zone irriguée de nuit pour limiter le risque d'hétérogénéité liée au vent.

Pivot et rampe

- Éviter les première et dernière travées.
- À au moins 20 m de l'angle non arrosé si le pivot ne fait pas un tour complet.

Emplacement de la station dans une position d'enrouleur



Préparation du boîtier de lecture et des sondes

(source : Challenge Agriculture)

Pour tout problème sur le matériel (sondes, boîtier) contacter Challenge Agriculture

Principe de fonctionnement du boîtier Watermark®

Le boîtier permet de lire la tension de l'eau dans le sol. Pour avoir une mesure précise, il est impératif d'afficher sur le boîtier la température de la sonde en équilibre avec son milieu (l'eau pour les tests préalables puis le sol en situation de mesure au champ).



Alimentation électrique du boîtier Watermark®

Changer la pile de 9 volts tous les ans. Pour cela, dévisser les quatre vis au dos du boîtier, déposer le couvercle et connecter une pile neuve.

Attention à une chaleur excessive (dans la voiture en plein été), à l'humidité, aux vibrations, à l'électricité statique...



Vérifier visuellement le bon état des fils, et tester comme suit :

Connecter les deux pinces croco l'une à l'autre, et effectuer une lecture : cliquer sur READ puis dès l'affichage -- cliquer à nouveau sur READ, sans tenir. L'affichage doit se situer entre - 04 et 00 : si c'est le cas, les contacts et les fils sont en bon état.



Tester le boîtier Watermark®

Pour ce test, le réglage de température-sol doit être fixé à 24 °C. Pour changer le réglage de température-sol, presser et tenir TEMP, et presser et tenir READ en même temps. La valeur de la température défile. On relâche lorsque la valeur souhaitée est atteinte.

Pour tester le boîtier, presser et tenir TEST et presser READ en même temps.

La valeur affichée doit être comprise entre 95 et 105 cbar.



Identifier les sondes

Le constructeur annonce une durée de vie de 5 ans pour les sondes.

Pour vous y retrouver : noter l'année d'achat et un numéro d'ordre sur le PVC avec un feutre indélébile.

Préparation et vérification des sondes Watermark®

- Le tube peut être raccourci ou rallongé, selon les besoins.
- Inspecter le capteur de la sonde. Si vous détectez des trous dans la feutrine, la sonde est inutilisable.

La veille de l'implantation

- Plonger les sondes propres dans un seau d'eau dans un local chauffé (pour que l'eau soit à une température proche de 18 °C) pendant une nuit. Une immersion prolongée accélérerait le « vieillissement » des sondes.

Lecture des sondes après une nuit de trempage dans l'eau

- Afficher la température de l'eau 18 °C sur le boîtier.
- Une pince croco mord chaque cosse, sans se toucher.
- Cliquer sur READ pour réveiller le boîtier :-- puis aussitôt :
- Cliquer à nouveau sur READ. Le résultat sort au bout de quelques secondes
- La valeur sur une sonde saturée doit être comprise entre 0 et 10 cbar ; sinon la sonde est inutilisable.



Photos ©Challenge Agriculture



Dernière préparation avant la pose

- Veillez à vider l'eau qui se trouve dans le tube avant la mise en place des sondes, s'il n'est pas percé en bas (sondes vendues avant 1999).
- Un capuchon doit chapeauter obligatoirement le haut du tube PVC pour éviter que de l'eau ne pénètre: fixer ce capuchon avec du «chatterton».
- Les sondes doivent être saturées en eau avant d'être posées. S'il s'écoule quelques jours entre le test des sondes et l'installation au champ, **conserver les sondes au sec** pendant ces quelques jours et saturer à nouveau les sondes la nuit avant l'installation.

Le sol en place foré au diamètre exact est préférable, d'où l'intérêt d'utiliser les outils de pose calibrés aux strictes dimensions des sondes



La mise en place de la station

IRRINOV®

La station de mesure IRRINOV®

Elle comprend quatre à six sondes selon le type de sol choisi et un pluviomètre.

- Placer les sondes dans une zone où le peuplement est correct. Éviter les « trous »!
- Éviter les passages de roues.
- Regrouper les sondes dans une même zone:
 - les placer à 20 cm du rang de maïs,
 - les placer dans l'inter-rang pour le pois et les céréales

Dans tous les cas, mettre chaque sonde dans un inter-rang différent (*voir schéma*).

Installer tôt les sondes dans un sol frais

Blé tendre et blé dur

Avant le stade épi 1 cm.

Pois et orge de printemps

Le plus tôt possible après la levée et au plus tard au stade 6-7 feuilles pour le pois et début tallage pour l'orge.

Mais

Si vous ne binez pas le maïs et si vous n'incorporez pas d'engrais dans le sol avec un coutre après la levée, installez vos sondes dès le stade 5 feuilles visibles. Dans le cas contraire, installez vos sondes immédiatement après le dernier passage d'outil.

Pose des sondes

Réaliser un pré-trou de la profondeur prévue pour la sonde

- **Sols sans cailloux** : avec la tarière-vrille (vendue par Challenge Agriculture). Éviter de « saturer » la tarière: ne pas l'enfoncer de plus de 10 cm à la fois pour ne pas tasser les parois du trou. Ne pas peser sur le manche, la simple rotation suffit.

Pour la remonter : continuer à tourner dans le même sens que la descente.

• **Sols caillouteux** : avec une barre à mine que vous pouvez réaliser vous-même, en lui donnant exactement les formes et les dimensions de la sonde. Souder deux poignées qui serviront à la tourner pour la remonter.

Repérer les profondeurs 30 et 60 cm avec un scotch de couleur sur la tarière ou la barre à mine.

Un bon contact sol-sonde est impératif.

- Respecter la structure du sol.
- Ne pas créer de milieu artificiel autour de la sonde : ne pas verser de boue dans le trou. Le sol en place foré au diamètre exact est préférable, d'où l'intérêt d'utiliser les outils de pose calibrés aux strictes dimensions des sondes. Ces outils permettent de faire un pré-trou exactement du diamètre de la sonde, à savoir 22 mm sur 8 cm au fond, puis 25 mm jusqu'à la surface du sol.
- Praliner la sonde avec de la boue.
- Descendre lentement la sonde sans jamais forcer.

On doit sentir la sonde serrer et talonner au fond, elle ne doit pas flotter.

- Refermer le sol avec les pouces autour du tube.

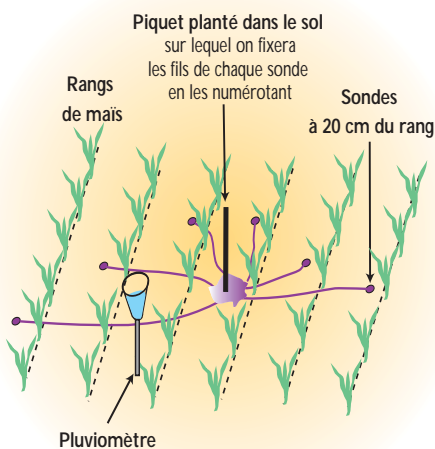
Les sondes sont équipées de 3 m de fil ce qui permet de les lire à distance, sans piétiner autour.

Installation du piquet de lecture

- Relier les fils de chaque sonde à un piquet planté dans le sol. Puis numéroté les sondes en repérant à quelle profondeur chaque numéro de sonde se trouve.

Relier tous les fils des sondes sur un piquet permet de :

- faciliter la lecture,
- ne pas piétiner la culture autour des sondes.



Photos ©Challenge Agriculture

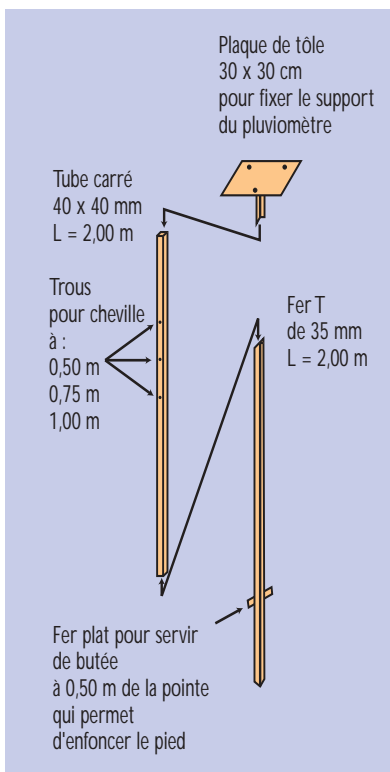


Installer le pluviomètre à proximité des sondes

...de manière à ce que sa lecture soit possible sans piétiner le sol autour des sondes.

Pour le maïs, veiller en cours de campagne à ce que le pluviomètre soit toujours au-dessus de la végétation : le mieux est de disposer d'un pluviomètre monté sur un pied télescopique que vous pouvez réaliser vous-même, comme sur le schéma ci-dessous.

Dégager au besoin le pluviomètre en cassant quelques panicules autour de celui-ci si nécessaire.



Plan d'un pied télescopique pour pluviomètre maïs

Le pluviomètre devra être placé sur un pied télescopique permettant de le maintenir au-dessus de la végétation. Le pluviomètre est à lecture directe et de surface de réception de 400 cm².

La lecture des sondes

La lecture peut débuter deux à trois jours après l'installation des sondes.

Fréquence de lecture des sondes

Fréquence de lecture avant la première irrigation : une fois par semaine puis tous les 2-3 jours dès que les conditions climatiques deviennent sèches, le matin de préférence.

En cours de campagne d'irrigation, les tensions seront utilisées pour confirmer ou pas la reprise d'un tour d'eau, à deux conditions :

- 1 les doses des irrigations précédentes reçues par les sondes sont proches des doses d'irrigation moyennes délivrées par le matériel (voir pages 15 et 70);
- 2 il n'y a pas plus de 30 cbar d'écart entre les différentes sondes d'une même profondeur (voir page 15).

LECTURE DES SONDES :

Comment procéder ?

- 1 Afficher la température du sol sur le boîtier

Mars Avril Mai Juin Juillet Août Sept.

9 °C 11 °C 14 °C 17 °C 19 °C 19 °C 17 °C

- pour vérifier le réglage de température, presser et tenir TEMP,
- pour changer le réglage de température, presser et tenir TEMP, et presser et tenir READ. Relâcher quand la valeur souhaitée est atteinte.

- 2 Lire les sondes : cliquer sur READ, sans tenir

Valeurs lues

Gamme de mesure : de 0 à 200 centibars

- 0-20 centibars : sol saturé en eau,
- 40-140 centibars : réserve en partie consommée (gamme dans laquelle se trouve le seuil de déclenchement du tour d'eau),
- 140-199 centibars : sol sec.

Sondes : noter les valeurs sur le carnet de terrain

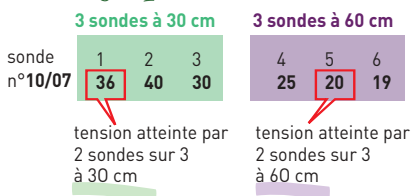
Noter donne l'avantage de :

- pouvoir suivre l'évolution des mesures et donc de prévoir une date probable de déclenchement de l'irrigation quelques jours avant,
- conserver l'information pour réaliser un bilan de l'irrigation après la campagne.

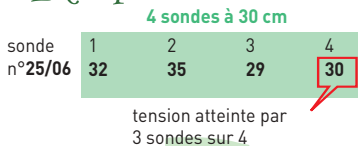
Pour chacune des profondeurs, repérer la valeur de tension atteinte par deux sondes sur trois (ex. 1) (ou la valeur atteinte par trois sondes sur quatre, dans le cas de quatre sondes en sols caillouteux (ex. 2)). C'est elle qui sera retenue pour décider.

Reporter ces valeurs sur un graphique qui servira en particulier lors du bilan de campagne.

Exemple 1



Exemple 2



Réaliser au minimum les mesures de tension suivantes :

- 1 avant chaque décision d'irrigation pour confirmer ou pas le début d'un nouveau tour d'eau,
- 2 24 heures à 36 heures après chaque irrigation pour connaître l'efficacité de celle-ci (éviter les mesures avant 24 heures, peu stables),
- 3 après une pluie significative pour connaître son efficacité.

Comportement normal des tensions

Sur toutes les cultures, en début de cycle, la tension à 30 cm monte plus vite qu'à 60 cm de profondeur, car l'enracinement est moins important à 60 cm de profondeur. Ce phénomène est beaucoup plus marqué pour les espèces semées au printemps, mais pois et orge, où la tension à 60 cm monte avec un décalage de 7 à 15 jours selon le stade par rapport à 30 cm.

Sur les céréales, la tension à 60 cm monte dès le début montaison et le décalage entre les sondes à 30 et 60 cm devient faible courant montaison. Ces deux profondeurs sont utilisées pour le déclenchement de l'irrigation.

Sur pois, la tension à 60 cm monte dès le stade 10 feuilles et les sondes à 30 et 60 cm sont utilisées pour le déclenchement de l'irrigation.

Sur maïs, seules les tensions à 30 cm servent pour le déclenchement de l'irrigation. Ce n'est que plus tard après le stade 10 feuilles que les tensions à 60 cm commencent à monter, généralement moins vite que les sondes à 30 cm.

L'hétérogénéité des valeurs de tension: Un écart de 10 à 20 cbar de tension entre deux sondes situées à la même profondeur est normal. Ce niveau d'écart est d'ailleurs assez fréquent. C'est pourquoi il est proposé dans la méthode IRRINOV® d'installer trois ou quatre sondes par niveau de profondeur. On décide alors, quand deux sondes sur trois (ou trois sondes sur quatre) ont atteint des valeurs seuils: les valeurs anormales ne sont pas prises en compte.

Les problèmes possibles et les solutions

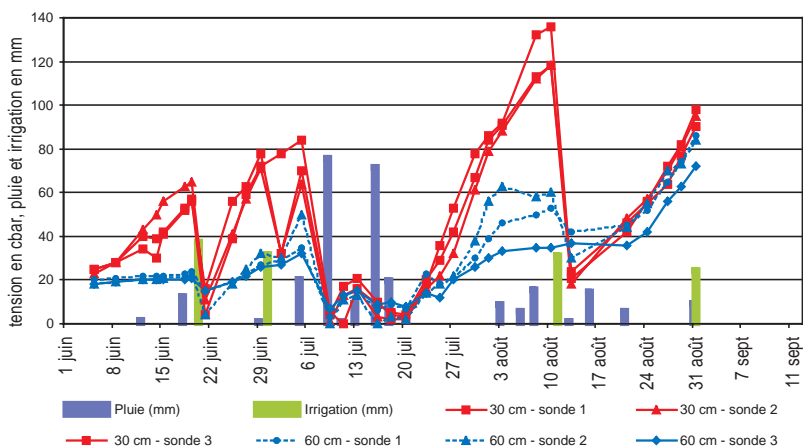
Les sondes montent très vite juste après la pose:

- soit le sol est déjà très sec, et les sondes ont donc été posées trop tard,
- soit les sondes sont mal posées, il y a de l'air entre le sol et les sondes, d'où un défaut de contact sol-sonde. Il faut alors recommencer la pose.

Valeur lue 199 cbar:

Cette valeur de tension indique souvent un problème de contact électrique: vérifier l'état des cosses.

Figure 1: Exemple de relevé avec des valeurs de tension homogènes entre sondes à 30 et 60 cm de profondeur: parcelle de maïs en sol profond (2001) à Tillay-le-Péneux (28)



Les tensions à 60 cm évoluent plus lentement que les tensions à 30 cm, surtout en début de saison. Les irrigations affectent surtout les tensions à 30 cm. Seules des pluies importantes font baisser significativement et durablement les tensiètres profonds.

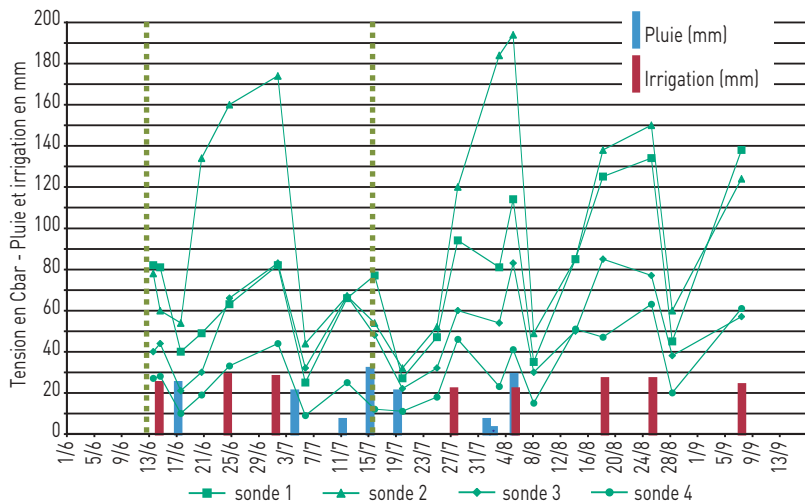
Les sondes d'une même profondeur donnent des valeurs très différentes: Un écart de 10-20 cbar entre deux sondes d'une même profondeur est normal. En revanche, un écart dépassant 30 cbar et augmentant continuellement devient suspect. Il peut s'expliquer par le mauvais fonctionnement d'une ou plusieurs sondes dû à :

- un mauvais contact sonde-sol,
- l'absence de racines autour de la sonde,
- une rupture du contact sol-sonde, dans certains sols argileux à fissuration importante, lorsque la tension dépasse 90-120 cbar.

La lecture du pluviomètre et la représentativité de la station

- Noter les irrigations et les pluies sur le carnet de terrain.
- Vider le pluviomètre après chaque lecture (ne pas le vider près des sondes).
- Vérifier que la dose d'irrigation lue dans le pluviomètre (donc reçue par les sondes) est proche de la dose d'irrigation moyenne du tour d'eau (voir page 70).
- Si l'écart est inférieur ou égal à 15 % de cette dose à chacune des irrigations, les sondes sont représentatives des parcelles du tour d'eau. Sinon les sondes sont « sur-irriguées » ou « sous-irriguées ».
- Si l'écart reste modéré, en tenir compte dans l'interprétation des tensions.
- Si l'écart est important et se répète dans le même sens, identifier la cause : vent, réglage du matériel, emplacement de la station.

Figure 2: Exemple de relevé avec forte hétérogénéité des tensions entre 4 sondes à 30 cm de profondeur, liée à un mauvais contact sol-sondes (sonde 2) sans doute en relation avec la pose tardive sur sol déjà sec : parcelle de maïs suivie en 2001 à Assais (79)



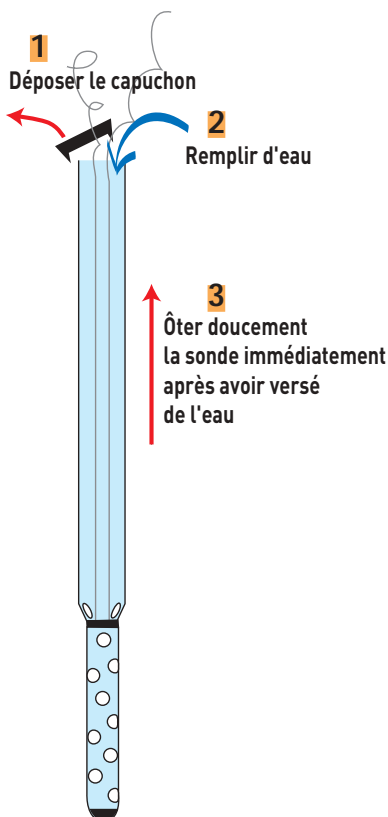
La dépose du matériel

Dépose des sondes

Dès que l'irrigation est devenue inutile, les sondes peuvent être retirées du sol. Il faut les sortir délicatement pour éviter de les détériorer.

Pour faciliter la dépose :

- enlever le capuchon ;
- remplir d'eau les tubes de sonde si le tube possède des trous en bas, juste au-dessus de la sonde (sondes vendues depuis 1999) ;
- sinon faire 1 ou 2 trous parallèles à proximité de la sonde avec la tarière qui a servi à les installer ;
- puis, y verser de l'eau (quelques litres) en vue d'humidifier le sol pour permettre ensuite l'extraction de la sonde ;
- ôter la sonde quelques minutes après avoir versé l'eau. Tirer doucement sans tourner (risque de décollement de la sonde).



Ne pas forcer pour ôter les sondes (si nécessaire, remettre de l'eau et attendre un peu).

Cas où les sondes sont enlevées du pois ou des céréales pour être installées sur maïs

L'utilisation sur maïs est possible à condition de :

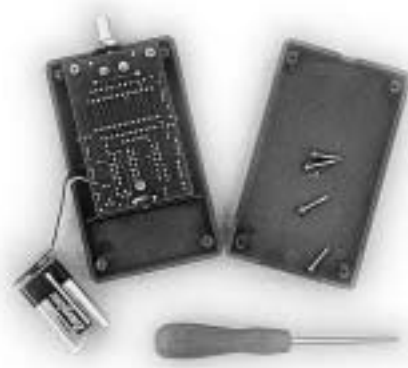
- remettre les sondes une nuit dans l'eau avant la pose sur maïs et contrôler la tension (*voir page 9, lecture des sondes après une nuit de trempage dans l'eau*).
- les installer au plus tard au stade 10 feuilles du maïs.

Entretien des sondes

- Nettoyer les sondes à l'eau,
- Les laisser sécher,
- Puis les stocker dans un sachet plastique dans un endroit sec jusqu'à l'utilisation suivante.

Hivernage du boîtier

- Ôter la pile.

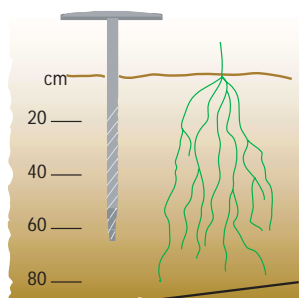


Les quatre grands types de sols référencés

Sols profonds

Les sols profonds sont souvent bien structurés (limono-argileux ou argilo-limoneux) :

- il est possible de poser des sondes à 60 cm,
- et l'enracinement descend au-delà de 80 cm de profondeur.



Posez 3 sondes à 30 cm
et 3 sondes à 60 cm

Exemples de sols « profonds »

Limons argileux (18 à 25 % d'argile)

Limons de Beauce, de Champagne, du Perche et de Champagne Berrichonne (bouloise du Cher), bournaï franc, (Touraine et Boischaux Nord).



Argilo-limoneux (25 à 35 % d'argile)

Limons de Beauce, de Champagne, de Champagne Berrichonne (bouloise du Cher)



Terre argileuse profonde (25 à 40 % d'argile)

Aubuis ou aubue (Touraine), Terre forte sur marne, Varenne argileuse ou terre de fonds (Indre), Terre noire (Beauce)

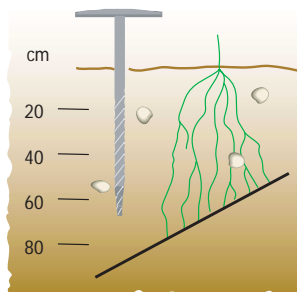


SI VOUS AVEZ DEUX PARCELLES avec des types de sol très différents, nous vous conseillons de mettre en place DEUX SITES IRRINOV®.

Sols moyens

Sols moyennement profonds, pas ou peu caillouteux.

Un obstacle (roche dure ou argile compacte) limite l'enracinement entre 50 et 80 cm de profondeur.



Posez 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm ou juste au-dessus de l'obstacle à l'enracinement si celui-ci apparaît entre 50 et 60 cm de profondeur

Exemples de sols « moyens »

Limoneux (8 à 16 % d'argile)

sur argile à silex ou substrat argileux acide : bournais pisseux (Touraine), Boischaud Nord, pays fort, limon battant du Perche (28, 41)



Bournais pisseux



Limon dégradé du Perche

Limons argileux ou argilo-limoneux sains (25 à 35 % d'argile) sur calcaire à 60-70 cm maximum



Limon de Beauce moyennement profond



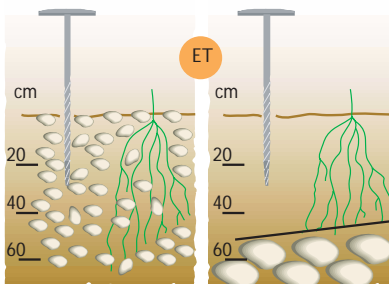
Limon argileux sur calcaire à 50 cm (Cher)

Sols caillouteux

La réserve en eau est comprise entre 60 et 120 mm.

Sols caillouteux avec passage possible des racines jusqu'à 60 cm entre les pierres, ou sur calcaire dur à moins de 50 cm.

La présence de cailloux ne permet pas la pose de sondes au-dessous de 30 cm de profondeur.



Posez 4 sondes à 30 cm

Exemples de sols « caillouteux »

Argilo-calcaire (25 à 35 % d'argile) sur calcaire dur à 20 à 50 cm de profondeur

Argilo-calcaire de Beauce, Champagne berrichonne, groie, galuche, grouaille, chotte.



Argilo-calcaire de Beauce



Argilo-calcaire de Champagne

Argilo-calcaire sur calcaire tendre peu profond

Tuf blanc, aubuis léger, rendzines du Ligolois, Richelais et zone d'affleurement de craies ou calcaires tendres.



Rendzine sur craie

SI VOUS AVEZ DEUX PARCELLES avec des types de sol très différents, nous vous conseillons de mettre en place **DEUX SITES IRRINOV®**.

Uniquement en cas de bon enracinement en surface et en profondeur.

Sol caillouteux plus ou moins battant, hydromorphe sur argile à silex

Bournais perrucheux sur argile à silex (Gâtines, plateau de Ste Maure, Boischaut nord, pays fort), Limon graveleux battant (Perche 28, 41)



Bournais perrucheux



Limon caillouteux du Perche

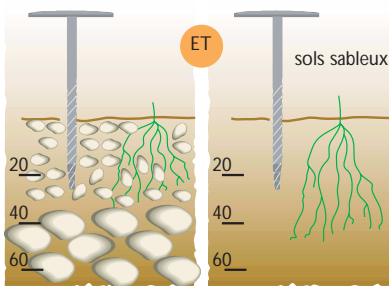
Sols très caillouteux ou sableux

La réserve en eau est toujours inférieure à 60 mm.

- Sols caillouteux sur calcaire dur ou silex (racines bloquées à 30 cm).

La présence de cailloux ne permet pas la pose de sondes au-dessous de 30 cm de profondeur,

- Sols sableux (plus de 50 % de sable).



Posez 4 sondes à 30 cm

Exemples de sols « caillouteux ou sableux »

Sols très caillouteux :

Argilo-calcaire très superficiel, grouailles, perrons, petites terres à cailloux (Cher et Indre), tuf, petite Champagne, galuche (Touraine), rendzines, perruche caillouteuse.



Rendzine



Perruche caillouteuse

Sols sableux :

Sable à lapin, chaufferette, varenne, sable pissieux, brande.



Sol de terrasse



Sol sableux

Sols très caillouteux ou Sols caillouteux où l'enracinement en surface et en profondeur est très limité.



Sol cailloux du Perche



Bournais perrucheux

Pilotage de l'irrigation du pois de printemps

SUR POIS DE PRINTEMPS, LA MÉTHODE IRRINOV® vise à limiter l'excès de végétation, tout particulièrement en sols profonds et moyens. Le déclenchement est modulé selon l'état de la végétation au stade début floraison, apprécié à l'aide du pisimètre.

En sols caillouteux, le risque d'excès de végétation est plus faible et le déclenchement à partir du stade 8 feuilles est uniquement basé sur des sondes tensiométriques.



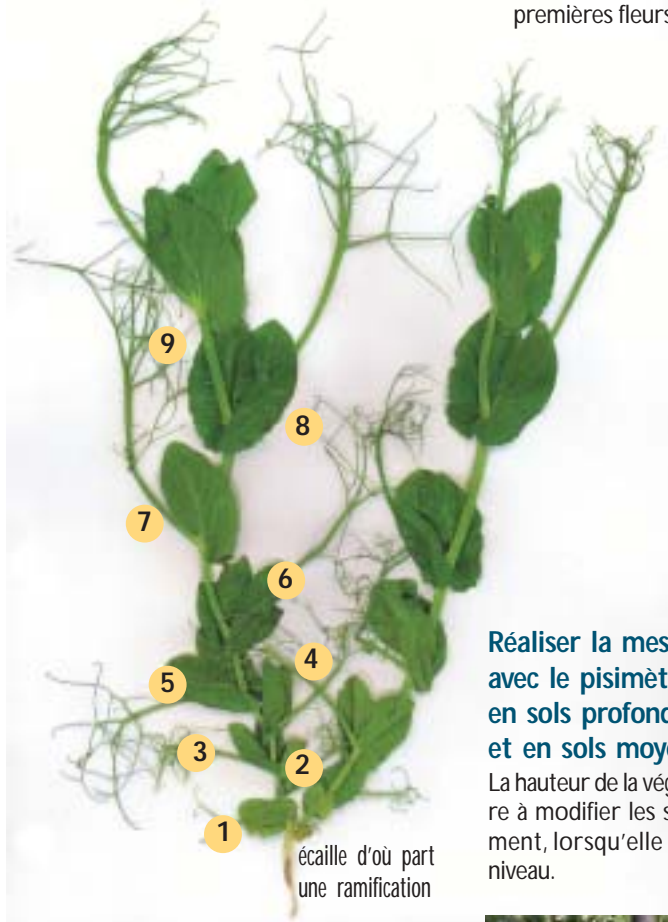
Les stades à reconnaître

Stade 8-10 feuilles

- Pour définir le stade, se baser sur la tige principale (à gauche sur la photo).
- La tige principale est au stade 9 feuilles.

Début floraison

- 50 % des tiges ont au moins une fleur épanouie.
- En pratique, le stade début floraison a lieu 2-3 jours après l'apparition des premières fleurs dans le champ.


**Réaliser la mesure
avec le pisimètre
en sols profonds
et en sols moyens**

La hauteur de la végétation peut conduire à modifier les seuils de déclenchement, lorsqu'elle dépasse un certain niveau.

Exemple d'un pois au stade 9 feuilles

Remarque : dans le comptage du nombre de feuilles, on ne compte pas les écailles.

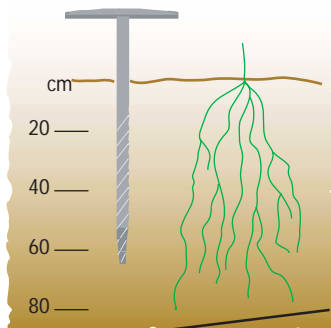

**Surveiller les sondes à partir
du stade 8 feuilles**

En sols caillouteux, très caillouteux, ou sableux, l'irrigation peut démarrer quelques jours après ce stade certaines années.

Pois de printemps

Règles de décision en sol profond

- 1 Poser trois sondes à 30 cm et trois à 60 cm
- 2 Faire la mesure avec le pisimètre à début floraison.



APRÈS DÉBUT FLORAISON

Déclenchement du premier tour d'eau: dose 30 mm

Durée du tour d'eau pour arroser la totalité des pois

Inférieure ou égale à 6 jours 7 à 10 jours

Mesure pisimètre à début floraison

Inférieure ou égale au seuil *

Supérieure au seuil *

2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint

60 cbar

80 cbar

60 cbar

Et 2 sondes sur 3 à 30 cm de profondeur ont dépassé la valeur de 80 cbar

* Seuil pisimètre :

- 30 cm de haut pour Athos, Baccara, Badminton, Dolmen, Austin, Sydney, Spéléo, Cardiff, Declic
- 40 cm de haut pour Aladin, Attika, Hardy, Laser, Podium, Algarve, Metaxa, Lumina, Canyon, Forum
Les seuils des sondes tiennent compte de la durée du tour d'eau sur pois :
il n'y a donc pas lieu de les anticiper.

Ces seuils vont souvent faire retarder le déclenchement par rapport à votre pratique habituelle.

NB Situations peu fréquentes pouvant se produire :

Sécheresse avant début floraison

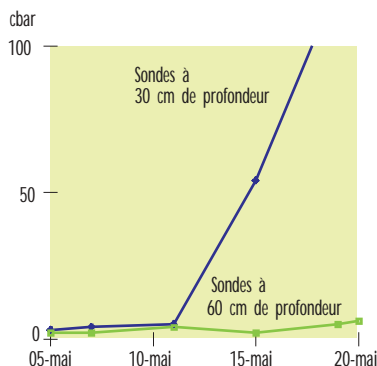
(moins de 10 mm de pluie de la levée à 10 feuilles et pas de pluie prévue dans les jours suivants) :

► démarrer alors l'irrigation au seuil de **100 cbar** avec les sondes à 30 cm de profond.

Mauvais enracinement du pois en profondeur :

Si à début floraison, les sondes à 60 cm de profondeur restent inférieures à 10 cbar alors que les sondes à 30 cm de profondeur montent vite (voir schéma) :

► démarrer alors l'irrigation au seuil de **100 cbar** avec les sondes à 30 cm de profond.



Règles de retour après un apport de 30 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente :

- si jours chauds : irrigation 7 jours après le passage précédent,
- si jours frais : irrigation 9 jours après le passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (page 15, le paragraphe " Lecture du pluviomètre").

Démarrer un nouveau tour d'eau dès que les sondes à 30 cm ont atteint 80 cbar. Les valeurs de tension à 60 cm qui n'ont pas baissé après l'irrigation précédente continuent de monter.

Si pluie :

- on décale l'irrigation d'un jour supplémentaire par 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 9 jours après le tour précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 14 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm :

- les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar, les tensions à 60 cm peuvent aussi chuter en cas de pluie importante : on pourra utiliser les sondes Watermark pour reprendre l'irrigation.

Démarrer un nouveau tour d'eau dès que les sondes ont atteint : 60 cbar à 60 cm et 80 cbar à 30 cm.

Arrêt de l'irrigation

Au moment d'envisager un tour d'eau après la fin floraison des pois : contrôler l'épaisseur des gosses avec le calibreur.

Dans certaines situations, ceci correspond au début du jaunissement des bordures mal irriguées.

Dans une zone bien irriguée et représentative de la parcelle :

Prélever 20 gosses sur le sommet de la végétation (dernier étage de gosses).

- Ne prendre qu'une gousse par plante.
- Cette gousse doit avoir plusieurs graines.
- Ne pas prélever les toutes petites gosses dont on sait qu'elles «n'iront pas au bout».

Passer les gosses dans le calibreur, sans forcer :

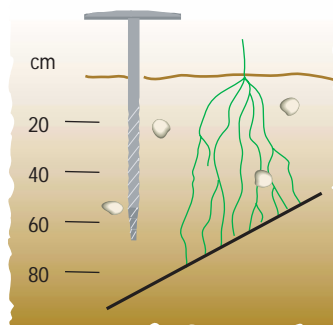
- Si au moins 10 gosses ne passent pas dans le calibreur, arrêt de l'irrigation.
- Sinon, poursuite de l'irrigation.
- Renouveler ce test lors de la décision à prendre pour le tour d'eau suivant : pour décider de poursuivre ou d'arrêter.

L'irrigation est inutile quand les pois jaunissent sur plus de 30 % de la surface de la parcelle, car alors ils sont proches de la maturité physiologique et le rendement est fait.

Pois de printemps

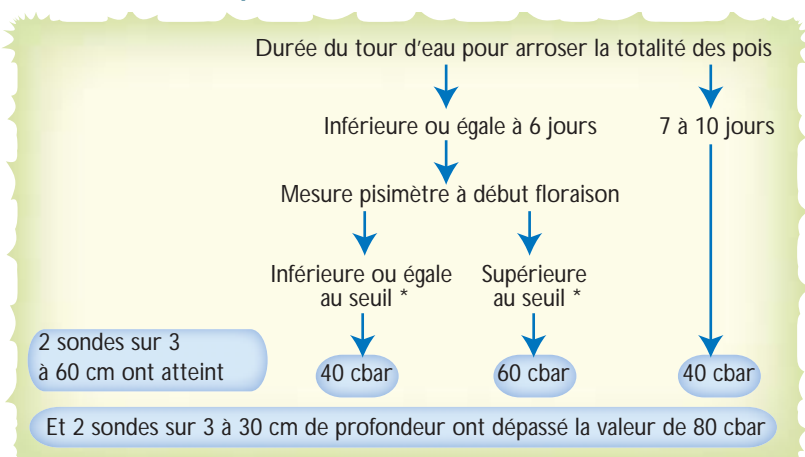
Règles de décision en sol moyen

- 1 Poser trois sondes à 30 cm et trois à 60 cm
- 2 Faire la mesure avec le pisimètre à début floraison



APRÈS DÉBUT FLORAISON

Déclenchement du premier tour d'eau: dose 30 mm



* Seuil pisimètre :

- 30 cm de haut pour Athos, Baccara, Badminton, Dolmen, Austin, Sydney, Spéléo, Cardiff, Declic
 - 40 cm de haut pour Aladin, Attika, Hardy, Laser, Podium, Algarve, Metaxa, Lumina, Canyon, Forum
- Les seuils des sondes tiennent compte de la durée du tour d'eau sur pois :
il n'y a donc pas lieu de les anticiper.
Ces seuils vont souvent faire retarder le déclenchement par rapport à votre pratique habituelle.

NB Situations peu fréquentes pouvant se produire :

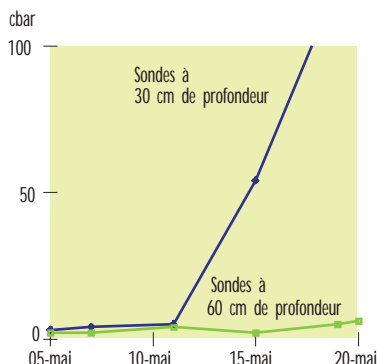
Sécheresse avant début floraison (moins de 10 mm de pluie de la levée à 10 feuilles et pas de pluie prévue dans les jours suivants) :

- démarrer alors l'irrigation au seuil de **100 cbar** avec les sondes à 30 cm de profondeur.

Mauvais enracinement du pois en profondeur :

Si à début floraison, les sondes à 60 cm de profondeur restent inférieures à 10 cbar alors que les sondes à 30 cm de profondeur montent vite (voir schéma) :

- démarrer alors l'irrigation au seuil de **100 cbar** avec les sondes à 30 cm de profondeur.



Règles de retour après un apport de 30 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente :

- si jours chauds : irrigation 7 jours après le passage précédent,
- si jours frais : irrigation 9 jours après le passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (voir page 15, le paragraphe " Lecture du pluviomètre").

Démarrer un nouveau tour d'eau dès que les sondes à 30 cm ont atteint 80 cbar. Les valeurs de tension à 60 qui n'ont pas baissé après l'irrigation précédente continuent de monter.

Si pluie :

- on décale l'irrigation d'un jour supplémentaire par 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 9 jours après le tour précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 14 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm :

- les sondes à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar, on pourra utiliser les sondes Watermark pour reprendre l'irrigation.

Le seuil est :

- deux sondes sur trois à 60 cm ont dépassé 40 cbar,
- et deux sondes sur trois à 30 cm ont dépassé 80 cbar.

Arrêt de l'irrigation

Au moment d'envisager un tour d'eau après la fin floraison des pois : contrôler l'épaisseur des gousses avec le calibreur.

Dans certaines situations, ceci correspond au début du jaunissement des bordures mal irriguées.

Dans une zone bien irriguée et représentative de la parcelle :

Prélever 20 gousses sur le sommet de la végétation (dernier étage de gousses).

- Ne prendre qu'une gousse par plante.
- Cette gousse doit avoir plusieurs graines.
- Ne pas prélever les toutes petites gousses dont on sait qu'elles « n'iront pas au bout ».

Passer les gousses dans le calibreur, sans forcer :

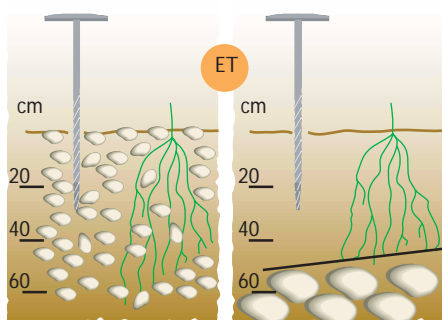
- Si au moins 10 gousses ne passent pas dans le calibreur : arrêt de l'irrigation
- Sinon, poursuite de l'irrigation.
- Renouveler ce test lors de la décision à prendre pour le tour d'eau suivant : pour décider de poursuivre ou d'arrêter.

L'irrigation est inutile quand les pois jaunissent sur plus de 30 % de la surface de la parcelle, car alors ils sont proches de la maturité physiologique et le rendement est fait.

Pois de printemps

Règles de décision en sol caillouteux

Poser quatre sondes à 30 cm



Déclenchement du premier tour d'eau: dose 30 mm

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur pois: il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règles de retour après un apport de 30 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente:

- **Si jours chauds**: irrigation 6 jours après le passage précédent,
- **Si jours frais**: irrigation 8 jours après le passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (voir page 15, le paragraphe "Lecture du pluviomètre").

- Démarrer un nouveau tour d'eau dès que les sondes à 30 cm ont atteint 120 cbar si le tour d'eau est de moins 5 jours et 100 si le tour d'eau est de 6 à 8 jours.

Si pluie :

- On décale l'irrigation d'un jour supplémentaire par 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 8 jours après le tour précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 13 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm :

- les sondes à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

On pourra utiliser les sondes Watermark® pour reprendre l'irrigation.

Le seuil est de trois sondes sur quatre dépassent :

- 120 centibars pour un tour d'eau inférieur ou égal à 5 jours,
- 100 centibars pour un tour d'eau de 6 à 8 jours.

Arrêt de l'irrigation

Au moment d'envisager un tour d'eau après la fin floraison des pois : contrôler l'épaisseur des gousses avec le calibreur.

Dans certaines situations, ceci correspond au début du jaunissement des bordures mal irriguées.

Dans une zone bien irriguée et représentative de la parcelle :

Prélever 20 gousses sur le sommet de la végétation (dernier étage de gousses).

- Ne prendre qu'une gousse par plante.
- Cette gousse doit avoir plusieurs graines.
- Ne pas prélever les toutes petites gousses dont on sait qu'elles « n'iront pas au bout ».

Passez les gousses dans le calibreur, sans forcer :

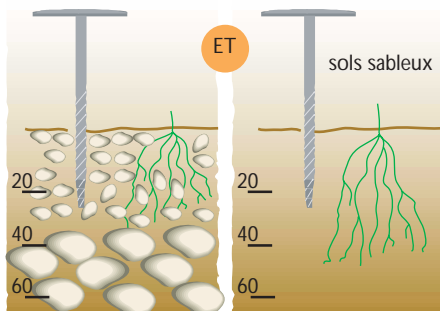
- Si au moins 10 gousses ne passent pas dans le calibreur : arrêt de l'irrigation.
- Sinon, poursuite de l'irrigation.
- Renouveler ce test lors de la décision à prendre pour le tour d'eau suivant : pour décider de poursuivre ou d'arrêter.

L'irrigation est inutile quand les pois jaunissent sur plus de 30 % de la surface de la parcelle, car alors ils sont proches de la maturité physiologique et le rendement est fait.

Pois de printemps

Règles de décision en sol très

Poser quatre sondes à 30 cm



Déclenchement du premier tour d'eau: dose 30 mm

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur pois: il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règles de retour après un apport de 30 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente:

- **Si jours chauds**: irrigation 5 jours après le passage précédent.
- **Si jours frais**: irrigation 7 jours après le passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (*voir page 15, le paragraphe "Lecture du pluviomètre"*).

- Démarrer un nouveau tour d'eau dès que les sondes à 30 cm ont atteint:
 - 80 centibars pour un tour d'eau inférieur ou égal à 5 jours,
 - 60 centibars pour un tour d'eau de 6 à 8 jours.

caillouteux ou sableux

Si pluie:

- On décale l'irrigation d'un jour supplémentaire par 4 mm de pluie.

Exemple: on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 7 jours après le tour précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 12 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm:

- les sondes à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

On pourra utiliser les sondes Watermark® pour reprendre l'irrigation.

Le seuil est alors de trois sondes sur quatre dépassent:

- 80 centibars pour un tour d'eau inférieur ou égal à 5 jours,
- 60 centibars pour un tour d'eau de 6 à 8 jours.

Arrêt de l'irrigation

Au moment d'envisager un tour d'eau après la fin floraison des pois: contrôler l'épaisseur des gosses avec le calibreur.

Dans certaines situations, ceci correspond au début du jaunissement des bordures mal irriguées.

Dans une zone bien irriguée et représentative de la parcelle:

Prélever 20 gosses sur le sommet de la végétation (dernier étage de gosses).

- Ne prendre qu'une gousse par plante.
- Cette gousse doit avoir plusieurs graines.
- Ne pas prélever les toutes petites gosses dont on sait qu'elles «n'iront pas au bout».

Passer les gosses dans le calibreur, sans forcer:

- Si au moins 10 gosses ne passent pas dans le calibreur: arrêt de l'irrigation.
- Sinon, poursuite de l'irrigation.
- Renouveler ce test lors de la décision à prendre pour le tour d'eau suivant: pour décider de poursuivre ou d'arrêter.

L'irrigation est inutile quand les pois jaunissent sur plus de 30 % de la surface de la parcelle, car alors ils sont proches de la maturité physiologique et le rendement est fait.



Pilotage de l'irrigation du **blé tendre** et du **blé dur**

**IRRINOV® PROPOSE
LES MÊMES RÈGLES DE
DÉCISION** pour le blé
tendre et le blé dur.

Toutefois,
le blé dur est plus sensible
au stress hydrique : il sera
plus pénalisé que le blé
tendre en cas de retard
de déclenchement de
l'irrigation.

En conséquence donnez
la priorité au blé dur si
ces deux espèces sont
présentes dans le tour
d'eau.

Adapter l'itinéraire technique en parcelle irriguée

Irrigation et verse

L'irrigation du blé, et particulièrement l'irrigation après floraison, augmente les risques de verse. Les barbes et les glumes des épis retiennent l'eau. Le poids de l'épi augmente et ceci d'autant plus que l'on est tard en saison. Il y a donc risque de verse en irriguant avec des canons dont l'intensité d'irrigation varie de 10 à 20 mm/h.

Le vent aggrave le risque en concentrant l'eau d'irrigation (l'intensité d'irrigation peut atteindre 30 à 40 mm/h) et en accentuant l'inclinaison des tiges de blé.

Quelques précautions à prendre pour irriguer en post-épiaison :

- Utiliser des petites buses pour réduire la taille des gouttes,
- irriguer de nuit où la vitesse du vent est souvent plus faible que le jour,
- réduire la dose d'irrigation à 20-25 mm.

Prévoir une protection anti-verse adaptée :

En fonction de l'appréciation du risque de verse, il faudra prévoir une protection anti-verse adaptée. Pour estimer ce risque, on prendra en compte :

- la sensibilité à la verse des variétés
- l'état de végétation au stade épi 1 cm.

Irrigation et fertilisation azotée

Prévoir une fertilisation azotée adaptée à votre situation irriguée

La dose totale doit être ajustée à votre objectif de rendement, qui peut être augmenté de 5 à 20 q/ha avec l'irrigation (soit 15 à 50 kg N/ha supplémentaires par rapport aux parcelles de même type de sol, non irriguées).

Réaliser un 3^e apport entre les stades sortie dernière feuille et dernière feuille étalée.

Pour garantir une alimentation azotée correcte, de fin montaison à la fin du cycle, et répondre aux objectifs de teneur en protéines, il est nécessaire de réaliser un 3^e apport d'azote entre les stades sortie dernière feuille et dernière feuille étalée. En conditions irriguées, un apport d'azote à ce stade est toujours bien valorisé.

Pour cela, réduire de 40 à 60 U/ha la dose prévue au 2^e apport pour la reporter dans un 3^e apport.

La dose de ce 3^e apport sera comprise entre 40 et 80 kg N/ha selon les objectifs de qualité. Une dose supérieure ou égale à 60 kgN/ha peut être fractionnée en deux apports, le second sera réalisé au gonflement.

L'utilisation d'une méthode de pilotage Jubil® ou Hydro N-Tester®, permettra d'ajuster au mieux la dose.

Stades à connaître pour IRRINOV®

Dernière feuille "étalée"

La dernière feuille est étalée, sa ligule est visible. L'épi a commencé à gonfler la gaine de la dernière feuille.

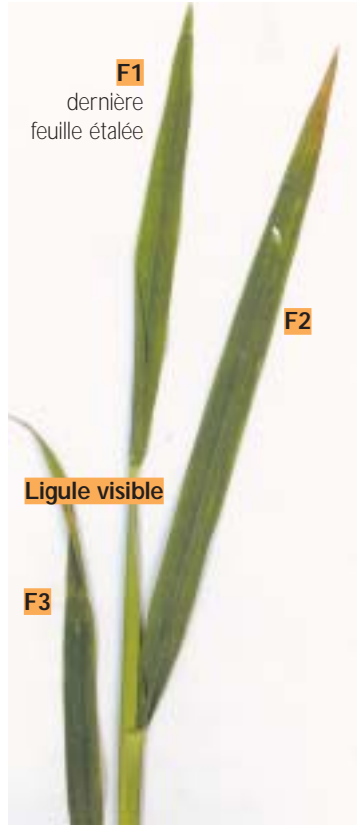
À ce stade: il est inutile de dérouler la feuille: si l'épi gonfle une gaine, il s'agit forcément de la dernière feuille.

Pour les variétés barbues, un élément concret de repérage est le tout début de la sortie des barbes.

Ce stade précède l'épiaison d'environ 8-12 jours chez les blés.

Les seuils tensiométriques pour le déclenchement de l'irrigation, ainsi que les règles de retour (nombre de jours) changent à ce stade.

Et il ne faut pas irriguer à ce stade s'il y a un risque de gel.



Épiaison

50 % des épis à moitié sortis de la gaine.



Il faut connaître la date d'épiaison pour fixer la date d'arrêt.

Selon le sol, l'arrêt se situe soit 15, soit 20, soit 25 jours après l'épiaison.



Élongation du grain

Évaluer l'élongation du grain sera plus précis pour déterminer la date d'arrêt.

À partir de la floraison, les grains qui commencent leur remplissage, grossissent et s'allongent progressivement, pour atteindre leur taille maximale au stade laiteux. Le stade du blé entre la floraison et le stade laiteux peut être évalué en observant la longueur du grain par rapport à celle de la glumelle supérieure. L'observation du stade d'élongation du grain fournit une estimation plus précise du stade d'arrêt d'irrigation, qu'un nombre de jours après épiaison.



Observer

sur un épillet du milieu de l'épi sans le détacher.





Photo 1 : Détail d'un épillet : observer sur les fleurs 1 et 2 d'un épillet les plus développées et qui portent un grain.

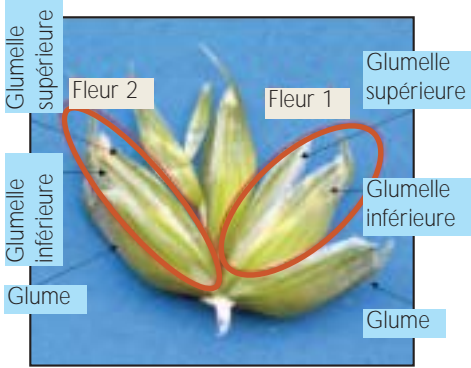
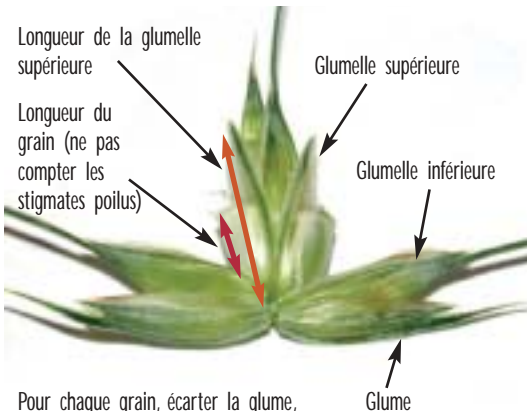


Photo 2 : Évaluer en pourcentage la longueur du grain par rapport à la longueur de la glumelle supérieure.



Pour chaque grain, écarter la glume, puis la glumelle inférieure : le grain est apparent dans la glumelle supérieure.

ÉLONGATION DU GRAIN

Comment observer ?

Juste avant de prendre la décision d'arrêt, prélever 10 épis représentatifs de la strate dominante.

Sur chaque épi prélevé, l'observation sera réalisée sur les fleurs 1 et 2 d'un épillet du milieu (*schéma page précédente*). Il n'est pas nécessaire de détacher l'épillet de l'épi.

Sur chaque épillet, ouvrir les fleurs 1 et 2 qui sont en général celles qui portent un grain. Elles sont situées de chaque côté de l'épillet (*photo 1*). Pour cela en écarter les glumes puis les glumelles inférieures, pour faire apparaître les grains. En général le grain reste adhérent du côté de la glumelle supérieure (*photo 2*).

Faire une estimation visuelle (arrondir l'estimation aux dizaines) du rapport de longueur entre grain et glumelle supérieure. Laisser le grain en place. Attention ne pas compter dans la longueur du grain, les stigmates poilus à l'extrémité du grain (*photo 2*).

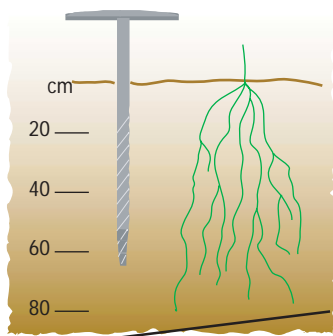
On observe donc au total 20 grains (2 grains par épi sur 10 épis). Si plus de la moitié des grains observés dépassent le stade d'arrêt, alors l'irrigation peut être stoppée.

Blé tendre - blé dur

Règles de décision en sol profond

Irrigation pour garantir l'absorption de l'apport d'azote du stade épi 1 cm

Si l'apport d'azote du stade épi 1 cm est réalisé sur sol sec et n'est pas suivi de pluies dans les 3-4 semaines suivantes : il y a risque de carence dans les parcelles à faible fourniture du sol en azote. IRRINOV® propose alors un déclenchement plus précoce que pour un stress hydrique.



La décision d'irriguer dépend :

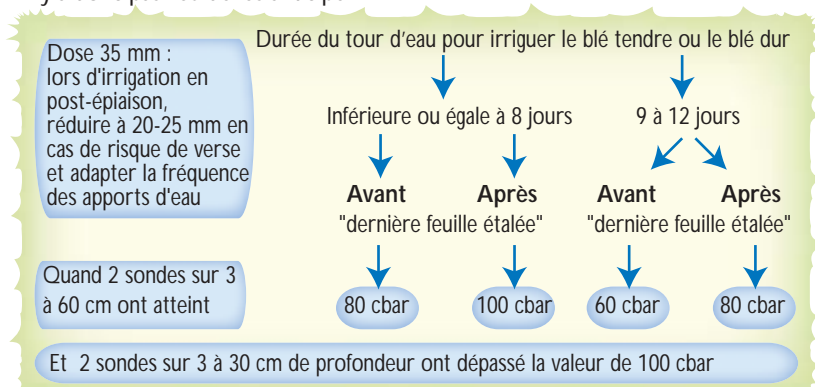
- ▶ du reliquat d'azote minéral sortie hiver (RSH) mesuré, ou calculé, ou estimé régionalement,
- ▶ de la pluie depuis l'apport d'azote du stade épi 1 cm.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur blé tendre ou blé dur : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si pas de pluie depuis l'irrigation précédente

- Appliquer la règle de retour selon le stade et le climat

Avant le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 13 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 15 jours après passage précédent.

Après le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 11 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 13 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (Voir page 15, le paragraphe "Lecture du pluviomètre"). Contrôler que 2 sondes sur 3 à 30 cm atteignent 90 cbar lorsque vous allez recommencer un tour d'eau. Les valeurs de tension à 60 cm qui n'ont pas baissé après l'irrigation précédente continuent de monter.

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 12 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre 20 mm/4 mm = 5 jours supplémentaires, soit un total de 17 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar. Reprendre l'irrigation en se basant sur les seuils de déclenchement du premier tour d'eau.

Arrêt de l'irrigation : deux méthodes

Si vous avez noté la date d'épiaison :

Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison :

- Si le stade du blé se situe entre épiaison et épiaison + 15 jours, recommencer un tour d'eau.
- Si le blé a dépassé le stade épiaison + 15 jours, arrêt définitif de l'irrigation.

Une méthode plus précise : par observation de la taille relative du grain dans son enveloppe

(v. méthode

page 37) :

- Si la longueur du grain ne dépasse pas 50 % de la longueur totale de la glumelle supérieure : recommander un tour d'eau.
- Si la longueur du grain dépasse 50 % de la longueur totale : arrêt définitif de l'irrigation.

Adaptation de conduite

Garantir l'absorption de l'apport d'azote du stade dernière feuille :

- Si 15 jours après cet apport, il n'y a pas eu d'irrigation et si la pluie est inférieure à 15 mm : irriguer 35 mm.

Arrêter momentanément l'irrigation :

- En cas de prévision de gel au moment du stade dernière feuille ligulée (ceci correspond à la méiose mâle). Le blé est particulièrement sensible au gel à ce stade, et l'irrigation peut aggraver l'effet du gel.
- Pour le blé dur, après pleine épiaison, au moment de la sortie des étamines, soit pendant 5-8 jours de manière à limiter le risque de contamination par la fusariose.

Réaliser une irrigation d'anticipation en cas de prévision d'un climat sec et chaud pour cette période.

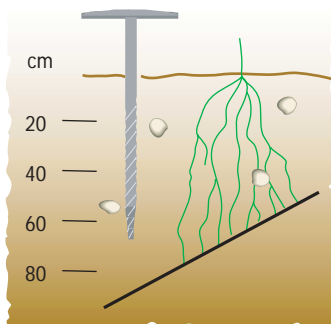
Blé tendre - blé dur

Règles de décision en sol moyen

Poser trois sondes à 30 cm et trois à 60 cm

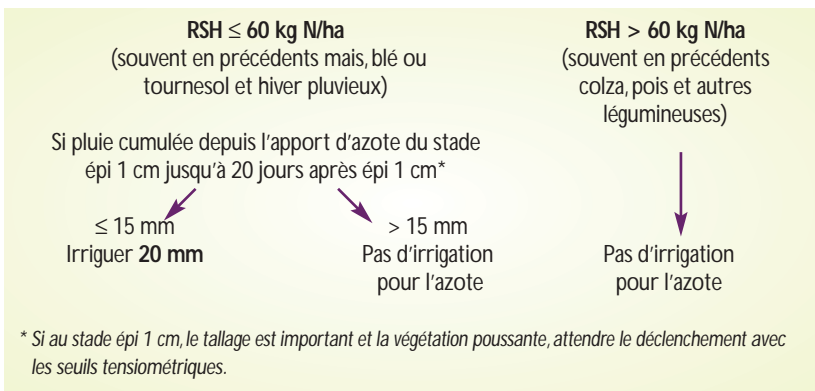
Irrigation pour garantir l'absorption de l'apport d'azote du stade épi 1 cm

Si l'apport d'azote du stade épi 1 cm est réalisé sur sol sec et n'est pas suivi de pluies dans les 3-4 semaines suivantes: il y a risque de carence dans les parcelles à faible fourniture du sol en azote. IRRINOV® propose alors un déclenchement plus précoce que pour un stress hydrique.



La décision d'irriguer dépend :

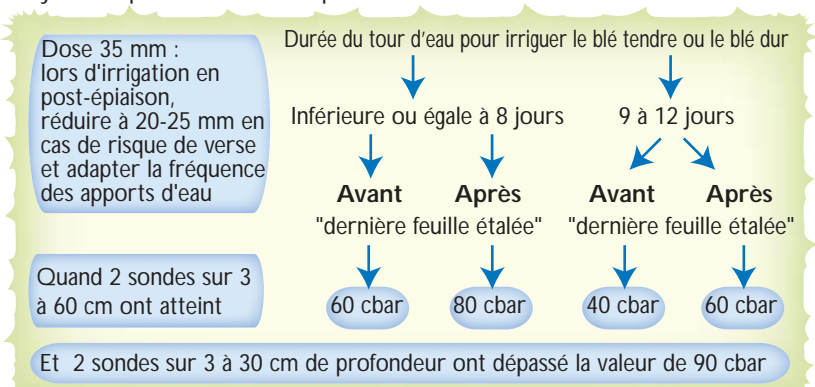
- Du reliquat d'azote minéral sortie hiver (RSH) mesuré, ou calculé, ou estimé régionalement.
- De la pluie depuis l'apport d'azote du stade épi 1 cm.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur blé tendre ou blé dur : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si pas de pluie depuis l'irrigation précédente

- Appliquer la règle de retour selon le stade et le climat.

• Avant le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 12 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 14 jours après passage précédent.

• Après le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 10 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 12 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (*Voir page 15, le paragraphe " Lecture du pluviomètre "*). Contrôler que 2 sondes sur 3 à 30 cm atteignent 90 cbar lorsque vous allez recommencer un tour d'eau. Les valeurs de tension à 60 cm qui n'ont pas baissé après l'irrigation précédente continuent de monter.

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 12 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 17 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar. Reprendre l'irrigation en se basant sur les seuils de déclenchement du premier tour d'eau.

Arrêt de l'irrigation : deux méthodes

Si vous avez noté la date d'épiaison :

Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison :

- Si le stade du blé se situe entre épiaison et épiaison + 20 jours, recommencer un tour d'eau.
- Si le blé a dépassé le stade épiaison + 20 jours, arrêt définitif de l'irrigation.

Une méthode plus précise : par observation de la taille relative du grain dans son enveloppe

(v. méthode

- page 37) :
- Si la longueur du grain ne dépasse pas 60 % de la longueur totale de la glumelle supérieure : recommencer un tour d'eau.
 - Si la longueur du grain dépasse 60 % de la longueur totale : arrêt définitif de l'irrigation.

Adaptation de conduite

Garantir l'absorption de l'apport d'azote du stade dernière feuille :

- Si 15 jours après cet apport, il n'y a pas eu d'irrigation et si la pluie est inférieure à 15 mm : irriguer 35 mm.

Arrêter momentanément l'irrigation :

- En cas de prévision de gel au moment du stade dernière feuille ligulée (ceci correspond à la méiose mâle). Le blé est particulièrement sensible au gel à ce stade, et l'irrigation peut aggraver l'effet du gel.
- Pour le blé dur, après pleine épiaison, au moment de la sortie des étamines, soit pendant 5-8 jours de manière à limiter le risque de contamination par la fusariose.

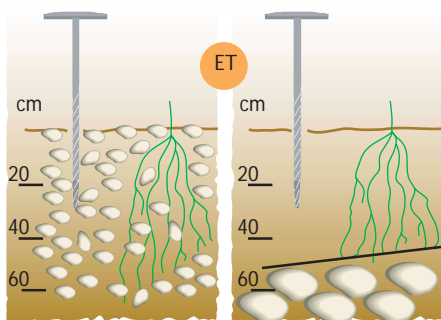
Réaliser une irrigation d'anticipation en cas de prévision d'un climat sec et chaud pour cette période.

Blé tendre - blé dur

Règles de décision en sol caillouteux

Poser quatre sondes à 30 cm.

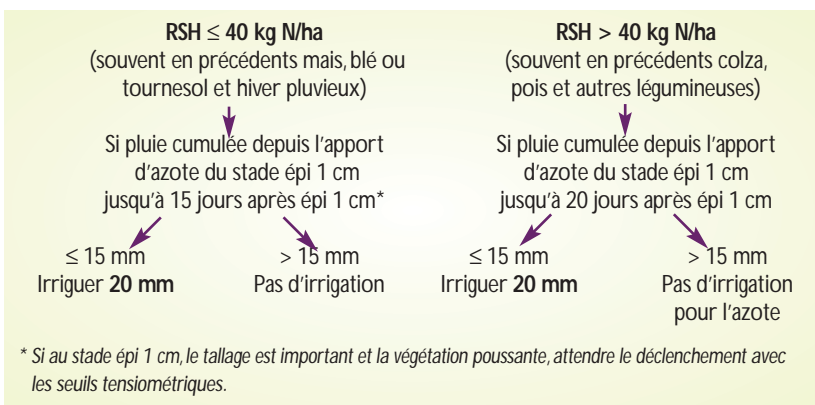
Irrigation pour garantir l'absorption de l'apport d'azote du stade épi 1 cm



Si l'apport d'azote du stade épi 1 cm est réalisé sur sol sec et n'est pas suivi de pluies dans les 2-3 semaines suivantes : il y a risque de carence dans les parcelles à faible fourniture du sol en azote. Irrinov® propose alors un déclenchement plus précoce que pour un stress hydrique.

La décision d'irriguer dépend :

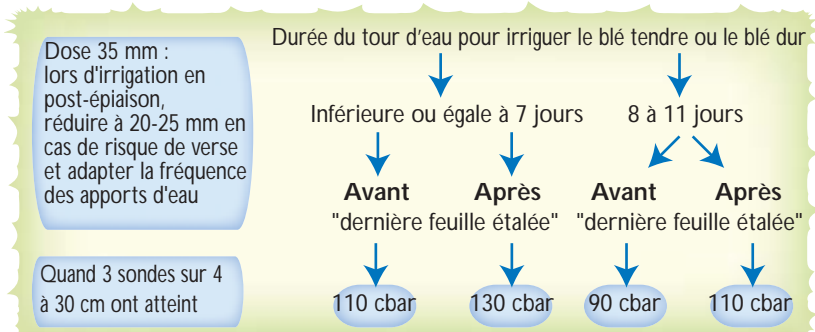
- ▶ du reliquat d'azote minéral sortie hiver (RSH) mesuré, ou calculé, ou estimé régionalement,
- ▶ de la pluie depuis l'apport d'azote du stade épi 1 cm.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur blé tendre ou blé dur : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si pas de pluie depuis l'irrigation précédente

- Appliquer la règle de retour selon le stade et le climat

• Avant le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 11 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 13 jours après passage précédent.

Après le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 9 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 11 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (*Voir page 15, le paragraphe " Lecture du pluviomètre "*). Contrôler que 3 sondes sur 4 à 30 cm atteignent les seuils indiqués pour le premier tour d'eau en tenant compte du stade, lorsque vous allez recommencer un tour d'eau.

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 11 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 16 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

Se référer aux seuils cités pour le premier tour d'eau en tenant compte du stade.

Arrêt de l'irrigation : deux méthodes

Si vous avez noté la date d'épiaison :

Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison :

- Si le stade du blé se situe entre épiaison et épiaison + 20 jours, recommencer un tour d'eau.
- Si le blé a dépassé le stade épiaison + 20 jours, arrêt définitif de l'irrigation.

Une méthode plus précise : par observation de la taille relative du grain dans son enveloppe (v. méthode page 37) :

- Si la longueur du grain ne dépasse pas 60 % de la longueur totale de la glumelle supérieure : recommencer un tour d'eau.
- Si la longueur du grain dépasse 60 % de la longueur totale : arrêt définitif de l'irrigation.

Adaptation de conduite

Garantir l'absorption de l'apport d'azote du stade dernière feuille :

- Si 15 jours après cet apport, il n'y a pas eu d'irrigation et si la pluie est inférieure à 15 mm : irriguer 35 mm.

Arrêter momentanément l'irrigation :

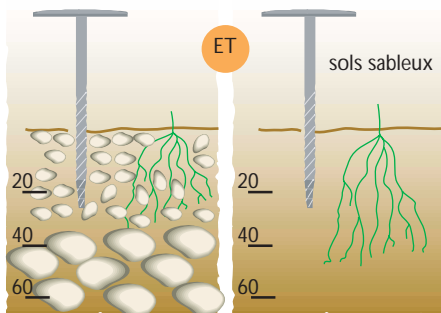
- En cas de prévision de gel au moment du stade dernière feuille ligulée (ceci correspond à la méiose mâle). Le blé est particulièrement sensible au gel à ce stade, et l'irrigation peut aggraver l'effet du gel.
- Pour le blé dur, après pleine épiaison, au moment de la sortie des étamines, soit pendant 5-8 jours de manière à limiter le risque de contamination par la fusariose.

Réaliser une irrigation d'anticipation en cas de prévision d'un climat sec et chaud pour cette période.

Blé tendre - blé dur

Règles de décision en sol très

Poser quatre sondes à 30 cm.
Dans ce sol à faible réserve en eau, l'irrigation est déclenchée selon une règle unique qui permet d'assurer à la fois une bonne alimentation en eau et une absorption correcte de l'azote apporté au stade épi 1 cm.



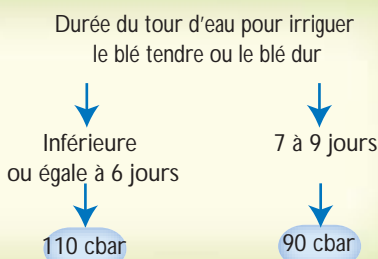
Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur blé tendre ou blé dur : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.

Dose 30 mm :
lors d'irrigation en post-épiaison,
réduire à 20-25 mm
en cas de risque de verse
et adapter la fréquence
des apports d'eau

Quand 3 sondes sur 4
à 30 cm ont atteint



Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si pas de pluie depuis l'irrigation précédente

➤ Appliquer la règle de retour selon le stade et le climat.

• Avant le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 10 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 12 jours après passage précédent.

• Après le stade dernière feuille

Si jours chauds

Irrigation 8 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 10 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (*Voir page 15, le paragraphe "Lecture du pluviomètre"*). Contrôler que 3 sondes sur 4 à 30 cm atteignent les seuils indiqués pour le premier tour d'eau en tenant compte du stade, lorsque vous allez recommencer un tour d'eau.

Si pluie

➤ Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 10 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 15 jours après le passage précédent.

caillouteux ou sableux

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

Se référer aux seuils cités pour le premier tour d'eau en tenant compte du stade.

Arrêt de l'irrigation : deux méthodes

Si vous avez noté la date d'épiaison :

Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison :

- Si le stade du blé se situe entre épiaison et épiaison + 25 jours, [recommencer un tour d'eau](#).
- Si le blé a dépassé le stade épiaison + 25 jours, [arrêt définitif de l'irrigation](#).

Une méthode plus précise : par observation de la taille relative du grain dans son enveloppe

(v. méthode page 37) :

- Si la longueur du grain ne dépasse pas 70 % de la longueur totale de la glumelle supérieure : [recommencer un tour d'eau](#).
- Si la longueur du grain dépasse 70 % de la longueur totale : [arrêt définitif de l'irrigation](#).

Adaptation de conduite

Arrêter momentanément l'irrigation :

- En cas de prévision de gel au moment du stade dernière feuille ligulée (ceci correspond à la méiose mâle). Le blé est particulièrement sensible au gel à ce stade, et l'irrigation peut aggraver l'effet du gel.
- Pour le blé dur, après pleine épiaison, au moment de la sortie des étamines, soit pendant 5-8 jours de manière à limiter le risque de contamination par la fusariose.

Réaliser une irrigation d'anticipation en cas de prévision d'un climat sec et chaud pour cette période.

Pilotage de l'irrigation de l'orge de printemps

DES RÈGLES DE DÉCISION SPÉCIFIQUES à l'orge de printemps sont proposées car, comparé au blé d'hiver, son cycle est plus court et son enracinement moins développé pendant la montaison.

Par ailleurs, avec son cycle décalé dans le temps par rapport au blé, elle est davantage exposée à des périodes chaudes avec des besoins en eau élevés.

Adapter l'itinéraire technique en parcelle irriguée

Irrigation et verse

L'irrigation des orges, et tout particulièrement l'irrigation tardive, augmente les risques de verse sur cette espèce sensible. Les barbes des épis retiennent l'eau. Le poids de l'épi augmente et ceci d'autant plus que l'on est tard en saison. Il y a donc risque de verse en irriguant avec des canons dont l'intensité d'irrigation varie de 10 à 20 mm/h.

Le vent aggrave le risque en concentrant l'eau d'irrigation (l'intensité d'irrigation peut atteindre 30 à 40 mm/h) et en accentuant l'inclinaison des tiges d'orge.

Quelques précautions à prendre pour irriguer en post épisaison :

- utiliser des petites buses pour réduire la taille des gouttes,
- irriguer de nuit où la vitesse du vent est souvent plus faible que le jour,
- réduire la dose d'irrigation à 20-25 mm.

Prévoir une protection anti-verse adaptée.

Il est donc nécessaire d'estimer le risque de verse en fin de tallage herbacé pour adapter le ou les produits anti-verse à épandre.

Irrigation et fertilisation azotée

Prévoir une fertilisation azotée adaptée à votre situation irriguée

La dose totale doit être ajustée à votre objectif de rendement, qui peut être supérieur de 10 à 20 q/ha par rapport au sec selon le type de sol, (soit 25 à 50 kg N/ha supplémentaires par rapport aux parcelles non irriguées).

Un fractionnement de l'azote possible :

L'apport unique d'azote au semis ou au plus tard 3 feuilles, pratiqué dans de nombreuses régions, ne permet pas d'obtenir le maximum d'efficacité de l'azote apporté. En situation irriguée il est possible de fractionner pour assurer une meilleure efficacité sans risque pour la teneur en protéines :

- si la dose totale est inférieure à 100 kg N/ha :
 - [si semis précoce](#) : apport unique au début du tallage,
 - [si semis tardif](#) : apport unique entre le semis et le stade 2 feuilles.
- si la dose totale est supérieure ou égale à 100 kg N/ha :
 - [50 kg N/ha](#) entre le semis et le stade 2 feuilles,
 - [complément](#) : plein tallage.

Un contrôle de la nutrition azotée est possible au stade un nœud avec la méthode JUBIL® ou Hydro N Tester®, avec un apport de correction éventuel de 30 kg N/ha entre les stades 1 nœud et 2 nœuds, si une déficience en azote est mise en évidence.

Stades à connaître pour IRRINOV®

Dernière feuille "étalée"



Un élément concret de repérage est le tout début de la sortie des barbes.

Le limbe de la dernière feuille est maintenant complètement déployé laissant apparaître sa ligule. L'épi a commencé à gonfler la gaine de la dernière feuille.

À ce stade, il est inutile de dérouler la feuille : si l'épi gonfle une gaine, il s'agit forcément de la dernière feuille. Ce stade précède l'épiaison d'environ **6-8 jours** chez les orges.

Les seuils tensiométriques pour le déclenchement de l'irrigation, ainsi que les règles de retour (nombre de jours) changent à ce stade.

Épiaison



La moitié des épis est à moitié sortie de la gaine de la dernière feuille.

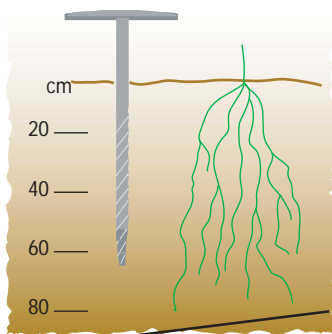
Il faut connaître la date d'épiaison pour fixer la date d'arrêt

Selon le sol, l'arrêt se situe 15 ou 20 jours après l'épiaison.

Orge de printemps

Règles de décision en sol profond

Poser trois sondes à 30 cm et trois à 60 cm.

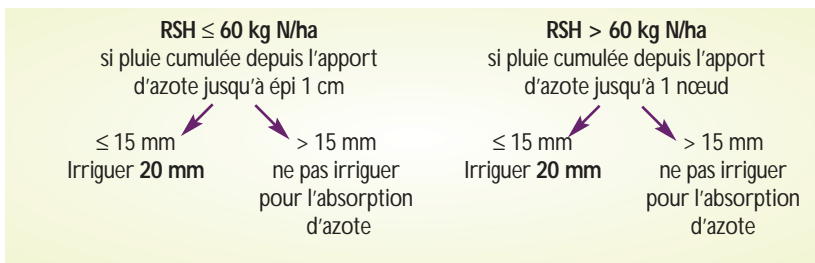


Irrigation pour l'absorption de l'apport d'azote

Si l'apport d'azote n'est pas suivi de pluies efficaces avant le stade épi 1 cm, il y a risque de carence en azote dans les parcelles à faible fourniture du sol. De plus, il faut éviter une absorption trop tardive (après le stade 1 nœud) de l'azote apporté. IRRINOV® propose si nécessaire un déclenchement plus précoce que pour un stress hydrique.

La décision d'irriguer dépend :

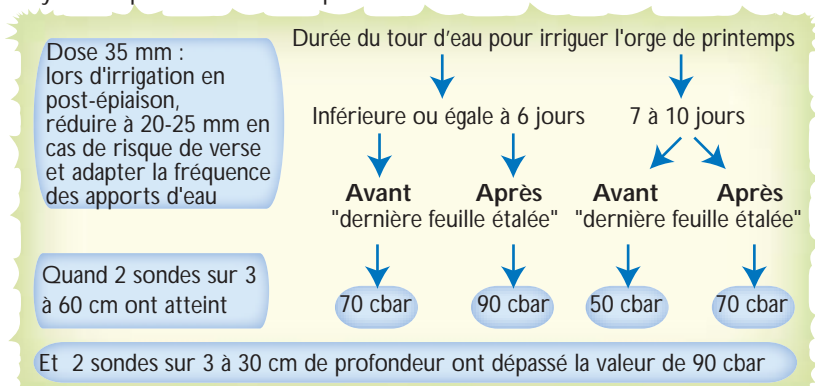
- ▶ du reliquat d'azote minéral sortie hiver (RSH) mesuré, ou calculé, ou estimé régionalement,
- ▶ de la pluie depuis l'apport d'azote.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur orge de printemps : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente

• Avant dernière feuille étalée

Si jours chauds

Irrigation 12 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 14 jours après passage précédent.

• Après dernière feuille étalée

Si jours chauds

Irrigation 10 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 12 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (*Voir page 15, le paragraphe " Lecture du pluviomètre "*).

Contrôler que 2 sondes sur 3 à 30 cm atteignent 90 cbar lorsque vous allez recommencer un tour d'eau.

Les valeurs de tension à 60 cm qui n'ont pas baissé après l'irrigation précédente continuent de monter.

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 12 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 17 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

Reprendre l'irrigation en se référant aux seuils cités pour le premier tour d'eau, en tenant compte du stade.

Arrêt de l'irrigation

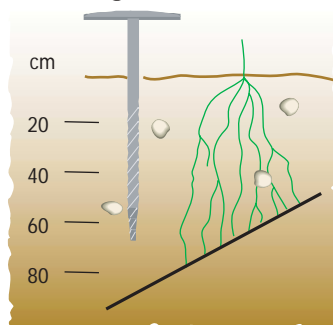
Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison :

- Si le stade de l'orge se situe entre épiaison et épiaison + 15 jours, recommencer un tour d'eau.
- Si l'orge a dépassé le stade épiaison + 15 jours, arrêt définitif de l'irrigation.

Orge de printemps

Règles de décision en sol moyen

Poser trois sondes à 30 cm
et trois à 60 cm

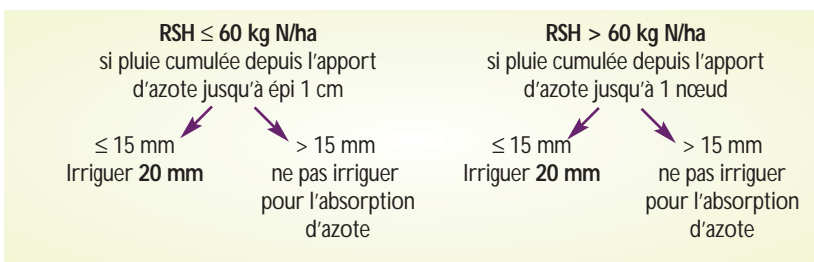


Irrigation pour l'absorption de l'apport d'azote

Si l'apport d'azote n'est pas suivi de pluies efficaces avant le stade épi 1 cm, il y a risque de carence en azote dans les parcelles à faible fourniture du sol. De plus, il faut éviter une absorption trop tardive (après le stade 1 nœud) de l'azote apporté. Irrinov® propose si nécessaire un déclenchement plus précoce que pour un stress hydrique.

La décision d'irriguer dépend :

- ▶ du reliquat d'azote minéral sortie hiver (RSH) mesuré, ou calculé, ou estimé régionalement,
- ▶ de la pluie depuis l'apport d'azote.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

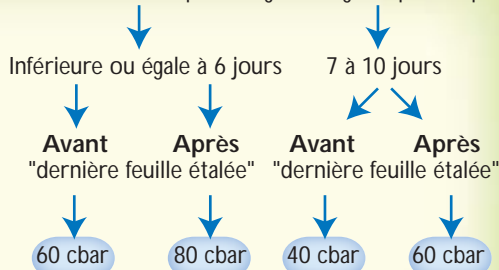
Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur orge de printemps : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.

Dose 35 mm : lors d'irrigation en post-épiaison, réduire à 20-25 mm en cas de risque de verse et adapter la fréquence des apports d'eau

Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint

Durée du tour d'eau pour irriguer l'orge de printemps



Et 2 sondes sur 3 à 30 cm de profondeur ont dépassé la valeur de 90 cbar

Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente

• Avant dernière feuille étalée

Si jours chauds

Irrigation 12 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 14 jours après passage précédent.

• Après dernière feuille étalée

Si jours chauds

Irrigation 10 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 12 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (Voir page 15, le paragraphe "Lecture du pluviomètre"). Contrôler que 2 sondes sur 3 à 30 cm atteignent 100 cbar lorsque vous allez recommencer un tour d'eau. Les valeurs de tension à 60 cm qui n'ont pas baissé après l'irrigation précédente continuent de monter.

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 12 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 17 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

Reprendre l'irrigation en se référant aux seuils cités pour le premier tour d'eau, en tenant compte du stade.

Arrêt de l'irrigation

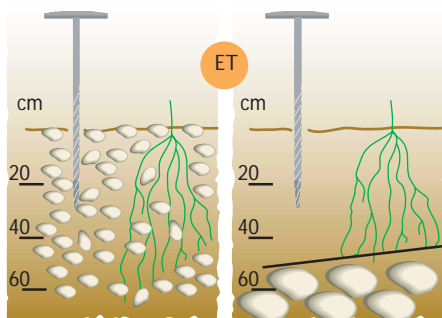
Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison

- Si le stade de l'orge se situe entre épiaison et épiaison + 15 jours, recommencer un tour d'eau.
- Si l'orge a dépassé le stade épiaison + 15 jours, arrêt définitif de l'irrigation.

Orge de printemps

Règles de décision en sol caillouteux

Poser quatre sondes à 30 cm.

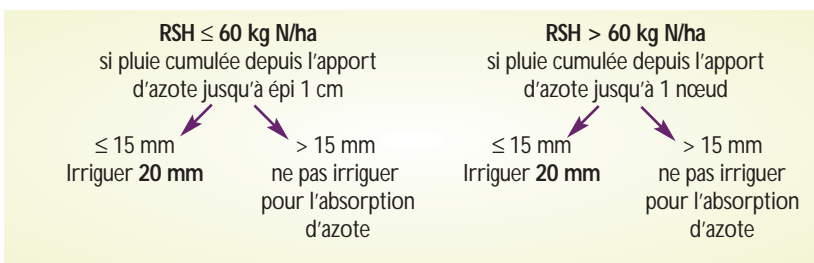


Irrigation pour l'absorption de l'apport d'azote

Si l'apport d'azote n'est pas suivi de pluies efficaces avant le stade épi 1 cm, il y a risque de carence en azote dans les parcelles à faible fourniture du sol. De plus, il faut éviter une absorption trop tardive (après le stade 1 nœud) de l'azote apporté. Irrinov® propose si nécessaire un déclenchement plus précoce que pour un stress hydrique.

La décision d'irriguer dépend:

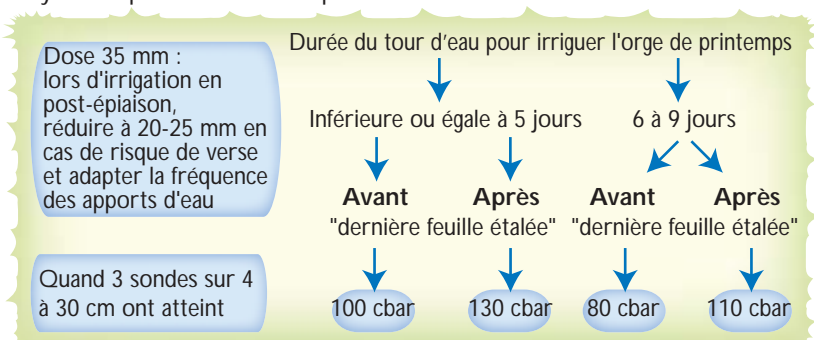
- ▶ du reliquat d'azote minéral sortie hiver (RSH) mesuré, ou calculé, ou estimé régionalement,
- ▶ de la pluie depuis l'apport d'azote.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur orge de printemps: il n'y a donc pas lieu de les anticiper.



Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente

• Avant dernière feuille étalée

Si jours chauds

Irrigation 11 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 13 jours après passage précédent.

• Après dernière feuille étalée

Si jours chauds

Irrigation 9 jours après passage précédent.

Si jours frais

Irrigation 11 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (Voir page 15, le paragraphe " Lecture du pluviomètre "). Contrôler que 3 sondes sur 4 à 30 cm atteignent les seuils indiqués pour le premier tour d'eau en tenant compte du stade, lorsque vous allez recommencer un tour d'eau.

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 12 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 17 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

Reprendre l'irrigation en se référant aux seuils cités pour le premier tour d'eau, en tenant compte du stade.

Arrêt de l'irrigation

Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison

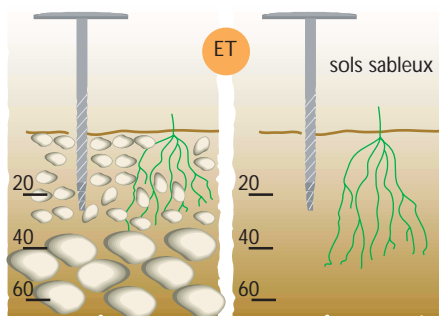
- Si le stade de l'orge se situe entre épiaison et épiaison + 15 jours, recommencer un tour d'eau
- Si l'orge a dépassé le stade épiaison + 15 jours, arrêt définitif de l'irrigation.

Orge de printemps

Règles de décision en sol très

Poser quatre sondes à 30 cm.

Dans ce sol à faible réserve en eau, l'irrigation est déclenchée selon une règle unique qui permet d'assurer à la fois une bonne alimentation en eau et une absorption correcte de l'azote apporté au stade épi 1 cm.



Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau

Déclenchement du premier tour d'eau

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau sur orge de printemps : il n'y a donc pas lieu de les anticiper.

Dose 30 mm : lors d'irrigation en post-épiaison, réduire à 20-25 mm en cas de risque de verse et adapter la fréquence des apports d'eau

Quand 3 sondes sur 4 à 30 cm ont atteint

Durée du tour d'eau pour irriguer l'orge de printemps

Inférieure ou égale à 5 jours

100 cbar

6 à 8 jours

80 cbar

Règle de retour après un apport de 35 mm d'irrigation

Si absence de pluie depuis l'irrigation précédente

• Avant dernière feuille étalée

Si jours chauds

irrigation 9 jours après passage précédent.

Si jours frais

irrigation 11 jours après passage précédent.

• Après dernière feuille étalée

Si jours chauds : irrigation 7 jours après passage précédent.

Si jours frais : irrigation 9 jours après passage précédent.

Vous pouvez contrôler votre conduite d'irrigation avec les sondes à condition que les mesures soient utilisables (Voir page 15, le paragraphe "Lecture du pluviomètre"). Contrôler que 3 sondes sur 4 à 30 cm atteignent les seuils indiqués pour le premier tour d'eau en tenant compte du stade, lorsque vous allez recommencer un tour d'eau.

caillouteux ou sableux

Si pluie

- Décaler d'un jour supplémentaire pour 4 mm de pluie.

Exemple : on se situe dans le cas où, en absence de pluie, il faudrait irriguer 9 jours après le passage précédent. Il pleut 20 mm, il faut alors attendre $20 \text{ mm} / 4 \text{ mm} = 5$ jours supplémentaires, soit un total de 14 jours après le passage précédent.

Si pluie supérieure à 30-40 mm

- Dans ce cas, les tensions à 30 cm chutent en dessous de 10 cbar.

Reprendre l'irrigation en se référant aux seuils cités pour le premier tour d'eau, en tenant compte du stade.

Arrêt de l'irrigation

Au moment d'envisager un tour d'eau après l'épiaison

- Si le stade de l'orge se situe entre épiaison et épiaison + 20 jours, [recommencer un tour d'eau.](#)
- Si l'orge a dépassé le stade épiaison + 20 jours, [arrêt définitif de l'irrigation.](#)



Pilotage de l'irrigation
du

maïs grain



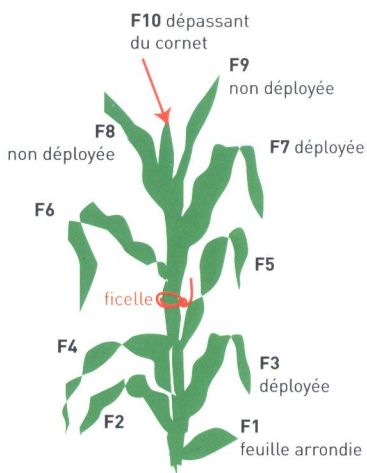
3 stades à reconnaître

pour le pilotage de l'irrigation du maïs grain

Mise en place d'une placette d'observation des stades 10 feuilles et floraison femelle

Une placette de 10 plantes consécutives sur 1 rang sera utilisée pour la détermination des stades « 10 feuilles » et « floraison femelle ». Elle doit être mise en place au stade 7 feuilles visibles (y compris celles dans le cornet).

- Choisir un rang représentatif du peuplement et du stade dominant et repérer 10 plantes consécutives.
- Délimiter la placette par des piquets, pour un repérage plus facile de la placette.
- Repérer la 5^e feuille ligulée, y compris la 1^{ère} feuille arrondie à la base (nouer une ficelle au-dessus ou marquer au feutre ou couper l'extrémité). Les feuilles du bas se dessèchent en effet rapidement. Cette marque permettra ensuite de compter les feuilles facilement et sans erreur.



1 Stade 10 feuilles visibles

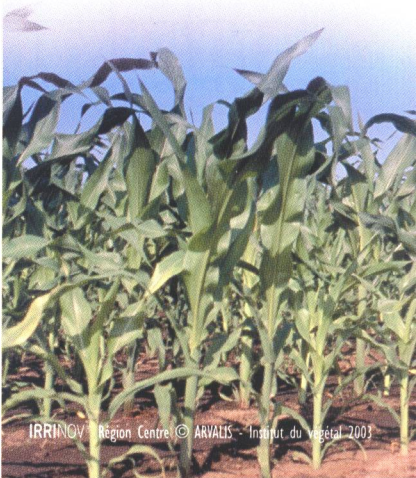
Il constitue le début de la période de sensibilité au stress hydrique. Avant ce stade, l'irrigation n'est pas nécessaire sauf en cas de levée difficile.

Ce stade est atteint quand la 10^e feuille est visible sur la moitié des pieds. Sont comprises dans les 10 feuilles :

- la feuille arrondie à la base,
- les feuilles complètement déployées dont la ligule est visible,
- les feuilles dans le cornet non complètement déployées.

Détermination de ce stade :

- Dès que 8 feuilles sont visibles, effectuer 3 passages à 2 jours d'intervalle pour repérer le stade qui est atteint quand 50 % des pieds ont 10 feuilles visibles. Voir la feuille de notation dans le carnet de terrain.



2 Stade floraison femelle

Ce stade est atteint dès que les soies sont visibles sur la moitié des pieds.

Détermination de ce stade :

- Elle sera réalisée sur la placette de 10 pieds consécutifs.
- Dès la sortie des premières soies, prévoir des comptages tous les deux jours jusqu'à ce que le stade soit atteint. Voir la feuille de notation dans le carnet de terrain.

3 Stade

«humidité du grain 50 %»

C'est le stade repère intéressant pour décider la fin des irrigations.

ATTENTION *il ne s'agit pas du stade «point noir» qui intervient beaucoup plus tard et correspond à la fin des migrations vers le grain.*

Ce stade est estimé avec une somme de températures depuis la floraison femelle. Cette somme de températures, cal-

Tableau. Sommes de températures base 6/30 depuis la floraison femelle pour atteindre le stade 50 % d'humidité du grain selon le type de précocité.

Groupe de précocité	Degrés-jours base 6/30
Précoces	520 à 560
Demi-précoces C1	540 à 580
Demi-précoces C2	550 à 600
Demi-tardives	580 à 620

culée en base 6/30° (voir encadré pour le mode de calcul) est fonction de la précocité des variétés comme le montre le tableau.

Le fait d'avoir déterminé le stade floraison femelle vous permettra, si vous avez accès à un calcul de somme de températures en base 6/30, de repérer le stade «humidité du grain 50 %».



À RETENIR:

Entre 55 et 45 % d'humidité du grain :

- Il faut 16 degrés-jours (base 6/30) pour perdre un point d'humidité,
- en conditions climatiques normales fin août début septembre, la vitesse de dessiccation du grain est en moyenne de 0,8 à 1 point par jour.

CALCULER LA SOMME DE TEMPÉRATURE en degrés-jours en base 6/30 depuis la floraison femelle : jour par jour

- 1 Calculer la température moyenne : $(T_{min} + T_{max})/2$ en écrêtant T_{max} à 30 °C.
- 2 Puis retrancher 6 °C de cette moyenne.
- 3 Faire le cumul depuis la floraison.

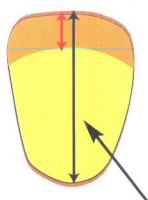
Vous pouvez aussi vous référer aux avertissements irrigation dans lesquels sont publiées régulièrement les humidités du grain des principales variétés selon la date de semis et la date de floraison femelle (ces données sont obtenues sur des parcelles de référence).

Détermination du stade 50 % d'humidité du grain par observation morphologique

Malgré quelques différences de comportements selon les variétés et avec un peu d'entraînement, il est possible de faire une estimation du stade du grain par observation morphologique.

Il est cependant nécessaire de vérifier la cohérence des observations réalisées avec les avertissements cités plus haut. En dessous de 60 % d'humidité du grain, une lentille jaune orange brillante apparaît au sommet du grain puis elle grandit pour occuper tout le sommet. Cette partie jaune orange brillante évolue avec l'avancement du stade du grain ; vue sur la face opposée au germe, la zone jaune orange brillante commence à apparaître sous la forme d'une mince couche qui grandit progressivement vers le bas du grain.

Le stade 50 % d'humidité du grain correspond au schéma suivant.



La partie jaune orange brillante d'allure vitreuse représente environ 15 à 20% de la longueur du grain mesurée sur la ligne médiane du grain.

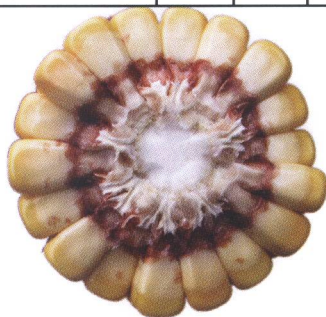
Méthode d'observation

- 1 Faire les observations sur 3 rangs dans une zone représentative.
 - 2 Sur chacun des 3 rangs prélever 5 épis représentatifs.
 - 3 Enlever les spathes.
 - 4 Casser les épis en 2 moitiés égales, garder la pointe de l'épi.
 - 5 Observer la couronne centrale des grains.
- Repérer sur chaque grain de la couronne la limite entre la zone jaune orange brillante d'allure vitreuse au sommet du grain sans lait et le reste du grain de couleur plus claire et avec du lait (en piquant avec une aiguille et en pressant on voit une goutte perler).
 - Choisir un grain moyen de la couronne et apprécier sur la ligne médiane du grain la proportion de cette zone par rapport à la longueur totale du grain qu'il faut détacher de la rafle pour la mesurer.

Pour chaque épi, repérer dans la grille ci-dessous le schéma du grain le plus proche du grain moyen de la couronne.

Le stade 50 % d'humidité est atteint quand 8 épis sur 15 ont atteint le stade représenté par la note 5.

NOTE	1	2	3	4	5	6	7	8
Humidité du grain inférieure à	60 %	58 %	54 %	52 %	50 %	48 %	45 %	43 %
Vue de dessus								
Vue face externe opposée au germe								
Proportion de la longueur de jaune orange brillant sur la longueur totale du grain	0 %	5 %	13 %	15 %	20 %	25 %	30 %	40 %



Poser 3 sondes à 30 cm
et 3 sondes à 60 cm de profondeur

Déclenchement du premier tour d'eau

Être vigilant à partir du stade 10 feuilles puis déclencher selon la durée du tour d'eau au seuil suivant.

On se base sur les tensions à 30 cm.

	Durée du tour d'eau	
	De 5 à 8 jours	Inférieure ou égale à 4 jours
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint	50 cbar	70 cbar
Les tensions à 60 cm sont généralement faibles, comprises entre 0 et 20 cbar.		

Appliquer pour ce premier tour d'eau une dose de 20 à 30 mm car le déficit en eau du sol est faible

Les seuils ci-dessous sont valables de 10 feuilles à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les paragraphes suivants.

Seuils de tension à atteindre en début de tour d'eau avant de lancer un nouveau tour d'eau.

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau: ne pas anticiper.

Tour d'eau de 5 à 8 jours

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :		40 cbar	50 cbar	70 cbar	90 cbar
et 2 sondes sur 3 à 30 cm ayant dépassé	50 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar

Règles de retour en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, c'est le rythme dose-fréquence de 3 mm par jour, adapté à ce type de sol qui détermine la règle de retour.

Ce rythme de 3 mm par jour peut être assuré avec :

- 35 mm tous les 12 jours,
- ou 30 mm tous les 10 jours,
- ou 20 mm tous les 7 jours,
- ou 12 mm tous les 4 jours.

Les sondes sont utilisées comme outil de contrôle pour ajuster la règle de retour. Avant la reprise d'un nouveau tour d'eau, lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension du tableau ci-dessous sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :

- la dose des irrigations précédentes reçues au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel,
- les tensions lues à une même profondeur sont proches.

(cf. page 15)

Tour d'eau inférieur ou égal à 4 jours

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :		40 cbar	50 cbar	70 cbar	90 cbar
et 2 sondes sur 3 à 30 cm ayant dépassé	70 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar

Si en début de campagne les tensions à 30 cm sont élevées et atteignent 100 cbar sans que les tensions à 60 cm ne montent, il y a sans doute un problème d'enracinement; irriguer sans attendre et revenir aux règles normales pour les irrigations suivantes.

Après l'irrigation

Après chaque irrigation, les tensions à 30 cm baissent ou stagnent selon la dose. On constate parfois une hétérogénéité entre sondes plus élevée qu'à 60 cm.

Les tensions à 60 cm doivent monter d'un tour d'eau à l'autre; c'est la garantie d'une bonne contribution de l'eau du sol donc d'une bonne irrigation.

En cas de pluie

- **Inférieure à 10 mm**: continuer et finir le tour d'eau.
- **Comprise entre 10 et 40 mm**: interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie (par exemple pour 25 mm de pluie le nombre de jours d'arrêt est de $25 \text{ mm} / 5 \text{ mm} = 5$ jours), puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes, qui sont placées en début de tour d'eau seront utilisées pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.
- **Supérieure à 40 mm et les tensions à 30 cm chutent à moins de 10 cbar** (et à 60 cm aussi si pluie très importante): interrompre le tour d'eau puis reprendre les irriga-

tions quand les tensions à 30 et 60 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents.

Décision de dernière irrigation

La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction:

- du stade du maïs,
- des tensions dans le sol à ce stade,
- des prévisions météo.

A partir du 15 août, avant de recommencer un tour d'eau:

Repérez le stade 50 % d'humidité du grain (cf. pages 62-63): référez vous aux avertissements irrigation qui fournissent chaque semaine une estimation de ce stade pour les variétés les plus cultivées en fonction des dates de semis et des dates de floraison femelle.

- Tant que le stade 50 % d'humidité du grain n'est pas atteint, recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils de tension des tableaux précédents.
- Dès que le stade 50 % d'humidité du grain est atteint, la campagne d'irrigation est terminée.

Poser 3 sondes à 30 cm
et 3 sondes à 60 cm de profondeur

Déclenchement du premier tour d'eau

Être vigilant à partir du stade 10 feuilles puis déclencher selon la durée du tour d'eau au seuil suivant.

On se base sur les tensions à 30 cm.

Durée du tour d'eau	
De	Inférieure
5 à 8	ou égale
jours	à 4 jours
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint	50 cbar 70 cbar
Les tensions à 60 cm sont généralement faibles, comprises entre 0 et 20 cbar.	

Appliquer pour ce premier tour d'eau une dose de 20 à 30 mm car le déficit en eau du sol est faible.

Les seuils ci-dessous sont valables de 10 feuilles à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les tableaux du paragraphe suivant.

Seuils de tension à atteindre en début de tour d'eau avant de lancer un nouveau tour d'eau.

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau: ne pas anticiper.

Tour d'eau de 5 à 8 jours

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :		40 cbar	50 cbar	60 cbar	80 cbar
et 2 sondes sur 3 à 30 cm ayant dépassé	50 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar

Règles de retour en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, c'est le rythme dose-fréquence de 3,5 mm par jour, adapté à ce type de sol qui détermine la règle de retour.

Ce rythme de 3,5 mm par jour peut être assuré avec :

- 35 mm tous les 10 jours,
- ou 30 mm tous les 8 jours,
- ou 25 mm tous les 7 jours,
- ou 20 mm tous les 5-6 jours,
- ou 15 mm tous les 4 jours.

Les sondes sont utilisées comme outil de contrôle pour ajuster la règle de retour. Avant la reprise d'un nouveau tour d'eau lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension du tableau ci-dessous sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :

- la dose des irrigations précédentes reçues au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel,
- les tensions lues à une même profondeur sont proches.

(cf. page 15)

Tour d'eau inférieur ou égal à 4 jours

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :		40 cbar	50 cbar	60 cbar	80 cbar
et 2 sondes sur 3 à 30 cm ayant dépassé	70 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar

Si en début de campagne les tensions à 30 cm sont élevées et atteignent 100 cbar sans que les tensions à 60 cm ne montent, il y a sans doute un problème d'enracinement; irriguer sans attendre et revenir aux règles normales pour les irrigations suivantes.

Après l'irrigation

Après chaque irrigation, les tensions à 30 cm baissent ou stagnent selon la dose. On constate parfois une hétérogénéité entre sondes plus élevée qu'à 60 cm.

Les tensions à 60 cm doivent monter d'un tour d'eau à l'autre; c'est la garantie d'une bonne contribution de l'eau du sol donc d'une bonne irrigation

En cas de pluie

- **Inférieure à 10 mm** : continuer et finir le tour d'eau.
- **Comprise entre 10 et 40 mm** : interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie (par exemple pour 25 mm de pluie le nombre de jours d'arrêt est de $25 \text{ mm} / 5 \text{ mm} = 5$ jours), puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes, qui sont placées en début de tour d'eau seront utilisées pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.
- **Supérieure à 40 mm et les tensions à 30 cm chutent à moins de 10 cbar** (et à 60 cm aussi si pluie très importante) : interrompre le tour d'eau puis reprendre les irrigations quand les tensions à 30 et 60 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents.

Décision de dernière irrigation

La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction :

- du stade du maïs,
- des tensions dans le sol à ce stade,
- des prévisions météo.

A partir du 15 août, avant de recommencer un tour d'eau :

Repérez le stade 50 % d'humidité du grain (cf. pages 62-63) : référez-vous aux avertissements irrigation qui fournissent chaque semaine une estimation de ce stade pour les variétés les plus cultivées en fonction des dates de semis et des dates de floraison femelle.

- Tant que le stade 50 % d'humidité du grain n'est pas atteint, recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils de tension des tableaux précédents.
- Dès que le stade 50 % d'humidité du grain est atteint, la campagne d'irrigation est terminée.

Cependant si les tensions sont proches des valeurs seuils et si les prévisions météorologiques pour la semaine suivante indiquent un temps chaud et sec, reprendre un dernier tour d'eau à dose diminuée.

**Poser 4 sondes
à 30 cm de profondeur**

Déclenchement du premier tour d'eau

Être vigilant à partir du stade 10 feuilles puis déclencher selon la durée du tour d'eau au seuil suivant.

	Durée du tour d'eau	
	De 5 à 8 jours	Inférieure ou égale à 4 jours
Quand 3 sondes sur 4 à 30 cm ont atteint	50 cbar	70 cbar

Appliquer pour ce premier tour d'eau une dose de 20 à 30 mm car le déficit en eau du sol est faible

Les seuils ci-dessous sont valables de 10 feuilles à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les tableaux du paragraphe suivant.

Seuils de tension à atteindre en début de tour d'eau avant de lancer un nouveau tour d'eau.
Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau: ne pas anticiper.

Tour d'eau de 5 à 8 jours

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 3 sondes sur 4 à 30 cm ont atteint :	50 cbar	60 cbar	70 cbar	80 cbar	90 cbar

Règles de retour en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, c'est le rythme dose-fréquence de 4,5 mm par jour, adapté à ce type de sol qui détermine la règle de retour.

Ce rythme de 4,5 mm par jour peut être assuré avec :

- 30 mm tous les 7 jours,
- ou 25 mm tous les 5-6 jours,
- ou 20 mm tous les 4-5 jours,
- ou 15 mm tous les 3-4 jours.

Les sondes sont utilisées comme outil de contrôle pour ajuster la règle de retour. Avant la reprise d'un nouveau tour d'eau lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension du tableau ci-dessous sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :

- la dose des irrigations précédentes reçues au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel,
- les tensions lues à une même profondeur sont proches.

(cf. page 15)

Tour d'eau inférieur ou égal à 4 jours

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 3 sondes sur 4 à 30 cm ont atteint :	70 cbar	70 cbar	80 cbar	90 cbar	100 cbar

Après l'irrigation

Les tensions à 30 cm baissent après chaque irrigation. On constate parfois une hétérogénéité assez marquée.

En cas de pluie

- **Inférieure à 10 mm** : continuer et finir le tour d'eau.
- **Comprise entre 10 et 30 mm** : interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie (par exemple pour 25 mm de pluie le nombre de jours d'arrêt est de $25 \text{ mm} / 5 \text{ mm} = 5$ jours), puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes qui sont placées en début de tour d'eau seront utilisées pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.
- **Supérieure à 30 mm et les tensions à 30 cm chutent à moins de 10 cbar** : interrompre le tour d'eau puis reprendre les irrigations quand les tensions à 30 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents.

Décision de dernière irrigation

La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction :

- du stade du maïs,
- des tensions dans le sol à ce stade,
- des prévisions météo.

A partir du 15 août, avant de recommencer un tour d'eau :

Repérez le stade 50 % d'humidité du grain (cf. pages 62-63) : référez-vous aux avertissements irrigation qui fournissent chaque semaine une estimation de ce stade pour les variétés les plus cultivées en fonction des dates de semis et des dates de floraison femelle.

- Tant que le stade 50 % d'humidité du grain n'est pas atteint, recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils de tension des tableaux précédents.
- Dès que le stade 50 % d'humidité du grain est atteint, lancer un dernier tour d'eau à dose diminuée dans les 6 jours qui suivent ce stade si les seuils de tension des tableaux précédents sont atteints.

Contrôle de...

la dose d'irrigation moyenne

LA MISE EN ŒUVRE DE LA MÉTHODE IRRINOV® suppose une bonne maîtrise du matériel d'irrigation, à savoir la connaissance de

la dose d'irrigation moyenne et une répartition spatiale satisfaisante. Le pluviomètre de la station de mesure ne permet en

Cas du canon enrouleur Sans régulation électronique

$$\text{Dose en mm} = \frac{D \times t}{L \times E} \times 1000 = \frac{V}{L \times E} \times 1000$$

L'utilisation d'un compteur facilitera l'évaluation du volume (V) pourvu toutefois qu'il n'y ait qu'un matériel d'irrigation en fonctionnement. On relèvera la valeur du compteur en début de position (temporisation non comprise) et en fin de position (temporisation non comprise).

Dans le cas contraire, il faut mesurer la pression au canon à l'aide d'un manomètre. On pourra en déduire le débit D en utilisant les abaques des constructeurs. Il faut cependant que la pression reste stable sans quoi le débit et la dose seront variables.

- D = débit en m³/h
t = durée de la position en heures temporisation non comprise
V = volume en m³
L = longueur de la position en mètres
E = écartement entre deux passages de canon en mètres

Marque + type canon:	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
Diamètre de la buse (mm ou pouce)			
Pression au canon (bars)			
Stable (oui/non)			
D débit m ³ /h			
t durée de la position (h)			
Mode d'obtention du volume V D par abaque x t durée position ou Compteur			
L longueur PET déroulé (m)			
E écartement entre 2 passages (m)			
Dose en mm = $\frac{D \times t}{L \times E} \times 1000$			

Avec régulation électronique

La dose en mm est une donnée d'entrée ou une donnée de sortie du kit. Remarquons qu'ici aussi la dose n'est juste que si les valeurs entrées dans la régulation sont

exactes (pression, diamètre de buse, écartement). Par ailleurs la dose n'est stable que si la pression reste stable. Il est recommandé de faire le contrôle décrit précédemment pour être sûr de sa dose.

délivrée par le matériel

aucun cas de déterminer la dose moyenne. Il est donc nécessaire de réaliser les contrôles décrits ci-dessous. Une fois cette dose connue, on doit

vérifier que les sondes reçoivent cette dose à 15 % près (pluviomètre) lors de chaque irrigation. Dans le cas contraire, se reporter page 15.

Cas du pivot et de la rampe frontale

$$\text{Dose en mm} = \frac{D \times t}{S} \times 1000 = \frac{V}{S} \times 1000$$

D = débit nominal du pivot en m³/h

t = durée de la position en heures
(compteur d'heures)

S = surface de la position en m²

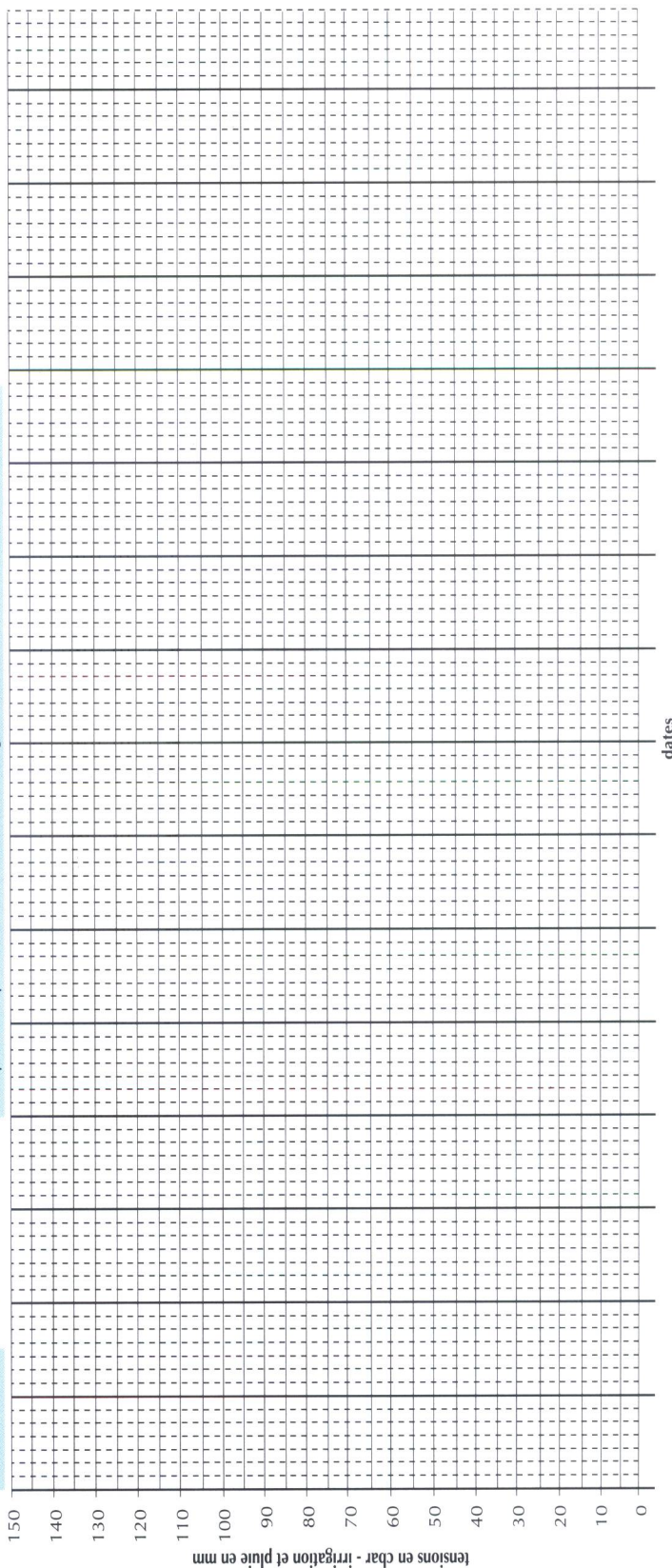
V = Volume en m³

	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
D débit m ³ /h			
T durée d'arrosage en heures			
Mode d'obtention du volume V			
D x t ou Compteur			
S surface arrosée en m ²			
Dose en mm = $\frac{D \times t}{S} \times 1000$			

Courbes des tensions irrigations et pluies

Culture :
Parcelle :
Année :
Variété :
Date de semis :
Rendement :

Tensions : reporter ici la 2^e valeur sur 3, si 3 sondes par profondeur
La valeur immédiatement inférieure à la valeur maximale si 4 sondes (cf. carnet de terrain)
vous pouvez reporter ici aussi les seuils des règles de décision et les stades.

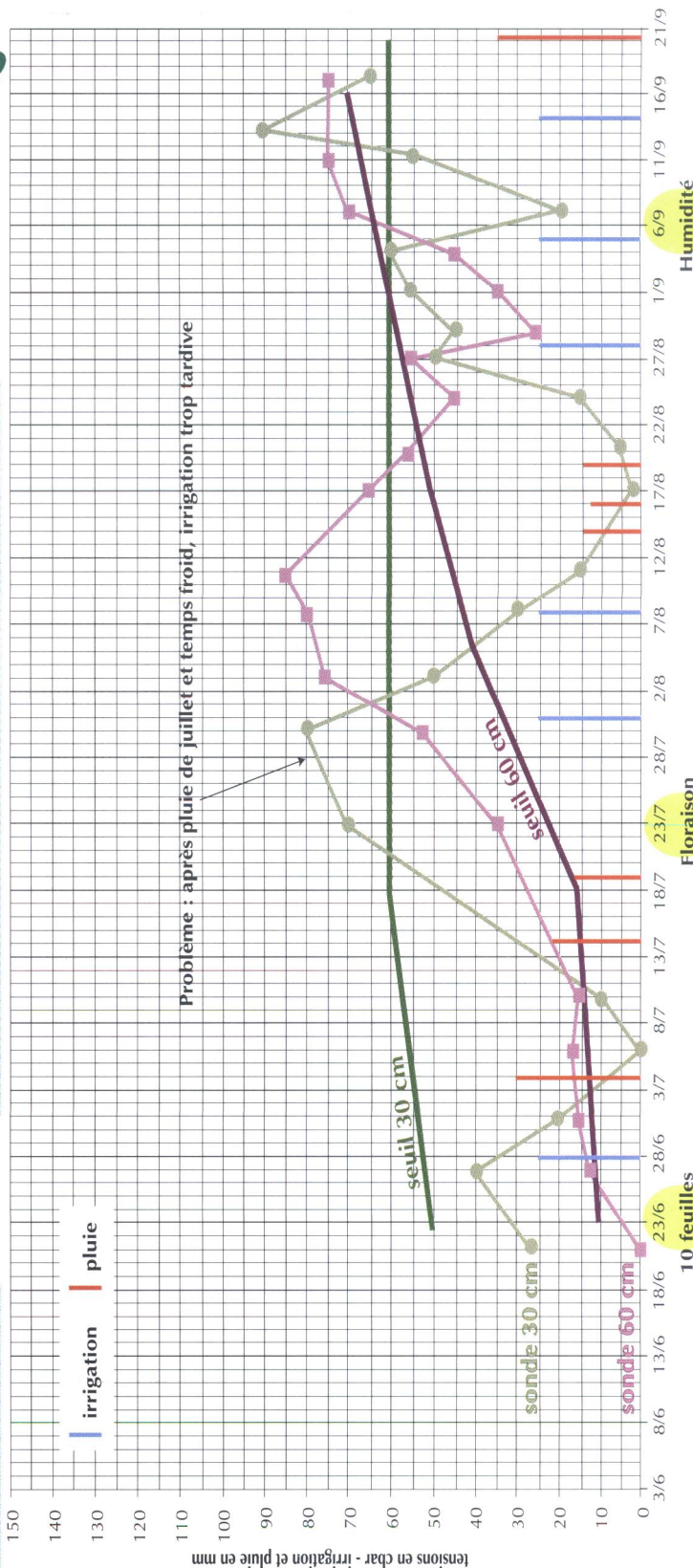


Exemple Maïs

Courbes des tensions irrigations et pluies

Parcelle : Votés
 Année : 2001
 Variété : XXX
 Date semis : 20/04
 Rendement : 100

Tensions : reporter ici la 2^e valeur sur 3, si 3 sondes par profondeur
 La valeur immédiatement supérieure à la valeur minimale si 4 sondes (cf. carnet de terrain)
 vous pouvez reporter ici aussi les seuils des règles de décision et les stades du maïs



Qui contacter ?

Personnes à contacter au sujet de la méthode IRRINOV® Région CENTRE

ARVALIS Institut du végétal

Michel BONNEFOY

45, voie Romaine
BP 23
41240 OUZOUEUR LE MARCHÉ
Tél.: 02 54 82 33 12 - Fax: 02 54 82 33 11
mbonnefoy@itcf.com

Serge SOFFIETTI

Station expérimentale
91720 BOIGNEVILLE
Tél.: 01 64 99 22 77 - Fax: 01 64 99 43 36
serge.soffiotti@agpm.com

Bernard GAILLARD

Station Expérimentale de La Jaillière
BP 32
44370 LA CHAPELLE ST SAUVEUR
Tél.: 02 40 98 64 58 Fax: 02 40 98 61 01
bgaillard@itcf.com

Alain BOUTHIER

Domaine expérimental du Magneraud
17700 SAINT-PIERRE D'AMILLY
Tél.: 05 46 07 44 65 - Fax: 05 46 07 44 73
abouthier@itcf.com

Jean-Marc DEUMIER

Bernard LACROIX

Station Inter-instituts
6, chemin de la côte vieille
31450 BAZIÈGE
Tél.: 05 62 71 79 39 - Fax: 05 61 81 48 07
jmdeumier@itcf.com
bernard.lacroix@agpm.com

Sondes Watermark®

Challenge Agriculture

Rue Fleurie 37340 Ambillou
Tél. 02 47 52 42 12 - Fax 02 47 52 47 27
cha@terre-net.fr

Chambres d'Agriculture

Cher

Gaëlle GRATTARD

3, rue Volta 18023 BOURGES CEDEX
Tél.: 02 48 23 04 60 - Fax: 02 48 65 22 13
g.grattard@cher.chambagri.fr

Eure-et-Loir

Francis GOLAZ

10, rue D. Costes 28024 CHARTRES CEDEX
Tél.: 02 37 24 45 35 - Fax: 02 37 24 45 90
f.golaz@eure-et-loir.chambagri.fr

Indre

Annie LE GALL

24, rue des Ingrains
36022 CHATEAUROUX CEDEX
Tél.: 02 54 61 61 35 - Fax: 02 54 61 61 44
a.legall@indre.chambagri.fr

Indre-et-Loire

Gérard PICARD

37, rue Auguste Fresnel BP 139
37170 CHAMBRAY LES TOURS
Tél.: 02 47 48 37 79 - Fax: 02 47 48 17 36
agronomie@indre-et-loire.chambagri.fr

Loir-et-Cher

Christian GOUSSAULT

6, rue de la Bascule 41290 OUCQUES
Tél.: 02 54 23 11 27 - Fax: 02 54 23 11 21
christian.goussault@loir-et-cher.chambagri.fr

Loiret

Nicolas GALIN

GEETA de Pithiviers
10, route de la Garenne - ZA Morailles
45300 PITHIVIERS LEVIEIL
Tél.: 02 38 30 94 06 - Fax: 02 38 30 68 17
geeta.pithiviers@loiret.chambagri.fr

FDGEDA du Cher

Dominique Marcel

3, rue Volta
18023 Bourges CEDEX
Tél.: 02 48 23 04 80 - Fax: 02 48 23 04 81
fdgeda-marcel@club-internet.fr



Chambre d'Agriculture du Cher
Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir
Chambre d'Agriculture de l'Indre
Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire
Chambre d'Agriculture du Loir-et-Cher
Chambre d'Agriculture du Loiret



ARVALIS
Institut du végétal

