

La tension en eau mesurée dans le sol des parcelles de pommes de terre permet de conduire une irrigation optimale. C'est ce que propose la méthode Irrinov® pomme de terre, dès 2004, sur la base des méthodes développées depuis 1999 en pois, puis en céréales à paille et en maïs.

## Irrinov® pomme de terre

# Optimiser son irrig



Bien identifier les stades repères.

Stade levée (à gauche) - Stade initiation de la tubérisation (à droite).

La méthode Irrinov®, tout d'abord mise au point pour les pois protéagineux en 1999, a été adaptée aux céréales à paille en 2000 et au maïs à partir de 2002<sup>1</sup>.

En 2004, elle sera disponible pour les pommes de terre en sol de limon du Santerre et du Pas-de-Calais pour les variétés de type transformation, Bintje, Santana et Russet Burbank, et six variétés à chair ferme dont Charlotte.

Irrinov® pomme de terre est le fruit d'une collaboration entre ARVALIS - Institut du végétal, la société McCain, le GITEP et la Chambre d'Agriculture du Pas-de-Calais.

La méthode a été construite pour répondre aux objectifs suivants :

- permettre une alimentation hydrique de la pomme de terre sans gaspillage ;
- faire participer au maximum la réserve du sol à l'alimentation en eau de la culture ;
- obtenir une efficacité maximale de l'irrigation ;
- obtenir un bon rendement et une bonne qualité en l'absence de facteurs limitants autres que l'alimentation en eau.

Dans le Santerre, se tromper d'une irrigation se traduit par une variation de rendement en tubercules frais de 2 à 3 t/ha. On sait aussi que l'irrigation a un impact important sur le nombre de tubercules produit, critère majeur pour les variétés à chair ferme. Une majorité de critères de présentation et de qualité dépend de l'irrigation : gale commune, présence de lenticelles, phénomènes de repousse, teneur en matière sèche.

Pour maîtriser cela, il est nécessaire d'observer ses parcelles. C'est ce que propose la méthode.

Le temps pour sa mise en

Les seuils de tension à proposer dans la méthode Irrinov® prennent en compte la durée du tour d'eau.

œuvre, estimé à une journée sur l'ensemble de la campagne, est souvent aussi compensé par une réduction du temps de déplacement des enrouleurs.

### Quatre principes fondateurs

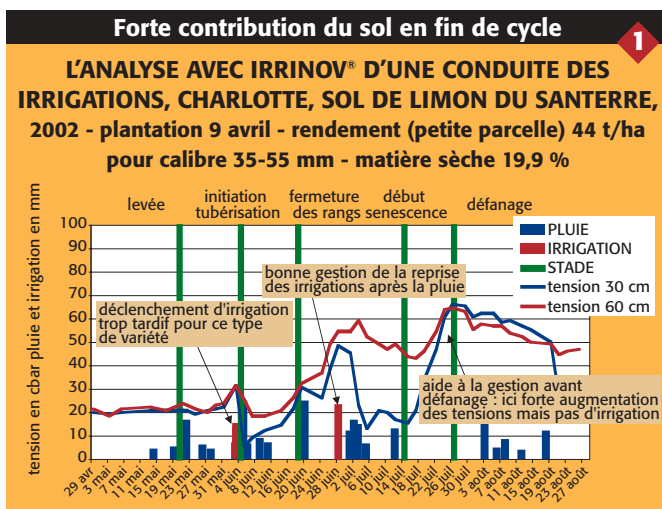
Irrinov® pomme de terre repose sur quatre principes.

- La détermination au champ de quatre stades re-

pères permettant de délimiter la période d'irrigation et d'appliquer les règles de conduite de l'irrigation : levée, initiation de la tubérisation, fermeture des rangs et début sénescence.

- La proposition d'un rythme "dose-fréquence" d'irrigation de base par milieu pour couvrir les besoins au moins 8 ans sur 10 : exemple 25 mm tous les 7 jours (3,5 mm/jours) pour les sols de limon du Santerre.

- La proposition de seuils tensiométriques pour décider le déclenchement de la première irrigation, la modulation du rythme d'irrigation proposé en cours de cam-



Jean-Marc Deumier  
jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Franck Wiacek  
f.wiacek@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS - Institut du végétal

<sup>1</sup> - ARVALIS - Institut du végétal en collaboration avec les chambres d'Agriculture et l'Inra Agronomie Toulouse.

# ation dès 2004

pagne et l'arrêt des irrigations.

- Un ensemble de règles précises pour l'utilisation de la tensiométrie.

**Irrinov® pomme de terre sera disponible en 2004 pour les sols de limon du Santerre et du Pas-de-Calais et pour les variétés suivantes :**

- Bintje, Santana et Russet Burbank pour la production de frites ;

- Charlotte, Amandine, Chérie, Franceline, Ratte et Exquis, variétés à chair ferme.

Les règles d'irrigation sont bien sûr adaptées à chaque variété. Elles sont valables pour les sols de limons et prennent en compte le comportement des tensions et les dynamiques de contribution en eau de ces sols à l'alimentation en eau de la pomme de terre.

Les seuils tensiométriques et le comportement des tensions seraient en effet notablement différents pour un sol argileux ou un sol sableux.

La méthode propose un rythme d'irrigation qui permet de couvrir les besoins en eau de la pomme de terre au moins 8 ans sur 10.

Ce rythme, qui dépend du climat local et des types de sol, est valable dans la région du Santerre et du Pas-de-Calais. Il serait notablement différent évidemment dans une autre région de production, par exemple la Beauce, la Bretagne ou la vallée du Rhône.

## Un pilotage en trois étapes

La figure 1 permet d'illustrer les différentes étapes du pilotage avec Irrinov® pomme de terre :

- **le déclenchement des irrigations** : la décision de déclenchement s'appuie sur le suivi du dessèchement du sol au moyen de sondes tensiométriques Watermark® placées près du tubercule mère et dans la zone racinaire. Le fait à cette période-là de mesurer la tension dans la parcelle est un avantage important : les sondes nous indiquent avec précision si le sol a été desséché par le travail du sol avant la plantation, par le buttage et permettent de prendre la bonne décision.

Le stade de vigilance pour déclencher dépend du type de production et de la variété.

- **la reprise des tours d'eau** : en l'absence de pluie, la reprise d'un nouveau tour d'eau est normalement réalisée selon le rythme "dose-fréquence" de base donné pour le milieu considéré (sol-climat), mais peut être différée si les tensions mesurées dans le sol sont faibles et inférieures aux seuils tensiométriques proposés dans la méthode qui évoluent avec le stade de la culture et le type de production.

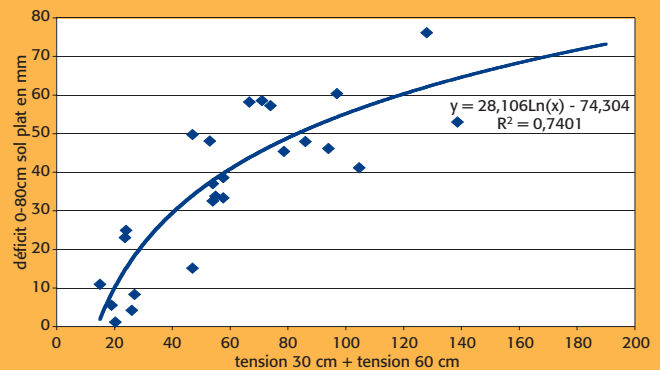
- **la gestion des pluies** : elle est facilitée par la méthode qui permet d'évaluer leur efficacité.

- **l'arrêt de l'irrigation** : il est décidé en fonction de la date prévue de défanage, des objectifs à atteindre en matière de rendement et de calibre, des valeurs de tensions en eau du sol et des prévisions météorologiques.

On vise ainsi, en prenant en compte la sensibilité au stress hydrique des variétés, à faire participer les réserves en eau du sol de manière relativement modérée dans la pre-

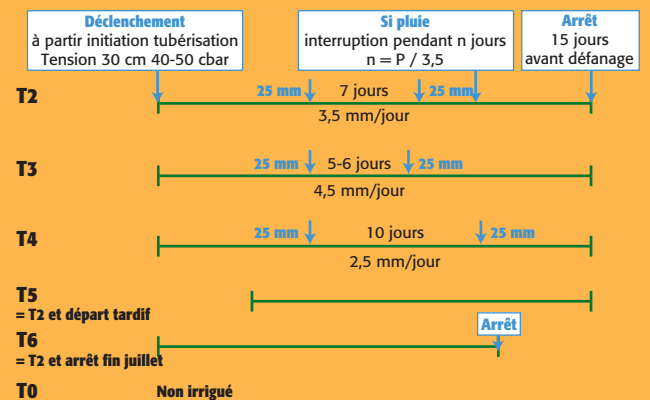
## La tension en eau reflète l'humidité du sol

**RELATION ENTRE LE DÉFICIT EN EAU DU SOL MESURÉ SUR 0-80 CM ET LA SOMME DES TENSIONS À 30 CM ET 60 CM**  
essais Villers ARVALIS - Institut du végétal - IPT 2000 et 2002



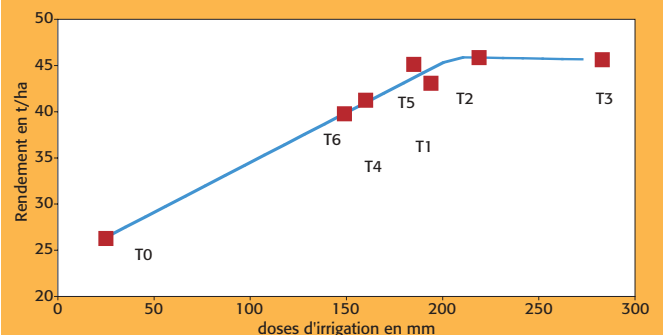
## 5 ans d'observation pour déterminer les optima

**PLUSIEURS RÉGIMES D'IRRIGATION COMPARÉS EN SOL DE LIMON PROFONDS DE 1996 À 2000 SUR BINTJE**



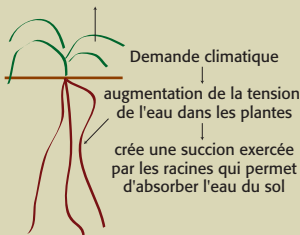
## L'optimum 1996 : 3,5 mm/j et 220 mm

**RENDEMENT BINTJE CALIBRE SUPÉRIEUR À 50 MM ET DOSE D'IRRIGATION TOTALE EN MM**  
ARVALIS - Institut du végétal - IPT Villers 1996



Rendre compte de l'absorption de l'eau

Deux variables permettent de caractériser l'état hydrique du sol ; l'humidité du sol et la tension. C'est la tension qui rend le mieux compte du phénomène d'absorption de l'eau décrit dans le schéma. La tension est la force de liaison entre l'eau et le sol : c'est la force que devra vaincre la racine pour absorber l'eau. Cette tension est mesurée en cbar. Longtemps mesurée par des tensiomètres à eau, elle est mesurée depuis les années 1990 par des sondes Watermark® mieux adaptées à des applications agricoles.



Quelques valeurs repères :  
 0-10 cbars : sol saturé en eau ;  
 10-20 cbars : sol ressuyé ;  
 20-40 cbars : réserve en eau en partie consommée.

mière partie du cycle et plus nettement dans la deuxième partie.

La figure 1 illustre bien cette contribution du sol en fin de cycle. Toutes les règles précises sont détaillées dans le guide de l'utilisateur.

Une bonne connaissance de la dose d'irrigation

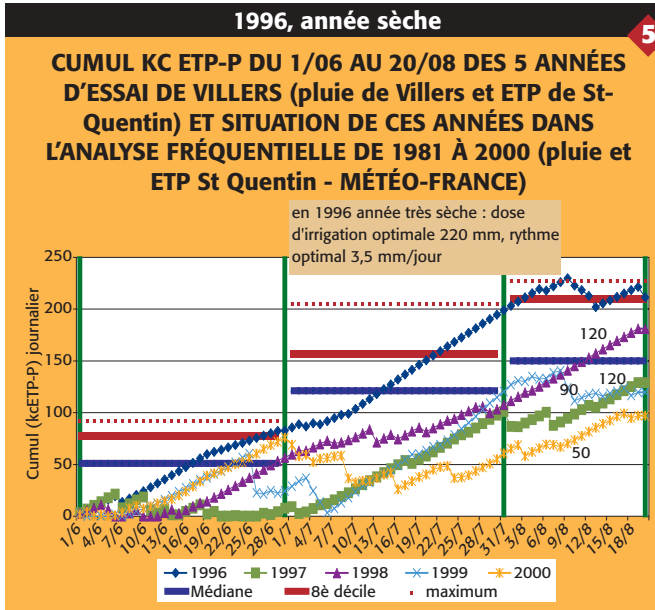
Avec Irrinov® pomme de terre, on peut espérer faire des économies d'eau et de travail, tout en obtenant une bonne qualité du produit et un bon rendement.

Cependant, un tel résultat ne peut être atteint que si l'on connaît avec une précision suffisante la dose d'irrigation effectivement délivrée par le matériel, ce qui suppose une

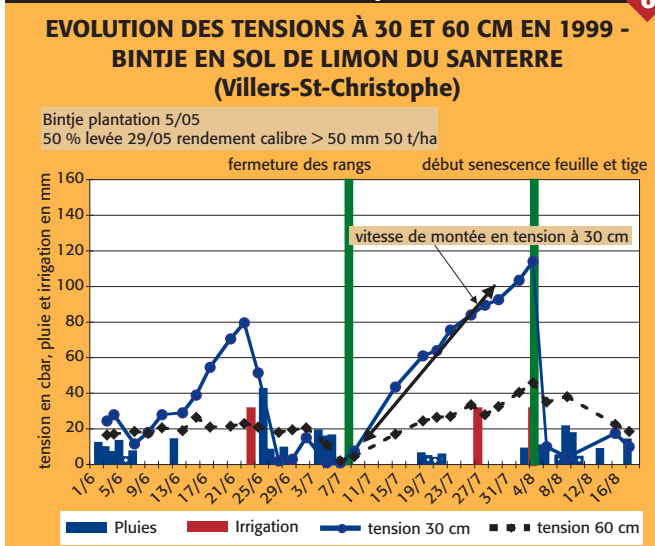
La dose optimale varie entre 50 et 220 mm selon l'année

Rythme et dose optimale d'irrigation - Bintje sol de limon - Villers 1

Année	Traitement de référence	Dose optimale d'irrigation en mm	Rythme optimal d'irrigation en mm/j	Rendement calibre > 50 mm j/ha
1996	T2	220	3,5	46
1997	T5	90	2,5	47
1998	T2	120	3,5	46
1999	T2	120	3,5	53
2000	T2	50	2,5	36



Suivre les tensions pour décider



bonne maîtrise des réglages permettant ainsi d'optimiser la répartition spatiale de l'eau. Veiller à appliquer les réglages des enrouleurs proposés après l'étude Irriparc®. Il s'agit aussi de s'assurer que la dose d'irrigation reçue par le site Irrinov®, mesurée par un pluviomètre placé près des

sondes tensiométriques, est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel et que l'écart entre eux reste, au fil des irrigations successives, entre plus 15 % et moins 15 %.

Dans la méthode, nous proposons des méthodes de contrôle de la dose moyenne délivrée par le matériel.



En cohérence avec le bilan hydrique

De nombreux outils de pilotage de l'irrigation ou de conseil reposent sur le principe du bilan hydrique. Le sol est considéré comme un réservoir d'eau avec des "entrées" (pluie, irrigation, remontées capillaires) et des "sorties" (consommation en eau des plantes, drainage).

Le bilan hydrique permet de calculer l'évolution du stock d'eau du sol. Le suivi de la tension de l'eau dans le sol permet aussi de suivre l'évolution de ce stock d'eau, avec l'avantage d'une mesure directe dans le champ.

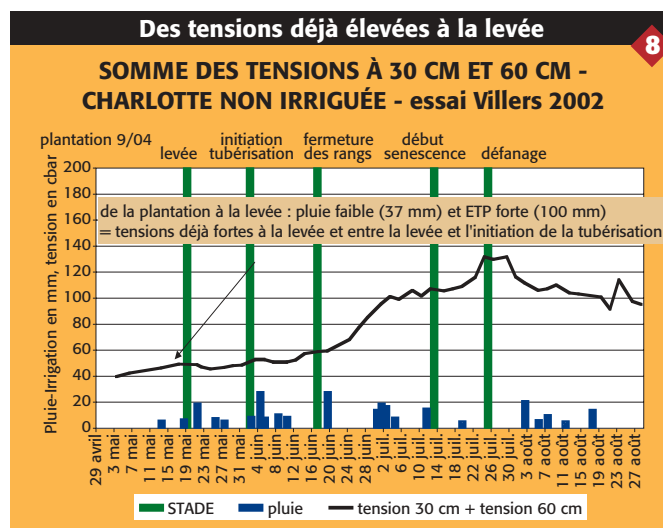
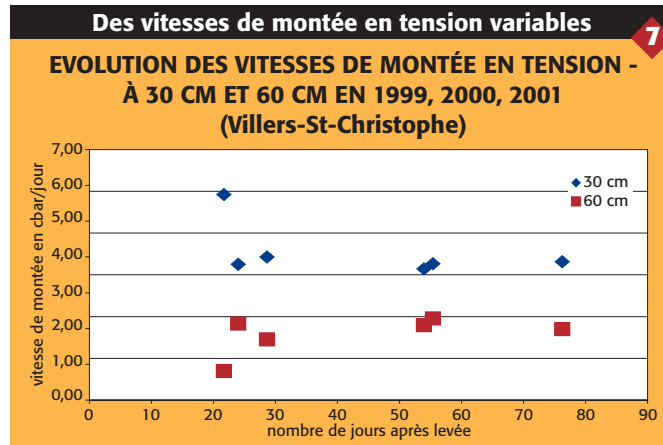
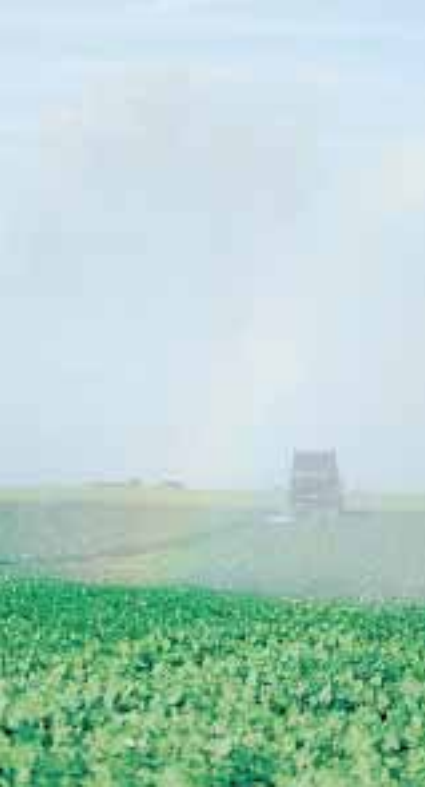
Il existe une relation entre la tension en eau et l'humidité du sol et, d'une manière plus globale, entre la somme des tensions en eau mesurées dans le sol sur la profondeur racinaire et le déficit en eau du sol calculé par le bilan hydrique. La figure 2 donne un exemple de relation permettant le passage entre tensiométrie et bilan hydrique.

Il est évidemment plus précis de mesurer la tension dans les parcelles que l'on veut arroser.

Déterminer le rythme de base

Un référentiel d'essai en limon depuis 1996 a permis d'établir les doses d'irrigation et les rythmes d'irrigation op-





timaux. Plusieurs régimes d'irrigation ont été comparés sur Bintje en sol de limon profond de Villers-St-Christophe de 1996 à 2000 (figure 3).

En particulier, trois rythmes d'irrigation étaient appliqués : 2,5 mm/jour, 3,5 mm/jour et 4,5 mm/jour.

Chaque année, un rythme d'irrigation optimal et une dose totale optimale sont déterminés : en 1996, 3,5 mm/jour et 200 mm du traitement T2 (figure 4) et pour les cinq années voir tableau 1.

La dose optimale varie de 50 mm à 220 mm et le rythme optimal de 2,5 mm/j à 3,5 mm/j. L'analyse fréquentielle du déficit climatique (cumul journalier de kc ETP-P) montre que 1996 a été une campagne très sèche avec un déficit climatique au niveau maximal sur 20 ans (figure 5).

### Un rythme adapté aux années sèches

En 1996, il a fallu 220 mm d'irrigation et un rythme de 3,5 mm/jour pour obtenir un bon rendement et une bonne qualité. Un rythme de 4,5 mm/jour n'amenait rien de plus.

1998 a été une campagne intermédiaire entre la médiane et le 8<sup>e</sup> décile : la dose optimale d'irrigation a été de 120 mm et le rythme de 3,5 mm/jour.

Ces essais ont permis de déterminer le rythme d'irriga-

tion de base qu'il est nécessaire de pouvoir assurer en sol de limon du Santerre pour bien irriguer Bintje les années sèches : par exemple 25 mm tous les 7 jours.

C'est ce rythme qui est proposé dans la méthode ; les sondes tensiométriques servent alors à moduler et à adapter ce rythme aux conditions climatiques de l'année. Avant de recommencer un nouveau tour d'eau, l'irrigant mesure les tensions en eau du sol et décide de reprendre un nouveau tour d'eau si celles-ci sont proches des seuils ou d'attendre quelques jours si elles sont basses.

Les essais permettent aussi de connaître les niveaux de tension à ne pas dépasser au cours du cycle cultural de la pomme de terre. Ces niveaux de tension sont déterminés en analysant l'évolution des tensions sur les traitements expérimentaux de

références qui ont permis, chaque année, de situer la dose et le rythme optimal

d'irrigation. À titre indicatif, les tensions observées sur la figure 6 ont permis d'atteindre un rendement en calibre supérieur à 50 mm sur Bintje proche du rendement maximal.

Les seuils de tension à proposer dans la méthode Irrinov® doivent prendre en compte la durée du tour d'eau. Ils peuvent être calculés à partir des vitesses de montée en tension observée aux deux profondeurs de mesure (figure 6).

Ces vitesses de montée en tension dépendent du stade cultural et de la profondeur d'enracinement. Elles sont de l'ordre de 5 à 6 cbar par jour en début de cycle à 30 cm et plus faibles en milieu et en fin de cycle (figure 7).

### Des règles précises pour le déclenchement des irrigations

C'est ainsi que les essais de Villers ont montré, en 2002, qu'il pouvait être intéressant d'irriguer Charlotte entre la levée et l'initiation de la tubérisation ; alors que cette irrigation n'était pas justifiée sur Bintje.

La figure 8 montre que les

**Trouver le traitement optimal**

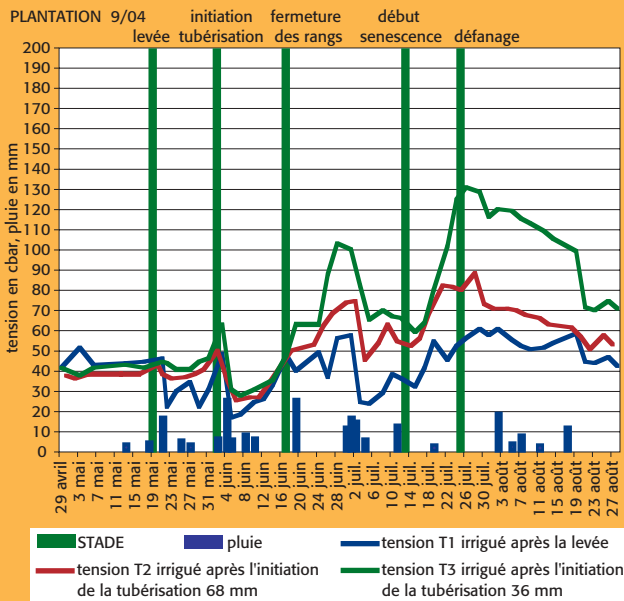
**Calendrier des irrigations - Charlotte 2002 Villers**

TRAITEMENTS EXPERIMENTAUX	T1 irrigation précoce	T2 tensions moyennes	T3 tensions élevées	T0 non irrigué
plantation 9 avril - levée 19 mai				
21 mai	14 mm			
28 mai	14 mm			
initiation de la tubérisation 2 juin				
3 juin	14 mm	14 mm	14 mm	
4 juin				
fermeture des rangs 17 juin				
17 juin	14 mm			
19 juin				
24 juin	22 mm			
26 juin				
28 juin	22 mm	22 mm	22 mm	
19 juillet	22 mm			
22 juillet		22 mm		
30 juillet				
1 août				
13 août				
nbre irr	7	3	2	0
<b>TOTAL mm</b>	<b>122 mm</b>	<b>68 mm</b>	<b>36 mm</b>	<b>0 mm</b>

De meilleures tensions avec une irrigation précoce

9

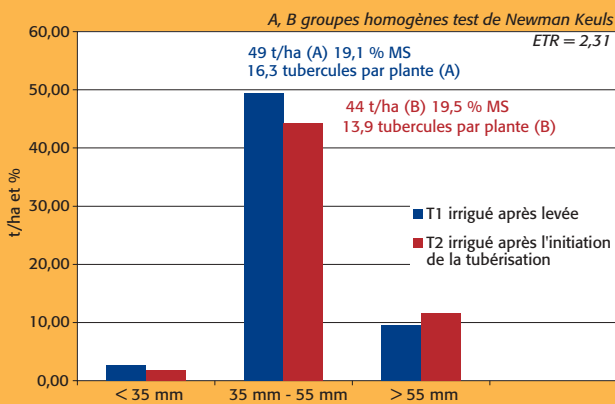
SOMME DES TENSIONS À 30 CM ET 60 CM - CHARLOTTE (Villers 2002)



Plus de tubercules pour Charlotte irriguée tôt

10

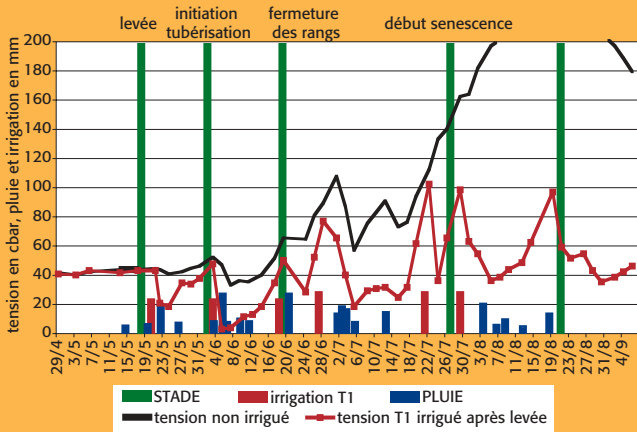
RENDEMENT PAR CALIBRE ET NOMBRE DE TUBERCULES PAR PLANTE - CHARLOTTE Villers 2002



2002, pas d'intérêt pour l'irrigation de Bintje

11

SOMME DES TENSIONS À 30 CM ET 60 CM - BINTJE 2002 Villers



tensions en eau du sol étaient déjà élevées à la levée. Le traitement T1 a été irrigué entre la levée et le stade "initiation de la tubérisation" (tableau 2).

Alors, les tensions en eau du sol de T1 sont plus faibles que celles des autres traitements de l'essai, particulièrement entre la levée et la fermeture des rangs (figure 9).

Le rendement et le nombre de tubercules par plante sont significativement plus élevés pour le traitement T1 irrigué après la levée (figure 10).

Sur Bintje, le traitement expérimental T1 a lui aussi été irrigué entre la levée et l'initiation de la tubérisation (figure 11) : les tensions en eau du sol plus, faibles durant cette période n'ont pas augmenté le nombre de tubercules par plante déjà élevée en non irrigué (17 tubercules par plante).

Une méthode testée par les agriculteurs depuis 2001

De nombreux capteurs permettent de mesurer les tensions et les humidités du sol. Ils sont généralement performants, mais complexes d'utilisation et relativement onéreux, de 4 à 6 fois plus. Les sondes Watermark® sont bien adaptées à une utilisation agricole.

ARVALIS - Institut du végétal suit depuis 1999 la performance de ces capteurs sur deux observatoires Le Magneraud (17) et Baziège (31), afin surtout de surveiller le "vieillessement" des sondes.

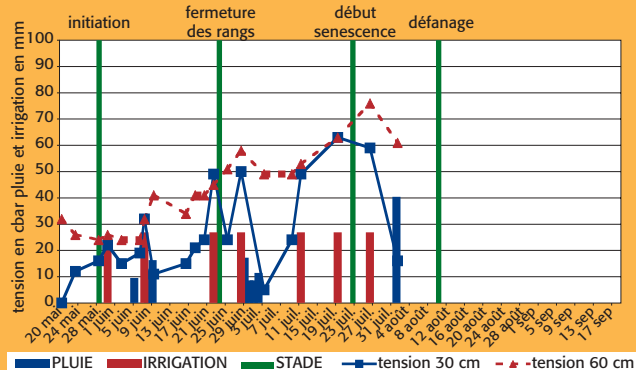
Ces observatoires ont permis de détecter que les performances des sondes vendues en 2002 et 2003 étaient différentes de celles commercialisées auparavant.

Un coefficient correcteur

## Une aide très utile

12

### EXEMPLE DE SUIVI RÉALISÉ PAR UN PRODUCTEUR DE BINTJE - plantation 3/04 - dose totale d'irrigation 175 mm - rendement estimé par l'agriculteur 55 t/ha



doit être affecté aux valeurs lues sur les sondes pour obtenir la tension en centibar. Ce coefficient correcteur est fourni par Challenge Agriculture.

Depuis trois ans, la méthode est testée auprès d'un groupe d'une dizaine de producteurs suivi par l'ensemble des partenaires.

La démarche visait à fournir le guide et l'ensemble du matériel de mesure au producteur. À lui, ensuite, de le mettre en place et de suivre l'outil Irrinov® pomme de terre tout au long du cycle végétatif de la culture.

Les conclusions obtenues sont très positives. Tout d'abord, les agriculteurs précisent que cette méthode est simple d'utilisation. Selon la variété utilisée, le producteur sait qu'il ne doit aller lire les sondes qu'à partir d'un stade précis de la culture. Il retient alors la valeur médiane des trois sondes positionnées sur deux profondeurs. Il reporte ces valeurs sur le graphique fourni dans le guide Irrinov® pomme de terre, tout en repérant et positionnant le stade de la culture. À partir de ces éléments, il est capable de décider de l'utilité d'une irrigation. La figure 12 représente le suivi qu'un agriculteur a réalisé.

Cette méthode lui apporte une certaine sérénité car elle l'aide à déclencher la première irrigation de manière précise. De plus, elle prend en

compte les pluies dans le délai de retour de l'irrigation, ce qui permet à l'irrigant de bénéficier d'une plus grande souplesse dans l'organisation de son tour d'eau.

Par ailleurs, ayant l'obligation de se déplacer pour lire les sondes, il en profite pour observer l'état sanitaire de sa parcelle.

Enfin, les agriculteurs concluent qu'il est très important d'apporter de l'eau à la plante seulement quand elle en a besoin. Ceci leur permet de conforter l'intérêt d'un apport d'eau. ■

### Un outil complet

Irrinov® pomme de terre comprend :

- le guide de l'utilisateur avec les éléments pour appliquer la méthode et notamment les règles de décisions pour irriguer ;
- le carnet terrain pour les enregistrements au champ des tensions, des pluies, des irrigations et des stades ;
- un site de mesure : comprenant 6 sondes Watermark®, un pluviomètre, le boîtier de lecture manuel des sondes ou le boîtier enregistreur et une tarière vrille pour implanter les sondes.

Le guide de l'utilisateur et le carnet terrain sont fournis par ARVALIS - Institut du végétal, McCain, le GITEP et la Chambre d'Agriculture du Pas-de-Calais.